

ВАЛЕРИЙ ЧОЛАКОВ
НОБЕЛОВИТЕ НАГРАДИ
УЧЕНИ И ОТКРИТИЯ (1901–
1982)

chitanka.info

ВЪВЕДЕНИЕ

Последните 300 години са период на небивал разцвет на науката, който в наши дни доведе до истинска научно-техническа революция. Този прогрес не е равномерен. Периоди на застой се редуват с периоди на взривообразно развитие. Бързият прогрес често е следствие от някакво голямо откритие. Благодарните съвременници винаги по един или друг начин са намирали средства и способи да наградят автора на откритието. Великият Нютон за своите научни трудове стана лорд. По същото време, в началото на 18 век, Френската академия започна да обявява конкурси за решаването на различни научни проблеми и раздаваше на победителите големи парични премии. В 1731 г. Кралското дружество в Лондон учреди първата награда за наука — медала Копли.

Оттогава насам броят на научните медали и отличия нарасна доста и днес те са повече от сто. Сред това множество обаче изпъква една награда, станала символ за върховно постижение в науката. Това е наградата на шведския инженер Алфред Нобел, учредена в края на миналия век. Той оставил цялото си състояние, за да бъдат отличавани учени, писатели и други интелектуалци, допринесли най-много за благото на човечеството.

Поради начина за подбиране на кандидатите Нобеловата награда до голяма степен се превърна в изразител на общественото мнение сред учените. Въпреки че не всички лауреати издържаха проверката на времето, в общи линии Нобеловите награди добре проследяват върховете в науката през нашия век и тяхното изучаване е ценно както за науковедите и историците на науката, така и за всички, които се интересуват от развитието на познанието.

Сега, повече от 8 десетилетия след създаването на Нобеловата фондация, нейните научни отличия остават най-популярните. Както казва големият съветски учен академик Пётр Капица, „друга такава награда, ползываща се с подобен международен авторитет, не съществува“.

I.

АЛФРЕД НОБЕЛ

Името Нобел, което днес се свързва с известните награди и откриването на динамита, през 19 век бе доста популярно сред кръговете на индустриалците и финансистите. Няколко големи фирми, създадени от братята Нобел и техния баща, се занимаваха с производството на експлозиви, машиностроене и добив на нефт в Баку.

Историята на това семейство може да се проследи до 17 век, когато в Упсала става студент един младеж, на име Пер, от областта Сконе в Южна Швеция. Неговият баща бил селянин и се казвал Олаф. Попадайки в учените среди, Пер Олафсон, за да не нарушава общия стил, латинизира името си в Петрус Олави. Тъкмо по онова време сред шведите се разпространява модата да имат фамилни имена. Младежът бил от общината Ньobelъв и избрал названието на родното си място за своя фамилия, превръщайки го в Нобелиус. Един негов внук, военен лекар, за по-кратко махнал латинското окончание и така се получило името Нобел, с ударение върху втората сричка.

Синът на този военен лекар, Имануел Нобел, роден през 1801 г., учи в Упсала, става архитект и се опитва да започне работа в Стокхолм. След няколко години обаче банкротира и през 1837 г. заминава за Финландия, която тогава е част от Русия. През 1842 г. той се установява в Петербург заедно с жена си и тримата си сина — Роберт, Лудвиг и Алфред.

По онова време Руската империя е все още аграрна страна, почти без никаква промишленост. Огромната страна обаче има нужда от силна армия, а за армията са необходими военни заводи, които да произвеждат оръжие и боеприпаси. Именно към това поле на дейност се насочва Имануел Нобел, а после и неговият син Алфред. Предприятията на бащата процъфтяват до средата на 50-те години на миналия век, когато Русия е в обтегнати отношения със западните страни. Това е времето на Кримската война. След сключването на мира обаче администрацията в Петербург се връща към старата си практика да купува необходимата й техника на Запад. Заводите на Имануел

Нобел остават без работа. Окончателно обезсърчен, той се връща в Швеция в 1895 г. В Русия остават неговите синове.

Роберт, Лудвиг и Алфред Нобел, родени съответно в 1829, 1831 и 1833 г., заминават за Русия съвсем малки, след като са получили само началното си образование. Научавайки в Петербург руски език, те продължават образоването си при частни учители, но общо взето, както и техният баща, братята до голяма степен са попълвали знанията си сами.

През 60-те години на миналия век Роберт и Лудвиг строят оръжейни фабрики в Петербург и Перм. Пътувайки из Кавказ да търси дървен материал, Роберт се запознава с петролните находища в Баку. Нефтът е известен там още от древността, но до 70-те години на миналия век добивът се е извършвал твърде примитивно. Роберт Нобел вижда възможности за усъвършенствуване и разширяване на производството и убеждава брат си Лудвиг да се прехвърлят към тази дейност.

Двамата братя създават акционерно дружество, което започва добив на нефт на широка основа и с модерна техника. Правят се многобройни сондажи, прокарват се петролопроводи. Лудвиг Нобел поръчва в Швеция първите в света танкери, които влизат в редовна експлоатация. Строят се рафинерии в Баку и по река Волга и железниците до Черно море нефтопродуктите се превозват към близки и далечни страни. Русия се превръща от вносител в голям износител на петрол.

Заминалайки за Швеция, старият Имануел Нобел не се отказва от идеите си да произвежда боеприпаси за руската армия. Той започва експерименти с различни взривни вещества и кани сина си Алфред, който след завършване на образоването си пътува по света, да дойде при него в Стокхолм, за да работят заедно. Натрупал опит при различни специалисти в Европа и Америка, Алфред Нобел пристига в 1863 г. в Швеция заедно с най-малкия брат Емил, роден в Русия.

По това време Алфред е вече квалифициран химик и инженер с няколко патента. В Петербург, при професор Зинин, той се запознава с едно новооткрито вещество — нитроглицерина, синтезиран през 1846 г. от италианския химик Асканио Собреро. Този силен експлозив е сравнително евтин и перспективите за неговото прилагане в минното дело и други области изглеждат добри. Започват експерименти и дори

се основава предприятие за производството на нитроглицерин. Но на 3 септември 1864 г. младият Емил Нобел предизвиква експлозия, при която загива с още няколко души.

Това е шок за стария Нобел. Той дълго не може да се оправи и дейността на предприятието минава в ръцете на Алфред. Нещастните случаи с нитроглицерина обаче зачестяват и в редица страни той е забранен. Алфред започва да търси начини да се направи това взривно вещество, тъй необходимо за промишлеността, по-безопасно. Той започва като баща си да комбинира барут и нитроглицерин и постепенно стига до идеята, че трябва да се използва порест материал, който да се напои с маслоподобното взривно вещество.

През 1866 г. той смесва нитроглицерина с кизелгур и така се получава динамитът. Кизелгур е немското название на инфузорната пръст, или както се назава в геологията, диатомит — лека пореста скала, изградена от останки на едноклетъчни водни организми т.нар. кремъчни водорасли. През 1867 г. Алфред Нобел получава патент за откритието си и започва производството на динамит.

Новото взривно вещество се оказва много удобно и безопасно за употреба и съхранение. Някои специалисти дори твърдят, че това е най-голямото откритие в пиротехниката след създаването на барута. Интересът към динамита е извънредно голям и в редица страни започва строежът на заводи за производството му. Някои от тях изгражда самият Нобел, а други вземат лиценз за използване на патентите му.

През този период шведският инженер и изобретател се проявява като комбинативен предприемач и много добър финансист. Неговото състояние бързо нараства. Наред с това Алфред Нобел продължава химическите си изследвания и създава нови взривни вещества, които са още по-ефективни.

В 1887 г., след многобройни експерименти, Нобел създава бездимния нитроглицеринов барут балистит. Това е времето, когато големите военни сили в Западна Европа търсят нови взривни вещества за огнестрелното оръжие. Бездимният барут на шведския изобретател се възприема в много страни. Самият Нобел обикаля Европа, за да прави демонстрации на своето откритие. В Англия пред специална комисия той дава подробни обяснения за химическия състав и свойствата на балистита. Двама английски професори много

внимателно слушат неговите обяснения и след това тайно се заемат с опити. Леко видоизменяйки състава на сместа, те получават новия бездимен барут кордит, който е по-ефективен и се възприема в английската армия.

Алфред Нобел, жестоко уязвен от тази несправедливост, започва съдебно дело, което продължава години и завършва неуспешно за него.

По същото време във Франция, където Нобел живее, един химик работи върху създаването на бездимен барут при пълна секретност, финансиран от военното министерство. Новината, че шведският химик е постигнал такъв успех, силно раздразва някои кръгове и в пресата започва кампания срещу него. Пак по същото време, към 1890 г., се оказва, че един от сътрудниците на Нобел е замесен в някакви афери, които заплашват да доведат до банкрот изобретателя. Той дори в един момент е търсил работа като химик в една немска фирма.

За щастие заплахата от разорение минава, но огорчението от непочтеността кара Нобел да се откаже от по-нататъшна промишлена и финансова дейност. Неуспешният изход от делото в Лондон силно подкопава здравето му, а обвиненията на френското правителство в шпионаж го кара да напусне тази страна и да се установи в Италия. Алфред Нобел отива в Сан Ремо, малко градче на брега на Средиземно море, където купува вилата „Мио нидо“ — „Моето гнездо“.

След напрегнатия живот в Париж идват по-спокойни дни, което впрочем е и препоръката на лекарите. Те са установили, че Алфред Нобел страда от сериозно сърдечно заболяване. Въпреки това той продължава експериментите си, като между другото планира създаването на апарати за физиологични изследвания. В 1895 г., прикован за няколко месеца на легло, за да прекарва по-лесно времето, той се връща към едно свое младежко увлечение — започва да пише драма. Впрочем като юноша той наистина сериозно се е колебал дали да стане изобретател или поет. Владеейки до съвършенство пет езика, Нобел през целия си живот следи развитието на европейската литература, показвайки в кръга на своите познати завидна ерудиция.

Богатството и влиянието на Алфред Нобел му осигуряват достъп до висшите политически среди. Може да изглежда странно, но този създател на барути по убеждение е пацифист. Той поддържа връзка с редица интелектуалци от края на века, които свикват конгреси за мир. Нобел обаче има свое виждане по въпроса. В едно писмо до Берта фон

Зутнер, която на младини за кратко време е била негова секретарка, а през 1906 г. получава Нобеловата награда за мир, шведският изследовател пише: „Моите открития ще прекратят войната по-бързо от вашите конгреси. В момента, когато две армии открият, че могат да се унищожат в един миг, хората ще се откажат от тези ужаси и от воденето на война.“

Сред своите познати Алфред Нобел е известен като мълчалив и затворен човек, понякога язвителен и саркастичен. Зад тази външност обаче се крие друга личност. Живеейки в Париж, Нобел неведнъж подпомага свои съотечественици, изпаднали в затруднение. Когато майка му умира през 1889 г., той дава цялото състояние на Каролинския медико-хирургически институт, запазвайки си само медала „Летерстед“ на Шведската академия на науките, присъден на баща му и на него през 1868 г. за използване на нитроглицерина и откриването на динамита.

Тази човешка отзивчивост на Алфред Нобел бързо става известна и той е буквално затрупан от писма и молби за финансова подкрепа. В писмо до приятели той пише, че различни лица му искат годишно около 7 miliona kroni — сума, която би уплашила дори Ротшилдовци. В редица случаи обаче той действително помага, особено на талантливи и перспективни младежи, които се опитват да си пробият път, както самият той на времето. В друго свое писмо Нобел пише, че малка помощ е все едно никаква помощ и когато човек реши да помага, трябва да е щедър.

Сигурно подобни мисли са му минавали из главата, когато е писал в годините преди смъртта си своите завещания, в които постепенно изкръстализира идеята да остави състоянието си за образуването на фонд, чиито приходи да се дават на перспективни изследователи и други интелектуалци, допринасящи полза за човечеството. В 1895 г. Алфред най-после оформя идеята и в крайното си завещание описва подробно петте бъдещи Нобелови награди — неговото последно и най-голямо изобретение.

НОБЕЛОВАТА ФОНДАЦИЯ

Сред архивите на Алфред Нобел са запазени две негови завещания, от които личи как се е развивала идеята му да учреди фонд за присъждането на награди за различни постижения. Първият документ е съставен през 1893 година. Според него 20 процента от състоянието му остава за приятели и роднини, 17% се заделят за Стокхолмския университет, Австрийското дружество на приятелите на мира и Каролинския медико-хирургически институт, на който се поставя задачата да присъжда награди за успехи в медицината и физиологията. Останалите 63% са били предназначени за Кралската академия на науките в Стокхолм, за да дава награди за постижения в широкото поле на знанието и прогреса, включително и в изкуствата.

Очевидно Алфред Нобел е преценил, че в този вид завещанието му не е достатъчно ясно и точно, за да послужи като наставление за конкретна дейност. На 27 ноември 1895 г. той написва второ завещание, което отменя първото. В новия текст се казва цялото му състояние да бъде превърнато в пари, които да се вложат в сигурни акции и други ценни книжа и от тях да се образува фонд. Ежегодните приходи от този фонд да се разделят на пет части и да се разпределят както следва: една част да се дава за най-голямото откритие в областта на физиката, друга — за най-голямото откритие или изобретение в химията и трета — за открития в областта на физиологията или медицината. Останалите две части се определят за награждаване на хора, постигнали успехи в литературата или в движението за мир.

Това завещание Алфред Нобел написва собственоръчно в края на 1895 г., когато е вече сериозно болен. Той го оставя в архивите си, където го намират неговите най-близки сътрудници след смъртта му на 10 декември 1896 г. Завещанието е отворено през януари 1897 г. В него пише, че изпълнители на последната воля на Алфред Нобел трябва да бъдат неговият секретар Рагнар Сулман и адвокатът от Стокхолм Рудолф Лилеквист.

Когато съдържанието на завещанието на Алфред Нобел става известно на обществеността, то предизвиква най-противоречиви

чувства и коментари. В шведската преса се изказват мнения, че присъждането на тези награди може да доведе до корупция. Националистите обвиняват космополитния Алфред Нобел за това, че наградата трябва да се присъжда без оглед на националност, вероизповедание и т.н. Правят се опити и за самото унищожение на завещанието. Този удар идва от страна на най-близките хора на Нобел — неговите племенници, синовете на братята му. Двамата изпълнители на завещанието се принуждават да водят дело с наследниците. Изобретателят никога не е имал семейство и неговите племенници сигурно са били неприятно изненадани от решението на техния богат чичо как да се разпореди със състоянието си.

Първият въпрос, който трябвало да се реши, бил да се определи местожителството на Алфред Нобел, за да се предаде делото на разглеждане в съответния областен съд. Алфред излиза от Швеция на деветгодишна възраст. Връща се там като 30-годишен човек и скоро след това отива в Хамбург, където са най-големите му фабрики за производство на динамит. В 1873 г. се премества в Париж, който тогава е център на културния и делови живот в Европа. Нобел живее там 17 години, след което се премества в Сан Ремо, Италия. В 1894 г. купува един завод в Бофорс, Средна Швеция, и едно имение недалеч от него, очевидно имайки намерение на старини да се върне в родината си.

След като въпросът се разглежда от различни съдилища в Стокхолм и Париж, най-накрая се стига до извода, че за местожителство на Алфред Нобел трябва да се смята Бофорс и съответно делото по неговото завещание се предава на съда в областния център Карлскуга. Това е първата победа за Рагнар Сулман и Рудолф Лилеквист, изпълнителите на завещанието. За разлика от парижките юристи, които били готови да защитят каузата на роднините на Нобел, техните колеги от Карлскуга били по-благосклонно настроени към признаването на завещанието.

Съдебните дела продължават доста дълго време. Междувременно Рагнар Сулман води разговори поотделно с наследниците и накрая успява да склони Емануел Нобел, сина на Лудвиг, който единствен е останал в Русия, за да управлява предприятието в Баку, да се откаже от своя дял. Веднъж спечелен за каузата, Емануел се заема да убеждава братовчедите си и най-накрая

всички се съгласяват да се откажат от претенциите върху наследството на чичо си срещу минимална компенсация.

След като по този начин се потвърждава валидността на завещанието, Лилеквист и Сулман се заемат със създаването на устав на бъдещата Нобелова фондация. Междувременно още след смъртта на Алфред Нобел те без много шум са ликвидирали неговите предприятия, влагайки получените средства в ценни книжа и акции. Проектът за устав на фондацията след изготвянето му се дава за разглеждане на шведския риксдаг. Гласуването в парламента минава успешно, уставът се приема и след това се дава на краля за окончателно утвърждаване. На 29 юни 1900 г. идеята на Алфред Нобел най-после става реалност.

Уставът регламентира дейността на четирите институции, присъщащи наградите — Кралската шведска академия на науките, която трябва да определя лауреатите по физика и химия, Кралския Каролински медико-хирургически институт — за наградата по физиология или медицина, Шведската академия — за наградите по литература и Нобеловият комитет при норвежкия Стортинг (парламента) — за наградата за мир. Тези четири институции избират 15 попечители (по трима за всяка секция), които от своя страна избират членовете на дирекционния съвет на Нобеловата фондация, с изключение на председателя и заместника, посочвани от краля. Опекуните проверяват ежегодните отчети на съвета и решават дали той да бъде разпуснат.

Съветът на фондацията има пет членове с трима заместници. Един от тях се избира за изпълнителен директор, който е всъщност административният ръководител на фондацията и се занимава с нейната ежедневна дейност. До 1948 година този пост се заемаше без прекъсване от Рагнар Сулман, младия сътрудник на Алфред Нобел, който отдели повече от половин век от живота си за практическата реализация на завещанието.

Сумите, събрани след ликвидацията на имуществото на Нобел, през 1897 г. са възлизали на повече от 33 miliona kroni, или девет miliona долара. При сегашната покупателна сила на парите, повече от 8 десетилетия по-късно, това би се равнявало на близо 100 miliona долара. Сумата е доста впечатляваща.

След компромиса с наследниците към Нобеловата фондация преминават 31 милиона крони. От този основен фонд са отделени 28 милиона крони, като от лихвите на тази сума се дават наградите. От приходите за всяка година се заделя една десета, за да се добави към основния фонд. Остатъкът се разделя на пет части и се предоставя на институциите, определящи наградите. Една четвърт от всеки дял се задържа, за да се посрещнат разходите във връзка със самата дейност на фондацията и Нобеловите комитети по даването на наградата, както и за да се финансира Нобеловите институти.

Първите награди през 1901 г. са били по 150 000 крони всяка, или 42 000 долара. Какво означава тази сума личи от факта, че това е 70 пъти повече от паричната награда на Румфордовия медал на Лондонското кралско дружество — едно от най-големите научни отличия за времето си. Нобеловата награда в началото на века е била 5 пъти по-голяма от бюджета на такава известна лаборатория като Кавендишката в Кембридж.

Според устава на фондацията към всяка от четирите институции, занимаващи се с наградите, трябва да се създаде Нобелов институт. Към Академията на науките такъв институт бе организиран в 1905 г., като неговият пръв директор бе Сванте Арениус. Институтът подпомага съответните Нобелови комитети в проучванията на кандидатите и прави самостоятелни научни изследвания. В 1937 г. бе създаден отдел по физика, а в 1944 г. по химия.

Едва в 1937 г. към Каролинския медико-хирургически институт бе организиран самостоятелен Нобелов институт, който първоначално имаше отдел по биохимия, а след 1945 г. отдели по неврофизиология, клетъчни изследвания и генетика.

Още от 1901 г. към Шведската академия съществува Нобелов институт с Нобелова библиотека за съвременна литература. В 1902 г. бе организиран Норвежкият Нобелов институт с библиотека върху проблемите на мира и международните отношения. Ръководството и персоналът на Нобеловите институти се избират от учрежденията, отговарящи за наградите без оглед на националността.

От 1926 г. Нобеловата фондация има собствено здание в Стокхолм — Нобелхаус. През 1946 г. фондацията бе освободена от данъци върху собствеността.

През 1968 г. Шведската национална банка по случай своята 300-годишнина реши да учреди мемориална награда за икономически науки в памет на Алфред Нобел. Присъждането на тази награда бе възложено на Академията на науките при условията, записани в устава на Нобеловата фондация. Редица известни специалисти станаха вече лауреати на наградата по икономика. Между тях е съветският учен Леонид Канторович, известен със своите трудове върху методите за линейно програмиране.

НОБЕЛОВИТЕ КОМИТЕТИ

Съгласно устава на Нобеловата фондация към четирите институции, отговарящи за наградите, се създават пет Нобелови комитета, които да ръководят и осъществяват издирването, предлагането и избирането на кандидатите. Нобеловите комитети по физика и химия се състоят от по пет учени, избрани от Академията на науките. Комитетът към Каролинския институт също е от пет души, които се избират сред членовете на института.

Мандатът на членовете на Нобеловите комитети е от три до пет години. Те могат да привличат експерти от различни области, за да помагат при селекцията на кандидатите за награда. В Нобеловите комитети по физика и химия влизат ръководителите на съответните секции от Нобеловия институт към академията, а в комитета по физиология и медицина ректорът на Каролинския институт.

Нобеловите комитети изпращат всяка година хиляди покани до известни учени с молба да дадат предложения за свои колеги, които заслужават да получат Нобелова награда. Членовете на Академията на науките в Стокхолм имат постоянното право да предлагат всяка година нови кандидати. С това право се ползват и професорите по съответните науки в 8 скандинавски университета, както и всички предишни лауреати. Други предложения от лица и организации, които не са поканени, не се разглеждат. Нобеловите комитети се стремят да включат в процеса на селекция наред със старите известни научни центрове и по-малки университети и институти, за да може по-голяма част от научната общественост да изкаже своето мнение.

Предложениета за кандидатите трябва да пристигнат в Стокхолм най-късно до 1 февруари. След това в Нобеловите комитети започва предварителният подбор, в резултат на който от множеството остават най-много 30–40 имена. Малкият брой на възможните лауреати поставя много високи изисквания към квалификацията на експертите от Нобеловите комитети и методите, с които си служат, за да определят значимостта на кандидатите. Тази работа продължава месеци наред и обикновено завършва през септември. През октомври имената на

избраниците се представят на членовете на академията и на Каролинския институт за официално утвърждаване. Понякога на тези събрания стават изненади. Така беше през 1979 г., когато вместо тримата имунологи, предложени от Нобеловия комитет по физиология и медицина, професорите от Каролинския институт се спряха на един физик и един инженер, създали компютърния томограф — изключително ценен апарат за клиничната медицина.

Общо взето, тези вътрешни дискусии се държат в тайна въпреки опитите на журналистите да проникнат и да научат нещо за процеса на работа в Нобеловите комитети. Заседанията не се стенографират и имената на кандидатите, останали без награда, не се съобщават. Всичко това се прави с цел да не се влияе върху работата на Нобеловите комитети и освен това да се спестят излишни огорчения на тези, които са стигнали на една крачка от наградата, без да я спечелят.

Обявяването на новите лауреати се извършва обикновено на 21 октомври, рождения ден на Алфред Нобел. Официалната церемония по връчването на наградите става на 10 декември, деня, когато шведският изследовател е починал.

Събитията около връчването на наградите продължават повече от седмица. За Швеция това е голям празник. На 10 декември се отбелязва Денят на Нобел и се издига националният флаг. Веднага след пристигането си лауреатите дават интервюта пред журналистите. Следват срещи с държавните ръководители на страната и дипломатически представители. Рано сутринта на 10 декември всички Нобелови лауреати се събират в концертната зала на филхармонията в Стокхолм. Провежда се репетиция на цялата церемония по връчването на наградите, която е доста пищна и съвсем в стила на миналите векове. Лауреатите са в строго официално облекло, предписано от протокола. Повечето наемат фраковете в Стокхолм, но някои научни центрове, от които са излезли повече лауреати, имат съответната „екипировка“, в случай че отново някой от сътрудниците получи Нобелова награда. Така например Макмилън, Сегре и Глейзър от Радиационната лаборатория в Бъркли през няколко години са се появявали в Стокхолм с един и същ фрак.

Вечерта на 10 декември в огромната зала, която събира 1700 души, се провежда церемонията по награждаването. Най-напред някой виден учен от Нобеловата фондация, Академията или Каролинския

институт представя съответния лауреат с кратка реч на шведски. Завършвайки, той преминава на английски, като приканва лауреата да вземе наградата от ръцете на Негово Кралско Величество. Това е сигнал за лауреата да стане от креслото си и да отиде в центъра, където на пода е изписана голямата буква „N“. От своето кресло в дясната част на сцената става кралят, взема от церемониал-майстора почетната грамота и златния медал и отива при лауреата. Следва предаване на отличията, ръкостискания, благопожелания и фанфари. Това се повтаря с всеки от наградените. После всички напускат залата и отиват в кметството на Стокхолм. В неговите зали се провежда тържествен банкет по случай връчването на наградите. Лауреатите произнасят кратки речи, вдигат се многообразни тостове за техните бъдещи успехи. Има и един мълчалив тост — в памет на човека, учредил наградите.

На другия ден лауреатите отиват в Нобеловата фондация, за да получат паричната премия. Сумата, предвидена от завещанието, може да се раздели на две между двама лауреати. Едната половина може да се раздели още на две, така че наградените в дадена област са най-много трима. Поради тази причина в различните години сумите са различни и, общо взето, са от порядъка на 100–200 000 долара. В днешно време това е твърде малко, за да може да се направи някакво изследване от мащаба на тези, за които лауреатите получават награда. Наистина 200 000 долара изглеждат повече от 40-те хиляди, присъждани в началото на века. Администрацията на Нобеловата фондация добре е работила, за да увеличи основния капитал, от който се набират лихвите. Но инфлацията е работила още по-добре и днес голямата сума има малка част от покупателната сила на паричната премия от 1901 година.

След връчването на наградата лауреатите отново дават интервюта за пресата, радиото и телевизията. Според устава на фондацията в срок от 6 месеца те трябва да изнесат в Стокхолм т. нар. Нобелова лекция, която обикновено е популярно изложение на работата, за която са наградени. Всички материали, свързани с Нобеловите лауреати — биографии, снимки, Нобелови лекции, се внасят в архивите на Нобеловата фондация и се издават в нейните ежегодници. Изследването на тези документи е ценен източник за изучаването на историята на науката.

НОБЕЛОВИТЕ ЛАУРЕАТИ

Според условията в завещанието на Алфред Нобел наградите трябва да се дават най-малко веднъж на пет години на хора, направили през предходната година открития с най-голяма полза за човечеството. Съществували са опасения дали ще може да се дава при тези условия награда дори веднъж на всеки пет години.

За щастие, при уточняването на устава на Нобеловата фондация бе възприето малко по-свободно схващане и тълкуване на завещанието. Вместо открития от предходната година се реши да се награждават работи от последните години или открития, чиято важност е оценена сравнително неотдавна. Това веднага даде възможност на Нобеловите комитети да избират между голям брой известни учени от края на 19 век. Първата награда по физика бе присъдена на Вилхелм Ръонтген през 1901 година за откритие, направено пет години преди това. Наградата по химия взе Хенрик Ван'т Хоф за изследвания върху химичната динамика от преди 15 години. Лауреатът по медицина — Емил фон Беринг, бе станал известен дълго преди това със своята серумна терапия на дифтерията.

През първото десетилетие на нашия век все още бяха живи мнозина от големите учени на миналото столетие. Повечето от тях обаче бяха извършили своите изследвания твърде отдавна и Нобеловите комитети не можеха да ги наградят. Алфред Нобел бе замислил наградите си като парична помощ за перспективни изследователи, които продължават да работят, а не като пенсия за заслужили учени, оттеглили се от активна дейност. Поради такива съображения през 1906 г. наградата по химия бе дадена на Анри Моасан за успехи в химичния анализ, а не на Менделеев, чиято периодична таблица днес знае всеки ученик. Уилард Гибс почина в 1903 г., без да бъде награден, въпреки че е един от създателите на теоретичната химия.

След като се изчерпаха учените от 19 век, Нобеловите комитети трябваше да започнат да следят отблизо развитието на науката, за да могат правилно да дават оценка на научните постижения. Беглият

преглед на Нобеловите награди през изминалите десетилетия и тяхната мотивация показват в общи линии кои области на науката са били най-популярни за даден период.

Това съответствие между работата на Нобеловите комитети и развитието на науката се дължи в общи линии на системата за подбор на кандидатите чрез предложения от страна на научната общественост. Големите специалисти в дадена област познават добре своите колеги, които обикновено не са много на брой и могат да преценят кои от тях са най-добрите. Нобеловите комитети си позволяват обаче да прилагат в последния момент своето виждане по въпроса и това е довело до няколко грешки в присъждането на наградите. Все пак такива случаи са сравнително малко и в общи линии Нобеловите награди са били давани на тези, които заслужават. Иначе не биха имали такъв авторитет.

Големият проблем при подбора на кандидатите е, че наградите са индивидуални, а изследванията в днешно време в повечето случаи са колективни. Други институции, които също дават научни награди, вече възприеха идеята да се награждават не отделни учени, а цели екипи. При Нобеловата награда обаче могат да бъдат наградени само двама или трима сътрудници. Това положение поражда доста конфликтни ситуации. Тук може да се постави въпросът доколко един човек е незаменим в дадено изследване и кой прави решаващата стъпка в откритието. Именно това е най-трудната работа на Нобеловите комитети — сред големите научни колективи да открият тези, които са дали основния принос.

Изследването на публикациите е един от важните източници на информация за Нобеловите комитети при определянето на лауреатите. В много страни науковедите изчисляват т.нар. „индекс на цитиране“. Този индекс показва колко пъти е била цитирана дадена работа през изтеклата година. Статистиката сочи, че големите учени, бъдещи Нобелови лауреати, в годините преди награждаването са били цитирани 40 пъти по-често от средния изследовател. Потенциалните кандидати за награда се отличават и с голяма продуктивност. Така например Хар Гобинд Хорана, генетик, награден през 1968 г., в предишните три години е публикувал над 50 работи. Само в пет обаче неговото име стои на първо място и приносът му в останалите е трябвало специално да бъде проучван.

Този особен алtruизъм по отношение на по-младите сътрудници, изразяващ се в подреждането на имената, се среща обикновено само при действително големите учени. Много впечатляващ е примерът с Иван Петрович Павлов. В началото на века, заинтересувани от работите в неговата лаборатория, учените от Каролинския институт изпращат един свой колега в Петербург. Шведският професор там се убеждава, че работите на сътрудниците се базират на общи идеи, излизящи от ръководителя на лабораторията Иван Павлов, чието име въобще не фигурира в публикациите. Това специално проучване на приносите на руския учен даде основание на Нобеловия комитет по медицина и физиология да награди Павлов през 1904 г.

Освен по-голямата продуктивност и високата степен на цитиране бъдещите Нобелови лауреати могат да бъдат разпознати и по някои детайли от биографията им. Обикновено това са хора, при които талантът рано се изявява. Освен че са способни, те знаят и какво искат. Завършват колеж на 19–20 години и на около 25 г. са доктори на науките. Те се стремят да учат в големите научни центрове и попадайки там, търсят за учители известни учени.

От своя страна известните учени също търсят и избират за свои ученици талантливи студенти. Тази двустранна селекция води до създаването на своеобразни династии в науката, при които знанията, традициите и умението се предават от поколение на поколение. Известният английски биохимик Ханс Кребс така описва този процес: той е ученик на големия биохимик Ото Варбург, Нобелов лауреат по физиология за 1931 г. Варбург от своя страна е ученик на Адолф фон Байер, известен с успехите си в химичната синтеза и удостоен с Нобелова награда през 1905 г. Байер е ученик на големия химик от средата на миналия век Кекуле, който е учили при Либих. Либих от своя страна е бил студент в Париж при Гей-Люсак, който е пък ученик на Бертоле. Така тази интересна генеалогия дава възможност да се проследи преходът от учител към ученик в продължение на почти два века. Самият Ханс Кребс стана Нобелов лауреат по физиология през 1953 г. Този процес най-добре се илюстрира с думите на Пол Самюелсън, Нобелов лауреат по икономика — първото условие за получаване на Нобелова награда е да имаш добър учител.

Редица научни центрове са дали цяла серия Нобелови лауреати. Така например от знаменитата Кавендишка лаборатория, ръководена

от Дж. Дж. Томсън, Ръдърфорд и У. Л. Браг, общо 17 души са получили Нобелова награда. Шестима от сътрудниците на Енрико Ферми също са станали Нобелови лауреати. Ърнест Лорънс и Нилс Бор имат в своя списък по четирима и т.н.

Има обаче големи учени, Нобелови лауреати, които очевидно поради особеностите на характера си не са оставили след себе си известни ученици. Пърси Бриджман, изследователят на свръхвисоките налягания, избягал да се занимава със студенти и давал консултации само в краен случай. Той е работел почти винаги сам в своята лаборатория в Харвард без никакви сътрудници. Рекордът в това отношение принадлежи на Пол Дирак, който не е имал дори един аспирант.

Попаднали в подходящи условия, редица талантливи млади хора се изявяват рано и бързо получават признание. Джеймс Уотсън, един от откривателите на структурата на ДНК, отхвърлен от Харвардския университет и Калифорнийския технологически институт, отиде през 1947 г. в малко известния университет на Индиана, където обаче работеше Херман Мълър. Там бе и Салвадор Луриа, който изпрати младия Уотсън при Макс Делбрюк на специализация. Така по щастливо стечение на обстоятелствата Джеймс Уотсън получи отлична квалификация и попадайки накрая в Кавендишката лаборатория, успя заедно с Френсис Крик да направи решаващата стъпка в едно голямо откритие.

Има и други изследователи, изявили се рано и получили бързо Нобеловата награда. Почти всички създатели на съвременната квантова теория през 20-те години бяха млади хора. Луи дьо Брай, Вернер Хайзенберг и Пол Дирак нямаха и 30 години, когато направиха откритията си и скоро след това станаха Нобелови лауреати. Макс Борн обаче трябваше да чака своята награда 22 години. Той свързва това с резервираното отношение, което са имали Планк, Айнщайн и други известни учени към неговите разработки.

От друга страна, има учени, запазили до късно творческа активност и получили Нобелова награда за открития, направени в напреднала възраст. Така например Ото Хан разцепи атомното ядро, когато беше 60-годишен. Невил Мот също бе награден за работи, направени в такава възраст.

Младите и старите взаимно се балансираат и за това средната възраст на Нобеловите лауреати е около 39 години. При физиците тя е 36 години, при химиците — 39, а при медиците 41. Рекорд по младост държи Уилиам Лорънс Браг, който стана Нобелов лауреат едва 25-годишен за открития, които бе направил заедно с баща си. Те двамата взеха наградата по физика за 1915 г. Най-старият лауреат досега е Джон ван Флек. През 1977 г. на почетната възраст 88 години той стана един от лауреатите по физика.

Рекордър по чакане на наградата е Пейтън Раус. През 1966 г. той бе удостоен с наградата по медицина за откритие, направено 56 години преди това. Към списъка на учените, чакали дълго, можем да добавим Ханс Бете — 28 години, Пьотр Капица — почти половин век и още други. Всички те са имали късмета да живеят достатъчно дълго. Томас Ейвъри, създателят на съвременната молекулярна генетика, нямаше това щастие. На 67-годишна възраст той доказа, че ДНК е веществото на наследствеността. Това е едно от най-големите открития в цялата история на биологията. Докато Нобеловият комитет успее да реагира, Ейвъри почина и неговото име не можа да влезе в списъка на лауреатите.

Този факт идва да припомни, че голям брой талантливи учени, направили важни открития, не са Нобелови лауреати. От 1901 г. досега Нобелова награда са получили 353 учени. От тях 118 за физика, 99 за химия, 135 за медицина и физиология. През 1970 г. генетикът Норман Борлуу за своите успехи в решаването на проблеми на земеделието бе удостоен с Нобеловата награда за мир.

През същия този период в целия свят са работили повече от един милион учени. Този факт показва какво нищожно малцинство са Нобеловите лауреати. И тъй като броят на учените расте, а броят на наградите е същият, расте числото на тези, които не са получили и няма да получат това голямо отличие, въпреки че го заслужават. Това е една ситуация, подобна на положението, описано от френския учен А. Усей в неговата книга „История на 41-то кресло на Френската академия“, издадена през 1886 г. в Париж.

Френската академия още от своето основаване има само 40 члена и този брой не се е променил и до днес, макар количеството на учените прогресивно да е нараства. С увеличаването на общия брой става по-голям и броят на талантливите изследователи. Академиците обаче

остават 40. Това значи, че е все по-трудно за един известен учен да стане академик и все по-голям е броят на тези, които заемат „41-то кресло“.

Подобно е положението и при Нобеловите награди. Комитетите обикновено държат в тайна имената на кандидатите, изгубили съревнованието, но през 1962 г. Йоран Лилестранд, официалният историк на Каролинския институт, спомена имената на 69 учени, които са били смятани за достойни за Нобелова награда. Освен Ейвъри към този списък може да се добави Ханс Селие, създател на теорията за стреса, унгарският изследовател Корани, работил върху физиологията на бъбреца, и други. Във физиката можем да споменем Зомерфелд, в химията Луис и т.н.

Поради ограничения брой на наградите Нобеловите комитети обикновено насочват вниманието си към някаква област. След като изберат няколко лауреата от там, те се насочват към друга област, дори в първата да има работи, заслужаващи награда. Това е един от източниците за попълване на „41-то кресло“ с учени, които имат постижения, но не са ги направили в подходящия момент. Другият източник, за увеличаване на групата на „непризнатите“ от Нобеловите комитети, големи учени, е много по-сериозен. Той се корени в самото завещание на Алфред Нобел.

Физиката и химията, заедно с медицината и физиологията, може да са изглеждали действително най-важните в края на 19 век, но оттогава се развиха такива науки, за които Нобел и неговите съвременници не са имали представа. Пренебрегването на науки като астрофизиката, комплекса от науки за Земята и други области на знанието е най-сериозната причина за критика на Нобеловата награда, която поставя под съмнение нейната универсалност като критерий за научно достижение и показател за развитието на науката.

Тази критика накара Нобеловите комитети да променят своята тактика през последните години. Още през 1967 г. Ханс Вете получи наградата по физика за откритите от него термоядрени реакции, извършващи се в звездите. През 1969 г. Ханес Алвен, който създаде магнитохидродинамиката и я приложи в космическата физика, също стана Нобелов лауреат. Окончателното признаване на астрофизиката дойде през 1974 г., когато двама радиоастрономи — Мартин Райл и Антъни Хюиш, си разделиха наградата по физика. В 1978 г., наред с

Пътят Капица, лауреати станаха Арно Пензиас и Робърт Уилсън, също радиоастрономи, направили важни открития.

Още при учредяването на Нобеловия комитет по физиология и медицина се е водила дискусия какво да се разбира под думата физиология. Един ботаник от Академията на науките в Стокхолм предложил това понятие да се схваща най-широко и да се включи в него физиологията на растенията, животните и всички други организми — т.е. почти цялата биология. Той обаче бил сам, а медиците от Каролинския институт — твърде много и така се наложило схващането за физиологията в нейния тесен аспект, свързан предимно с медицината.

Все пак в тази формулировка можа да влезе голяма част от биохимията и молекулярната биология. През 1973 г. бе направен пробив от друга посока. Наградата по физиология бе дадена на зоологите Карл фон Фриш, Конрад Лоренц и Нико Тинберген. През 30-те години тези учени създадоха етологията, която изучава поведението на животните. Изследвания от този род до голяма степен могат да се свържат с психологията и внасят в нея свежи идеи.

Има още много области на познанието, които остават извън обсега на Нобеловите награди. Един пример са науките за Земята. Геологията, геофизиката, океанологията, метеорологията — всички те все още не могат да се вместват във формулировките на Нобеловите комитети. Може би експертите от Стокхолм чакат геолозите да започнат да предотвратяват земетресенията, а метеоролозите да предизвикват дъжд по поръчка, за да признаят, че техните открития са от полза за човечеството. Междувременно американските океанографи са измислили „Наградата на Албатроса“, която се присъжда всяка година в стил, представляващ сполучлива пародия на церемониите в Стокхолм.

Въпреки своите недостатъци и ограничения Нобеловата награда в общи линии добре проследява развитието на науката през 20 век. Това се дължи на добросъвестността на Нобеловите комитети, на сполучливите методи за подбор на кандидатите и на високата квалификация на шведските учени. Те направиха тази награда най- популярената в света. Нека цитираме пак Пътят Капица: „Значението на Нобеловата премия като най-голяма научна награда в международен мащаб е общопризнато. Това трябва да се разглежда като

забележително достижение на шведските учени, тъй като присъждането на премията изисква голяма мъдрост.“

II

ЗАГАДЪЧНИ ЛЪЧИ

В края на 18 век редица физици се заеха с изучаване на електрическите явления. Изследването на това ново взаимодействие във всички негови аспекти бе една от главните линии в развитието на физическата наука през 19 век.

Най-напред бяха разкрити закономерностите в протичането на електрически ток през твърди тела. Това породи електротехниката. После бе изследвано преминаването на електричество през течности. Към края на века това доведе до теорията за електролитната дисоциация, която има много голямо значение за обясняване на химическите реакции. Най-трудни бяха експериментите при преминаването на електричество през газове. Учените наблюдаваха най-разнообразни ефекти, но не можеха да обяснят какво виждат.

В 1855 г. немският физик Юлиус Плюкер конструира специална тръба, която запълваше с различни газове, за да изследва техните спектри. Трябаше да се намери начин за загряване на газа, за да започне той да свети. Плюкер реши да използва за целта електрическия разряд. Наблюдавайки спектрите, той между другото отбеляза, че стъклото на тръбата започва да флуоресцира по време на електрическото разреждане. Това се смята за първото описание на катодните лъчи.

С подобни изследвания през 60-те години на миналия век се зае и немският учен Йохан Хитторф. Той конструира различни тръби специално за изследване на електрическите разреждания през разредени газове. Той също видя флуоресценцията, открита от Плюкер, и в 1869 г. описа свойствата на новия вид лъчи.

Само две години по-късно френският физик Варле изказа хипотезата, че това са малки електрически заредени частици, изхвърлени от катода.

Тази идея получи потвърждение в 1879 г., когато английският физик Уилиям Крукс поставил в една модифицирана вакуумна тръба малтийски кръст от слюда. Този кръст спираше част от катодните лъчи и хвърляше сянка върху флуоресциращия екран. С помощта на магнит

сянката се преместваше, което бе изтълкувано от Крукс като доказателство, че катодните лъчи са поток от отрицателни частици. Не всички обаче приеха това твърдение. Три години преди Крукс немският физик Голдщайн предложи вълнова теория за катодните лъчи. Тя се базираше на наблюденията на Хайнрих Херц, че тези лъчи преминават през тънки пластинки от злато, сребро или алуминий. Физиците не можеха да допуснат, че материални частици са способни да преминават безпрепятствено през веществото.

В 1892 г. Хайнрих Херц посъветва своя асистент Филип Ленард да раздели катодната тръба на две с алуминиево фолио и по този начин да изследва катодните лъчи в две отделни пространства с различни налягания на газовете в тях. Развивайки тази идея, Ленард направя катодна тръба с прозорче от фолио и установи, че това дава възможност да се изведат катодните лъчи извън тръбата. Това нововъведение бе използвано в многообразни експерименти с важни резултати и донесе на Филип Ленард Нобеловата награда по физика за 1905 г.

Решаващият експеримент за разгадаването на тайната на катодните лъчи бе направен от английския физик Джозеф Джон Томсън в 1897 г. Потокът от катодни лъчи бе пропуснат между две електрически заредени метални пластинки, като бе подложен едновременно на влиянието на магнитно и електрично поле. Това даде възможност да се изчисли скоростта на частиците и впоследствие съотношението между масата и заряда. Томсън установи, че тази частица — атом на отрицателното електричество, е около 1800 пъти по-лека от положително заредения водороден атом. Тя бе наречена електрон, название, идващо от гръцкото име на кехлибара, предложено от ирландския физик Джордж Стоуни още в 1874 г. Откриването на електрона донесе на Дж. Дж. Томсън Нобеловата награда по физика за 1906 г.

От изследванията върху катодните лъчи се стигна до откриването на първата елементарна частица. Използването на вакуумни тръби доведе и до откриването на един нов вид електромагнитно излъчване, което бе сензация за широката публика в края на миналия век. Това бяха лъчите, забелязани случайно от Вилхелм Ръонтген. Експериментите на този изследовател предизвикаха истинска буря в научния свят. Само за една година бяха публикувани над хиляда работи

за новите лъчи. Изказваха се най-различни хипотези за техния източник. Известният френски математик и физик Анри Поанкаре, който имаше навика щедро да раздава идеите си сред научния свят, предложи да се провери дали урановите соли, които флуоресцират под действието на слънчевата светлина, не излъчват и рентгенови лъчи. Стъклото на рентгеновата тръба флуоресцира със зелена светлина и по това прилича на светенето на уранови кристали, след като са държани на слънце. Това външно сходство насочи Поанкаре към идеята за възможна връзка между флуоресценцията и рентгеновите лъчи.

С проверката на тази хипотеза се зае френският физик Антоан Анри Бекерел. В неговото семейство изследванията върху флуоресценцията имаха голяма традиция. Още неговият дядо Антоан Сезар Бекерел, известен учен и член на Парижката академия, е правил експерименти в тази област. Бащата Александър Едмон Бекерел, също академик и дори президент на академията, класифицира явленията на фосфоресценция и тяхната зависимост от различни външни въздействия.

Опитите на Анри Бекерел бяха съвсем прости. Той вземаше фотографска плака, завиваща я в черна хартия и слагаше върху нея уранови кристалчета. След като оставяше плаката известно време на слънце, той я проявяваща и с удовлетворение откриваше върху нея силуетите на кристалчетата. На пръв поглед това бе потвърждение на хипотезата, че урановите кристали, флуоресцирайки под действието на светлината, излъчват рентгенови лъчи. Но Бекерел, един учен с твърде висока квалификация, реши да направи и контролен опит. Той постави кристалчета върху фотоплака, без да ги облъчва със светлина. Въпреки това те излъчваха никакви лъчи, без да флуоресцират. По-нататъшните експерименти показваха, че тези ефекти се предизвикват всъщност от урана, който се съдържа в кристалите. Бекерел откри, че новите лъчи йонизират въздуха и го правят електропроводим. Това даде възможност те да се изследват с електроскоп.

Откриването на естествената радиация бе за физиката като навлизане в един нов свят. В крайна сметка това доведе до представите за сложната структура на атома и овладяването на атомната енергия. Откритието на Анри Бекерел го направи лауреат на Нобеловата награда по физика за 1903 г. Заедно с него бяха наградени и двама

други изследователи на естественатаadioактивност — френските физици Пиер и Мария Кюри.

Използвайки факта, че радиацията на урана йонизира въздуха, Мария Кюри започна изследвания с електроскоп, за да види дали няма и други такива вещества. През 1898 г. тя установи, едновременно с Шмит в Германия, че елементът торий е същоadioактивен. Освен това тя забеляза, че някои съединения на урана и тория излъчват по-силно, отколкото следва от процентното съдържание на тези елементи. Това навеждаше на идеята за съществуването на неизвестниadioактивни субстанции.

Мария и Пиер Кюри предприеха химически анализ на някои уранови минерали и след като преработиха тонове руда, през юли 1898 г. откриха нов химически елемент. Той бе наречен полоний, на името на родината на Мария Склодовска-Кюри. През декември същата година бе открит още един елемент, който заради силното си излъчване получи название радий.

Съпрузите Кюри са пионерите на съвременната атомна физика. Самият термин „radioактивност“ бе предложен от Мария Кюри. Пиер Кюри в 1901 г. откри биологическото действие на радиацията, а в 1903 г. формулира закона за снижаване на radioактивността и въведе понятието „период на полуразпадане“. Той предложи да се използва това явление за установяване на абсолютната възраст на земните скали. В същата година Пиер Кюри, заедно с Ала Бор, установи, че един грам радиий отделя сто калории топлина на час. Това подсказваше съществуването на огромен източник на енергия, скрит в атома. За съжаление този талантлив изследовател загина при нещастен случай през 1906 г. едва 47-годишен. Изследванията бяха продължени от Мария Кюри, която в 1910 г., заедно с химика А. Дебиерн, изолира радиум в чисто състояние. Тя определи неговото атомно тегло и посочи мястото му в периодичната таблица, което ѝ донесе за втори път Нобелова награда, този път по химия, през 1911 г.

ЗАКОНИ НА ИЗЛЪЧВАНЕТО

Към края на 17 век Нютон успя да разложи бялата светлина на лъчи с различни цветове. Този ефектен експеримент положи началото на изследвания върху светлинното излъчване, които две столетия покъсно доведоха до забележителни последствия във физиката. В началото на 19 век, с усъвършенстването на оптическите прибори, бяха получени доста добри спектри на светлина от различни източници. Постепенното натрупване на данни бе обобщено в 1859 г. от Кирхоф и Бунзен, които изказаха идеята за наличието на връзка между спектрите и свойствата на атомите.

В 1868 г. Мичерлих предположи, че спектрите носят информация за процесите вътре в самия атом. Впоследствие закономерностите, открити в спектрите, все по-убедително потвърждаваха това мнение. В 1885 г. Йохан Балмер установи, че между някои линии от спектъра на водорода съществува връзка, която той изрази с математическа формула. По-нататък, в 1890 г., Йоханес Ридберг въведе в спектроскопията своята добре известна константа, която изразява връзката между различните серии спектрални линии.

Класическата физика не можеше да обясни тези закономерности, тъй като учените не бяха наясно как точно се осъществява излъчването. В края на миналия век тези процеси се разглеждаха от позициите на термодинамиката. Най-напред, в 1879 г., Йозеф Стефан експериментално откри, че енергията, която се излъчва от нагрятотяло, е пропорционална на неговата температура. Този резултат бе интерпретиран теоретически в 1884 г. от Лудвиг Болцман. По същото време върху проблема за излъчването работеше и немският физик Вилхелм Вин, асистент на Хелмхолц във Физикотехническия институт в Берлин. В 1893 г. той публикува своите изследвания за разпределението на излъчването на нагрятотяло по протежение на спектъра. С точния език на науката Вин описа общоизвестния факт, че с наглежаването на телата променят цвета си от червено към синково бяло. В науката неговите изводи останаха известни като закона за преместването на Вин.

Тези експериментално открити закономерности бяха връх на постиженията на класическата физика в теорията за излъчването на нагретите тела. Изследванията на немския учен подготвиха почвата за революционните промени, които настъпиха в началото на века във физиката, и в знак на признание за тези заслуги през 1911 г. на Вилхелм Вин бе дадена Нобеловата награда по физика за откриване на закономерности в топлинното излъчване.

Със законите на излъчването в края на миналия век се занимаваше и един друг известен учен — Джон Уилиам Страт, лорд Рейли, който в 1900 г. публикува свои резултати за разпределението на енергията в спектъра на излъчването. Неговите данни обаче никак не се съгласуваха с изводите на Вин, направени в друга част на спектъра. В науката се заговори за т.нар. „ултравиолетова катастрофа“, тъй като точно в този диапазон се получаваше конфликтът между двата експеримента. Това бе едно от тези „малки облачета“, които разваляха ясния хоризонт на класическата физика в края на 19 век.

За да примери противоречивите изводи, най-крупният германски физик-теоретик от онова време — Макс Планк, се реши на смело допускане. В 1900 г., след шест години работа над проблема за излъчването на абсолютно черното тяло, той предположи, че енергията се отделя на определени порции — кванти, като енергията на всеки квант е пропорционална на честотата на вълната, т.е. на цвета на излъчваната светлина. Благодарение на това допущане Планк успя теоретически да изведе закон за разпределението на енергията по целия спектър на излъчващото тяло.

Експериментаторите веднага приеха новата теория и скоро намериха многобройни потвърждения. За теоретиците обаче това бе голям удар. Още от работата на Нютон и Лайбниц, създатели на диференциалното смятане, което оперира с безкрайно малките величини, всички физици се възпитаваха в дух на безпределна делимост на предметите и явленията. И изведенъж се оказваше, че излъчването има атомистичен характер и не може да става по произволен начин. Дори самият Планк приемаше с резерви откритието си като продиктувано от неизбежна необходимост.

Следващата стъпка в утвърждаването на идеята за квантите бе направена през 1905 г. от Алберт Айнщайн. Докато Планк приемаше, че само излъчването става на порции, Айнщайн показва, че и самата

светлина има квантова структура и представлява поток от светлинни частици — фотони, това възможност бе възраждане на старата корпускулярна теория за светлината на Нютон. С помощта на тези представи Айнщайн успя да обясни редица явления, между които и фотоелектричния ефект.

Това явление на взаимодействие между светлината и материята бе открито през 1887 г. от Хайнрих Херц. Скоро след това експериментално описание бе дадено от руския физик Александър Столетов. Тези двама учени възможност наблюдаваха т.нар. външен фотоэффект, при който фотоните избиват електрони извън веществото. Освен него съществува и вътрешен фотоэффект, открит още в 1873 г. от американския физик У. Смит, при който електроните остават вътре във веществото и се регистрират като повишение на електропроводимостта.

Представите на Айнщайн за светлината като поток от частици дадоха възможност да се обясни фотоэффектът като процес на предаване на енергия от фотона към електроните на атома. Трябаше обаче да мине време, докато тези нови възгледи се наложат в науката. Планк стана Нобелов лауреат за откриването на елементарните „количества“ на излъчването — квантите едва през 1918 г., почти две десетилетия, след като бе разработил тази идея. Алберт Айнщайн получи през 1922 г. наградата по физика за 1921 г. По това време той беше вече световноизвестен физик, автор на знаменитата теория на относителността и затова в мотивацията на наградата се споменава за заслуги в теоретичната физика наред с откриването на законите на фотоэффекта.

Идеите на Айнщайн за фотоэффекта в началото имаха малко привърженици, тъй като липсваха експериментални данни в тяхна подкрепа. Едва през есента на 1912 г. американският физик Робърт Миликан извърши в Чикагския университет първите опити, които потвърждаваха новите схващания за светлината. Лабораторната работа продължи почти три години. През това време Миликан създаде оригинален апарат, в който можеха да се поставят различни метали, да се осветяват със светлина от определен цвят и да се измерва количеството на отделните електрони и тяхната енергия. Този интересен уред даде възможност да се изчисли най-напред т.нар. константа на Планк, която се определя от съотношението на енергията

и честотата на кванта. Другият резултат беше, че експерименталните данни потвърждаваха фотоелектричното уравнение на Айнщайн.

Талантливият експериментатор Робърт Миликан има и още едно голямо постижение, с което е известен на науката. С помощта на оригинална апаратура той успя да измери електрическия заряд на електрона — атома на електричеството. За това откритие, а също и за изследванията си върху фотоэффекта той получи Нобеловата награда по физика за 1923 г.

През 60-те години на 19 век във физиката бе осъществен един забележителен синтез. Английският физик Джеймс Кларк Максуел обедини явленията на електричеството, магнетизма и светлината в теория за електромагнитното поле. Така се оформи нов раздел на физиката, наречен електродинамика. Идеите на Максуел бяха доразвити и поставени на нова основа от холандския физик-теоретик Хендрик Антон Лоренц. Той свърза електромагнитната теория на Максуел с представите за атомистичния характер на електричеството. Според неговите представи електрическите, магнитните и оптическите явления се обясняваха като движения на дискретни електрически заряди.

Основите на своята „електронна теория“ Лоренц поставил в 1880 г. Според нея атомите се състоят от електрони и положително заредени частици, които ги неутрализират. При движението на тези заряди се появяват електрични и магнитни полета. С помощта на подобни представи Лоренц успя да обясни редица електрически и оптически явления и дори да предскаже такива феномени, които още не бяха наблюдавани. По-специално той посочи, че спектралните линии в излъчването — резултат от движението на електроните, ще се променят под действието на електрични и магнитни полета, тъй като тези полета влияят на електроните. Предсказанието на Лоренц бе потвърдено през август 1896 г. от неговия сънародник, младия холандски физик Питер Зееман.

В експеримента на Зееман пламъкът на газова горелка бе поставен между полюсите на електромагнит. Чрез добавяне на обикновена сол в пламъка се получаваше спектралното излъчване на натрия. При включване на магнитното поле спектралните линии се разширяваха в точно съответствие с теорията на Лоренц. По същото време Томсън изследваше електроните с други методи и данните за

тези частици, получени от независими експерименти, бяха сериозно доказателство за тяхното реално съществуване.

Идеите на Хендрик Лоренц и откритията на Питер Зееман бяха голяма крачка напред в изучаването на механизма на излъчването. Още в 1902 г. те намериха признание в решението на Нобеловия комитет за удостояването на двамата холандци с наградата за физика.

От теорията на Лоренц следваше, че електричното поле също трябва да оказва влияние върху светлинното излъчване. Експерименталното доказателство на този извод се забави значително поради чисто технически причини.

Ако се постави пламък между два електрода, електрично поле не може да се създаде, тъй като пламъкът провежда ток. Едва в 1913 г. Йоханес Щарк избягна този проблем, като създаде друга експериментална постановка, базираща се на каналните лъчи. Това излъчване е своеобразен антипод на катодното. Ако в катода на вакуумна тръба се пробият канали, през тях минават частици, представляващи положително заредени йони, които излъчват светлина. Поставяйки каналните лъчи в електрично поле, Щарк откри предсказаното от теорията взаимодействие върху излъчването на светлината. Това явление бе наречено „ефект на Щарк“ по подобие на известния вече ефект на Зееман. Откритието донесе на Йоханес Щарк Нобеловата награда по физика за 1919 г.

Изследванията върху закономерностите на излъчването дадоха много ценна информация за вътрешното устройство на атома. За да се избере обаче между различните модели, трябваше да се приложат и други експериментални методи, което стана възможно едва в началото на нашия век.

МОДЕЛИ НА АТОМА

Концепцията за атома възниква за първи път в древна Гърция. Демокрит и други древни философи изказват мисълта, че светът около нас е изграден от частици, които сами повече не могат да се делят и са основните тухлички на веществото. Оттам и названието атом — „неделим“.

Науката откри за себе си атома едва в началото на 19 век. Първата съвременна теория за строежа на веществото от ограничен брой частици бе създадена в 1803 г. от английския учен Джон Далтон. Така, след философите, с атома се заеха химиците. Трябаше да минат още 100 години, за да могат физиците да покажат, че тази „неделима“ частица е доста сложна система, която крие в себе си голям брой от загадките на природата. Изследванията на редица учени от края на 19 и началото на 20 век посочиха, че електричеството и светлината имат дискретен характер, т.е. състоят се от частици. Тези представи бяха използвани за създаването на различни модели на атома, които все повече се доближаваха до истинската картина.

Най-напред през 1903 година известният Дж. Дж. Томсън предложи на учения свят своя „пудинг със стафиди“. Той виждаше атома като сфера, в която равномерно са разпределени малките електрончета. Сферата е заредена положително и се неутрализира от отрицателния заряд на електроните, затова като цяло системата е в равновесие. Моделът на Томсън обясняваше донякъде възможностите за изпускане, разсейване и поглъщане на светлината и няколко години се радваше на популярност. Това е добър пример как един модел може да обяснява явленията, без да има нищо общо с действителността.

Приблизително по същото време френският учен Жан Перен предложи планетарния модел на атома. В него явленията, свързани със свойствата на атомите, се обясняваха с орбиталното движение на електроните. Подобна бе идеята и на японския физик Хантаро Нагаока. В 1904 г. той предложи т. нар. Сатурнов модел на атома, в който електроните образуват около централното ядро пръстен като този около планетата Сатурн. Тези първи модели на атома бяха до

голяма степен умозрителни и не се задържаха дълго във физиката. Едва след появата на нови експериментални данни стана възможно да се изясни истинското положение на нещата.

През 1906 г. английският учен Ърнест Ръдърфорд се зае да изучава взаимодействието между алфа-частиците и веществото. Той замисли опити, при които тънко златно фолио да се обстреля от поток частици. Експериментите бяха възложени на новозеландския физик Ърнест Марсден, който беше сътрудник на Ръдърфорд в Манчестерския университет. В 1909 г. той откри заедно с Ханс Гайгер — един друг асистент на Ръдърфорд, че много рядко, веднъж на 8 000 случая, алфа-частицата отскача от мишлената, като че се е бълснала в масивна преграда. Резултатите бяха толкова неочаквани, че Марсден дълго не се решаваше да ги докладва на Ръдърфорд, смятайки, че става дума за грешка. Самият Ръдърфорд бе много изненадан и после често казваше, че това е изглеждало тъй невероятно, както ако изстрелян снаряд отскочи от лист хартия.

Към 1911 г. бяха натрупани вече доста експериментални данни и Ръдърфорд излезе със своя добре известен планетарен модел на атома, който почиваше на преки наблюдения. За първи път се даваха конкретни данни за размера на атома и неговото малко положително заредено ядро, което отблъскваше алфа-частиците. Около ядрото, сто хиляди пъти по-малко от самия атом, кръжат отрицателно заредените електрони, както планетите около Слънцето. Но планетарният модел на Ръдърфорд също имаше проблеми, защото се основаваше на класическата физика. Според нейните представи въртящият се електрон би трябвало непрекъснато да излъчва и в резултат на това много бързо да падне върху ядрото. Моделът на Ръдърфорд бе само на една крачка от истината и тази крачка бе направена от датския физик Нилс Бор.

В 1913 г. Бор обедини идеите на Планк и Айнщайн със схващанията на Ръдърфорд и постулира, че електроните се движат около ядрото само по такива орбити, при които нито излъчват, нито поглъщат енергия. По-нататък той показа, че излъчването и поглъщането става само на кванти, като при това електронът преминава от една орбита в друга. С помощта на теорията на Бор много лесно се извеждаше константата на Ридберг и други резултати, получени от експерименталната спектроскопия. Още на следващата

година Лайман извърши спектрални измервания в ултравиолетовата област, които потвърждаваха новия модел.

Идеите на Нилс Бор за строежа на атома положиха началото на нова ера в атомната теория. Това бе синтез на резултати, получени от оптиката, електромагнетизма и изследванията върху радиоактивността. Новият строеж на атома веднага показва своята продуктивност в спектроскопията и теорията на химичната връзка. Това бе скъсване с класическите представи и начало на широкото въвеждане на квантовите идеи в съвременната наука. За създаването на квантовата теория на планетарния атом Нилс Бор бе удостоен с Нобеловата награда по физика за 1922 г.

КВАНТИТЕ В ДЕЙСТВИЕ

Между 1913 и 1917 г. бяха проведени редица експерименти, подкрепящи идеята за квантите на Макс Планк и квантовия модел на атома на Нилс Бор. Те бяха извършени от немските физици Джеймс Франк и Густав Херц.

Тези учени изследваха взаимодействията между електроните и атомите, и то по-специално при сблъскване на електрон с определена скорост с атом от някакво вещество. В експерименталната установка на Франк и Херц се пропускаше поток от електрони през газ. При това се наблюдаваше светене на газа с определена дължина на вълната. Експериментът позволяващ точното измерване на скоростта на електроните, а оттам и на тяхната енергия. Изследвайки количествените резултати, двамата физици показаха, че електронът трябва да има определена минимална енергия, за да предизвика излъчване на атома при сблъскване. Установи се, че тя е равна на произведението от константата на Планк и честотата на излъчваната светлина. Определянето на тази константа по нов и независим начин бе още едно потвърждение на идеята за квантите. За това откритие Густав Херц и Джеймс Франк бяха удостоени с Нобеловата награда по физика за 1925 г.

Излъчването на черното тяло доведе Планк до мисълта за квантите. Изучаването на фотоэффекта от Айнщайн задължи тези представи и показва, че квантите са всъщност фотони — частици светлина. Фотоните се проявяват в различни ефекти, един от които бе открит от американския физик Артър Холи Комптьн в 1923 г.

При фотоэффекта фотонът взаимодействува с електрон от веществото, като му придава своята енергия и го откъсва от атома. При ефекта на Комптьн фотонът взаимодействува със свободен или слабо свързан електрон. При това положение се предава само част от енергията. В резултат на взаимодействието става преразпределение на енергия между фотона и електрона, което променя траекторията на частиците. Комптьновият ефект се наблюдава, ако енергията на фотона е достатъчно голяма в сравнение с енергията на свързване на

електрона в атома. Само при това положение електронът може да се приеме като свободна частица. Фотони с такава висока енергия има в рентгеновия диапазон. При облъчване на вещества с рентгенови лъчи се поражда вторичен лъч с по-голяма дължина на вълната, т.е. състоящ се от фотони с по-малка енергия и поток от електрони, които са погълнали част от енергията.

Откритието на Артър Компън бе ново убедително доказателство за реалността на квантите. За това постижение той стана един от Нобеловите лауреати по физика през 1927 г.

Докато фотоефектът и Компъновият ефект са явления, които се наблюдават само при специални условия, т.нар. комбинационно разсейване на светлината се среща много по-често. През 1928 г. индийските физици Чандрасехара Венката Раман и Кариамани кам Кришнан, от университета в Калкута, изследваха спектралния състав на светлината след преминаването ѝ през различни течности. Те установиха, че наред с основните спектрални линии се наблюдават и нови линии, изместени към червената или виолетовата страна. По същото време подобни изследвания върху кристали правеха в Съветския съюз Леонид Манделщам и Григорий Ландсберг. Съветските учени публикуваха своите резултати след продължителни експерименти, докато Раман веднага изпрати кратко съобщение в сп. „Нейчър“. Това му осигури приоритет и днес комбинационното разсейване на светлината се нарича „Раманов ефект“.

Същността на това явление е следната. Квантите от оптическия диапазон се погълват от молекулите на веществото и предизвикват тяхното възбудждане. Възбудената молекула излъчва квант с по-малка енергия, т.е. вторичната емисия е изместена към червения край на спектъра. Ако друг фотон попадне в същата молекула, докато е още възбудена, вторичното излъчване с по-голяма енергия, тъй като молекулата се връща на изходното ниво, отдавайки енергията на предишните кванди. Това вторично излъчване е изместено към виолетовия край на спектъра.

Рамановият ефект обясни много природни феномени и се оказа ценен метод за изучаване строежа на молекулите. Днес спектроскопията на разсияната светлина се прилага за качествен и количествен анализ и намира широко приложение в съвременната

химия и молекулярната биология. За своето откритие Раман получи Нобеловата награда по физика за 1930 г.

РАЗВИТИЕ НА КВАНТОВИТЕ ИДЕИ

През 1921 г. американският физик Клинтън Дейвисън откри в лабораториите на фирмата Бел Телефон един особен ефект при отразяване на електрони от повърхността на никелова пластинка. Резултатите показваха, че електроните се разсейват под определен ъгъл. Наблюдаваният феномен можа да бъде обяснен едва няколко години по-късно, когато във физиката започнаха да проникват нови, по-задълбочени квантови идеи.

В началото на 20-те години теоретиците започнаха да разбират, че старата квантова теория е твърде ограничена по своя смисъл и приложение. Необходимо бе да се създаде нова теория, основана на нови принципи. В 1923 г. френският физик Луи дьо Брой в своята докторска дисертация „Изследвания върху теорията на квантите“ предложи идеята за въlnовите свойства на материята, която легна в основата на съвременната квантова механика. Той тръгна от представите на Алберт Айнщайн за двойствената природа на светлината и свързвайки формулата на Планк, според която енергията е пропорционална на честотата на излъчване, с формулата на Айнщайн за връзката между енергията и масата, успя да изведе нова формула, която показваше каква вълна съответствува на частица с определена маса и скорост.

Луи дьо Брой защити своята докторска дисертация през ноември 1924 г., като междувременно бе изложил идеите си в редица статии. На следващата година младият немски физик Валтер Елзасер изказа предположение, че теоретичните разработки на Луи дьо Брой могат да бъдат доказани чрез отразяване на сноп електрони от кристал. Но такъв опит бе извършен от Дейвисън още през 1921 г. Американският учен също следеше публикациите на Луи дьо Брой и в началото на 1925 г. започна нови изследвания върху ъгловото разпределение на разсияните електрони. Най-после на 6 януари 1927 г. Дейвисън заедно с Джърмър получи ясна картина на разсейването на електроните така, както го изискваше теорията.

По същото време професорът от университета в Абърдийн Джордж Паджет Томсън, син на известния Дж. Дж. Томсън, откри независимо от групата на Дейвисън дифракцията на електроните. Само месец по-късно от американските си колеги той също получи убедителни резултати за вълновия характер на тези частици. Картините, получени от Дейвисън и Томсън, много приличаха на изображенията при рентгенова дифракция. Между двамата изследователи имаше разлики в експерименталните постановки. Докато Дейвисън използваше електрони с ниски скорости, отразени от кристал, Томсън изследваше преминаването на бързи електрони през метално фолио. От дифракционните изображения можеше да се изчисли дължината на вълната, съответстваща на движещите се електрони.

Идеите на Луи дьо Брой разкриха нови, неподозирани дотогава свойства на материята и в 1929 г., само шест години след първите си публикации, той стана Нобелов лауреат по физика за откриването на вълновата природа на електроните.

Дейвисън и Томсън си разделиха наградата за 1937 г. за експерименталното откриване на интерференция в кристали, облечени с електрони. Освен голямото теоретично значение на тези открития те имаха и ценно приложение в практиката. Достатъчно е да споменем електронната оптика и по-специално електронния микроскоп, който е един от основните изследователски прибори на съвременната биология.

Работите на Луи дьо Брой привлякоха вниманието на австрийския физик-теоретик Ервин Шрьодингер. В течение на една година — от края на 1925 до края на 1926 г., той публикува няколко статии, в които разви теорията, известна днес под названието нерелативистична вълнова механика. Според някои специалисти изводите на Шрьодингер и особено неговото известно уравнение играят в изучаването на атомните процеси такава фундаментална роля, както законите на Нютон в класическата механика.

Ако се направи аналогия между оптиката и механиката, може да се посочи следното: класическата оптика приема, че лъчите се разпространяват праволинейно, като геометрични линии. Само при детайлни изследвания се забелязва, че лъчите имат вълнова природа, която се проявява при някои явления. По същия начин класическата

механика се описва добре от Нютоновите закони, но при изследване на микрообекти, се проявяват вече вълновите свойства на материята. Освен тази „оптико-механична аналогия“ Шрьодингер установи връзката между своята вълнова механика и матричната механика, разработвания по същото време от Хайзенберг, Боря, Йордан и Дирак.

Младият немски физик Вернер Хайзенберг в 1925 г., едва 24-годишен, предложи т. нар. „матрична механика“, която имаше много удобен математичен апарат. Той обаче е по-известен със своя знаменит принцип на неопределеността, формулиран в 1927 г., годината, в която стана професор по теоретична физика в Лайпцигския университет. Този принцип гласи, че информацията, която можем да получим за микрообектите, е ограничена от методите за наблюдение. Ако решим да изучим траекторията на една частица, трябва да я обличим с фотони. Но от взаимодействието траекторията на частицата ще се промени и резултатът няма да е верен. Принципът на неопределеността на Хайзенберг означаваше окончателно сбогуване с класическата механика в квантовата теория. В новата квантова механика трябаше да се включват само елементи, които са наблюдавани. В модела на атома, например, на мястото на електронните орбити бяха въведени „електронни облаци“, в които електронът се намира с определена степен на вероятност.

Развитието на квантовата теория продължи по-нататък с изследванията на английския физик Пол Дирак. В 1928 г. той създаде релативистичната теория за движението на електрона, като приложи в квантовата механика съотношенията на теорията на относителността. Дирак успя да обедини в едно релавистичните представи и идеята за квантите и спина — собствения момент на количеството движение на елементарната частица. От теорията на Дирак следваше интересният извод, че може да съществува положително зареден електрон и наистина само след четири години бе открит позитронът.

Създателите на квантовата механика бяха млади талантливи изследователи. Те внесоха нови оригинални идеи във физиката и научната им дейност напълно съответствуващи на критериите на Нобеловата фондация. И наистина, скоро след като бяха направили своите открития, повечето от тях станаха Нобелови лауреати. През 1932 г. наградата по физика бе дадена на Вернер Хайзенберг за създаването на квантовата механика и откриването във връзка с това на

алотропните форми на водорода. Наградата за 1933 г. бе дадена на Ервин Шрьодингер и Пол Дирак за откриването на нови плодотворни форми на атомната теория.

Когато Шрьодингер публикува своето известно уравнение, немският физик Макс Борн показва, че неговото решение в различните случаи трябва да се разглежда статистически — като мярка за вероятността частицата да се намира в определено място. Друга заслуга на Борн е, че заедно с Йордан той създаде математическия апарат на новата квантовата теория. За тези фундаментални приноси в квантовата механика, както и за статистическата интерпретация на вълновата функция Макс Борн стана Нобелов лауреат през 1954 г., като раздели наградата по физика с Валтер Боте. Наред с другите си резултати Борн създаде способ за изчисляване на електронните обвивки на атома. За него и неговата школа бе характерно широкото прилагане на квантовата механика в различни области на физиката на атома и твърдото тяло.

С електронната обвивка на атома са свързани и изследванията на известния физик-теоретик Волфганг Паули. През 1924 г. този талантлив млад учен формулира един от най-важните принципи на съвременната теоретична физика. Това бе все още времето на старата квантовата теория, според която електроните обикалят по определени траектории около ядрото. Принципът на забраната, въведен от Паули твърдеше, че на една орбита не може да има повече от два електрона, и то само ако спиновете им са противоположни. Преведено на езика на съвременната теория, това означава, че в една система не може да има частици, намиращи се в еднакви квантови състояния.

От принципа на Паули следва, че във всеки слой от електронната обвивка на атома може да има само определен брой електрони. Този извод е особено важен за периодичната таблица на химичните елементи. Принципът на забраната има голямо значение за ядрената физика и за физиката на елементарните частици, където се налага обясняване на съставния характер на ядрата и частиците. За своето голямо откритие Волфганг Паули получи Нобеловата награда по физика през 1945 г.

РЕНТГЕНОВИТЕ ЛЪЧИ

През декември 1895 г. Вилхелм Конрад Ръонтген, директор на Института по физика към Вюрцбургския университет, откри нов вид лъчи. Впоследствие историците на науката установиха, че това излъчване, появяващо се при работа на катодната тръба, е било наблюдавано многократно преди това.

През втората половина на 19 век катодни тръби имаше във всички по-големи физически лаборатории и е много чудно как никой не откри по-рано тези лъчи. Още Ойген Голдщайн в 1880 г. описа флуоресценция под действие на катодни лъчи, която се запазва дори след като еcranът е защищен от тях. Десетина години по-късно Дж. Дж. Томсън, търсейки електрони в катодната тръба, също забеляза фосфоресценция на стъкло, поместено на повече от метър от апарат. Той обаче не му обърна внимание. По същото време на физиците бе добре известно, че не бива да се оставят фотоматериали до работеща катодна тръба, тъй като се осветяват. Всичко това показва, че учените са били на прага на откритието. Последната крачка бе направена от Вилхелм Ръонтген в 1895 г. За да наблюдава по-добре светенето в катодната тръба, той беше затъмnil своята лаборатория. При тези обстоятелства Ръонтген случайно забеляза, че картонен еcran, покрит с флуоресциращ минерал, започва да свети, когато катодната тръба работи.

Има една мисъл на Пастьор, че случайността помага само на подгответния ум. Ръонтген веднага постави серия от експерименти и описа най-подробно свойствата на новите лъчи. Той установи, че те се разпространяват на голямо разстояние и проникват през различни вещества в зависимост от техния химически състав. По-нататък той установи, че лъчите не се пречупват, нито се отразяват и не се отклоняват от магнитно поле, което ги отличава от катодните лъчи. Само за няколко месеца Ръонтген изучи така основно новото излъчване, че трябваше да минат 20 години, за да се добави нещо към неговите изводи.

Макар и интересни сами по себе си, рентгеновите лъчи предизвикаха сензация със способността си да проникват през човешкото тяло и да дават изображение на скелета. За края на миналия век това беше невероятно откритие. Популярността на Ръентген изведнъж стана толкова голяма, че той с мнозинство бе избран за първия лауреат на Нобеловата награда по физика в 1901 г.

Веднага след откриването на рентгеновите лъчи се поде старият спор, който по това време се развихряше около всички видове излъчване — дали това е поток от частици или електромагнитни вълни. През 1899 г. холандските физици Хага и Винд пропуснаха сноп рентгенови лъчи през тясна цепнатина и откриха слаб дифракционен ефект. От това те направиха извода, че рентгеновите лъчи имат дължина на вълната от порядъка на един ангстрем (една стомилионна от сантиметъра). За сравнение, видимата светлина е с дължина на вълната от порядъка на няколко хиляди ангстрема. В 1904 г. английският физик Чарлз Глоувър Баркла се зае да провери хипотезата на Джордж Стоукс, че рентгеновите лъчи трябва да се поляризират, ако са електромагнитни вълни, като това ще зависи от начина, по който се образуват в катодната тръба. Наистина бе открита поляризация и това се възприе като сериозен аргумент в полза на вълновата природа.

По същото време обаче се откриваха и факти в полза на корпускулярния характер на рентгеновите лъчи. В 1908 г. Уилиам Хенри Браг и Дж. Мадсен изследваха образуването на заредени частици при рентгеново облъчване. По-специално те наблюдаваха възникването на поток електрони и оттам направиха извода, че само частици могат да предизвикат подобен ефект. Тези експерименти наклониха везните в полза на корпускулярната теория и това положение се запази до 1912 г., когато изведнъж бе дадено блестящо доказателство за вълновите свойства на рентгеновите лъчи.

В Мюнхенския университет, където продължаваше да работи Ръентген, професор Арнолд Зомерфелд възложи на своя сътрудник Макс фон Лауе да напише за една енциклопедия статия на тема „Вълнова оптика“. Това накара Лауе да изучи внимателно теорията за дифракция на светлината. По същото време един от учениците на Зомерфелд — Паул Евалд, работещ над дисертация върху оптиката на кристалите. Лауе, който често му даваше консултации, стигна до идеята, че разстоянието между атомите в кристалните решетки е от

порядъка на предполагаемата дължина на вълната на рентгеновите лъчи. При това положение би трябвало да се наблюдава дифракция, ако лъчите минават през кристал.

С проверката на този въпрос се заеха младите изследователи Валтер Фридрих и П. Книпинг. След неколократни експеримента бяха получени фотоизображения, показващи сложна дифракционна картина. Така бе фотографирана в 1912 г. дифракцията на рентгеновите лъчи при преминаване през кристал от меден сулфат. Това бе откритие с голям резонанс сред научните среди. Неговият инициатор Макс фон Лауе получи за своята забележителна идея Нобеловата награда по физика за 1914 г.

Изображенията на рентгеновата дифракция са доста сложни за обяснение. Лауе работи по този въпрос, но с много малък успех. Светлина върху проблема бе хвърлена от английския физик Уилиам Лорънс Браг и независимо от него от руския кристалограф Георгий Вулф. В 1913 г. те намериха връзката между дълчината на вълната на рентгеновите лъчи и периода на кристалната решетка, т.е. разстоянието между атомните слоеве в кристала. Това разстояние определя ъгъла, на който може да се отклони рентгенов лъч с определена дължина на вълната. От този резултат следват два важни извода. От една страна, като се използват рентгенови лъчи с определена дължина на вълната, могат да се проучват структурите на веществата. От друга страна, като се използват кристали като готварската сол, чиято структура е известна от химията, може да се изследват самите рентгенови лъчи. Обширни експерименти от този род направиха Уилиам Лорънс Браг и неговият баща Уилиам Хенри Браг. Това постави началото на рентгеноструктурния анализ и донесе на двамата учени Нобеловата награда по физика за 1915 г. У. Л. Браг, който бе тогава само на 25 години, работи дълго и плодотворно в тази насока. Между 1938 и 1953 г., като директор на известната Кавендишска лаборатория, той насьрчаваше прилагането на рентгеноструктурния анализ в зараждащата се молекулярна биология. И наистина там бе открита двойноспиралната структура на ДНК и пространственият строеж на някои белтъчни молекули.

Интересни експерименти с рентгеновото излъчване направи в началото на века Чарлз Баркла. След като доказа, че то може да се поляризира, в 1906 г. той откри т. нар. характеристични рентгенови

лъчи. Обикновеното рентгеново излъчване има непрекъснат спектър. То се поражда от рязкото забавяне на електроните, когато катодните лъчи се удрят в мишената. При голямо напрежение обаче, наред с непрекъснатия спектър, възниква и допълнително рентгеново излъчване с определена дължина на вълната. Този линеен спектър, който се появява при напрежение над 10 000 волта, бе открит от Баркла и наречен от него характеристично рентгеново излъчване. Той му даде това име, защото излъчването зависеше от характера на веществото на мишената.

Тези резултати не можеха да бъдат обяснени от теорията. В практически аспект те бяха използвани за получаване на рентгенови лъчи с определени свойства, което бе необходимо за рентгеноструктурния анализ. Важността на откритието стана ясна десетина години по-късно, след като двамата Браг показаха възможността да се изследва рентгеновият спектър с помощта на кристали с известен строеж. По това време Нилс Бор вече бе предложил своя квантов модел на атома и характеристичното рентгеново излъчване започна да се свързва с електроните, разположени близо до атомното ядро. Значението на откритието на Баркла все повече нарастваше и накрая той получи Нобеловата награда по физика за 1917 г. Тя му бе връчена на следващата година след края на войната.

Изследването на лъчите на Баркла с метода на Браг постави началото на рентгеновата спектроскопия. Ценни приноси в тази област имат френският физик Морис дьо Брой — по-голям брат на Луи дьо Брой, и английският физик Хенри Мозли.

Мозли бе първият, който се зае системно да изучава специфичното рентгеново излъчване на различните елементи. Той откри закономерност, свързваща честотата на спектралните линии с номера на химичния елемент в периодичната таблица. Това откритие имаше голямо значение за установяването на физическия смисъл на атомния номер на елемента. Мозли показва, че характеристичните рентгенови лъчи се излъчват от дълбоките електронни слоеве, намиращи се близо до ядрото. Те дават за тях същата информация, както обикновената светлина за външните електрони.

Хенри Мозли бе едва 26-годишен, когато в 1913 г. публикува своя труд, записал името му в науката. Той загина две години по-късно при

английския десант в Дарданелите. Заповедта за неговата демобилизация беше вече издадена и пътуваше по пощата.

Недовършената работа на Мозли бе продължена от шведския физик и експериментатор Мане Сигбан. Той разработи нови методи за получаването на подробни рентгенови спектри и с тях изучи излъчването и погълщането на рентгенови лъчи при почти всички химически елементи. Така бяха събрани данни за структурата на електронната обвивка на атома.

Сигбан създаде дифракционна решетка за мекото рентгеново излъчване. С това той запълни празнината между твърдите рентгенови лъчи с малка дължина на вълната, които се изследват с кристални решетки и ултравиолетовите лъчи, които се пречупват от гравирани решетки. Изследванията на шведския учен показваха как се добавят електронни обвивки при преминаване от по-леки елементи към по-тежки. От наблюденията можеше да се установи колко електрона се намират в съответната обвивка на даден елемент. За тези обширни и подробни изследвания Мане Сигбан получи Нобеловата награда по физика за 1924 г.

Случи се така, че 57 години по-късно същата награда бе връчена на сина на Мане Сигбан — Кай. Увличайки се отрано от физиката, Кай Сигбан също се зае с рентгеновите лъчи и по-специално с електроните, които те изтръгват от веществото. В 1951 г., когато бе вече професор, младият шведски учен положи началото на един нов метод, наречен електронна спектроскопия за химически анализ. Основната заслуга на този изследовател е, че създаде апарат за изследване на енергетичния спектър на електроните, които се отделят от атомите под действието на рентгеновите лъчи. Веднъж разработен, електронният спектрометър се оказа изключително ценен уред за съвременната химия. Електронните спектри показват какво е обкръжението на атома и посоката на химическите връзки. Това дава възможност да се определя структурата на различни молекули. Методът е изключително чувствителен и за анализ е достатъчен само повърхностният слой от веществото на дълбочина не повече от 50–100 ангстрема. Това впрочем дава възможност да се изследват процесите на корозия, адсорбция и други явления в химията на повърхностите. Днес приборите за електронна спектроскопия са неразделна част от екипировката на всяка лаборатория, която се занимава с химически анализ. Създателят на

този универсален и чувствителен метод Кай Сигбан заслужено стана Нобеловият лауреат по физика за 1981 г.

Първият ефект на хикс-лъчите — светенето на флуоресциращ екран, бе наблюдаван от Вилхелм Ръонтген на 8 ноември 1895 г. Предварителното съобщение за откритието бе направено през декември, като там се споменаваше и за възможността да се наблюдава човешкият скелет. Първата рентгенограма бе направена на ръката на госпожа Ръонтген и на нея, наред с костите на дланта, особено ясно личи златната халка. Идеята за медицинско приложение на рентгеновите лъчи бе възприета с ентузиазъм и още на 20 януари 1896 г. в Дартмут, Ню Хемпшир, лекарите наблюдаваха скупването на ръката на един пациент. В почти всички университетски лаборатории по онова време имаше катодни тръби, които незабавно бяха приспособени за медицински цели. Доста бързо бе създадена и специализирана апаратура за нуждите на лекарите и така се постави началото на рентгенологията. Всичко това обаче беше чисто инженерна работа, която вече не интересуваше теоретиците. В продължение на десетилетия рентгеновата диагностика си оставаше на първоначалното ниво. Това положение се запази до 1963 г., когато Алън Кормак, физик от Кейптаун, разработи компютърния метод за рентгенова томография. Липсваха обаче достатъчни съвършени компютри и идеята бе реализирана едва в 1969 г. Това направи английският инженер Годфри Хаунсфийлд, който създава първия действуващ апарат.

При сканиращата томография тънък сноп рентгенови лъчи преминава през човешкото тяло и се регистрира от детектор. Тъканите погълщат излъчването и силата на лъча намалява. Всъщност на практика се използват хиляди детектори, като получените резултати се записват на магнитна лента. Компютър обработва данните и създава цветно телевизионно изображение, което показва в детайли строежа на вътрешните органи.

Обикновените рентгенови апарати фиксират разлики в погълщането на рентгеновите лъчи или, както още се казва, разлики в плътността от порядъка на 1/50. Компютърният томограф улавя разлики от порядъка на 1/1000. Неговата скала обхваща хиляда степени над плътността на водата и още толкова под нея. Това се равнява на диапазон на погълщането от въздуха до костта. Единицата

за плътност, която характеризира доколко едно вещество погълща рентгеновите лъчи, се нарича „Хаунсфийлд“. Например коефициентът на погълщане на черния дроб е между 30 и 60, а на далака между 45 и 70. Възпалителните огнища и туморите са по-прозрачни за рентгеновите лъчи от здравите тъкани. С обикновен апарат разликата почти не се забелязва, но с компютърен томограф тя се вижда ясно и могат да се откриват тумори с размери като главичка на карфица.

Компютърната томография предизвика истинска революция в методите за наблюдение на организма. Тя рязко повишава възможността за ранна диагностика, което значи по-големи шансове за излекуване. Лекарите много високо оцениха компютърния томограф и това всеобщо мнение накара Нобеловия комитет при Каролинския институт да даде наградата по медицина за 1979 г. на двамата физици Алън Кормак и Годфри Хаунсфийлд.

III

ИЗОТОПИТЕ

В 1903 г. английският изследовател от новозеландски произход Ърнест Ръдърфорд, заедно със своя сътрудник Фредерик Соди, предложи теория за радиоактивното разпадане на елементите. Тя свързваше тези превръщания с алфа- и бета-лъчите, две от съставките на естествената радиоактивност, идентифицирани и наименовани от Ръдърфорд през 1899 г.

Изследвайки тези лъчи, английският учен установи, че алфа-лъчите са хелиеви ядра, а бета-лъчите — поток от електрони. В съответствие с това при отделянето на алфа-лъчи се образува елемент, стоящ на две клетки вляво в периодичната таблица, а при бета-разпадане — елемент, стоящ на една клетка вдясно. Подробните изследвания показваха, че природните радиоактивни елементи претърпяват серия разпадания и пораждат цяла група нови елементи. Работите на Ръдърфорд значително стимулираха развитието на тази нова област в науката и това му донесе Нобеловата награда по химия за 1908 г. По този повод големият учен разказваше, че от всички превръщания, които е наблюдавал, неговото собствено превръщане от физик в химик е най-неочакваното.

Решението да се даде тази награда на физик бе взето след съвместно обсъждане на въпроса от Нобеловите комитети по физика и химия. Експертите стигнаха до извода, че този резултат е по-важен за химията, тъй като показва възможността за превръщане на атомите — старата мечта на алхимиците. Това е един от многото примери в историята на Нобеловите награди, когато изследванията на един учен не се вместват в рамките на традиционното разделяне на науките.

В края на първото десетилетие на нашия век от изследванията върху радиоактивното разпадане се натрупаха редица интересни факти, които промениха схващането за химически елемент. Това понятие бе утвърдено през 19 век, когато се смяташе, че всички атоми на дадено вещества са еднакви и неделими. След като физиците откриха, че атомите на един елемент могат да се разпадат, по-нататък се установи, че те невинаги са еднакви.

При разпадането на различните радиоактивни атоми се образува цяло семейство нови елементи, произлизащи от тях. Установено бе, че някои от тези вещества дотолкова си приличат, че не могат да се разделят химически. Този въпрос бе разгледан от Фредерик Соди, сътрудника на Ръдърфорд от Макгилския университет в Монреал, където бе формулирана теорията за радиоактивното разпадане. Всъщност именно Соди и независимо от него К. Файанс уточниха правилото за преместването — вляво на периодичната таблица при алфа-разпадане и вдясно — при бета-разпадане.

Фредерик Соди показва, че атомите на един и същ елемент, имайки еднакъв електричен заряд на ядрата си, могат да бъдат с различна маса. Тъй като те имат еднакви химични свойства и заемат едно и също място в периодичната таблица, Соди ги нарече с гръцкото име изотопи. Две години преди това, в 1911 г., Ръдърфорд бе предложил своя планетарен модел за атома, според който около централното ядро, по определени орбити, обикалят електрони. Този модел предполагаше наличието на електрони и в самото ядро, които да неутрализират част от протоните. 20 години по-късно, когато бе открит неutronът, теорията за изотопите придобива съвсем прост и елегантен вид. Атомите на един химически елемент имат определен брой протони в ядрото и същия брой електрони, обикалящи около него. Те обаче, могат да се различават по броя на неutronите в ядрото и оттам идват известни разлики в атомното тегло, които почти не се отразяват на химическите свойства. Както казва самият Фредерик Соди, изотопите са еднакви отвън, но различни отвътре. Този оригинален английски изследовател, с големи приноси в изследването на атомите, стана Нобелов лауреат по химия за 1921 г.

Съгласно устава на Нобеловата фондация, връчването на наградата може да се забави с една година. Точно така постъпиха в 1921 година. Новият лауреат бе обявен едва на следващата година и награждаването на Соди съвпадна с награждаването на един друг английски физик — Френсис Астън, който създаде метод за разделяне на изотопите.

Химическата еднаквост на изотопите е причина те да останат незабелязани за химиците и да внасят дълго време объркване в изучаването на химическите елементи. Още в 1815 г. англичанинът Уилиам Праут изказа оригиналната хипотеза, че атомите на всички

елементи са изградени от водородни атоми. Той беше забелязал, че атомните тегла на елементите са приблизително кратни на теглото на водорода, което може да се приеме за единица. Няколко десетилетия по-късно обаче точността на измерванията значително се повиши. Берцелиус, Стас и други известни химици установиха, че атомните тегла не са цели числа. Например теглото на хлора е 35,5 и тъй като не може да се допусне, че той е изграден от 35,5 атома водород, забележителната догадка на Праут бе отхвърлена.

Дълго време се смяташе, че след обширните изследвания на Стас през 60-те години на миналия век няма какво повече да се добави към въпроса за атомните тегла. Okaza се обаче, че неговата методика не е била достатъчно съвършена. Към края на миналия век американският химик Теодор Уилиам Ричардс се зае да определя атомни тегла, използвайки много по-чисти вещества и реактиви, и ревизира числените стойности за редица елементи. За тези резултати той бе удостоен с Нобеловата награда по химия за 1914 г., която му бе връчена една година по-късно. Данните на Ричардс се оказаха особено важни при изучаването на изотопите.

Разкриването на строежа на атома даде възможност да се обясни защо атомните тегла на химическите елементи не са цели числа. Очевидно в ядрото не може да има половин протон и цифрата след десетичния знак всъщност показва, че природното вещество е смес от изотопи с различни атомни тегла. След като изотопите бяха разделени, наистина се оказа, че техните атомни тегла се изразяват с цели числа, показващи общия брой на протоните и неutronите в ядрото.

Пионер в създаването на методи за разделяне на изотопите е Френсис Астън. В 1913 г. той предложи метода на газовата дифузия. Макар и химически еднакви, изотопите се различават по своята маса, което влияе върху скоростта на дифузия и някои други физикохимични характеристики. Това обстоятелство се използва днес в химичната технология за извлечение на радиоактивни изотопи, необходими за атомната енергетика.

Голямото откритие на Астън обаче е електромагнитният метод за разделяне на изотопите. Той се базира на простата идея, че електрическо или магнитно поле ще отклоняват ионизирани атоми в различна степен в зависимост от тяхното тегло. В 1919 г. Астън създаде първия си мас-спектрограф. В него сноп от иони преминаваше

между плочи на кондензатор, отклонявайки се от електричното поле, след това през електромагнит, създаващ магнитно поле, и накрая падаше върху фотоплака, върху която се записваше т.нар. мас-спектър. Този прибор предизвика революция в изследването на изотопите, тъй като тяхното разделяне бе сведено до съвсем проста лабораторна операция. Това откритие донесе на Френсис Астън Нобеловата награда по химия за 1922 г.

От изследванията на Астън се стигна до едно доста интересно откритие, като любопитното в случая е, че причини за това бяха не особено точните резултати, получени с първите мас-спектрографи. През 1929 г. Джиок и Джонстън откриха, че кислородът има изотопи. Това бе голям удар за цялата химия, тъй като атомните и молекулните тегла се измерваха с т.нар. кислородни единици, представляващи 1/16 от теглото на кислорода. Наложи се да се внесат поправки в числените стойности и се оказа, че водородът има различно атомно тегло, в зависимост от това, дали се определя по химичен път или по метода на Астън. Зароди се съмнението, че водородът също има изотопи.

С този въпрос се зае младият американски изследовател Харолд Юри. В началото на 30-те години той по теоретичен път доказа, че ако се изпарява течен водород при ниска температура, в оставащата течност ще се увеличава количеството на предполагаемия тежък водород. Действително по време на експериментите, които предприе по-късно, Юри успя, изпарявайки 4 литра водород, да получи няколко кубически сантиметра от тежкия му изотоп.

Ако към един елемент с голямо атомно тегло се добави неutron, новият изотоп практически няма да се различава от първоначалния. Но ако към елемент с тегло единица се прибави неutron, теглото се удвоява и тази разлика вече може да се улови със средствата на химията. И наистина Харолд Юри показва, че тежкият водород, наречен от него деутерий, значително се различава от обикновения водород. Продължавайки теоретичните си изследвания, той установи, че при електролиза на водата в течния остатък ще се натрупва т.нар. тежка вода. Тя е съединение на деутерия с кислорода. Е. Уошбърн от Бюрото за стандарти във Вашингтон създаде ефикасна техника за получаване на тежък водород, а известният химик Джилбърт Нютън Луис пръв успя да получи чиста тежка вода.

За откриването на тежкия водород деутерий Харолд Юри получи Нобеловата награда по химия за 1934 г. Комичното в този случай е, че тъкмо тогава Астън ревизира своите данни от мас-спектрографията на водорода. Разликата с химическите данни не бе толкова голяма, че да налага допускането на изотопи за този елемент. Това е интересен пример как една грешка в науката може да ускори едно откритие.

БЕЛЯЗАНИТЕ АТОМИ

Голямата популярност на изотопите се дължи на едно щастливо откритие, направено от Георг фон Хевеши — един от асистентите на Ръдърфорд. Роден в Будапеща през 1885 г., учи във Фрайбург и работил в Цюрихската политехника, през 1912 г. той попадна в Манчестър при Ръдърфорд. Там именно се зароди идеята да се използват радиоактивните изотопи като маркери на химическите елементи. Хевеши разработи подробно този въпрос през 1915 година заедно с австрийския химик Фридрих Панет.

Първоначално методът на белязаните атоми бе приложен при изучаване на химически реакции. С индикатор на радиацията лесно можеше да се установи в кои молекули преминава белязаният атом. Впоследствие Хевеши успя да приложи радиоактивните изотопи и във физиологията. Примесването на тези вещества към храната на лабораторни животни или към почвата на растения даде възможност да се проследи пътят на атомите в метаболитните вериги на организма.

Дълги години широкото внедряване на белязаните атоми в химията и биологията се задържаше от факта, че природните радиоактивни изотопи са много малко и при това от елементи, които не са биологически активни. Прелом в тази област бе постигнат след откриването на изкуствената радиоактивност от Фредерик Жолио и неговата съпруга Ирен Жолио-Кюри. Това голямо откритие бе направено през януари 1934 г. Облячвайки алуминиево фолио с алфа-частици, френските изследователи откриха, че мишлената сама става след това източник на излъчване. Анализът показва, че се получават нови изотопи, които в большинството си са радиоактивни. Още на следващата 1935 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри получиха Нобеловата награда по химия за откриването на изкуствената радиоактивност.

Възможността да се създават радиоактивни изотопи по желание на изследователя вдъхна нов живот на метода на белязаните атоми. Хевеши бе принуден да работи с радиоактивно олово, което е естествен продукт от разпадането на урана. След като стана възможно

да се получават радиоактивен въглерод, азот, фосфор и т.н., белязаните атоми навлязоха широко в медицината и физиологията, но, разбира се, най-напред в химията и това направи Георг фон Хевеши лауреат на Нобеловата награда по химия за 1943 г.

С радиоактивните изотопи е свързано едно от забележителните открития на нашия век. Откритието, че Вселената има свой радиоактивен часовник. Всичко започна съвсем банално при едно изследване с цел да се установи съотношението между радиоактивни и обикновени изотопи на въглерода в живи същества.

През 1939 г. изследванията върху космическите лъчи показваха, че те предизвикват потоци от вторични частици в атмосферата. В резултат на това се извършва превръщане на азот-15 във въглерод-14. Този процес се извършва непрекъснато, но въпреки това количеството на радиоактивния въглерод в атмосферата е минимално. В момента на своето възникване тези атоми са с много висока енергия и веднага се свързват във въглероден двуокис. Този газ се усвоява от растенията и преминава от тях в животните. По такъв начин в цялата биосфера се поддържа постоянна концентрация на въглерод-14.

Всичко това бе установено към 1946 г. от изследователски екип, в който влизаше и американският физикохимик Уилард Либи. Този учен си зададе въпроса, какво става с радиоактивния въглерод след смъртта на организма. Тъй като обмяната на веществата спира, прекратява се и постъпването на ново количество въглерод-14. Изотопът, който е влизал в състава на организма, започва да се разпада, като половината от атомите изчезват за период от 5600 г. Очевидно по съотношението на въглерод-14 от изкопаеми останки и неговото съдържание в живи организми може да се съди за възрастта на останките.

Идеята звучи много просто, но за да се създаде точен и удобен метод, бяха необходими големи усилия. Съвременната датировка с въглерод-14 обхваща периода от преди 200 до 50 000 години. Атомите на изотопа се отделят вече с мас-спектрограф и анализът се прави само с няколко микрограма вещество. Днес това е един от основните методи за датировка в археологията.

Появата на радиохронологията с въглерод-14 оказа стимулиращо въздействие върху учените, които се заеха да търсят и други радиоактивни изотопи, удобни за тази цел. Вече са известни радиоактивни часовници, които измерват периоди от милиони и

милиарди години. За пръв път датировката на археологически, геологически и космически събития стъпи на твърда основа.

За своето забележително откритие Уилард Либи стана Нобелов лауреат по химия за 1960 г. При връчването на наградата бе изказано мнението, че рядко се е случвало едно откритие в химията да има такова въздействие върху мисленето и идеите в толкова много области.

МЕЧТАТА НА АЛХИМИЦИТЕ

30-те години на нашия век бяха време, когато голям брой учени работеха върху изкуственото превръщане на елементите. Първите успешни експерименти от този род бяха направени от Ръдърфорд още в 1919 г. Той успя да превърне азота в кислород, осъществявайки по този начин първата изкуствена ядрена реакция.

В началото на 30-те години Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, с помощта на ускорени алфа-частици, получиха голям брой радиоактивни изотопи. Почти по същото време Енрико Ферми съобщи за резултатите от бомбардирането на атоми с бавни неutronи. Попадайки в ядрото на атома, неutronът предизвиква алфа- или бета-разпадане или просто се присъединява към другите неutronи. В зависимост от това се образуват различни елементи и изотопи. Италианският физик установи, че реакцията е по-успешна, ако неutronите са с по-малка скорост. Той намери начин да ги забавя, като пропускаше неutronния поток през вещества, богати на протони, като вода, парафин и други, и обясни теоретично този процес, който днес се нарича ефект на Ферми.

Енрико Ферми и неговите сътрудници търсеха нови елементи отвъд урана. Отначало той дори мислеше, че е постигнал успех, и така интерпретираше резултатите от изследванията си. За щастие на човечеството той не успя веднага да разбере какво явление се наблюдаваше при неговите експерименти, иначе щяхме да имаме атомната бомба преди Втората световна война. За успехите в изследванията върху атомните превръщания Ферми получи Нобеловата награда по физика за 1938 г. Точно по това време в Берлин се правеха решаващите експерименти по разцепването на урановия атом.

Към 1937 г. немските физици Ото Хан и Лизе Майтнер също се насочиха към получаването на нови елементи. Отначало и те смятаха, че ще могат да обогатят периодичната таблица. В 1938 г. обаче Хан и неговият асистент-химик Щрасман най-неочекано откриха сред продуктите, получени при бомбардирането на уран и торий с

неutronи, елемента барий. Успоредно с тях във Франция Ирен Жолио-Кюри заедно с югославския физик Павле Савич намериха сред продуктите на ядрената реакция лантан — също елемент от средната част на периодичната таблица.

В началото на 1939 г. Ото Хан излезе с хипотезата, че ядрото на урана просто се разцепва на две под ударите на неutronите. Това бе огромна сензация в научния свят и пълен сюрприз за учените.

По-нататъшното изследване на разпадането на урана показва, че при този процес се отделя невероятно количество енергия. Почти едновременно и независимо един от друг Енрико Ферми, Фредерик Жолио и Лео Силард установиха, че при разпадането на урана се получават 2–3 нови неutronа. Ферми веднага се досети, че тук има възможност да се получи верижна, самоподдържаща се реакция на делене. Само три години по-късно той реализира своя замисъл, построявайки първия атомен реактор. На 2 декември 1942 г. в Чикагския университет бе осъществена първата самоподдържаща се верижна реакция на делене на урана. Това е денят, в който хората овладяха атомната енергия. 12 години по-късно край град Обнинск в Съветския съюз заработи първата електростанция, която използваше топлина от атомен реактор. На 16 юли 1945 г. сред пустините на Ню Мексико бе взривена първата атомна бомба. Може да се каже, че тогава физиците изпуснаха злия дух от бутилката.

Работите по атомната бомба се извършваха в обстановка на пълна секретност и Нобеловият комитет по химия естествено нямаше никаква представа от тях, когато през 1944 г. награди Ото Хан, човека, който без да ще, се оказа на дъното на цялата работа. Немският учен, който разцепи урановия атом върху една скромна дървена лабораторна маса, отиде да си вземе наградата в Стокхолм една година по-късно, след като войната беше свършила и всички вече знаеха какво е това атомна енергия.

Всички тези открития бяха направени при опит да се получат трансуранови елементи. Експериментите на Ръдърфорд и другите пионери в тази област се правеха с естествени източници на заредени частици. Едва през 1932 г. английският физик Джон Кокрофт и ирландецът Ърнест Уолтън успяха да използват създадения от тях каскаден генератор за изкуствено ускоряване на заредени частици. Поле с напрежение 700 000 волта придаваше на частиците достатъчна

енергия, за да проникнат в ядрата на леките елементи и да започнат ядрени реакции. Но възможностите на тази техника бяха ограничени, въпреки че тя бе голямо постижение на инженерното изкуство. Необходима бе принципно нова идея.

Тази нова идея възникна в 1929 г. в Калифорнийския университет в град Бъркли, където работеше Ърнест Орландо Лорънс. Той предложи заредените частици да се ускоряват постепенно с повтарящи се електрически импулси. Частиците се движат по спирала между полюсите на голям електромагнит, чието поле непрекъснато се променя в синхрон с тяхното движение. Първият апарат от този род, построен в 1931 г., даваше потенциал от 10 милиона волта, или 15 пъти повече от машината на Уолтън и Кокрофт. Напрежението в самата инсталация бе само няколкостотин хиляди волта.

Почти едновременно с Лорънс шведският физик Илинг също стигна до идеята за ускоряване на частиците с повтарящи се импулси, предлагайки обаче те да се движат по права линия. От този замисъл се развиха линейните ускорители.

Този случай показва, че почти във всички открития участниците с голям принос са повече от един. Нобеловата награда е обаче индивидуална. Може би ще бъде по-правилно да смятаме, че награждаването на един учен в определена година е символично признание за усилията на цял „невидим колектив“ от изследователи, повечето от които остават неизвестни за широката публика.

Циклотронът на Лорънс откри нова епоха в ядрената физика. След усъвършенстванията, които направиха съветският физик Владимир Векслер и американецът Ъруин Макмилън, този апарат получи нови възможности и засега единствените ограничения, които стоят пред него, са финансовите. Днес в света има гигантски ускорители, в които частиците получават енергия от порядъка на милиарди електронволта. Построяването на още по-мощни ускорители е само въпрос на време.

За голямото си откритие Лорънс бе удостоен с Нобеловата награда за физика през 1939 г. Кокрофт и Уолтън също станаха Нобелови лауреати по физика в 1951 г. С техния каскаден ускорител бяха осъществени превръщания на редица атоми на леки елементи. През май 1940 г. Ъруин Макмилън и неговият млад асистент Филип Абелсън обльчиха уранови атоми с циклотрона на Лорънс.

Химическият анализ на бомбардираната мишена показва наличието на неизвестен елемент. Той получи названието нептуний по името на планетата Нептун, която в Слънчевата система се намира отвъд планетата Уран. В периодичната таблица новият елемент бе записан под №93. Едновременно с тях Ото Хан и Лизе Майтнер също получиха нептуний, но в твърде малки количества, за да могат да го изследват химически. До края на годината Макмилън заедно с Глен Сийборг откри и елемент №94. По същата логика на назоваване, той бе наречен плутоний. Изследванията на новия елемент показваха, че той реагира с бавните неutronи подобно на урана и може да се използва като ядрено гориво.

Тази модерна алхимия, която създаваше нови елементи, се хареса на Глен Сийборг и той с увлечение продължи изследванията. Не след дълго бе създадена ултрамикрохимична техника за анализ на веществата, които се получаваха в нищожни количества. В 1942 г. Сийборг доразви идеята на Макмилън, че трансураните образуват група, подобна на т.нар. редкоземни елементи от групата на лантана. Новото семейство елементи се оказа в групата на актиния. Сходството между актинидите и лантанидите бе още едно блестящо потвърждение на периодичната таблица на химичните елементи.

С участието на Сийборг бяха синтезирани редица трансуранови елементи. В 1951 г. той и Макмилън ставаха Нobelови лауреати по химия, загдето бяха разширили периодичната таблица. Сийборг продължи активната си изследователска дейност и след това. Последният елемент, в чието синтезиране той взе активно участие, бе №101, менделеевий, получен в 1955 г.

Впоследствие групата на трансураните се увеличи. Бяха създадени №102 — нобелий, 103 — лоренсий и 104 — курчатовий. От известно време този дял на радиохимията е в застой. Но учените не губят надежда, че ще бъдат синтезирани и други елементи и някъде около №114 ще бъде намерен остров на стабилността.

МОДЕЛИ НА ЯДРОТО

В първото десетилетие на нашия век физиците вече знаеха доста за елементарния носител на електрическия заряд — електрона. От химични експерименти и физически изследвания на каналните лъчи беше известно, че най-малкият носител на положителния заряд е водородният йон. Това бе установено от Вин през 1898 г. и окончателно доказано в 1914 г., когато Ръдърфорд нарече тази частица протон.

От тези две частици, обединени от електромагнитното взаимодействие, физиците изграждаха модели на атомите. Беше вече известно, че атомното ядро е два пъти по-тежко от общото тегло на протоните, необходими да осигурят положителния заряд. Учените предположиха съществуването на вътрешноядрени електрони, които да неутрализират част от протоните. Тази схема между другото бе използвана за обясняване на бета-разпадането, при което от ядрото се отделят електрони.

Този първи модел на атомното ядро беше доста изкуствен, но в арсенала на физиката от онова време просто не можеше да се намери друго. Скоро се появиха факти, които не можеха да бъдат обяснени. Един от тях бе т.нар. „азотна катастрофа“. Наблюдаваните характеристики на азотните ядра и по-специално техният спин не можеха да се обяснят от гледна точка на стария модел. В теорията настъпи криза. Тя бе преодоляна едва в началото на 30-те години, когато се доказва, че в ядрата има и други частици.

В 1919 г., обльчвайки азот с алфа-частици, Ръдърфорд успя да получи кислород. Това бе първото изкуствено превръщане на елементи. 11 години по-късно в подобен експеримент Валтер Боте и неговият сътрудник Бекер при обстрелване на различни елементи с алфа-частици получиха извънредно силно вторично излъчване, което те възприеха като твърди гама-лъчи. Особено силен бе ефектът при мишена от берилий и оттам се появи изразът „берилиево излъчване“. Учените по това време бяха под впечатление на откритието на Артър Компън, който установи, че рентгеновите лъчи избиват от веществото

електрони. Затова когато в 1932 г. съпрузите Жолио-Кюри изследваха преминаването на берилиево излъчване през вещества, богати на водород, те интерпретираха наблюдаваното отделяне на протони като особено силен комптънов ефект, при който квант с много голяма енергия откъсва от атома протон. Друго обяснение на тези факти обаче бе дадено от английския изследовател Джеймс Чадуик.

Този ученик и сътрудник на Ръдърфорд също изучаваше образуването на протони под действието на берилиевите лъчи. Проследявайки образуващите се йонизирани частици, Чадуик стигна до извода, че е много трудно да се обясни този ефект с въздействието на гама-кванти. Трудностите обаче изчезваха при допускане, че излъчването на берилиевата мишена се състои от частици с маса единица, но лишени от заряд. Така бяха открити неutronите, предсказани от Ръдърфорд още в 1920 г. Резултатите от експериментите, направени в Кавендишката лаборатория в Кембридж, бяха публикувани от Чадуик през 1932 г.

Откриването на неutronа бе повратен момент в историята на съвременната физика. Теоретиците трябваше да се откажат от електромагнитната концепция за веществото, която бе доминирала почти половин век, и да приемат, че в атома има нови частици и нови сили. Този голям успех донесе на Джеймс Чадуик Нобеловата награда по физика за 1935 г.

Веднага след откриването на неutronа възникна въпросът, как се задържа тази частица в ядрото. Бяха създадени схеми на взаимодействие, които предполагаха преход на неutronите в протони и обратно с изпускане на позитрони, електрони и неутрино. Оказа се обаче, че тази схема, която отново искаше да обясни всичко с електромагнитното взаимодействие, не съответствува на истината. Отговорът бе даден от друго място.

Японският физик Хидеки Юкава бе сред първите учени, които осъзнаха, че са се сблъскали с нов тип взаимодействие. В 1935 г. той излезе със своя теория, която обясняваше как се свързват помежду си протоните и неutronите и защо ядрото не се разкъсва поради отблъскването на множеството положително заредени протони. Очевидно бе, че новото взаимодействие е много по-силно от електромагнитното. Това всъщност определи и неговото название.

За разлика от гравитационното и електромагнитното взаимодействие, известни преди това, силното взаимодействие според теорията трябваше да се проявява само на много малки разстояния — от порядъка на атомното ядро. Прилагайки квантовите идеи, Юкава изчисли, че квантът на силното взаимодействие трябва да бъде частица с маса 200–300 пъти по-голяма от масата на електрона. По времето, когато той излезе със своята теория, такава частица не беше известна и неговите идеи останаха до известна степен в сянка. През 1937 г. обаче Андерсън и Недермайер от Калифорнийския технологически институт и Стрийт и Стивънсън от Харвард откриха неизвестна частица, около 200 пъти по-тежка от електрона. Нейните характеристики доста наподобяваха свойствата на „юконите“, както наричаха тогава хипотетичните кванди на силното взаимодействие. Тъй като новата частица по всичко приличаше на електрона, освен по масата, Андерсън я наричаше просто тежък електрон. Поради междинното положение, което заемаше между електрона и протона, частицата бе наречена впоследствие мезотрон и накрая мезон.

Въпреки това откритие липсваха окончателни доказателства, че е намерена частицата на Юкава. Войната попречи на тези изследвания и въпросът бе решен едва през 1947 г., когато Сесил Франк Пауел със своята група показва, че мезоните са няколко вида и един от тях наистина е юконът — квант на силното взаимодействие. Така теорията на Юкава за съществуването на нова сила, която обединява тежките частици в ядра, се потвърди и в 1949 г. той стана Нобелов лауреат по физика.

МАГИЧЕСКИТЕ ЧИСЛА

Още в 1928 г. известният физик и астроном Георгий Гамов, разработвайки теория за алфа-разпадането, въведе представи за ядрото като своеобразна капка, чиито частици са тясно свързани помежду си от сили на привличане. В 1936 г. Нилс Бор и Джон Уилър доразвиха тези идеи, създавайки капковия модел на ядрото. Аналогията е доста нагледна. Между молекулите във водната капка има сили на привличане, които действуват на много къси разстояния също като ядрените сили. Ако се пусне капка вода в друга течност със същата плътност, тя заема сферична форма. Това се дължи на повърхностното напрежение, което се създава от молекулите по повърхността на капката. Техните сили на привличане се уравновесяват отвътре, но не и отвън. Сумирани, те придават на капката сферична форма, която има най-малка площ.

В атомното ядро в изключително малък обем са съсредоточени значителен брой протони и неutronи. Те се свързват помежду си чрез полето на силното ядрено взаимодействие. Повърхностният слой нуклони остава неуравновесен и затова може да се каже, че ядрото също има повърхностно напрежение. В реалния случай тази картина се усложнява поради взаимното отблъскване между електрически заредените протони. Тъй като ядрата имат различен брой протони и неutronи, силното и електромагнитното взаимодействие се наслагват и в крайна сметка формата на ядрото става неправилна. Някои ядра имат доста удължена форма и дори слабо въздействие, като попадането на неutron отвън, може да наруши равновесието и да доведе до разделяне на ядрото на две. Тази теория, която доста добре обясняваше деленето на атомите, бе предложена от Бор и Уилър в 1939 г.

Капковият модел на ядрото изигра голяма роля в експерименталната физика и дълги години се ползваше с голяма популярност сред учените. Натрупваха се обаче факти, които не можеха да намерят обяснение в рамките на тази проста схема. Още в 1934 г. младият немски физик Валтер Елзасер установи, че ядра, в които броят на протоните или неutronите е равен на 2, 8, 20, 50, 82 или

126, са особено стабилни. Тъй като за това нямаше обяснение, физиците нарекоха тези числа „магически“. Особено стабилни се оказаха ядрата, където броят на нуклоните бе двойно магически. Например хелий-4, два неutrona и два protona, кислород-16 с 8 protona и 8 neutrona и олово-208 е 82 protona и 126 neutrona. Тези факти, наред с някои други, дадоха основание на американския физик Бартлет да предложи слоест модел на ядрото. Тази идея обаче бе доста изпъвала времето си и затова не намери поддръжка. В 1949 г. настроението сред физиците вече беше друго и слоестият модел на ядрото, предложен от Мария Гьоперт-Майер и Ханс Йенсен, привлече всеобщо вниманието на учените.

Според тяхната теория нуклоните се движат в ядрото по орбити на определени нива, подобно на електроните в атома. И както строежът на електронната обвивка и нейното постепенно запълване стоят в основата на периодичната таблица на елементите, така и магическите числа, в съчетание със слоестия модел, доведоха до периодична таблица на ядрата. Всяко магическо число показва какъв максимален брой нуклони може да има в даден слой. Отначало тази теория трудно се възприемаше. Физиците не можеха да допуснат, че в свръхплътното ядро протоните и неutronите се движат независимо един от друг и запазват някаква подреденост. Но слоестият модел добре обясняваше някои явления, свързани например с устойчивостта на атома, и през 50-те години спечели большинството от учените на своя страна. Израз на голямата популярност на ядрения модел, създаден от Мария Гьоперт-Майер и Ханс Йенсен, бе тяхното удостояване с Нобелова награда по физика за 1963 г.

Заедно с тях бе награден и американският физик от унгарски произход Юджин Уигнър. Неговото научно творчество е свързано с квантовата механика и електродинамика, с физиката на ядрата и елементарните частици. Още в 1933 г. той доказа, че ядрените сили трябва да имат малък радиус на действие. Впоследствие той публикува и други работи, свързани с взаимодействията между нуклоните. Уигнър участвува в групата на Ферми, която през 1942 г. пусна първия американски атомен реактор. В края на 40-те и през 50-те години той публикува важни работи върху физиката на елементарните частици и за своя цялостен принос в изследванията на ядрата и

частиците и особено за прилагането на принципите на симетрия той стана Нобелов лауреат през 1963 г.

Историята на науката дава много примери как сред учените периодично се появява увлечение към една теория, а след това към нейната противоположност. Обикновено това завършва със създаването на хибридна теория, която обединява положителните качества на предишните схващания и издига представите на по-високо ниво.

Точно такъв е случаят с идеите за атомното ядро. След капковия модел на Гамов, Бор и Уилър дойде слоестият модел, който се опита да вкара протоните и неutronите в твърде строги рамки. Но още през 1952 г. датският физик Оге Бор, син на Нилс Бор, заедно с американския си колега Бен Мотелсон, създаде т. нар. обобщен модел на ядрото. Малко преди тях, в 1950 г., подобни идеи бе изказал и Джеймс Рейнуотър. Според обобщената теория ядрото наистина се състои от слоеве, които постепенно се запълват при всеки следващ елемент от периодичната таблица. На повърхността обаче това подреждане се нарушава, плътността на частиците намалява и се създават условия за нестабилност. Именно в тази област около повърхността се деформират ядрата и се образуват своеобразни вълни, с които се свързва ядреното гама-излъчване и радиоактивността.

Данните за структурата на ядрата бяха получени чрез обстрелването на мишени с частици, ускорени до много високи енергии. Картината на разсейването дава представа за разпределението на протоните и неutronите вътре в ядрото. Наред с това се прилага и методът на мезоатомите. В 1953 г. Рейнуотър реши да използва обстоятелството, че мю-мезонът, който е всъщност тежък електрон, попадайки в атома, се спуска до ядрото и дори навлиза в него. При това той отделя рентгенови лъчи, които дават информация за различните структури. Така бе установено например, че ядрата имат „стратосфера“ — област около повърхността, в която плътността на частиците е 20 пъти по-малка, отколкото в ядрото.

През 1958 г. Оге Бор и Бен Мотелсон въведоха явленията свръхпроводимост и свръхфлуидност в моделите за ядрото. Това значително обогати тяхната теория, доближавайки я до действителността. Големите заслуги на Рейнуотър, Бор и Мотелсон за

развитието на ядрената физика доведоха до тяхното удостояване с Нобелова награда през 1975 г.

IV

КОСМИЧЕСКИ ЛЪЧИ

Основният модел, с който физиците изследват свойствата на материята, е обстрелването на веществото със заредени частици. Така се преодоляват силите на отблъскване и се получава информация за вътрешността на атома. Първото голямо откритие, направено по този начин, е наблюдението на Ръдърфорд, че алфа-частиците се разсейват от малък обект в центъра на атома — неговото ядро. През 30-те години се появиха апаратите с ускорени частици, с които бяха направени много нови открития. Трябващо обаче да мине доста време, докато новата техника се усъвършенствува. Междувременно физиците бяха открили един мощен източник на заредени частици, благодарение на който събраха много данни за строежа на атома. Това бяха космическите лъчи.

В началото на века учените вече знаеха доста за алфа-, бета- и гама-лъчите, трите съставки на естествената радиация. Установи се, че радиоактивните елементи се срещат доста нашироко в земната кора и създават радиоактивен фон, който ни обкръжава навсякъде. Учените смятаха съвсем логично, че с издигане над земната повърхност потокът на радиацията ще се намали. Това бе потвърдено от немския физик Т. Вулф, който през 1910 г. се изкачи на върха на Айфеловата кула и измери оттам радиоактивния фон с един нов модел електроскоп.

Една година по-късно, в 1911 г., младият австрийски физик Виктор Хес реши да изследва този въпрос с помощта на балон. В седем полета, при които бе постигната височина до 5 км, Хес установи, че наистина отначало радиацията намалява, но от височина 600 м започва да расте. В 1912 г. той публикува прецизните си измервания, от които се налагаше изводът, че в атмосферата навлиза радиация с много голяма проникваща сила. Откритието на австрийския учен предизвика много дискусии в научните среди. Редица бележити физици смятаха, че повишената радиация се дължи на атмосферни процеси или на облаци прах, издигнати от Земята. Извънземният произход на лъчите бе окончателно доказан от известния експериментатор Робърт Миликан.

Той пускаше балони със самопишещи електроскопи, които летяха дълго време на височина 10 км и повече. После бе измислен и нов експеримент. Тъй като източникът на радиацията се търсеше в Космоса, Маликан поставил детектори в езера с различна надморска височина и изследвайки поглъщането на лъчите от слоя вода, окончателно доказа техния извънземен произход. Той даде на този радиоактивен поток названието „космически лъчи“ и се опита да свърже техния произход с процеса на образуване на химическите елементи — една теория, която впоследствие бе отхвърлена.

Проникащата сила на космическите лъчи е много по-голяма от естествената радиация на минералите или на първите малки ускорители. Това накара физиците да се насочат към този естествен ускорител на частици и почти две десетилетия реакциите, предизвикани от космически лъчи, бяха най-важният източник на информация за строежа на атома.

В 1928 г. Пол Дирак започна да развива релативистичната теория на електрона. В неговите уравнения се получиха резултати, които показваха възможността за съществуването на електрон с положителен заряд. По това време вече широко се изследваха космическите лъчи и в 1932 г. американският физик Карл Дейвид Андерсън откри частица с маса като електрона, но с положителен заряд. Това наблюдение бе направено с Уилсънова камера, поставена в електромагнитно поле. Новата частица бе наречена положителен електрон, или накратко — позитрон. Скоро след откриването й редица изследователи наблюдаваха как при сблъскване с обикновения електрон настъпва анихилиация и се отделят гама-кванти. Наред с това бе открит и обратният процес, при който гама-кванти образуват електроно-позитронни двойки. Така идеята на Айнщайн за връзка между материята и енергията получи нагледно доказателство.

Откриването на позитрона бе великолепно потвърждение на идея, дошла по чисто теоретичен път. То показва и голямото значение на космическите лъчи като източник на частици с висока енергия, способни да разкрият строежа на веществото. Тези резултати бяха високо оценени от Нобеловия комитет по физика, който реши да награди през 1936 г. Виктор Хес за откриването на космическите лъчи и Карл Дейвид Андерсън за откриването на позитрони в същите лъчи.

Позитронът бе открит върху няколко от хилядите фотографии на следи от частици, направени в мъглинна камера. Този забележителен апарат, изиграл огромна роля в експерименталната физика, бе създаден в 1912 г. от английския учен Чарлз Томсън Рийс Уилсън.

Още в края на миналия век, с откриването на естествената радиоактивност, се набелязаха и основните методи за нейното изследване. Анри Бекерел използваше фотоплаки, а съпрузите Кюри — електроскоп. В 1903 г. Уилиам Крукс, вече престарял учен, създаде своя спинтарископ — любимия уред на Ръдърфорд, с който се наблюдават отделни алфа-частици. Това е пластинка от цинков сулфид, която свети под ударите на частиците. На екрана се появяват сноп искрици и оттам идва гръцкото название на прибора. Главният апарат за изследване на частиците обаче дойде от съвсем друга посока.

Основните интереси на члена на Лондонското кралско дружество Чарлз Уилсън бяха насочени към процесите на кондензация на водните пари и образуването на облаци в атмосферата. Той имаше теория, според която водните капчици се формират около йоните във въздуха. Тъй като е трудно да се наблюдава образуването на облаците на място, Уилсън създаде една камера, в която с помощта на бутало можеше рязко да се промени обемът и налягането и по този начин да се създават условия за кондензация.

Интересът на Уилсън към йоните неизбежно го сближава с изследванията върху радиоактивността. Естествената радиация е един от важните източници на йони в атмосферата. От всичко това оставаше само една крачка, за да се осъществи връзката. Уилсън установи, че радиоактивните частици, минавайки през неговата мъглинна камера, образуват йони, които стават видими от капчиците вода, кондензиращи около тях. По този начин невидимата частица създава в камерата една съвсем реална следа — линия от водни капчици, която може да се фотографира.

Макар и с известно закъснение, Чарлз Уилсън, човекът, който направи частиците видими, стана Нобелов лауреат през 1927 г., когато раздели наградата по физика с Артър Компън. Двамата бяха наградени едновременно, защото ефектът на Компън бе наблюдаван с камерата на Уилсън.

Именно с мъглинна камера през 1932 г. Андерсън откри позитрона. Допълнително магнитно поле отклоняващо траекторията на

частиците и помагаше за по-бързата идентификация. През определен интервал се правеха снимки, върху които после се търсеха следи от нови частици. Хиляди фотографии бяха прегледани, за да се открие върху няколко от тях следата на позитрона. Благодарение на едно остроумно автоматизиране на камерата английският физик Патрик Мейнард Стюарт Блякет успя да получи забележителни резултати, без да изразходва толкова много време и такива количества материали.

Той съчета камерата на Уилсън с Гайгер-Мюлеровия брояч — един уред, който може да регистрира дори единични частици. Блякет постави един брояч над камерата и един под нея и така съедини електрическите вериги, че да се прави снимка само когато и двата уреда едновременно подадат сигнал. Това означава, че една и съща частица е минала през тях и в камерата вече се е образувала нейната следа.

Тази автоматика значително опрости изследванията и даде възможност да се направят много нови открития. Със своята камера Блякет, заедно с Окиалини, също видя позитрона, при това много по-лесно от Андерсън. Впоследствие тази апаратура бе използвана и за откриването на други частици. За своите оригинални приноси Патрик Блякет получи Нобеловата награда по физика за 1948 г.

Идеята да се използват два или повече брояча и да се отбелязват само случаите на тяхното едновременно задействуване принадлежи на немския физик Валтер Боте, ученик на Макс Планк. Неговият „метод на съвпаденията“, разработен в 1924 г. във Физикотехническия институт в Берлин, даваше възможност да се изолира електрическият импулс, породен само от една частица. Още в 1929 г. Боте го използва за изследване на космическите лъчи. В 1938 г. френският физик Пиер Оже, като постави няколко брояча в една линия, установи точно посоката, от която идват космическите лъчи, и откри широките атмосферни порои — потоци от вторични частици, които се пораждат в атмосферата от космически частици с висока енергия.

Макар и с известно закъснение, Валтер Боте стана Нобелов лауреат по физика през 1954 г., 30 г. след откритието си, за изследвания на космическите лъчи. Той раздели наградата с Макс Борн — друг ветеран, награден за теоретични разработки, направени също толкова отдавна.

През 1937 г. в космическите лъчи бе открита една нова частица, наречена мезон. Тя значително повиши интереса към теорията на Юкава за силните взаимодействия. Изследванията в тази насока бяха продължени през 1946 г. от английския физик Сесил Франк Пауел и неговите сътрудници Чилтън и Окиалини.

Тези учени изследваха космическите лъчи, използвайки нов метод за регистрация със специални фотоплаки с дебел емулсионен слой, в който се отбелязва следата на частицата. С този метод Пауел откри няколко вида мезони. Освен тежкия електрон на Андерсън, наречен мю-мезон, се доказа съществуването и на пи-мезоните.

Уточнените данни показваха, че мю-мезонът, чиято маса е 207 пъти по-голяма от електрона, е наистина само един тежък електрон, който не е свързан със силното взаимодействие. Квантите на това поле се оказаха пи-мезоните — частици, живеещи само една стомилионна от секундата, които не могат да се видят с камерата на Уилсън. Тяхната маса е около 270 пъти по-голяма от тази на електрона.

Фотографският метод на Сесил Пауел, който записваше следата на частицата директно във фотоемулсията, даде възможност да се докаже теорията за силното взаимодействие на Юкава. Британският учен стана Нобелов лауреат по физика през 1950 г. за въведение от него метод за изследване на частиците и за откриването на мезоните.

През последните години космическите лъчи интересуват предимно астрофизиците. Откритията в микросвета се правят с друга техника. Цената на изследванията обаче непрекъснато расте и небесният „ускорител за бедняци“ отново печели популярност. В състава на космическите лъчи се срещат частици с такава огромна енергия, каквато не може да даде никакъв земен ускорител. Наистина това става рядко и за такива изследвания е необходимо доста време, но така могат да се получат нови неподозирани данни за микросвета.

ЕЛЕМЕНТАРНИТЕ ЧАСТИЦИ

Попадайки в ръцете на физиците, концепцията за атома претърпя значителни промени в края на миналия век. Атомът, който изглеждаше най-малката градивна частица на веществото, се оказа сложна система, състояща се от други частици.

Най-напред бе открит електронът, който сравнително лесно се откъсва от атома и освен това участва в процесите на излъчване на светлина. В 1897 г. Дж. Дж. Томсън окончателно го идентифицира и установи основните му характеристики. По същото време се установи, че най-елементарният носител на положителния заряд е йонът на водорода. В 1914 г. Ръдърфорд го назова протон. Шест години по-късно същият учен предсказа съществуването на неutrona, който бе открит от Чадуик през 1932 г. В същата година бе забелязан и предсказаният от Дирак позитрон. Междувременно опитите на Комптьн вече бяха доказали представите за фотона като частица — идея, въведена от Айнщайн още в 1905 г.

За да обясни някои особености при бета-разпадането, Волфганг Паули предположи в 1931 г. съществуването на неутрална частица, която почти не взаимодействува с веществото. Тя бе наречена от италианския физик Енрико Ферми неутрино — неutronче. Едва в 1959 г. Райнс и Коуън успяха да уловят неутриното.

През 1936 г. група учени, между които и Андерсън, откриха първия мезон. 10 години по-късно Пауел, Латес, Окиалини и Мюърхед показваха, че наред с мю-мезона има и пи-мезони. Тези частици именно бяха свързани с ядрените взаимодействия.

В 1944 г. Владимир Векслер в Съветския съюз и Ъруин Макмилан в САЩ предложиха нови модели ускорители, т.нар. синхротрони, които даваха значително по-високи енергии. Скоро след това физиците вече имаха възможност да правят много по-бързо открития, отколкото при изследването на космическите лъчи. При сблъсъците между ускорените частици и мишена започнаха да се раждат нови частици, за които учените и не предполагаха. Още през 1947 г. бяха открити K-мезоните и хипероните.

Според изчисленията тези частици трябваше да се разпадат много бързо, а вместо това те живееха милиарди пъти повече, отколкото им разрешаваха теоретиците. Това бе много странно поведение и физиците така и назоваваха новото свойство — „странност“. По-късно се разбра, че странните частици се раждат на двойки, които се разлитат в различни посоки и не могат повече да взаимодействуват. Оттам идва дългият период на живот. Ако частиците оставаха заедно, те биха изчезвали много бързо в точно съответствие с теорията.

С К-мезоните през 50-те години бе свързан проблемът за тау- и тета-частиците. И двете са К-мезони, като тау-частицата се разпада на три пи-мезона, а тета-частицата — на два. Във всяко друго отношение тези два К-мезона са еднакви. Теоретиците излязоха от това положение, като предположиха, че едната от тези частици има отрицателна четност, а другата е с положителна четност. Този въпрос бе разкрит от двама физици от китайски произход, работещи в Брукхейвънската лаборатория. Цунг Дао Ли и Чен Нин Янг стигнаха до извода, че при слабите взаимодействия четността не се запазва. При този процес новообразувалите се частици се отделят в определени посоки. Пространствената ориентация оказва влияние върху това какви частици ще се образуват и оттам се получава различната картина на разпадането.

Това бе сензация за физиците, които дотогава приемаха без доказателства, като аксиома, че при взаимодействията в микросвета съществува определена пространствена система. Нарушението на тази симетрия бе указание за нови, неизвестни свойства на частиците. Нобеловият комитет по физика реагира много бързо на това голямо откритие. Още в 1957 г., само една година след като Ли и Янг публикуваха резултатите си, те получиха Нобелова награда.

От вълновата механика на Дирак следва не само че има положителен електрон, но и че съществува отрицателен протон. Още след откриването на позитрона за физиците беше ясно, че освен веществото трябва да има и антивещество. Антипротонът обаче бе намерен едва 20 години след позитрона. Откриха го Емилио Сегре и Оуен Чембърлейн, заедно с К. Виганд и Т. Ипсилантис през 1955 г., на новия ускорител Беватрон, построен специално за търсене на антипротони. Това бе забележителен резултат, тъй като по принцип нищо вече не пречеше антипротонът да се съедини с позитрон и да се

образува антиводород, стига да се намери съд, в който да се съхранява. В 1956 г. на същия ускорител бе получен и антинеutron. И той е неутрален, като се различава от неutronа само по направлението на магнитния момент.

Тези открития значително разшириха представите за веществото и поставиха въпроса, защо във Вселената се среща само единият вид материя. От неговия отговор ще зависи какъв точно модел за космическата еволюция ще изберат учените. Откриването на антипротона донесе на Чембърлейн и Сегре Нобеловата награда по физика за 1959 г.

Емилио Сегре е известен физик с редица интересни приноси в науката. Някои негови колеги изказаха съжаление, че той бе награден за откриването на антипротона — резултат, който според тях би постигнал всеки е такава машина като Беватрона. Изказаха се мнения, че Сегре е трябвало да бъде награден за други, по-фундаментални свои постижения.

Изследването на частиците, които се рояха от ускорителите, изискваше нови методи за наблюдаване и идентифициране. След камерата на Уилсън и усъвършенствания модел на Блякет, след брояча на Гайгер и Мюлер и ядрените фотоемулсии на Пауел дойде един нов метод за наблюдение, основан върху ефекта на Черенков. Явлението, което се крие зад този ефект, бе известно на учените отдавна. При обльчване на кристали и течности многократно различни изследователи бяха наблюдавали светене. В експерименти през 20-те години французинът Л. Мале се опита да разкрие неговата причина, но едва след щателното изследване на съветския учен, започнато през 1932 г., проблемът бе изяснен.

Отначало Павел Алексеевич Черенков, 28-годишният аспирант на акад. Сергей Вавилов, се занимаваше с луминесценцията на разтвори на ураниеви соли под действието на гама-лъчи, при тези опити той откри, че наред с обикновеното изльчване възниква и друго светене с различен характер. Богатият фактически материал бе използван от двама други съветски физици — Игор Евгениевич Там и Иля Михайлович Франк, които през 1937 г. създадоха теория за ефекта на Черенков. Оказа се, че това изльчване възниква, когато частица преминава през кристал или течност със скорост, по-голяма от скоростта на светлината в тази среда. Фотоните се движат с 300 000 км

в секунда само във вакуум. Във вода например скоростта на светлината е вече само 220 000 км в сек. и законите на физиката напълно допускат някоя частица да се движи по-бързо от нея. Електромагнитните вълни, образувани при това движение, имат формата на конус, на чийто връх е частицата. От ъгъла на конуса може да се определи скоростта на частицата.

Черенков, който е повече експериментатор, предложи откритият от него ефект да се използва за регистриране на частици. Такива опити бяха правени при откриването на антипротона, а напоследък се подготвя един грандиозен международен експеримент за поставяне на детектори на морското дъно за регистриране на високоенергийни частици, сред които и неутрино. Откритието на Черенков и теорията за неговото обяснение, предложена от Там и Франк, донесе на тези трима съветски учени Нобеловата награда по физика за 1958 г.

С появата на новите свръхмощни ускорители стана ясно, че мъглинната камера на Уилсън е изчерпала възможностите си. Американският физик Доналд Глейзър конструира в 1952 г. ново устройство, което да я замести. В неговата „мехурчеста камера“ има резервоар с течен водород, който е много близо до точката на кипене. Преминаващите частици нарушават равновесието и образуват следа от газови мехурчета. Добре е известно, че течностите са много по-плътни от газовете. Една частица трябва да измине в газ хиляда пъти по-голямо разстояние за да създаде същия ефект, както в течния водород. На практика това означава, че следа от 10 см в мехурчестата камера се равнява на 100 м в мъглинната камера.

Това хилядократно увеличение на възможностите позволява да се следи много по-дълго движението на частиците и техните превъплъщения. Съвременните мехурчести камери са вече толкова големи, че фотоапаратът не може да ги обхване в дълбочина, за това на места се прилага холографията, която дава триизмерно изображение на траекториите на извънредно кратко живеещи частици.

Доналд Глейзър, един оригинален изследовател, който се е занимавал и с елементарни частици, и с космически лъчи, и с молекуларна биология, получи за създаването на мехурчестата камера Нобеловата награда по физика за 1960 г.

Първата голяма мехурчеста камера бе създадена от американския физик Луис Уолтър Алварес. Той усъвършенствува конструкцията,

като я приспособи за количествени измервания. През 1955 г., в Лорънсовата лаборатория в Бъркли, Алварес започна широки експерименти и откри десетки неизвестни частици. Към 1960 г. вече беше ясно, че нещо не е наред. Нови и нови частици възникваха, стига да се използва достатъчно мощен ускорител. Не беше възможно материята да има толкова много елементарни тухлички.

Голяма част от частиците, открити от Алварес, живееха извънредно кратко време. Установи се, че тяхното образуване се дължи на резонансни явления. Например един нуклон се слива с пи-мезон и този комплекс се проявява като нова частица, която много бързо се разпада. Вече са известни стотици резонансни частици и голяма заслуга за това има групата на Алварес. За обширни изследвания, провеждани повече от едно десетилетие, този учен получи през 1968 г. Нобеловата награда по физика.

Още през 50-те години започнаха да се трупат данни, поставящи под съмнение концепцията за елементарност на частиците. Заговори се за тяхната структура. С подобни изследвания е свързана работата на Роберт Хофтадър, професор в Станфордския университет. В 1955 г. той започна експерименти за изследване структурата на нуклоните с помощта на големия линеен ускорител в Станфорд. Снопове от електрони с енергия 1 млрд. електронволта се използваха за обстрелването на протони и неutronи. Картината на разсейването бе много подобна на това, което бе наблюдавал Марсден, сътрудникът на Ръдърфорд, при обльчване на златно фолио с алфа-частици. Тогава, в 1911 г., се установи, че атомът има ядро. Експериментите на Хофтадър показваха, че протонът и неutronът също имат ядро. За да няма объркване, то се нарича керн. Установи се, че около него има облик от пи-мезони, т. нар. мезонна шуба. За открытието, че частиците, които изграждат ядрото, също имат структура, Робърт Хофтадър стана Нобелов лауреат през 1961 г. Той раздели наградата с Рудолф Мъосбауер, който бе открыл известния ефект, носещ неговото име.

Големият брой частици, появили се през 50-те години, накара учените да търсят някакви системи за класификация. Имаше указания, че протонът и неutronът могат да се разглеждат като фундаментални частици, от които са изградени останалите. В светлината на това виждане пи-мезонът например се представяше като свързано състояние на протон и неutron. Тези представи бяха развити в 1956 г.

от Шоичи Саката, който прие за фундаментални частици протона, неutrona и ламбда-хиперона. Тези частици понякога се наричат сакатони.

Няколко години по-късно се оказа, че Саката наистина е уловил една закономерност сред частиците. Теорията бе доразвита и всъщност поставена на нова основа от Мъри Гел-Ман и Джордж Цвайг. В 1964 г. те излязоха с хипотезата за субчастици, които изграждат нуклоните, мезоните и хипероните. Това е едно от най-новите и вълнуващи събития във физиката, което заслужава самостоятелно разглеждане.

КВАРКИТЕ. ВЕЛИКОТО ОБЕДИНЕНИЕ

В началото на 60-те години към обичайните няколко частици, с които физиците построяваха атомите, се добавиха още около 200 и учените просто не знаеха какво да правят. Изход от това положение бяха теориите, според които большинството от частиците се изграждат от субчастици. Те се обявяваха за наистина елементарни.

Една от тези теории, която впоследствие спечели умовете и сега може да се смята за общоприета, е хипотезата за кварките. Тя бе предложена в 1964 г. от Мъри Гел-Ман, професор в Калифорнийския технологически институт, и Джордж Цвайг, един млад физик от същия институт. Според тази теория два кварка са достатъчни, за да се обясни строежът на протона и неutrona. Тези кварки се обозначават с латинските букви *u* и *d*. Физиците ги свързват с английските думи *up* и *down*, което значи горе и долу. Тези понятия произтичат от проекцията на изотопическия спин. Неutronът и протонът се състоят от тройка кварки. За протона тройката е *uud*, а за неutrona *udd*. Кваркът *u* има електрически заряд 2/3, а кваркът *d* — 1/3. От формулата се получава, че зарядът на протона 1, а на неutrona 0.

За да се обясни строежът на странните частици, бе въведен и трети кварк — *s*, от английската дума *strange* — странен. Странните частици не могат да се превръщат в протони и неutronи, което даде основание на физиците да им припишат особен заряд, наречен „странност“. Законът за запазване на странността и самото понятие странност бяха въведени от Гел-Ман в 1953 г.

Според кварковия модел мезоните са също съставни частици. Теорията приема, че те се състоят от кварк и антикварк.

Изброените дотук частици са от групата на т.нар. адрони, които участвуват в силните взаимодействия. Тяхното голямо многообразие бе сведено до 3 кварка. Освен тях, като действително елементарни частици оставаха електронът, мюонът, електронното неутрино и мюонното неутрино. Хипотезата за кварките бе нов етап във физиката на микросвета. Нейното появяване може да се сравнява само с разкриването на строежа на атома в началото на века. Екзотичното име

quark („кварк“) бе заимствувано от Гел-Ман от книгата на известния писател Джеймс Джойс „Пробуждането на Финеган“. Впрочем тази загадъчна в останалите езици дума на немски означава „извара“. Но Гел-Ман едва ли е имал това предвид.

Създаването на кварковия модел от самото начало вдигна голям шум и повечето физици бяха убедени, че е само въпрос, на време Мъри Гел-Ман да стане Нобелов лауреат. Все пак академиците от Стокхолм изчакаха 5 години, преди да му връчат Нобеловата награда по физика за 1969 г.

Още през 1964 г., когато Гел-Ман и Цвайг постулираха съществуването на 3 кварка, Дж. Бъркен и Шелдън Глашоу предложиха да се въведе и четвърти кварк. С него можеха да се правят нови комбинации и да се описва състоянието на нови частици. Теоретичните резултати, получени с четвъртия кварк, бяха много добри и може би задоволството на теоретиците е причина той да бъде свързан с едно ново квантово състояние, наречено „очарование“. Самата частица бе назована „очарован кварк“. Той се обозначава с латинската буква *c*, първата буква на английската дума *charm* — очарование. Едно от предсказанията следващи от въвеждането на с-кварка, бе съществуването на нов тип мезони, съставени от този кварк и неговия антикварк. Тези частици от групата на адроните бяха открити през 1974 г. едновременно от два изследователски екипа.

Едната група, ръководена от професор Самюел Тинг от Масачузетския технологически институт, след няколкогодишни изследвания откри частица, която бе означена с английската буква „джей“ (*J*). Откритието бе направено при изучаване на процесите на сблъскване на гама-кванти с адрони и на адрони с адрони. При това се образува двойка електрон и позитрон. По-специално експериментите от пролетта на 1974 г., при които се изследваше сблъскването на протони с ядрата на атомите от мишната, показваха наличието на частица с маса, съответстваща на енергия от 3,1 ГеВ. Тази маса е доста голяма. За сравнение може да посочим, че масата на пи-мезона е 140 МеВ, а на протона 939 МеВ.

По същото време работеше и групата на Бъртън Рихтер, професор от Станфордския университет в Калифорния. На големия линеен ускорител се изследваше образуването на адрони при сблъскването на позитрони и електрони с голяма енергия. При енергия

от порядъка на 3,2 ГеВ бе открита частица, която се разпадаше на адрони. Рихтер я нарече „пси“ — частица (Ψ).

Така в резултат на работата на двете групи в науката влезе джей/пси-частицата. Експерименталните данни бяха публикувани едновременно от двата екипа през декември 1974 г. Установи се, че тази частица е от групата на мезоните и се състои от очарования кварк и неговия антиварк. Скоро бяха открити няколко от тези микрообекта и те започнаха да се наричат с общото име пси-частици. В тях двата кварка са свързани както позитронът и електронът в позитрония. Аналогично този модел се нарича „чармоний“. Позитронът и електронът се свързват чрез електромагнитното взаимодействие, което се описва от квантовата електродинамика. Двата кварка в чармония се свързват от цветното взаимодействие, което се изучава от квантовата хромодинамика.

Понятието „цвят“ бе въведено от Гел-Ман и Цвайг, за да се запази принципът на Паули. Според този принцип не може да съществува система, в която да има частици в еднакви квантови състояния. Но предсказанията от теорията и впоследствие открит $[\Omega^-]$ омега-минус-хиперон, който се състои от 3 s-варка, се оказа точно такава система. За да се спаси положението, бе въведено новото квантово число „цвят“. Като се приеме, че трите кварка са от различни цветове, всичко става съвсем нормално.

Тези „цветове“ може да се разглеждат като аналог на електричния заряд. Въщност смята се, че кварките се свързват помежду си със специфични квanti на цветното взаимодействие, наречени глуони, от английската дума *glue* — лепило. Аналогично на електродинамиката, тази нова област на физиката бе наречена хромодинамика.

Откритието на Рихтер и Тинг бе силно доказателство в полза на кварковия модел и хромодинамиката. Нобеловият комитет реагира бързо и даде наградата по физика за 1976 г. на тези двама изследователи. Решението бе взето, когато не бяха минали още две години от излизането на техните публикации.

Нека видим сега какво е състоянието в съвременната физика на микросвета. Към четирите кварка по последни данни трябва да се добавят още два, обозначавани с латинските букви *b* и *t*. Според някои — от английските думи *bottom* и *top* — дъно и връх, а според други от

по-поетичните думи *beauty* и *truth* — красота и истина. Шестте кварка се различават помежду си, тъй като имат различен „аромат“. Те се групират в три семейства, като всеки от тях се среща в три цвята — червен, жълт и син. Шест аромата по три цвята правят 18 частици. Към всяко семейство има и лептони — съответно електрон, мюон и тау-частица и електронно, мюонно и тау-неутрино. С това лептоните станаха общо шест. Добавени към 18-те кварка, фундаменталните частици стават 24, а с техните античастици — 48. Отново твърде много, за да бъдат съвсем елементарни.

Вече се разработват модели, според които дори тези частици се състоят от субчастици. Те са твърде хипотетични, защото засега науката не разполага с експериментални данни по този въпрос. Необходимо е да се намерят нови източници на информация. Гигантските ускорители са вече на границата на своите възможности, а построяването на още по-големи от тях е много трудна задача. Това кара физиците да насочват поглед към небето. Далеч в Космоса се реализират такива състояния на веществото, при които се проявяват неговите най-фундаментални свойства. Може би внимателното прислушване към сигналите, идващи от Вселената, ще ни даде възможност да разберем нещо повече за света, в който живеем. Това е едно от най-изненадващите явления в съвременната физика — изследванията на микросвета се свързват с изучаването на Вселената. Наистина едно забележително обединение.

В съвременната физика е на дневен ред и друго обединение. Става думи за силите, които движат света. Още през 17 век Нютон описа гравитационното взаимодействие, което управлява движението на небесните тела. През 19 век Максуел обедини електричеството и магнетизма в общо електромагнитно взаимодействие. През 30-те години на нашия век, след откриването на неutrona, се заговори за силното ядрено взаимодействие, а изследванията на бета-разпадането доведоха до схващането за слабото взаимодействие. Тъй като силите станаха твърде много, започнаха опити за тяхното обединяване.

Алберт Айнщайн посвети 35 години от живота си на обединяването на електромагнитното с гравитационното взаимодействие. Той започна тази работа, когато още не бяха известни другите сили в микросвета. Големият учен не постигна успех, но през последното десетилетие други изследователи съумяха да обединят

електромагнитното и слабото взаимодействие в рамките на т.нар. квантова астенодинамика. Това бе дело на много учени, сред които се открояват имената на Стивън Уайнбърг, Шелдън Глашоу и Абдус Салам — Нobelовите лауреати за 1979 г.

Опитите да се създаде теория на слабото взаимодействие бяха започнати през 50-те години, след успешното създаване на квантовата електродинамика от Фейнман, Шуингър и Томонага. Тези трима учени към 1948 г. създадоха теория, която свързва квантовата механика с релативистичните идеи и обяснява добре експерименталните резултати от спектроскопията и други изследвания на атомите. По-специално японският физик Шиничиро Томонага създаде през 1946 г. теория, чийто математически апарат даваше възможност доста точно да се изчисляват процесите на електромагнитното взаимодействие между електроните и протоните.

Американският физик Ричард Фейнман, освен с работите си в квантовата електродинамика, е известен и с разработения от него в 1949 г. способ за обяснение на възможните превръщания на частиците — т.нар. диаграми на Фейнман.

Джулиан Шуингър от Харвардския университет предсказа аномалния магнитен момент на електрона и обясни особените спектри на водорода, открити от Уилис Лем — един от Nobelовите лауреати по физика за 1955 г. Шуингър е учителят на Шелдън Глашоу, за когото ще стане дума по-нататък.

Тримата изследователи Фейнман, Шуингър и Томонага получиха Nobelовата награда по физика през 1965 г. за създадената от тях релативистична квантова електродинамика.

След като тази задача бе в общи линии завършена, учените се заеха със слабите взаимодействия. Към 1958 г. благодарение на работите на Ричард Фейнман, Мъри Гел-Ман, Робърт Маршак и Джордж Сударшан бе създадена тяхната количествена теория. Още тогава Шуингър изказа мисълта за възможното обединение на слабите и електромагнитните взаимодействия, връщайки се към някои идеи на Ферми от 30-те години. От този период са и първите работи на Салам, Уайнбърг и Глашоу.

В съвременните теории за взаимодействието квантовите представи водят до извода за съществуването на два класа обекти: частици на веществото и частици — кванди на полето, които пренасят

взаимодействието. Още Юкава, който откри теоретично квантите на силното взаимодействие, се опита да въведе подобни представи и при слабото взаимодействие. Работите на Чен Нин Янг и Р. Милс от 1954 г. доразвиха тези идеи. По-нататък голям брой учени се заеха с този въпрос и през 1961 г. Шелдън Глашоу успя да създаде модел на слабото взаимодействие, като въведе в теорията четири мезона, освен доброто описание на слабите взаимодействия стана възможно да се направи и връзката с електромагнитната сила. В електродинамиката взаимодействието се предава от неутралния гама-квант. Според новите представи общото електрослабо взаимодействие се предава от четири частици, три от които са с доста голяма маса, а четвъртата е същият гама-квант. Изискването тези три мезона да са с голяма маса идва от факта, че слабото взаимодействие се осъществява на съвсем малки разстояния. Физиците се надяват с помощта на свръхмощни ускорители един ден да получат тези частици.

Теорията за електрослабото взаимодействие възвести един нов етап в съвременната физика, в който се набелязва силен стремеж към обединение на различните теории и откриване на по-фундаментални свойства на материята. Разработването на тази обединена теория стана на базата на представата за кварките. Докато, от една страна, физиците обединяваха частиците в семейства и откриваха субчастици от друга страна, те установяваха, че едно взаимодействие при субчастиците може да се проявява като различни взаимодействия при образуваните от тях сложни частици. Следващият етап в развитието на физиката ще бъде обединяването на теорията на силните взаимодействия — квантовата хромодинамика, с теорията на електрослабите взаимодействия — квантовата астенодинамика. Между тях има известно сходство и учените смятат, че ще може да се постигне единство.

Докато глуоните, които свързват кварките, променят техния цвят и по този начин ги обединяват в протони, неutronи и т.н., четирите междинни бозона на електрослабото взаимодействие променят техния „аромат“, т.е. превръщат един вид кварки в друг, а това води до разпадането на частиците. Именно тук физиците се мъчат да открият фундаментални закони, които да обединят тези процеси. В по-далечно бъдеще те се надяват да създадат обща теория, в която да сляят в едно електромагнетизма, силното и слабото взаимодействие и гравитацията

и по този начин да реализират мечтата на Айнщайн за велико обединение на силите в природата.

Новите представи за строежа на частиците и техните взаимодействия дадоха възможност да се хвърли светлина върху процесите на нарушаване на симетрията в микросвета. Дълго време се смяташе, че едно физическо взаимодействие има пространствена симетрия — т.e. ако променим посоките на движение на всички обекти с противоположни, или с други думи, ако вземем огледалното отражение на процеса, нещата няма да се променят. Това интуитивно схващане бе разрушено през 1956 г., когато Ли и Янг показаха, че пространствената симетрия не се запазва при някои слаби взаимодействия.

Друг тип симетрия, който физиците приемаха също така от интуитивни съображения, бе симетрията по отношение на заряда. Смяташе се, че ако в една реакция се заменят всички частици с техните античастици, крайният резултат няма да се промени. Експерименталните данни обаче опровергаха и това мнение. Тогава теоретиците направиха последно усилие, за да спасят симетрията в микросвета. Те предположиха, че за да се запази симетричността, трябва да се направи не само огледалното отражение, но и да се заменят частиците с античастици, т.e. да се извършат двете преобразувания едновременно. И наистина при това положение резултатите от опитите подкрепяха теорията и духовете за известно време се успокоиха.

Както е известно, изводите на Ли и Янг се базираха на данните от разпадането на К-мезоните. Решаващата информация за т.нар. тау- и тета-частици, която показваше тяхната идентичност бе получена в 1956 г. от Вал Фич в Принстънския университет. В 1961 г. същият изследовател откри неутралния К-мезон или по-точно неговата античастица. Тези два микрообекта се различават единствено по своята странност — едно от квантовите числа. Според теорията получаваният сноп от неутрални К-мезони трябва да се състои от приблизително равен брой частици и античастици. Докато кратко живеещите неутрални К-мезони бързо се разпадат на два пи-мезона, това се оказва забранено за античастицата поради необходимостта да се запази комбинираната симетрия. Експерименти от този род бяха проведени през 1964 г. в Принстън от Вал Фич и Джеймс Кронин. Отначало

дannите се съгласуваха с теорията, но неочаквано в 0.2% от случаите бе наблюдавано разпадане на по-устойчивата античастица.

Това бе катастрофа за теорията. Последният принцип на симетрия, който обединяваше преобразуванията в пространството с тези в зарядите, се оказа нарушен. Резултатите на Кронин и Фич бяха докладвани през август 1964 г. на XII международна конференция по физика на високите енергии в Дубна. Впоследствие бяха открити и други процеси, при които се нарушава пространственно-зарядната симетрия. За физиците стана ясно, че е открито фундаментално свойство на слабите взаимодействия.

Според съвременните теории, които обясняват електрослабите явления като реакции между кварките, лептоните и векторните бозони, нарушението на симетрията се дължи именно на тези бозони — квантите на взаимодействие. Това нарушение не може да се получи в система от четири кварка и затова през 1973 г. Кобайashi и Маскава предположиха съществуването на трета двойка кварки. В 1975 г. бе открит тежкият тау-лептон от третото семейство на частиците, а през 1977 г. — (Y) ипсилон-мезонът, който се състои от два свързани b-кварка. Откриването на шестия по ред t-кварк се смята само за въпрос на време.

Съвременната физика, която се стреми да обедини всичко в една теория, намери вече връзка между нарушението на пространствената и зарядна симетрия и еволюцията на Вселената. Наблюденията на астрофизиците показват, че в Космоса почти няма антивещество. Единичните античастици, които се срещат, по всяка вероятност са възникнали, вторично. Смята се обаче, че в много ранните стадии от възникването на Вселената, когато са се образували частиците, броят на нуклоните и антинуклоните почти е съвпадал. От това „почти“ е възникнал съвременният свят. Частиците са анихилирали с античастиците и в резултат се е образувало излъчване, фотони. Ако броят на частиците беше съвпаднал с античастиците, във Вселената днес щеше да има само фотони. За наше щастие от самото начало светът е бил леко асиметричен. Възприемайки подобни възгледи, трябва да се откажем от идеята за комбинираната симетрия. Тогава ще е възможно съчетаването на кварките и антикварките в различни количества частици и античастици.

Началото на тези теоретични разсъждения бе поставено от сензационното откритие на Фич и Кронин от 1964 г. Нобеловият комитет по физика прояви през последните няколко години забележителна последователност. В 1978 г. бяха наградени Пензиас и Уилсън, които откриха реликтовото излъчване, образувало се при възникването на Вселената. През 1979 г. наградата бе дадена на Уайнбърг, Глашоу и Салам за обединяването на електромагнитните и слабите взаимодействия, а Нобеловата награда за 1980 г. получиха Вал Логсдън Фич и Джеймс Уотсън Кронин за откриването на нарушенията в пространствено-зарядната симетрия. Тези три открития в различни области са зрънца от мозайката, образуваща една все по-завършена картина на света.

V

РАДИОТО

В средата на миналия век изследванията върху електричеството, магнетизма и оптиката напреднаха дотолкова, че стана възможно те да бъдат обединени в обща теория, наречена електродинамика. Това извърши бележитият шотландски физик Джеймс Кларк Максуел. Той бе блестящ теоретик, но малко се интересуваше от експерименти. С нагледното демонстриране на новата теория се зае немският учен Хайнрих Херц.

През 1887 г. той създаде опитна установка, с която успя да получи електромагнитни вълни. Още в този опит между т.нар. вибратор, който излъчва електромагнитни трептения, и друг един апарат, наречен резонатор, бе предаден сигнал. Херц проведе обширни наблюдения върху свойствата на тези електромагнитни вълни и потвърди тяхното пълно сходство със светлината, но въобще не стигна до мисълта, че те могат да предават информация също като електрическия импулс по кабела на телеграфа. Няколко години по-късно тази идея беше вече разпространена в научния свят. Руският физик Александър Попов публикува през 1895 г. своите изследвания върху възможността за предаването на телеграфни съобщения с електромагнитни вълни. В същата година италианецът Гулиелмо Маркони, младеж на 20 г., без никаква особена теоретична подготовка, започна своите експерименти.

Правейки различни подобрения в техниката, Маркони постепенно стигна до извода, че за радиопредавателя е необходимо заземяване и антена. Увеличавайки размерите на антената, той бързо увеличи и разстоянието на предаването. От 2,5 км през 1895 г. то нарасна на 18 км в 1897 г. По това време Маркони вече бе прехвърлил своите опити в Англия и получавайки подкрепа от правителството, успя към 1902 г. да установи връзка през Атлантическия океан на разстояние 3400 км. Този успех не се дължеше само на способностите на италианския изобретател. Професорът по физика от Страсбургския университет Карл Фердинанд Браун предложи през 1898 г. нова схема за радиопредавател със значително по-големи възможности. Скоро

след това той създаде кристалния детектор, който бързо намери приложение в първите радиоприемници.

В началото на века съществуването на радиото беше вече факт. В 1909 г. Нобеловият комитет по физика реши да награди Маркони и Браун. Това бе признание за големия технически успех, постигнат в резултат на теоретични открития, направени десетилетия по-рано. Трябва със съжаление да се отбележи, че работата на Попов остана малко известна на Запад. Той почина през 1906 г., без да стане обект на вниманието на Нобеловия комитет.

По същото време, когато се даваше тази награда, в Кембридж работеше Оуен Ричардсън. В знаменитата Кавендишка лаборатория той изследваше процесите на излъчване на електрони от нагрети тела. Още Дж. Дж. Томсън установи, че металите излъчват електрически заредени частици при висока температура. В 1911 г. Ричардсън изведе термодинамична формула за зависимостта на броя на електроните от температурата. Тези изследвания доста бързо престанаха да бъдат чисто теоретични. Те намериха приложение при конструирането на електронни лампи за радиотехниката. Впрочем първата електронна лампа бе създадена от самия Ричардсън в 1901 г. и тази дата може в известен смисъл да се разглежда като начало на съвременната електроника.

Радиото, попаднало вече в ръцете на изобретатели и техници, се развива бурно и през 20-те години от него възникна телевизията. Кинескопът, който създава изображенията, е далечен потомък на катодната електронно-лъчева тръба, създадена от Браун в 1897 г. Впечатляващите успехи на радиото и телевизията отново привлякоха вниманието на Нобеловия комитет по физика и по решение на неговите членове наградата за 1928 г. бе дадена на Оуен Ричардсън.

Десетилетия наред електронните лампи бяха връх в постиженията на инженерната мисъл. Създаваха се все по-сложни модификации, които се свързваха във все по-сложни системи и доведоха накрая до появата на първия компютър през 1946 г. Само две години по-късно едно откритие, направено в лабораториите на Бел Телефон, промени коренно положението. Джон Бардийн и Уолтър Братейн откриха транзисторния ефект и изработиха първия полупроводников транзистор. По същото време върху теорията на този процес работеше Уилиам Шокли, сътрудник на същата лаборатория.

Дори първите несъвършени транзистори бяха много по-удобни от електронните лампи и веднага започнаха да ги изместват. Транзисторният ефект сам по себе си имаше голямо значение за теоретичната физика. Поради тези причини Нобеловият комитет доста бързо взе решение и през 1956 г. даде наградата на тримата учени за техните изследвания върху полупроводниците. През изминалите три десетилетия полупроводниковата техника се усъвършенствува значително и доведе до възникването на съвременната микроелектроника. Мнозина са на мнение, че това е едно от най-големите открития на нашия век, което ще направи възможно повсеместната автоматизация и значително ще подобри живота на хората. Това развитие до голяма степен бе стимулирано от появата на радиото и радиотехниката. Изследванията върху радиовълните също доведоха до интересни открития с големи последствия.

В началото за разпространението на радиовълните съществуваха най-различни хипотези. Но още през 1902 г. английският физик Оливър Хевисайд предположи, че в горната част на атмосферата има йонизиран слой, който отразява радиовълните. Това прави възможно в Европа да се приемат сигнали от Нова Зеландия, която е възможно най-отдалечената територия. Радиовълните се отразяват последователно от атмосферата и земната повърхност и така обикалят цялата планета. Това, разбира се, важи само за вълни от определен диапазон. Ултракъсите вълни не се отразяват и затова телевизионният сигнал се улавя само в зоната на прямата видимост.

Едва в 1924 г. бе доказано съществуването на йоносферата и установено разстоянието до нея. Английският физик Едуард Епълтън, от Кавендишката лаборатория, постигна това чрез една забележителна по своята простота идея. Започвайки от факта, че излъчваният радиосигнал и неговото отражение от горните слоеве на атмосферата изминават различно разстояние, той предположи, че между тях ще се наблюдава интерференция, като двете вълни взаимно ще се усилват и отслабват. Това явление е добре известно на всички радиослушатели. Понякога радиопредаването се улавя и чува добре на далечни разстояния, а друг път е слабо дори близо до радиостанцията.

Като измери силата на сигнала, Епълтън установи с прости математически изчисления, че йоносферата се намира на височина около 90 км. Към 1927 г. той успя подробно да изучи различните

отразяващи слоеве. Тези данни бяха обобщени в цяла магнито-йонна теория за горната част на атмосферата. Йоните се образуват под действие на слънчевата светлина и космическите лъчи и силно се влияят от земното магнитно поле. Тези фактори определят структурата на йоносферата и качеството на радиовръзката.

Изследванията на Едуард Епълтън имаха важно значение за радиопредаванията, физиката на земната атмосфера и околовземното пространство. За своите приноси той получи Нобеловата награда по физика за 1947 г.

РАДИОАСТРОНОМИЯТА

Обстоятелството, че ултракъсите вълни минават безпрепятствено земната атмосфера, се оказа от изключително значение за съвременната астрофизика. Днес изследването на небесните тела с радиотелескопите е всъщност още един прозорец към Вселената. Както много други открития и радиоастрономията се роди случайно.

В 1929 г. ръководството на фирмата Бел възложи на младия инженер Карл Янски да изучи смущенията по трансатлантическия канал на радиовръзка. На негово разположение бе даден чувствителен радиоприемник, към който скоро бе добавена и голяма антена за определяне посоката на шумовете. След продължително наблюдение в общи линии се изясни картина на радиосмущенията. Повечето от тях идваха от гръмотевичните бури. Най-изненадващо обаче се наслагваше и някакъв загадъчен радиошум, идващ от небето.

Янски най-напред определи, че интензитетът на това смущение се променя с период 24 часа времето, за което Земята се завърта около оста си. Към декември 1932 г. той вече можеше да съобщи в научния печат, че максимална интензивност на космическото излъчване се наблюдава в онази част на небесната сфера, където според астрономите се намира центърът на Галактиката. Това откритие бе посрещнато с голям интерес от широката публика, но колкото и да е странно, специалистите не му обърнаха внимание. Единственият човек, който се зае да проучи въпроса от гледна точка на астрономията, бе американският радиолюбител Гроут Рибър. В 1937 г. той собственоръчно изготви десетметров отражателен радиотелескоп и към 1944 г. състави първата радиокарта на небето. Почти едно десетилетие този изследовател-аматьор бе единственият радиоастроном в света.

В средата на 40-те години идеята за радиоизточници в Космоса все още шокираше специалистите и статията на Рибър с първите радиокарти на небето бе отпечатана в „Астрофизикъл джърнъл“ след големи колебания от страна на редакторите. Скоро обаче положението се промени. По време на войната бе възникнал нов вид техника за

нуждите на радиолокацията — радарите. В следвоенния период с такива устройства, набързо приспособени за научни изследвания, се правеха вече първите наблюдения от професионални астрономи. Един от пионерите в тази област бе англичанинът Мартин Райл.

През 1952 г. Райл предложи, заедно с П. Шойер, вместо една голяма антена да се използват няколко малки. Съпоставянето на сигналите даваше възможност с компютър да се синтезира такова изображение, каквото би се получило от радиотелескоп с диаметър колкото разстоянието между антените. Този метод, използваш принципите на интерферометрията, се оказа необикновено плодотворен. Скоро започнаха да се използват комбинации от антени, разнесени на голямо разстояние, дори на различни континенти. Така бяха създадени радиоинтерферометри, които определят ъглови размери с точност, далеч надминаваща възможностите на оптическите телескопи.

През цялото време на тази революция в радиоастрономията Мартин Райл бе един от най-продуктивните изследователи. Неговите големи заслуги бяха оценени през 1974 г., когато той стана един от избраниците на Нобеловия комитет по физика. Проф. Райл е член на Лондонското кралско дружество и редица чуждестранни академии, между които и АН на СССР. Интересно е да се отбележи, че след шумното признаване на неговите успехи той бе назначен за кралски астроном. Тази почетна длъжност с големи традиции за първи път бе дадена на радиоастроном.

Другият лауреат на наградата по физика за 1974 г. бе Антъни Хюиш. С помощта на радиотелескоп той откри пулсарите, които са сред най-забележителните обекти във Вселената.

Хюиш и група негови асистенти и студенти провеждаха изследвания върху трептенето на радиоизточници с малки ъглови размери. Техен основен инструмент беше един доста груб, но достатъчно добър радиотелескоп, построен от кембриджките студенти под ръководството на двама радиоинженери. За изработването му бяха изразходвани 10 000 фунта стерлинги. Това е цената на откриването на пулсарите.

През юли 1967 г. бе започната нова разширена изследователска програма. Скоро след това аспирантката Жаклин Барнел откри необикновени радиосигнали. През септември неизвестният

радиоизточник бе засечен още няколко пъти и се установи, че той излъчва редовни импулси с интервал малко повече от секунда. Първата мисъл на Хюиш бе дали това не е някакво смущение от близките околности. След като бяха проверени всички възможности за грешка, оставаше изводът, че сигналите идват наистина от Космоса. Съдейки по характера на импулсите, Хюиш реши, че източникът е с много малки размери — приблизително от порядъка на планета. Възникна голямото подозрение, че тези строго периодични сигнали може да са послания на някаква друга цивилизация.

През целия месец декември 1967 г. учените следяха дали източникът на радиовълните се върти около някое небесно тяло. Отговорът бе отрицателен. Следователно сигналите не бяха дело на „зелените човечета“. Тогава Хюиш и сътрудниците му се заровиха в литературата, посветена на звездната еволюция. Те предполагаха, че пулсарите, както вече бяха наречени тези радиоизточници, са определен етап от развитието на звездите. Междувременно към февруари 1968 г., когато Хюиш подготви публикацията за открытието, бяха забелязани още три пулсара.

Хюиш смяташе, че пулсарите са звезди от типа „бели джуджета“. Скоро след това обаче бе доказано, че те са неutronни звезди. От гледна точка на нашите представи това са невероятни обекти. Според съвременните теории те възникват след изключително силните взрывове на свръхновите звезди. Огромното налягане води до образуването на тяло с плътност като атомното ядро, изградено само от неutronи. Размерите на този остатък от някогашната звезда са много малки (от порядъка на няколко десетки км) и учените на шега нарекоха неutronните звезди „бели грахчета“.

Едно от най-забележителните постижения на съвременната радиоастрономия е откриването на космическото микровълново фоново излъчване — далечното echo на големия взрыв, от който е възникната Вселената. Тази теория води началото си от 20-те години. Тя произтича от общите идеи за нестационарност на Вселената, които следват от теорията за относителността на Айнщайн. Той самият бе доста недоволен от тези последствия на теорията си и въвведе специални коефициенти, които да позволят съществуването на стационарна Вселена. Редица учени обаче се заеха да разработват динамичната концепция за света. През 1923 г. младият съветски учен

Александър Фридман създава математически модел на разширяваща се Вселена. Към края на същото десетилетие Едуин Хъбъл, изследвайки далечни космически обекти, откри, че тяхното светлинно излъчване е изместено към червения край на спектъра, което бе изтълкувано като Доплеров ефект при отдалечаващи се тела. Получавайки първите данни за червеното преместване, Хъбъл въсъщност предостави и първото доказателство за разширяване на Вселената.

През 40-те години известният физик-теоретик Георгий Гамов и неговите сътрудници развиха идеята за „горещото раждане“ на Вселената. От тази теория следваше съществуването на реликто излъчване, образувало се в момента на големия взрив. С разширяването на Вселената неговата температура е намалявала, за да достигне в сегашната епоха само няколко градуса над абсолютната нула.

На тези ниски температури съответствуват фотони с много малка енергия, носещи електромагнитни вълни от радиодиапазона. Реликтовото радиоизлъчване бе открито през 1965 г. от двама млади изследователи — Арно Пензиас и Робърт Уилсън от лабораториите Бел в Холмдел, Ню Джърси. Измерванията бяха направени със специална високочувствителна рупорна антена, построена в 1960 г. за връзка с ретрансляционния спътник „Ехо“. В 1963 г. тази космическа програма бе прекратена и двамата учени взеха антената, за да я използват за радиоастрономически наблюдения. Преди да започнат работа, те решиха да изучат свойствата на самата антена. За целта се определяше фоновото излъчване в различни точки на небесната сфера. Не след дълго Пензиас и Уилсън установиха, че винаги остава някакъв радиошум с температура около 3°К.

По това време в намиращия се недалеч Принстънски университет Р. Дике и Дж. Пийблс работеха върху модела за големия взрив. В 1965 г., когато в Холмдел вече завършваха измерванията, тези двама теоретици изнесоха своите резултати на научен конгрес в Ню Йорк. Запознавайки се с тях, Пензиас и Уилсън веднага разбраха, че остатъчният радиошум в антената никога няма да бъде преодолян, защото това е фоновото излъчване, което запълва цялата Вселена. Двамата изследователи поканиха Дике и сътрудниците му да се запознаят с тяхната работа и в резултат на това в „Астрофизикъл

джърнъл“ се появиха две съобщения — едното на наблюдателите от Холмдел за откриването на фоновото излъчване и второто — на теоретиците от Принстън, което обясняваше това явление.

Пензиас и Уилсън имаха щастиято да публикуват своите резултати в солидно научно списание. Ако те ги бяха поместили като Янски в някое техническо издание, едва ли биха им обърнали толкова бързо внимание. Когато през 70-те години Нобеловият комитет по физика възприе едно по-широко схващане за обсега на тази наука, астрономите получиха своя шанс и двамата техни представители с „чувствително ухо за големия взрив“ станаха Нобелови лауреати през 1978 г. Арно Пензиас и Робърт Уилсън разделиха наградата заедно с големия съветски учен Пётр Капица.

АСТРОФИЗИКА

Възникването на теории, като тази за Големия взрив бележи нов етап в развитието на науката през XX век. Във все повече области на познанието се налага еволюционният подход. От различни науки се трупат данни за това как е възникнала Вселената, как са се образували химическите елементи, от които са направени галактиките и звездите, как са възникнали планетите и живите същества. Създава се една цялостна картина за развитието на света, в която всички дялове на познанието се обединяват.

Един важен момент в развитието на Вселената е образуването на звездите. Всъщност това са телата, които изпълват Космоса. Физиката на звездите е била изследвана от множество учени, сред които особено се отклоява Ханс Бете — човекът, който обясни как свети Слънцето. През 30-те години този учен се занимаваше с изучаването на ядрените реакции — една нова и модерна тогава област. Изследвайки взаимодействията между протоните и неutronите, той показа как при тяхното свързване може да се образува ядрото на тежкия водород — деутерия. Въпреки че Ханс Бете нямаше никакви особени интереси към астрофизиката, самата му работа го тласкаше натам.

Откакто астрономите установиха какво представляват Слънцето и другите звезди, големият въпрос за тях беше, откъде се взема енергията, която кара тези нажежени газови кълба така ярко да светят. Още през миналия век беше ясно, че това не може да е от химически реакции, нито от гравитационното свиване. Едва след като бе разкрит строежът на атома, се появи идея откъде може да идва това количество енергия.

През 20-те години известният астроном Артър Едингтън излезе с хипотезата, че източникът на енергия е по всяка вероятност процесът на превръщане на водорода в хелий. В своята книга „Звезди и атоми“, издадена в 1927 г., той посочи, че масата на хелиевото ядро не е точно 4 пъти по-голяма от ядрото на водорода. Тя е по-малка и разликата изглежда незначителна, но ако се приложи известната формула на

Айнщайн за връзката между масата и енергията, тогава излиза, че изчезналата маса се равнява на огромно количество енергия.

Подробностите около този процес не бяха известни и мнозина изследователи не вярваха, че това е енергийният източник на звездите. Ханс Бете също бе скептично настроен, но се зае с този въпрос, тъй като образуването на хелия бе подобно на синтезата на деутерия, вече разгледана от него. В 1939 г. той посети един симпозиум по звездна енергетика, организиран от Американското астрофизическо дружество. Там се обсъждаше взаимодействието между протоните и протон-протонният цикъл на синтеза на хелия като източник на енергия за звездите. Този модел беше предложен една година по-рано от Бете и независимо от него от Ч. Кричфийлд. Мнозина физици смятаха, че той обхваща само част от явленията, тъй като в звездите освен водород и хелий има и други елементи, макар и в много по-малки количества.

Бете се зае да проучи термоядрените реакции, в които те биха могли да участвуват. Особено интересно се оказа взаимодействието между протона и ядрото на въглерод-12. Този елемент последователно поема протони, превръщайки се в азот-13, въглерод-13, азот-14, кислород-15, азот-15 и накрая се разпада на хелий-4 и въглерод-12. Okaza се, че по такъв начин могат да се катализират термоядрените процеси в недрата на звездите. Въглеродно-азотният цикъл на термоядрен синтез бе предложен от Ханс Бете в 1939 г., но принос в това откритие имат също така Вайцзекер, Гамов и други изследователи. Тази теория се оказа много плодотворна за астрофизиката, тъй като добре обясняваше наблюденията на астрономите. Големите заслуги на Ханс Бете за разкриването на тайните на звездната енергетика намериха признанието на Нобеловия комитет по физика, макар и с доста голямо закъснение. През 1967 г., почти три десетилетия след като бе разработил своите идеи, Ханс Бете стана Нобелов лауреат.

През 1970 г. Нобеловата награда по физика бе дадена също на един учен, който, без да е астроном, допринесе много за по-доброто разбиране на астрофизическите явления. Това бе Ханес Алвен, създател на науката магнитохидродинамика.

Този дял от физиката изучава движенията на токопровеждащи течности и ионизирани газове при наличието на магнитно поле. Изучаването на тези процеси е много важно за конструирането на

термоядрени реактори от типа Токамак, както и магнитохидродинамични генератори, които превръщат топлинната енергия на плазмата в електричество. Но най-голямо приложение новосъздадената наука получи в астрофизиката, защото почти цялото вещества на Вселената е йонизирано и се намира под въздействието на магнитни полета.

Прилагайки своята теория, Алвен предложи обяснение за образуването на протуберанси и петна по Слънцето. По-нататък той разгледа слънчевия вятър — потока от частици, който се отделя от слънчевата корона и неговото въздействие върху Земята, където той предизвиква магнитни бури и полярно сияние. В междузвезден машаб магнитохидродинамиката се оказа голяма сила. Галактичните магнитни полета управляват движението на междузвездните облаци от газ. В пространството се образуват нарушения на еднородността и локални кондензации, около които се струпва маса и възникват нови звезди.

Изложените дотук примери показват колко обширна е работата на Ханес Алвен. Наистина малцина имат таланта и щастието да сложат началото на нова наука. Магнитохидродинамиката обаче дълги години не се възприемаше от учените. Шведският изследовател бе принуден да публикува своите работи във второстепенни списания. Трябваше да мине време, докато научната общественост оцени значението на неговите идеи. Накрая истината възтържествува и Ханес Алвен стана известен учен и Нобелов лауреат.

Дълго време астрономите бяха за широката публика нещо като звездобойците на древността — хора, отвлечени от действителността, които изследват далечни светове и нямат нищо общо с ежедневието на човечеството. Поради тази причина науките за Космоса останаха извън обсега на вниманието на Нобеловия комитет по физика и едва през последните петнайсетина години се забеляза промяна. Тя бе резултат от осъзнаването на факта, че астрофизиката се е превърнала във водеща дисциплина сред физическите науки — източник на нови факти и идеи.

VI

ОПТИКА И ХОЛОГРАФИЯ

Оптиката е един от най-старите раздели на физиката. Тя изучава светлината, нейното разпространение и взаимодействие с веществото и още от древността са останали текстове, в които известни философи изказват своите наблюдения и съображения по този въпрос. Съвременните представи за оптическите явления се зародиха едва през 17 век след изследванията на Нютон, Хук, Гриналди и Хюйгенс.

Работите на старите изследователи съдържаха доста рационални елементи, но не бяха съвършени. Едва в началото на 19 век оптиката придоби по-строг вид. С убедителни експерименти Юнг и Френел доказваха въlnовата природа на светлината. В своята знаменита теория за електромагнитното поле Максуел обедини светлината с електричеството и магнетизма, а към края на 19 век изследванията върху процесите на излъчване и поглъщане доведоха до представите за светлинния лъч като поток от частици с вълнови свойства.

През последните сто години редица изобретателни учени, използвайки свойствата на светлината, поставиха експерименти и създадоха апарати, с които обогатиха различни области на науката. На някои от тях това донесе Нобелова награда. Първият оптик Нобелов лауреат е Алберт Абрахам Майкелсън. Като типичен учен от 19 век, той смяташе, че във физиката почти всичко вече е открито и нови резултати могат да се постигнат само след шестия десетичен знак на измерванията.

Един от важните теоретични въпроси в науката по онова време бе проблемът за т.нар. етер (ефир). Физиците смятаха, че това е неподвижна среда, запълваща цялата Вселена, в която светлината се разпространява както звукът във въздуха. Според съществуващите тогава теории етерът трябваше да се проявява в някои феномени и затова се поставяха опити за доказване на неговото съществуване. Така например скоростта на светлината трябваше да зависи от движението на Земята по нейната орбита.

За да се поставят такива опити, бе необходима изключителна апаратура и голямо експериментаторско майсторство. И двете

предпоставки бяха налице при Алберт Майкелсън. В 1881 г. той използва създадения от него интерферометър, за да реши въпроса за етера. Голяма бе изненадата на учените, когато разбраха, че уредът показва една и съща скорост за светлината във всички посоки. Болшинството физици бяха толкова привързани към своите теории, че предпочитаха да отхвърлят резултатите на Майкелсън. Единствено Хендрик Лоренц в Лайден и Джордж Фицджералд в Дъблин се опитаха да обяснят наблюденията, като предположиха, че при субсветлинни скорости телата се съкращават. В 1905 г. Айнщайн доказа, че съкращението на Лоренц–Фицджералд наистина съществува. Но тази идея, предложена от двамата учени, за да се спаси етерът, вече бе придобила друг смисъл в теорията на относителността.

Основа за тези теоретични дискусии бяха невероятно точните измервания на Алберт Майкелсън. В 1907 г. той бе удостоен с Нобелова награда за създаването на прецизни оптически инструменти и за изследвания в спектроскопията и метрологията.

През 30-те години на 19 век бе открита фотографията. Само за няколко десетилетия от сложен лабораторен процес, достъпен на малцина, тя се превърна в увлечение за милиони хора. Още преди сто години големите фирми вече бяха усъвършенствували всичко дотам, че за любителя-фотограф оставаше само да натиска спусъка на апарата. Само един въпрос не можеше да се реши — изображенията бяха черно-бели. Единственият известен способ за получаване на цветни снимки бе да се правят негативи в трите основни цвята и да се наслагват. Но този способ бе доста сложен и затова новината, че френският физик Габриел Липман в 1891 г. е създал метод за цветна фотография, предизвика голям интерес.

Липман поставяше фотоплаката в специална касета с живак, който дава абсолютно плоска огледална повърхност. Светлината, минавайки през емулсията, се отразява от огледалото и се връща обратно. При интерференцията между падащия и отразения лъч се образуват стоящи вълни и в резултат на това кристалчетата сребро в проявената емулсия се разполагат в слоеве. При разглеждане на такъв негатив светлината така се отразява от него, че изображението се вижда в истинските цветове.

Методът на Липман намери приложение в спектроскопията, но за практическата фотография се каза неудобен. Трудности

предизвикваха касетата с живака и твърде голямото време за експонация. Идеята обаче бе твърде интересна и някои специалисти дори смятат, че Габриел Липман е бил много близо до откриването на холографията. За своите оригинални работи френският учен получи Нобеловата награда по физика за 1908 г.

През 1872 г. немският физик-оптик Ернст Карл Аббе създаде теорията на микроскопа. Това бе връх в развитието на този оптически инструмент, известен от началото на 17 век. Две столетия многобройни учени-експериментатори и майстори оптици създаваха най-различни конструкции, докато накрая Аббе, прилагайки вълновата оптика, изчисли възможностите и ограниченията на светлинния микроскоп. В 1888 г. той стана сътрудник на Карл Цайс в Йена и оттогава започна производството на висококачествени светлинни микроскопи от съвременен тип.

Единственото голямо нововъведение след работите на Аббе е въвеждането на принципа на фазовия контраст през 1935 г. от холандския физик Фредерик Зернике, професор в университета в Гронинген. Първоначално неговата работа беше свързана с изследване на качеството на оптическата повърхност на огледала за телескопи. В 1935 г. той стигна до идеята, че методът, създаден за тази цел, може да се приложи и в микроскопията.

В микроскопа на Зернике между обектива и окуляра се поставя т. нар. фазова пластинка, на която има пръстеновидна изпъкналост. Светлинните лъчи, които минават свободно през обекта, преминават и през фазовия пръстен, докато разсейните от обекта лъчи се отклоняват встрани. Поради това, че там пластинката е по-тънка, се създава разлика във фазата на вълните между двата светлинни снопа. Накрая в окуляра става интерференция на лъчите и това значително повишава контраста на изображението. С други думи, тази пластинка превръща различията във фазата на вълната в разлики на амплитудата, т.е. яркостта.

Методът на фазовия контраст е изключително ценен за биологични изследвания. Обикновено живите клетки са почти прозрачни. Те трябва да се фиксират и оцветяват, за да се видят детайли. С фазово-контрастния микроскоп се забелязват голям брой подробности за структури, които иначе не личат или се променят при

фиксиране. Фредерик Зернике, авторът на тази оригинална идея, получи за нея Нобеловата награда по физика през 1953 г.

В 1947 г. бе направено едно научно откритие, което първоначално изглеждаше като поредната проява на вълновите свойства на светлината, но впоследствие се оказа, че е много по-фундаментално и с широки приложения. В тази година бе създадена холографията.

Новината за това стана известна в 1948 г., когато английският физик от унгарски произход Денис Габор съобщи за открития от него нов метод за записване на изображения. Той го нарече холография, което означава цялостен запис. За разлика от фотографията, която фиксира само интензитета на светлината и създава плоско изображение от светли и тъмни петна, холографията регистрира вълновия фронт на светлинния лъч и възпроизвежда триизмерно изображение на предмета.

В 1964 г. Емет Лейт и Юрис Упатниекс направиха първите холограми с лазерна светлина. Те видоизмениха донякъде схемата на Габор и сега холограми се получават, като изходният светлинен лъч се разделя на две с полупрозрачно огледало. Част от светлината се отразява от обекта, а друга отива директно върху фотоплаката. Там светлинните лъчи се срещат и тъй като вече се различават, между тях настъпва интерференция, която се записва в светочувствителната емулсия. Това е холограмата. Върху нея с просто око се вижда плетеница от чертици, точки и други подобни. На пръв поглед холограмата изглежда като развален негатив, но всъщност тя има забележителни свойства.

Ако през холограмата премине първоначалният лъч, тя играе роля на дифракционна решетка и така го пречупва, че възстановява вълновия фронт на лъча, отразен от предмета, и това се вижда като триизмерно изображение. От друга страна, ако през холограмата се пропусне отразеният лъч, ще се възстанови първоначалният. Това се използва за холографско разпознаване на образи. Например, ако се направи холограма на една буква и се погледне през нея към написан текст, навсякъде, където се среща буквата, ще се видят светли точки.

Предполага се, че холографският принцип за записване и разпознаване на информация се използва в мозъка. Ако се раздели холограмата на части, всяка нейна част възстановява или разпознава

изображението, макар и с понижено качество. Това наподобява някои поражения на мозъка, при които паметта не се губи, а само се влошава.

Габор имаше големи трудности с получаването на първите холограми, тъй като за тях са необходими много специални източници на светлина. Появата на лазерите даде на холографията втори живот. От един лабораторен куриоз тя се превърна в метод, който се използва все по-широко в науката, практиката и дори изкуството. За Денис Габор това означаваше идването на признанието, макар и малко късно. Освен че стана член на Лондонското кралско дружество и почетен член на Унгарската академия на науките, в 1971 г., 23 години след публикуването на първите си работи, той получи и Нобеловата награда по физика.

ЛАЗЕРИТЕ

Изследванията върху радиоелектрониката и взаимодействието между радиовълните и веществото доведоха редица учени до идеята, че явленията на резонансно погъщане могат да се използват за излъчване и усилване на електромагнитни вълни. Впрочем подобна мисъл фигурира още в трудовете на Алберт Айнщайн от началото на века. Занимавайки се с въпросите на излъчването и погъщането на светлината, в 1916 г. той въведе понятието индуцирано излъчване.

Едва в края на 40-те години експериментаторите започнаха да настигат теоретиците. Мнозина допринесоха за възникването на квантовата електроника и нейните най-забележителни творения — квантовите генератори, по-известни под звучните имена мазери и лазери. Славата на първооткриватели обаче имат трима учени — съветските физици Александър Прохоров и Николай Басов и американецът Чарлз Таунс. В 1954 г., почти едновременно, във Физическия институт при АН на СССР и в Колумбийския университет в САЩ, тези учени създадоха първите квантови генератори. Въщност това бяха радиоспектроскопи, устроени така, че да излъчват, а не да погъщат.

Като работно вещество се използваше амонякът. Молекулите се привеждаха във възбудено състояние, след което се създаваха условия за тяхното едновременно връщане на изходното ниво, при което се отделяше мощн радиоимпулс. Чарлз Таунс нарече този апарат „мазер“ по първите букви от думите на английската фраза: „микровълново усилване, чрез принудителна (стимулирана) емисия на излъчване“.

Мазерите веднага намериха приложение в радиотелескопите поради способността си да усилват радиовълните. Последва едно бурно развитие през периода от 1954 до 1960 г., при което бяха създадени най-разнообразни конструкции на квантови генератори и се разработи тяхната теория. Голямо значение за този прогрес имаха работите на френския физик Алфред Каствлер.

В 1949 г., занимавайки се с радиоспектроскопия, Каствлер установи, че атомите особено силно погъщат светлина, когато

изпаднат в резонанс с радиовълните. Той използва този ефект в своите изследвания, като постепенно идеята бе доразвита и се появи методът на оптическото напомпване. При квантовите генератори това означава, че атомите от работното тяло се привеждат във възбудено състояние от външен източник на светлина или микровълни.

В 1958 г. Чарлз Таунс и Артър Шавлов от лабораторията Бел Телефон предложиха принципа на лазера. Промяната в първата буква показва, че вече става дума за усилване на светлина чрез стимулирано излъчване. Шавлов предложи да се използват за целта рубинови кристали с удължена цилиндрична форма. В рубина, който е алюминиев окис, има микроскопични количества хром, чийто атоми излъчват светлината.

Рубиновият лазер бе създаден в 1960 г. от американския физик Теодор Мейман. В този апарат около рубиновия прът бе поставена импулсна лампа, която го осветява за кратко време. Атомите в кристала се възбудят и веднага се връщат на изходното ниво, като изпускат кванти светлина. На двата края има две плоски огледала, като едното е полупрозрачно. Отразени от тях, светлинните лъчи се връщат обратно в кристала и възбудят нови атоми. Процесът нараства лавинообразно, докато накрая светлинният импулс стане толкова мощен, че успее да премине през полупрозрачното огледало.

В тази схема рубиновият кристал може да бъде заменен от друго твърдо тяло, съдържащо подходящи за излъчване атоми. Такива атоми могат да се разпръснат и в газова среда. Още в същата 1960 г. Али Джаван, американски физик от ирански произход, създаде първия газов лазер. Впоследствие се появиха течни лазери на базата на неорганични съединения, а през 1966 г. бяха създадени и първите течни лазери с органични багрила. Те са много популярни поради ниската им цена.

За трите десетилетия след създаването на квантовите генератори те намериха широко приложение в голям брой области. Мазерите се използват като усилватели в радиотехниката. Лазерите навлизат в промишлеността, където огромното по мощност излъчване се използва за различни технологични операции. Физиците се опитват с лазерен лъч да осъществят термоядрена реакция, а геодезите измерват разстоянието до Луната с точност до сантиметър. Тънкият лазерен лъч се превърна в скалpel за фини хирургични операции, дори върху части

от живата клетка. Вече стана дума за холографията, която започна да се развива едва след прилагането на лазерите с тяхното монохроматично и строго насочено излъчване.

Наистина квантовите генератори се оказаха едно от забележителните открития на нашия век. Неговата важност бе оценена от Нобеловия комитет по физика през 1964 г., когато Александър Прохоров, Николай Басов и Чарлз Таунс станаха лауреати на Нобелова награда.

Трудовете на френския изследовател Алфред Каstлер до голяма степен подготвиха почвата за лазерите. Две години по-късно признанието дойде и за него и той стана Нобелов лауреат по физика през 1966 г.

В ръцете на физиците лазерът се превърна във фин изследователски инструмент. Неговото мощно монохроматично излъчване даде нови възможности на спектроскопията за изследване на електронните обвивки на атомите и молекулите. Особено бърз прогрес бе постигнат след 1970 г., когато се появиха лазери с променяща се честота на излъчване. В резултат на това стана възможно плавно да се регулира дълчината на вълната, така че енергията на фотоните да отговаря точно на прехода между две енергийни нива в атома. Основите на тази нова област — нелинейната лазерна спектроскопия, бяха заложени от Николаас Блумберген от Харвардския университет и Артър Шавлов от Станфордския университет. Големи приноси имат и съветските учени С. Ахманов и Р. Хохлов.

Развила се бурно през 70-те години, днес лазерната спектроскопия е извънредно чувствителен метод, който може да регистрира дори отделни атоми. На нейна основа бяха разработени методи за стабилизация на честотата на газови лазери, чието излъчване се използва като еталон за дължина и време. Лазерният лъч „сондира“ различни среди и прави експресни анализи на техния състав. С негова помощ се получават температури от милиони градуси и се прави спектроскопия на високойонизирани атоми.

Нелинейната лазерна спектроскопия е един от забележителните примери за съвършенство на съвременната експериментална техника. Николаас Блумберген и Артър Шавлов, двамата изследователи, дали толкова много в тази област, получиха за своите заслуги Нобеловата

награда по физика за 1981 г., заедно с Кай Сигбан, специалист по електронна спектроскопия.

ЕФЕКТ НА МЬОСБАУЕР

От физическата оптика е добре известно резонансното погълдане на светлинни кванти. Фотоните, излъчени от един атом, могат да бъдат погълнати от друг атом от същия вид. Двата атома изпадат в нещо подобно на резонанс един с друг.

След като бе разкрита електромагнитната природа на гамалъчите, възникна въпросът не може ли и при тях да се наблюдава такъв механизъм на резонансно погълдане. Осъществяването на такава възможност щеше да даде на учените един фин инструмент за изследване на атомните ядра. Гама-квантите се излъчват при взаимодействията между частиците в ядрата и тяхното стимулирано отделяне или погълдане обещаваше да разкрие много от тайните на атома.

Още в началото на 30-те години, имайки предвид успеха в опитите с атомен резонанс, получен със светлинни кванти, редица изследователи поставиха експерименти, за да постигнат резонанс между ядра с помощта на гама-кванти. Опитите се правеха с вещество, чиито атоми са във възбудено състояние и ядрата излъчват гама-лъчи. Тези лъчи минаваха през мишена от същите атоми, но погълдане не се наблюдаваше.

Тогава теоретиците се заеха с въпроса и установиха, че резонансът се губи в резултат на Доплеровия ефект. При излъчването на светлинни кванти фотонът е твърде малък, за да окаже въздействие на атома. Гама-квантът обаче носи много енергия и при неговото излитане ядрото получава импулс и отскача в обратна посока. Според добре известния ефект на Доплер движението на източника променя честотата на излъчването. В случая при отделянето на гама-кванти този откат на ядрата променя честотата и атомите-приемници, които са в спокойно състояние, не могат да изпаднат в резонанс.

След като бе открит източникът на проблемите, се направиха опити да се реши въпросът по заобиколен път. Установи се, че ако източникът на гама-кванти се движи с много голяма скорост — от порядъка на скоростта на звука, това компенсира отката на атомите и

може да се постигне резонансно поглъщане на гама-лъчите. При друг един метод се използваше топлинното движение на атомите. При загряване до хиляди градуси те достигат големи скорости и това също компенсира отката при гама-излъчването.

В 1955 г. в Института „Макс Планк“ в Хайделберг постъпи като аспирант младият физик Рудолф Мьосбауер. Темата на неговата дисертация беше доста тривиална, каквото са темите на повечето дисертации. Тя гласеше: „Изследване на резонансното поглъщане на гама-кванти“, т.е. трябваше да се открият подробностите в нещо, което по принцип е известно. Успешната разработка на темата трябваше да направи Мьосбауер доктор по философия. Стана обаче нещо по-голямо. Дисертацията донесе на аспиранта Нобелова награда.

Отначало, според програмата на ръководителя на лабораторията, се планираше да се приложи известният вече метод за получаване на резонанс чрез силно нагряване на излъчващото вещество и на веществото-приемник. Аспирантът обаче имаше свои идеи и тръгна по друг път, въпреки риска да провали дисертацията, и предупрежденията от страна на ръководството.

Рудолф Мьосбауер започна от най-основните въпроси. Щом като откатът на атомните ядра е причина да се губи резонансът, не може ли атомите да се фиксират по някакъв начин? Отговорът е гениално прост. Това е възможно, ако атомът е свързан в кристална решетка и ако кристалът се охлади до температура близо до абсолютната нула. Тогава откатът, който получава ядрото на атома от излъчващия се гама-квант, се поема отillionите атоми на кристалната решетка и се неутрализира. Самият Мьосбауер дава пример с изстрел на пушка. При стрелба има откат, но ако пушката се опре на стена, откатът е нищожен, тъй като стената многократно превъзхожда пушката по маса. Това беше лесно да се формулира, но до успешната реализация на идеята Мьосбауер стигна едва в 1958 г., когато дисертацията му беше вече под въпрос. Той използва кристал от иридий, охладен в течен въздух. При този експеримент бе открит „ядрен гама-резонанс без откат“. Вместо тази дълга фраза днес всички говорят за „ефект на Мьосбауер“.

Ефектът се демонстрира най-добре, когато източникът на гама-лъчи се движи бавно към мишната. С този извънредно чувствителен експериментален метод се изследва продължителността на живота на

изотопите, атомните магнитни полета и други свойства на твърдите тела. Методът даде възможност и за директна проверка на теорията на относителността.

Рудолф Мъосбауер беше само на 29 г., когато направи своето откритие. Три години по-късно той стана Нобелов лауреат по физика за 1961 г., наред с Робърт Хофтадър, за изследванията си върху резонансното поглъщане на гама-лъчите и откриването на ефекта, носещ неговото име.

VII

МАГНИТНИ ЯВЛЕНИЯ

В историята на физиката важно място заемат изследванията върху магнетизма. Този феномен, известен още от древността, стана обект на научни експерименти още в 17 век, но едва две столетия по-късно бяха получени достатъчно данни за неговата същност, обобщени от Максуел в 1865 г. в единна теория за електромагнитното поле.

Нов етап в изследването на магнитните явления настъпи в 1880 г. с електронната теория на Лоренц. Голям успех за тази теория бе предсказането и откриването на влиянието на магнитното поле върху излъчването на светлината. Питер Зееман, който откри ефекта, и Хендрик Лоренц получиха за това Нобеловата награда по физика през 1902 г.

По-нататък развитието на теорията за магнетизма е свързано с името на френския физик Пол Ланжвен. В 1905 г. той създаде електронната теория на диамагнетизма и парамагнетизма. Тези две понятия бяха въведени в науката през 1845 г. от Майкъл Фарадей. Най-общо казано, парамагнетиците се привличат от магнитното поле, а диамагнетиците се отблъскват. Теорията на Ланжвен свързваше диамагнетизма с ориентацията на собствените магнитни моменти на атомите и молекулите. По-нататък се оказа, че източник на магнитно поле е не само движението на електрона около ядрото на атома, но и неговият спин. Всъщност самото явление спин, което отначало се уподобяваше на въртене на частицата около оста й, бе открито при изследване на магнитни явления и по-специално ефекта на Зееман. Експериментите посочиха и трети източник на магнетизъм — самото ядро на атома. Неговото магнитно поле възниква като резултат от силните взаимодействия между ядрените частици — нуклоните.

Още първите изследвания върху магнетизма са били правени с железни руди. И наистина желязото създава необикновено силно магнитно поле, поради което цялата съвкупност от тези негови свойства се обозначава с термина феромагнетизъм. Фарадей смяташе, че това е просто крайна форма на парамагнетизъм. По-късно се разбра,

че има известни различия. Сред първите опити да се създаде теория на феромагнетизма трябва да се отбележат работите на френския учен Пиер Вайс от началото на века. В 1907 г. той въведе представите за т.нр. домени — области във феромагнитните кристали, всяка от които е намагнетизирана до насищане. Направлението на тази намагнетизираност е разпределено хаотично и кристалът като цяло не показва магнитни свойства.

Сред френските физици съществува цяла школа в областта на магнетизма. Един от продължителите на тази традиция в изследванията е Луи Неел. Както Пиер Вайс и Пол Ланжвен, той също е академик. През 1932 г., работейки в Страсбургския университет, Неел откри явлението антиферомагнетизъм. Докато при феромагнитните кристали магнитните моменти на атомите са ориентирани в една посока, при антиферомагнетиците те се редуват в противоположни посоки и взаимно се компенсират.

В 1948 г. Неел, вече професор в Гренобълския университет, се зае с феритите — един вид съединения на желязото със специфична структура и магнитни свойства. Френският учен даде обяснение за силния магнетизъм на феритите и показва, че в техните кристали подреждането на атомните магнитни моменти е както при антиферомагнетиците, но величината им в едната посока е по-голяма, отколкото в обратната и затова няма компенсиране. На базата на своята теория той можа да предскаже съществуването на нови синтетични магнитни материали. За своите фундаментални работи и за откритията си Луи Неел стана Нобелов лауреат по физика през 1970 г., когато бе награден заедно с Ханес Алвен.

Един от създателите на съвременните представи за магнитните явления е американският физик Джон Хасбрук Ван Флек. Между 1926 и 1928 г., работейки в Минесотския университет, той разви квантовата теория на диамагнетизма и парамагнетизма на атомите и молекулите. Първоначално теорията разглеждаше газове и неметални тела, но впоследствие бе разширена и за кристалите. В 1932 г. Ван Флек написа монография по тези въпроси, която стана широко известна в научните среди. През 30-те години тази и други работи на Ван Флек се оказаха много ценни за развитието на квантовата теория на химичната връзка. След един дълъг плодотворен творчески път, запазил работоспособността си до преклонна възраст, този учен стана лауреат

на Нобелова награда по физика през 1977 г., когато беше вече 88-годишен. Джон Ван Флек получи това високо признание за своите изследвания върху магнетизма на веществата и по-специално в подредените магнитни системи, каквито са кристалите.

Заедно с Ван Флек бяха наградени и Филип Андерсън, негов ученик от Харвард, и английският физик Невил Мот. Андерсън е известен със своите работи върху магнетизма и свръхпроводимостта, а Мот с множество изследвания в различни области на физиката на твърдото тяло, правени в течение на почти четири десетилетия. Но всъщност и двамата учени станаха Нобелови лауреати за изследванията си върху електронните състояния в неподредени системи, към които се отнасят течните, аморфните и стъклообразните вещества.

В съвременната наука неподредените системи са едно от най-модерните направления за изследване. Например с аморфните полупроводници се свързват надеждите за по-нататъшното развитие на микроелектрониката. Едно признание за тази област бе удостояването с Нобелова награда на Филип Андерсън и Невил Мот през 1977 г.

Важно място в изследването на магнетизма имат експериментите по измерването на магнитните моменти на атомите и частиците. В 1922 г. Ото Щерн и Валтер Герлах от Франкфуртския университет пропуснаха атоми от сребро през вакуумна камера между двата полюса на магнит. Както се очакваше, потокът се раздели на две и върху екрана се образуваха две сребърни петънца. Това потвърди, че атомите са като миниатюрни магнитчета с магнитна ос и северен и южен полюс и могат да имат две ориентации в пространството спрямо външно магнитно поле.

В 1933 г. Ото Щерн, заедно с Ото Фриш, измери в Хамбургския университет магнитния момент на протона във водородната молекула, като пропускаше тези частици през магнитно поле. Методът бе доста груб и за да се получат точни резултати, трябваше да се усъвършенствува. Това извърши през 1937 г. Айсидор Айзак Раби в Колумбийския университет. Този учен съчета магнитното поле с високочестотно излъчване и започна да определя магнитните моменти на атомите, използвайки резонансни явления. Това увеличи стократно точността на измерването.

Изследванията върху магнитните свойства на атомите имаха важно значение за изучаването на тяхната структура. Ото Щерн получи през 1943 г. Нобеловата награда по физика за създадения от него метод на молекулярните струи и откриването на магнитния момент на протона. Наградата за 1944 г. получи Айсидор Раби за разработването на резонансен метод за регистрация на магнитните свойства на атомните ядра.

В 1946 г. швейцарецът Феликс Блох, който работеше в Станфордския университет, и американецът Едуард Милс Пърсел от Харвард създадоха независимо един от друг точни методи за определяне на магнитния момент на атомните ядра. Магнитното поле на ядрото е около хиляда пъти по-малко от магнитното поле на електрона и за неговото изследване бе необходима извънредно чувствителна апаратура. В експериментите на Раби бяха измерени магнитните моменти на протона, неutrona и някои леки ядра. Получаваха се много точни резултати, но с цената на голяма сложност на опитната постановка. Взаимодействието на магнитните моменти с високочестотното излъчване се установяващо по отклонението на частиците в магнитно поле.

При методите на ядрен магнитен резонанс, предложени от Пърсел и Блох, изследваното вещество може да бъде в твърдо, течно или газообразно състояние. Взаимодействието на ядрените моменти с полето се наблюдава като магнитен ефект, който лесно се улавя от апаратурата. Най-общо казано, се измерва поглъщането на енергията на радиочестотното поле или се определя електромагнитната индукция в образеца.

Ядреният магнитен резонанс се оказа сравнително лесно достъпен способ за изследване на магнитните моменти на ядрата. След първото му приложение в края на 1945 г. той бе широко използван за изучаване на химичните елементи и техните многобройни изотопи. По-нататъшното усъвършенствуване на метода даде възможност да се определи влиянието на електронната обвивка върху магнитния момент на ядрата. Стана възможно да се изследва електронният строеж на атомите и молекулите, а оттам и структурата на веществото. Изследователският метод, създаден от Феликс Блох и Едуард Пърсел, намери широко приложение в съвременната наука и донесе на тези двама учени Нобеловата награда по физика за 1952 г.

В 1947 г. двама млади физици от лабораторията на Айзак Раби направиха важни открития върху взаимодействието на електроните с електромагнитни полета. Поликарп Каш се занимаваше с магнитния момент на електрона, а Уилис Лем изучаваше фините спектри на оптическото излъчване на водорода. Техните изследвания се оказаха много важни за окончателното оформяне на електродинамиката, което направиха Фейнман, Шуингър и Томонага — Нobelовите лауреати от 1965 г.

Резултатите от спектралните изследвания на Уилис Лем показваха, че електронът във водородния атом не се движи точно по орбитите, предписани от теорията. Той като че ли непрекъснато се тресе и отклонява настрани. Според квантовата електродинамика това е резултат от взаимодействието между електрона и вакуума.

В съвременната физика все повече се налага мнението, че вакуумът не е нищо, че той има някаква микроструктура. Така например под действието на електромагнитното поле във вакуума възникват и веднага изчезват двойки електрони и позитрони. Именно тези така наречени „виртуални“ частици смущават движението на електрона по неговата орбита, което се забелязва по спектралните линии на излъчването.

В експериментите на Поликарп Каш с метода на молекулярните спонове се определяше отношението на магнитния момент на протона към орбиталния магнитен момент на електрона във водородния атом. Okаза се, че магнитният момент на електрона е по-голям, отколкото следва от теорията на Дирак. Обяснението бе аналогично на това при спектрите на Лем. Електронът не е „гол“, той е обкръжен от виртуални частици — призраци, раждащи се във вакуума. Това води до увеличаване на неговия магнитен момент.

Тези прецизни изследвания, направени в края на 40-те години, открайнаха завесата към други, по-фундаментални свойства на материята и поставиха въпроса за структурата на вакуума и въобще дали съществува абсолютен вакуум. Напоследък дори се заговори за връщане към представите за етера, доминирали до края на 19 в., разбира се на качествено нов етап. Големият принос на Уилис Лем и Поликарп Каш бе бързо оценен и още в 1955 г. те получиха Nobelовата награда по физика.

ТУНЕЛЕН ЕФЕКТ

В класическата физика, за да премине частица от едно състояние в друго, тя трябва да преодолее някаква потенциална бариера, т.е. да има достатъчно голяма енергия, за да се откъсне от системата, в която се намира. В странния свят на квантовите явления обаче частиците могат по-свободно да минават през ограниченията. Те като че ли използват някакъв „тунел“, чрез който просто заобикалят потенциалната бариера. Това доста странно на пръв погледявление произтича от принципа на неопределеност на Вернер Хайзенберг.

Нека вземем за пример една алфа-частица. Това е групировка от два протона и два неутрона, намиращи се на повърхността на атомното ядро. Ако алфа-частицата има достатъчно голяма енергия, тя преодолява ядрените сили и напуска ядрото, създавайки алфа-радиацията. В квантовия микросвят обаче, според съотношенията на неопределеност, не е възможно в даден момент да се каже какви са координатите на една частица и нейният импулс. Поради това се наблюдава следното парадоксално явление — частици с по-малка енергия преминават през потенциалната бариера, а частици с голяма енергия могат да бъдат отблъснати.

Освен за обяснение на алфа-радиоактивността, тунелният ефект бе приложен и в редица други случаи. През 1957 г. японският физик Лео Есаки, работещ в компанията „Сони“, откри това явление при полупроводниците и построи първия тунелен диод. В онези години изследванията на тунелния ефект бяха новост за науката и с тях се заеха голям брой изследователи.

В 1960 г. норвежкият физик Ивор Йевер от компанията „Дженерал електрик“ направи първите наблюдения на тунелен ефект при свръхпроводници и изясни закономерностите за преминаване на тунелния ток от един свръхпроводник в друг. Той между другото изказа идеята за използване на тунелния ефект за измерване на температурата. В 1962 г. английският физик Брайън Джозефсън, който само две години преди това бе завършил Кембриджкия университет,

предсказа съществуването на нов тип тунелиране, което наистина скоро бе открито и получи названието „ефект на Джозефсън“.

Този ефект се наблюдава при протичане на свръхпроводящ ток през много тънък слой диелектрик (изолатор). Ако токът не превишава определена величина, напрежението не се променя и тогава се наблюдава стационарен ефект на Джозефсън. Когато токът надмине критичната величина, напрежението намалява и електронните двойки от свръхпроводящия ток излъчват високочестотни електромагнитни вълни. Това е нестационарен ефект на Джозефсън, който бе открит в 1965 г. от Йевер.

Тунелният ефект даде възможност да се поставят прецизни експерименти и да се построи високоточна апаратура за физически изследвания. Освен чисто научното приложение напоследък той се оказва все по-интересен за практиката. Тримата учени, свързани най-тясно с тези изследвания — Лео Есаки, Ивор Йевер и Брайън Джозефсън, получиха Нобеловата награда по физика за 1973 г.

ДОСТИЖЕНИЯ НА ТЕХНИКАТА

Алфред Нобел, инженерът, свързан с практиката, несъмнено е знал какво има предвид, пишейки в завещанието си да се награждават открития с най-голяма полза за човечеството. Още от началото обаче Нобеловите комитети започнаха да прилагат тази формулировка в по-общ смисъл. И все пак от време на време експертите се насочваха към открития и разработки, които буквално съответствуваха на думите на Нобел.

Една такава чисто инженерна работа е автоматичният регулатор за морски фарове, създаден от шведския инженер Густав Дален. Устройството използва топлинното разширение на металите при нагряване. След залез слънце механичната конструкция се охлажда и се привежда в действие, включвайки светлината на фара. За шведското крайбрежие, с неговите многообразни острови и заливи, такова устройство е много важно. То даде възможност да се монтират голям брой фарове, за които не е необходим обслужващ персонал.

Откритието на инженер Дален бе несъмнено с голяма полза за човечеството, тъй като неговите автоматични фарове спасиха живота на много хора и повишиха сигурността на корабоплаването. По тези съображения на шведския изобретател бе дадена Нобеловата награда по физика за 1912 г.

Изследванията върху механичните свойства на металите донесоха през 1920 г. още една награда. Тогава Шарл Едуард Гийом бе награден за създадените от него сплави, намерили приложение в метрологията и прецизната техника.

Този швейцарски физик е известен метролог от края на миналия век. Той е един от специалистите, създали платино-иридиевите еталони на метъра. Тези метални прътове скоро бяха изоставени, тъй като в 1890 г. Майклсън със своя интерферометър определи нов еталон на метъра на оптическа основа. Но други мерни единици, като килограма например, останаха във вид на метални образци.

В 1899 г. Шарл Гийом започна да изследва сплавите на никел със стомана. Той получи материали с различни качества в зависимост от

комбинациите на компонентите. Една от сплавите практически не се поддаваше на линейно разширение при загряване. Тя бе наречена инвар — от инвариабилис (непроменлив). Друга сплав, наречена елинвар, запазваше неизменна своята еластичност в широк температурен диапазон.

Изследванията на Гийом върху никеловите стомани бяха голям принос за метрологията, който бе оценен с Нобеловата награда по физика за 1920 г. Но освен за чистата наука те бяха важни и за практиката. Милиони часовници са изработени от специалните сплави, създадени от този швейцарски учен. Неговото награждаване привлече, макар и за кратко, вниманието на широката публика върху една област, която иначе не е особено популярна.

„НАКОВАЛНИТЕ“ НА БРИДЖМАН

Характерно за физиците е, че водени от своето любопитство, те подлагат веществото на свръхсилни въздействия, за да видят какво ще стане с него. Свръхвисоките температури — това е физиката на плазмата. Свръхниските температури са царството на свръхпроводимостта и квантовите течности. Съществува и физика на свръхвисоките налягания. Неин пионер е професорът от Харвардския университет Пърси Уилиамс Бриджман. Преди него бяха известни налягания до 3000 атмосфери. Той увеличи тази цифра до 500 000 атмосфери, а днес неговите последователи вече достигат 6 млн. атмосфери, или, както се казва по-накратко, 6 мегабара.

В тази област на науката всичко е въпрос на техника. С обикновена бутална преса се получава налягане най-много до 50 000 атмосфери. След това и най-здравите бутала и цилиндри се разрушават. Принципно ново явление бяха „наковалните“ на Бриджман, при които налягането се създава в тънък слой вещество между конични бутала. Ако буталата се изработят от прозрачен материал, например диамант, може директно да се наблюдава какво става с веществото при свръхвисоко налягане.

След определен предел нарастващото налягане започва да изменя подреждането на атомите и молекулите. Получават се различни модификации на веществото, които физиците накратко наричат фази. Понякога, след бързо охлаждане или снемане на налягането, фаза, която е получена при доста специални условия, остава стабилна. Като пример може да се даде закалената стомана, която се получава при бързо охлаждане, или диамантът, който се образува от графит при 100 000 атмосфери налягане и температура от 2000 градуса, но остава напълно стабилен и при нормални условия.

Със своята апаратура Бриджман получи 6 разновидности на леда. При екстремалните условия, създавани от неговите „наковални“, той проведе изследвания върху електрическите свойства на металите, вискозитета на различни течности, способността на веществата да се свиват, фазовите преходи и разрушението на материалите.

Когато човек е единствен по рода си, той лесно привлича вниманието и затова накрая Пърси Бриджман стана Нобелов лауреат по физика през 1946 г. за създаването на апарат за достигане на изключително високи налягания и за открития в тази област.

Това ново направление във физиката се оказа доста важно за практиката. Още в 1955 г. бяха създадени първите изкуствени диаманти и днес съществува цяла промишленост за тяхното производство, която е особено добре развита в Съветския съюз. Сега на дневен ред е получаването на метален водород и други такива екзотични материали. Техниката за свръхвисоко налягане дава възможност да се моделират различни процеси, за които се предполага, че се извършват в недрата на планетите. Едва ли някога учените ще стигнат центъра на Земята, както фантазираше Жюл Верн, но наковалните на Бриджман поне ще им дадат представа какво става там.

ПЪТЯТ КЪМ АБСОЛЮТНАТА НУЛА

В края на 19 век опитите за втечняване на газове бяха много модерно занимание сред учените. В резултат на това бяха втечнени кислородът, водородът и хелият и възникна техниката за получаване на свръхниски температури. Експериментите при такива условия доведоха във физиката до откриването на явленията свръхфлуидност и свръхпроводимост, а в химията — до откриването на групата на инертните газове.

Първите научни изследвания върху свойствата на газовете датират от 17 век. Англичанинът Бойл и французинът Мариот откриха зависимостта между налягането и обема на газовете. В края на 18 век холандският учен Ван Марум, проверявайки експериментално закона, откри, че при налягане 7 атмосфери амонякът се втечнява. Малко преди това Лавоазие бе посочил значението на охлаждането. По тези две направления, чрез високо налягане и ниски температури, учените на 19 век се опитваха да втечняват газове.

През 60-те години на миналия век Томас Ендрюс от Кралския колеж в Белфаст проведе експерименти с цел да изясни влиянието на налягането и температурата върху състоянието на веществото и неговия преход от течност в газ. Той установи интересни закономерности, които бяха обобщени впоследствие от Йоханес Дидерих Ван дер Ваалс. В 1872 г. този холандски физик изведе уравнение за състоянието на реалния газ, което отчиташе обема на молекулите и силите на взаимодействие между тях. Тази работа беше важна както за физиката, така и за химията. Тя свърза въпроса за агрегатното състояние на веществото с атомистичните представи за неговата микроструктура.

В 1910 г. Нобеловият комитет по физика най-после се реши да награди един изследовател, направил откритията си отдавна, влизайки по този начин в конфликт със завещанието на Алфред Нобел. Във времето, когато се изследваше структурата на атома, Йоханес Ван дер Ваалс стана Нобелов лауреат, защото бе показал, че молекулите са реални тела.

В края на миналия век с изследвания върху газовете при свръхниски температури се занимаваше и известният английски физик Джон Уилиам Страт, лорд Рейли. Той искаше да провери хипотезата на Праут, че водородните атоми изграждат атомите на останалите елементи. Изследвайки теглото на атмосферните газове, Рейли установи, че азотът от атмосферата е по-тежък от азота, получен по химически път. Всъщност това бе известно още на Хенри Кавендиш, който бе провел съответните експерименти в 1785 г. Както още много работи на този затворен в себе си гений, това откритие бе останало неизвестно за научната общественост.

В 1892 г. Рейли публикува своите резултати, от които излизаше, че в атмосферата има неизвестна съставка. Две години по-късно той, заедно с химика Уилиам Рамзи, успя да идентифицира това вещество. Двамата показваха, че във въздуха се съдържа химически инертен газ, който е 1% от обема на въздушната смес. Тъй като този газ не влизаше в никакви химически реакции, той получи гръцкото название „argon“ — инертен.

Химикът Рамзи веднага съобрази, че тук има работа с особен химически елемент, който се различава от останалите. От периодичната таблица на Менделеев следваше, че наред с хелия трябва да има цяла група инертни елементи, които да предадат завършен вид на тази химична класификация. Рамзи започна усилени изследвания и през 1895 г. изолира хелия. Дотогава този елемент бе известен само със своите спектрални линии в слънчевата светлина. След 3 години упорита работа бяха открити и останалите газове от тази група — криpton, ксенон и неон. Последният представител бе добавен от Рамзи в 1903 г. Това бе радиоактивният радон.

Тези големи успехи не убягнаха от вниманието на стокхолмските професори и в 1904 г. Уилиам Рамзи получи Нобеловата награда по химия за откриването на инертните газове и определянето на тяхното място в периодичната таблица. Едновременно с него Рейли получи наградата по физика за определянето на плътността на най-важните газове и за откриването на аргона.

Втечняването на газовете престана да бъде проблем, след като през 1895 г. Линде в Германия и Хемпсън в Англия създадоха мощна хладилна техника. В 1898 г. Дюар втечи водорода, а в 1908 г. Камерлинг-Онес получи течен хелий при 4,2 К и се доближи само на 1

градус от абсолютната нула. Трябаше да минат обаче почти три десетилетия, за да се открие най-забележителното свойство на течния хелий — неговата свръхфлуидност. Откривателят на това явление е големият съветски физик Пьотр Леонидович Капица.

Този талантлив ученик на известния физик Абрам Йоффе през 1921 г. замина на научна командировка в Англия. В Кембридж той постъпи на работа в знаменитата Кавендишка лаборатория, ръководена от Ръдърфорд. Там Капица бързо се прояви като талантлив експериментатор, съчетаваш в себе си учения с инженера. Той конструира апарати за получаване на силни магнитни полета и с тях проведе изследвания върху различни метали. След това реши да проучи свойствата на металите при ниски температури. Подхождайки към проблема в своя оригинален маниер, Капица създаде нови високоефективни хладилни машини, като вместо бутални компресори въведе далеч по-ефективните турбини.

Тези изследвания вече са свързани с работата на Пьотр Капица в Института за физически проблеми в Москва, който бе основан в 1935 г. В този институт през 1937 г., със своята мощна хладилна апаратура, съветският учен откри свръхтечливостта на хелия. Въщност и преди него редица изследователи бяха наблюдавали странното поведение на този газ при температура около 2°K , но едва Капица описа в детайли явлението.

Свойствата на свръхфлуидния хелий получиха обяснение в 1940 г. от един близък сътрудник на Капица в Института за физически проблеми — Лев Давидович Ландау. Работите на Ландау поставиха началото на физиката на квантовите течности. В случая това е свръхфлуидният хелий II, който е компонент на обикновения течен хелий. При температура $2,19^{\circ}\text{K}$ се наблюдава фазовият переход между двете състояния.

Хелий II е бил наблюдаван още в 1926 г. от Камерлинг-Онес. В 1936 г. в Лайден Кеезом откри, че той има извънредно висока топлопроводност. На следващата 1937 г. Капица забеляза, че хелий II има вискозитет милиони пъти по-малък от хелий I. Въщност хелий II се състои от два компонента, които дори могат да се движат един спрямо друг и в зависимост от метода за измерване вискозитетът може да се определя за нормалната или свръхтечливата съставка. Няколко години преди Капица група изследователи от Торонто, изследвайки

хелий II, измериха вискозитета само на нормалния компонент, докато Капица успя да открие свръхфлуидния.

Теорията за свръхфлуидността, разработена от Ландау, и представата за хелий II като квантова течност се оказаха много плодотворни за физическата теория. За това забележително достижение Лев Ландау стана Нобелов лауреат по физика през 1962 г. Неговата награда бе обявена малко след като той претърпя тежка автомобилна катастрофа. След нея той не можа да се върне към активна дейност.

Откривателят на свръхфлуидността Пьотр Капица получи през 1978 г. Нобеловата награда по физика съвместно с радиоастрономите Пензиас и Уилсън. Въпреки напредналата си възраст съветският учен енергично ръководеше колектив, занимаващ се с проблемите на термоядрения синтез, и изнесе в Стокхолм Нобелова лекция по този въпрос. Научните коментатори тогава отбелязаха, че не е изключено за този неуморен изследовател да последва и втора Нобелова награда.

СВРЪХПРОВОДИМОСТ

Изследванията при ниски температури, започнали първоначално с практически цели, а после за изолиране на газове и за изясняване на фазовите преходи във веществото, през нашия век доведоха до големи открития в науката. В 1908 г. холандският физик Хайке Камерлинг-Онес втечни хелия и се доближи на 1 градус от абсолютната нула. Разполагайки с такава техника, той реши да проведе обичайните физични експерименти с различните свойства на веществата. Той се зае с известната закономерност за увеличаване на електропроводимостта при понижаване на температурата. В 1911 г. най-изненадващо за себе си Камерлинг-Онес установи, че при температурата на течния хелий съпротивлението на живачен проводник внезапно спада милиони пъти и на практика изчезва. Това странно явление бе наречено свръхпроводимост. Откриването му направи голямо впечатление сред учените и още в 1913 г. Камерлинг-Онес получи Нобеловата награда по физика.

Откриването на свръхпроводимостта предизвика голям ентузиазъм и сред електротехниците. Възникваше перспективата за създаването на съвършени електрически машини. За съжаление обаче доста бързо стана ясно, че тези проекти са преждевременни. Пречка бе не само необходимостта да се охлаждат проводниците до свръхниски температури, но и обстоятелството, че силните магнитни полета водеха до изчезването на свръхпроводимостта. Едва в началото на 30-те години бяха открити сплави, които не се влияеха от магнитните полета.

По същото време Валтер Майнер и Р. Оксенфелд установиха, че магнитното поле не може да проникне вътре в свръхпроводник. Този интересен факт бе взет от теоретиците, за да послужи в създаването на теория за свръхпроводимостта. Първи постигнаха успех в тази насока братята Фриц и Хайнц Лондон.

В 1933 г., както още толкова много немски интелектуалци, двамата братя Лондон емигрираха от родната си Германия и отидоха в Оксфордския университет, за да работят в известната Кларендънска лаборатория. Там те създадоха макроскопичната теория на

свръхпроводимостта. Тя описваше токовете и магнитните полета и показваше, че този феномен по своята същност е по-прост дори от обикновената електрическа проводимост.

Трябваше да минат още 20 години, за да се направи следващата решаваща стъпка. В 1957 г. група американски физици — Джон Бардийн, Леон Купър и Робърт Шрифър, най-накрая създадоха микроскопичната теория на свръхпроводимостта, която описва движението на самите електрони от гледна точка на квантовите представи.

Всъщност още в 1950 г. английският физик Херберт Фръюлюс, също немски емигрант от 30-те години, свърза свръхпроводимостта с т. нар. „електронно-фононно взаимодействие“. По същото време подобни идеи изказа и Бардийн в Илиной. Според тези представи електроните си взаимодействуват чрез колебанията на кристалната решетка. При свръхниски температури топлинните движения на веществото практически изчезват и тогава се проявяват слабите трептения на атомите, предизвикани от електроните. Тези трептения са подобни на звуковите вълни и освен това показват квантов характер, поради което в 1930 г. съветският учен Игор Там ги нарече фонони.

Следващата крачка към разбирането на свръхпроводимостта бе направена през 1956 г. от Леон Купър, също от Илийския университет. Той установи, че при особеното състояние на силно охладеното вещество електроните се свързват на двойки, в резултат на обмена на фонони. Тази свързваща сила е много слаба и до работата на Купър никой не предполагаше, че тя може да има някакво значение.

Цялостната съвременна теория на свръхпроводимостта бе публикувана през 1957 г. от Бардийн, Купър и Джон Робърт Шрифър, още един физик от Илийския университет. Тя обяснява това явление като движение на електрони през кристалната решетка, което много наподобява свръхфлуидността, разгледана от Ландау през 1940 г. Теорията обхваща също и електродинамичните и термодинамичните свойства на свръхпроводниците. За този голям успех в разкриването на едно сложно явление тримата изследователи получиха през 1972 г. Нобеловата награда по физика. За Джон Бардийн това бе второ пътуване до Стокхолм, тъй като в 1956 г. той бе получил вече веднъж Нобелова награда заедно с Шокли и Братейн за откриването на полупроводниците.

ФАЗОВИТЕ ПРЕХОДИ

Превъплъщенията на течния хелий и свръхпроводниците са само някои от примерите за фазови преходи на веществото. Към този род явления можем да причислим изпаряването, втечняването, промените в магнетизма при нагряване и още много други. Критичните състояния на веществото и преходите от една фаза в друга се срещат много широко и се изучават отдавна. През 30-те години редица учени търсеха пътища за определяне на общите закономерности на критичните явления от термодинамична гледна точка. Особени успехи постигна Лев Ландау. В 1937 г., едва 29-годишен, той създаде обща теория на фазовите преходи от втори род, при които не се наблюдават резки промени в плътността, концентрацията и топлоотделянето. Най-общо той разглеждаше прехода като промяна в степента на симетрия на системата. Например в един магнит частиците могат да имат различна ориентация или да бъдат подредени, от което зависи външната проява на магнитните свойства на тялото.

При математичното описание на подобни кооперативни системи от частици за основа се приема опростен математичен модел. Това е двумерна решетка (т. нар. решетка на Иsing), в която под внимание се вземат само взаимодействията между съседни частици. Но въпреки всички отклонения от физичната реалност невинаги можеше да се намери аналитично решение за повелението на системата при фазовия преход. Експерименталните данни показваха, че са налице редица общи закономерности и няма значение дали се изследват магнити или течности. Липсата обаче на възможности за описание на процесите постепенно намали интереса на специалистите към тази област, което продължи няколко десетилетия.

Нова епоха в изследванията настъпи през 1971 г., когато младият Кенет Уилсън от Корнелския университет реши да приложи принципно различен математичен апарат към изучаването на критичните явления. 35-годишният изследовател пръв осъзна, че към системите от частици, каквито са различните тела, може да се приложи теорията на полето. В неговия метод за „ренормализация на теорията

на групите“ той раздели задачата на подпроблеми, които са по-лесни за решаване.

Използването на идеи от квантовата теория на полето даде възможност да се работи с моментите на движение на частиците вместо с техните координати.

Теоретичните изследвания на Уилсън доведоха до качествен скок в разглеждането на фазовите преходи и тази обширна област на познанието направи бърз прогрес. Още по-интересно се оказа обаче прилагането на неговата „решетъчно-калибровъчна“ теория в квантовата механика. Физиците започнаха да разглеждат взаимодействията между частиците, приписвайки им координати, съответстващи на квантовите числа и включвайки ги в различни Исингови решетки. Така изследователите на физиката на микросвета получиха нови възможности за описание на явленията.

В крайна сметка Кенет Уилсън хвърли мост между статистическата и квантовата механика. Неговите работи, отначало чисто теоретични, и то в област, намирала се дълго време в сянка, сега намират приложения навсякъде — от изучаването на горивните процеси и електронната индустрия до описание на кварките и космологичните явления. Някои учени сравняват теорията на Уилсън за фазовите преходи с теорията на Коперник по нейната способност да обяснява Вселената.

Този забележителен научен принос, след като стана очевиден за всички, получи и оценката на професорите от Шведската академия на науките. През 1982 г. Кенет Уилсън бе удостоен с Нобеловата награда по физика за неговите работи във връзка с критичните явления и фазовите преходи.

VIII

ХИМИЧНА ТЕРМОДИНАМИКА

Един от големите теоретични проблеми на химията през 19 век бе откриването на закономерностите в химичните реакции. Опитите показваха, че веществата имат различно „сродство“ помежду си и в едни случаи се свързват, а в други не. Самите химически реакции могат да протичат с различна скорост, да отделят и да погълщат топлина, да бъдат обратими и необратими и т.н. Голям брой известни учени се занимаваха с тези въпроси. Химическото равновесие бе изследвано от Льо Шателие, Гулдберг, Вааге и много други химици, които откриха емпирични закономерности за неговата зависимост от различни фактори, свързани с условията на реакцията. Холандецът Ван'т Хоф, разностранен изследовател, който пръв бе удостоен с Нобеловата награда по химия, също се занимаваше с този въпрос, прилагайки към него идеи от термодинамиката.

Науката термодинамика се оформи през първата половина на 19 век. Както показва името, тя изучава движението на топлината и свързаните с това процеси и явления. Създадена най-напред за физиката и техниката, термодинамиката бързо намери приложение и в химията. Голям брой химични реакции са свързани с термични ефекти и учените отначало смятаха, че тяхното изследване е ключ към разкриването на тайните на химичния афинитет — това сродство, което кара атоми и молекули да се съединяват в различни комбинации.

Действително при вещества с голям химичен афинитет реакциите протичат бурно с отделяне на много топлина. Измерването на тази топлина служеше като указание за силата на афинитета. Не всички реакции обаче се съпровождат от такъв ефект. Понякога, вместо да се отделя, се погъща топлина, което показва, че въпросът не може да се реши така просто. Ситуацията решително се промени, когато Уилард Гибс, един от големите учени на 19 век, въведе в химичната термодинамика понятието ентропия.

Най-общо казано, ентропията е мярка за подреденост на системите. Изменението на тази термодинамична функция се определя сравнително просто — достатъчно е да се измери промяната в

количеството топлина при реакцията и да се раздели на температурата в градуси по абсолютната скала. Едно от основните свойства на ентропията е, че тя може да нараства, но не и да намалява. Например бучката захар се разтваря във водата, но не е възможно разтворените захарни молекули да се съберат в бучка. Приложено към химичните реакции, това означава, че ще протичат само такива процеси, при които общата ентропия на системата се увеличава.

Всяко вещество се характеризира със своя ентропия. Тя е съвсем конкретна величина, която се измерва в калории на определено количество от веществото. Ентропията се променя и един добър пример за това може да се даде с водата. При топенето на леда ентропията нараства 1,5 пъти, а когато водата се превърне в пари, ентропията се увеличава 4 пъти. В парата молекулите се движат хаотично, за разлика от леда, където са строго фиксирани, и това нагледно показва, че ентропията е наистина мярка за неподредеността.

Като се знаят ентропиите на веществата, изчисляването на условията за протичане на една химическа реакция става съвсем реално. Могат да се пишат всякакви химични уравнения, но от тях ще се осъществят само тези, при които общата ентропия нараства. Ако по принцип реакцията е възможна, но протича бавно, тогава може да се потърси подходящ катализатор. Но никакъв катализатор няма да помогне на реакция, която е невъзможна.

От всичко казано дотук личи огромното значение, което има измерването на ентропията на веществата както за теорията, така и за практиката. Мнозина се опитваха да реализират тази идея, но успех бе постигнат едва след работите на големия немски физик и химик Валтер Нернст. Той пръв стигна до извода, че за целта трябва да се правят измервания при температури, колкото е възможно по-близо до абсолютната нула. Тогава термичните ефекти, свързани с веществата, стават независими от температурата и както показва Нернст, същото се отнася и за химическия афинитет. Това дава възможност от точните измервания на топлоемкостта и топлината и температурите на фазовите преходи да се получат данни за ентропията на веществата, които после да се екстраполират за всякакви други температури — най-често за стандартните 25°C.

Изводите на Нернст често се наричат трети закон на термодинамиката. В 1911 г. Макс Планк даде една от неговите

формулировки — с приближаване към абсолютната нула ентропията също клони към нула. Тъй като ентропията не може да изчезне, това означава, че и абсолютната нула е непостижима, но нищо не пречи да се приближаваме все по-плътно към нея.

Тези фундаментални резултати решиха редица проблеми в теорията и доста бързо намериха приложение в химическата индустрия. Стана възможно да се създаде технология за производството на амоняк и други съединения при високи температури и налягания. В основата на това стоят термодинамичните работи на Валтер Нернст, за които той получи Нобеловата награда по химия за 1920 г.

По-нататъшното развитие на изследванията върху ентропията при свръхниски температури са свързани с експериментите на американския учен Уилиам Френсис Джиок. Преди него най-ниската достигната температура бе 1 К. Той успя да сведе тази стойност до една хилядна от градуса над абсолютната нула. За учените това бе огромно постижение, тъй като в последния градус пред абсолютната нула физическите свойства на телата се променят толкова, колкото между този градус и стайната температура.

Успехът на Уилиам Джиок се дължи на създадената от него оригинална апаратура за получаване на свръхниски температури. С помощта на обикновена хладилна техника в специален съд с течен хелий той охлаждаше до 1 К намагнетизиращо се вещество — в случая гадолиниев сулфат. След това се включваше външно магнитно поле, за да се подредят атомите в намагнетизираната пластинка. Изпомпването на хелия около съда с пластинката и създаването на вакуум прекъсваше всякакъв приток на топлина отвън. Тогава оставаше да се изключи магнитното поле и атомите, губейки своята подреденост, погълщат енергия от самата пластинка. В резултат на това нейната температура се понижава до хилядни от градуса над абсолютната нула.

Експериментите на Уилиам Джиок, замислени в 1924 г. и реализирани в последвалото десетилетие, повишиха десет пъти точността в измерванията на ентропията. Освен това физиците можаха да надникнат още по-дълбоко в света на свръхниските температури, където така се променят свойствата на веществото. За своите приноси в химичната термодинамика и особено за изследванията при

свръхниски температури Джиок бе удостоен с Нобеловата награда по химия за 1949 г.

Класическата термодинамика, приложена в химията, се занимава с химическото равновесие и въобще с равновесните процеси. Още в 20-те години обаче се появиха първите работи по термодинамиката на неравновесните процеси.

В 1929 г. на една среща на скандинавски учени в Копенхаген младият норвежки изследовател Ларс Онзагер представи своята работа за съотношенията на взаимност при необратимите процеси. В 1931 г. тя бе публикувана в известното списание „Физикъл ривю“. В тази статия се разглеждат различните термодинамични потоци като пренос на топлина, дифузия на веществата, смесване, разтваряне и т.н. Уравненията, описващи тези потоци, имат определени коефициенти, между които съществува зависимост. Именно в това се състои съотношението на взаимност на Онзагер, което понякога се нарича четвърти закон на термодинамиката.

Тези съотношения определят зависимостта между различните процеси в сложните системи. Например, когато се слага захар в чая, едновременно става транспорт на молекули и топлина, т.е. има два потока, единият свързан с разтварянето, а другият с разпределянето на топлината. С помощта на съотношенията на Онзагер може да се определи какъв ще е крайният резултат. В случая с чая и захарта той е очевиден, но има много по-сложни ситуации, където помагат само точните изчисления.

Работите на Онзагер бяха далеч изпреварили времето си. Едва в края на 40-те години към термодинамиката на необратимите процеси започна да се проявява интерес и това до голяма степен е свързано с изследванията на белгийския учен Иля Пригожин.

Той е роден в Москва през 1917 г., като скоро след това семейството му се преселва в Белгия. Там завърши Брюкселския университет и от 1947 г. завежда катедра по химическа физика. В същата година той публикува и първата си монография по термодинамика на необратимите процеси и оттогава започна бързото развитие на тази област от науката.

Пригожин е автор на редица оригинални идеи, сред които е принципът на локалното равновесие. Според този принцип в една неравновесна система може да има области, които са в

квазиравновесно състояние. Друга идея бе формулирана в т. нар. теорема на Пригожин. Тя гласи, че скоростта на образуване на ентропия в отворената термодинамична система е минимална. Този извод е много важен за биологията.

Принципът на локалното равновесие, теоремата на Пригожин и съотношението на взаимност на Онзагер са в основата на съвременната термодинамика на необратимите процеси. Значението на тази наука стана особено голямо през 60-те години. В резултат на това Ларс Онзагер получи Нобеловата награда по химия през 1968 г., а неговият по-млад колега Иля Пригожин стана Нобелов лауреат през 1977 г.

ЕЛЕКТРОННИТЕ ОБЛАЦИ

В 1800 г. английските изследователи Никълсън и Карлайл успяха да разложат водата с помощта на електрически ток. Така за пръв път бе показана връзката между химическите взаимодействия и електрическите сили. Трябаше обаче да мине повече от един век, за да бъде създадена удовлетворителна теория за природата на връзката между атомите в молекулите.

Откритието, че с електрически ток могат да се предизвикват химически промени, бе сензация в началото на 19 век. В 1819 г. големият шведски химик Йонс Берцелиус го използва в своята „дуалистична“ теория, която твърдеше, че в атомите на различните елементи преобладава положителният или отрицателният заряд. Срещайки се, атомите се свързват по силата на електростатичното взаимодействие. Тази теория бе много проста и логична, но скоро се появиха данни, които тя не можеше да обясни и ценната идея на Берцелиус бе поставена под въпрос. Трудностите възникнаха при опитите да се обясни как се свързват едноименните атоми — например, двуатомните молекули на газовете. В химическите реакции се наблюдаваше как едни елементи веднъж са електроположителни, а друг път електроотрицателни. Главният удар дойде обаче от органичната химия. Тази наука практически не съществуваше, когато Берцелиус създаде своята теория и развитието ѝ допринесе най-много за отхвърлянето на неговите идеи.

Големият шведски учен всъщност бе открил един от начините за свързване на атоми, който сто години по-късно щеше да бъде наречен йонна връзка. При нея най-ясно личи електрическият характер на силата, която съединява атомите, и затова тя бе открита най-напред. При другите видове химично свързване това не е така ясно и затова почти през целия 19 век учените предпочитаха да не говорят по тези въпроси или изказваха само най-мъгляви хипотези.

Откриването на електролизата постави началото на електрохимията. Една от основните идеи в тази наука бе, че под действието на електрическия ток молекулите в разтвора се разпадат на

заредени частици — йони. В 80-те години на миналия век шведският учен Сванте Арениус успя да докаже, че това разпадане на йони, наречено електролитна дисоциация, съществува и когато няма електрически ток. Тези изводи бяха подкрепени от изследванията на Ван't Хоф върху осмотичното налягане — едно явление, което се проявява, ако разтвори с различна концентрация са разделени от полупропусклива мембрана, през която минават молекулите на разтворителя, но не и разтвореното вещество.

Първите измервания върху осмотичното налягане бяха направени от Пфефер в 1877 г. и не след дълго Ван't Хоф даде обяснение на процеса. Данните от осмотичното налягане се оказаха много ценни за изследването на атомите и молекулите, тъй като позволиха прилагането на закона на Авогадро към вещества, които не са в газообразно състояние. Това даде възможност да се определят молекулните тегла на разтворени съединения.

Теорията на Ван't Хоф обаче не „работеше“ при някои вещества като силни киселини и основи и техните соли. Измереното осмотично налягане при тях бе много по-високо, отколкото следваше от предполагаемия брой на молекулите. Именно този факт потвърди, че когато са в разтворено състояние, молекулите се разпадат на йони. Изследванията на Хендрик Ван't Хоф върху осмотичното налягане, наред с неговите работи върху химичната динамика, станаха причина той да получи първата Ноелова награда по химия през 1901 г. Всъщност този учен е най-известен със своите теории за пространствения строеж на молекулите, които легнаха в основите на стереохимията.

Сванте Арениус стана Нобелов лауреат по химия през 1903 г. за своята теория за електролитната дисоциация, която много добре обясняваше електропроводимостта на разтворите и нейната връзка с химичния афинитет — нещо, което беше малко разбираемо за съвременниците му и отначало срещаше съпротива. Това бе връщане към схващането на електрическата природа на силите, свързващи атомите, което се наложи към началото на нашия век.

Още с откриването на електрона се направиха опити той да бъде свързан с проблема за химическата връзка. Автор на първата теория бе самият Дж. Дж. Томсън. Неговите идеи бяха доразвити от Йоханес Шарк, който въведе понятието валентни електрони, като свърза

валентността на елемента с броя на електроните в периферията на атома. Създаването на планетарния модел на атома от Ръдърфорд и Бор веднага бе използвано от Джилбърт Нютън Луис и Валтер Косел. Луис излезе с идеята за електронните двойки, които стават „обща собственост“ на атомите. Той разви схващането, че най-устойчивите електронни групировки съответстват на външните електрони на инертните газове. Те са два на брой при хелия и осем при останалите. При другите химически елементи броят на валентните електрони е по-малък и те се стремят да попълнят недостига до постигането на конфигурация, както при инертните газове. Според представите на Косел атомите приемат или отдават електрони, в резултат на което придобиват положителен или отрицателен заряд и това ги свързва в молекула.

Тези двама учени бяха големи светила в своята област, но представите им не съответствуваха на най-новите достижения на физиката. Нова крачка в развитието на теорията за химическата връзка бе направена след прилагането на квантовите идеи. Първият опит в тази насока принадлежи на Фрид Лондон и Валтер Хайтлер. В 1927 г. те публикуваха своите работи, които оказаха голямо въздействие върху развитието на химията.

Според квантовите представи електронът вече не може да се разглежда като обект с определена орбита. Причината е в принципа за неопределеност на Хайзенберг, според който координатите на микрочастиците не могат да се определят точно. Затова вместо за електронни орбити се говори за орбитали, или електронни облаци, които характеризират най-вероятното разположение на електрона около ядрото.

През 30-те години значителни успехи в квантово-механичното обяснение на връзката между атомите постигна американският учен Лайнъс Полинг. Той доразви и усъвършенствува т. нар. метод на атомните орбитали, като го използва за обясняването на структурите на доста сложни молекули. Своите идеи той изложи в една известна монография, посветена на химичната връзка. Най-голяма популярност получиха опитите на Полинг за изясняването на структурата на белъчните молекули. Той направи това в края на 40-те години, а в 1954 г. получи Нобеловата награда по химия за цялостните си

изследвания върху природата на химичната връзка и приложението ѝ при изясняване на молекулните структури.

Докато Хайтлер, Лондон, Полинг и други учени изследваха електронната структура на атома и след това прилагаха резултатите, за да обяснят химическата връзка, Робърт Мъликен тръгна по обратния път. Създавайки метода на молекулните орбитали, той въведе представите за молекулата като цялостна система, състояща се от няколко положителни ядра, около които има общи електронни облаци. Двата метода са всъщност опити да се подходи от две страни за намиране на максимално приближено математическо изразяване на действителната конфигурация на електронните структури в молекулите.

Възможностите на квантовата механика в химията бяха известни още от самото начало, но големите математически трудности сдържаха нейното приложение. През 20-те и 30-те години теоретиците направиха изчисления за водорода и хелия и спряха, без да могат да продължат нататък. Пробив в това направление бе осъществен в края на 40-те години с появата на компютрите. Пионер в тези изследвания бе Робърт Мъликен. Още в 50-те години той предсказваше, че ще дойде ерата на изчисляващите химици. Днес, когато електрониката направи такъв огромен прогрес, това все повече става реалност. Все по-сложни молекули могат да се моделират с компютър и да се изследват техните свойства.

От експериментите върху химичния афинитет, направени през миналия век, и успехите на атомната физика възникна съвременната теория, която обединява в едно структурата и химичната активност. От наивните представи за атомите, които се закачват помежду си с кукички, се стигна до електронните облаци с непрекъснато променяща се конфигурация, чието изследване дава възможност да се разбере и предскаже химичното взаимодействие между молекулите.

Робърт Мъликен, който в течение на почти половин век допринесе извънредно много за развитието на теорията на химичната връзка, бе удостоен в 1966 г. с Нобеловата награда по химия за своите фундаментални изследвания в тази област.

Развитието на квантовата химия даде възможност по нов начин да се подходи към проблема за химичните реакции. Термодинамиката, която постигна такива успехи в тази област, е макроскопична теория,

описваща системи, състоящи се от много голям брой частици. При квантовата химия се разглеждат самите молекули и техните електронни структури, за да се обяснят възможностите за реакция. Тази микроскопическа теория беше следващата крачка в развитието на химията.

И след появата на компютрите сложността на изчисленията продължи да бъде източник на трудности и грешки за химиците. Тогава те прибягнаха до не толкова строги методи, при които се правят приблизителни изчисления. Така с едно отстъпление от точността се получи възможност да се навлезе по-дълбоко в представите за електронните фактори, управляващи механизма на химичните реакции. Японският учен Кеничи Фукуи предприе в 1952 г. подобни изследвания, които бяха по-нататъшно развитие на теорията за молекулните орбитали.

Свързвайки реакционната способност на молекулата с нейния електронен строеж, този учен разви метода на индексите за реакционна способност. Впоследствие, доразвивайки възгледите си, Фукуи предложи теорията за граничните орбитали. Той пръв посочи, че най-голямо значение за разбирането на химическата реакция имат най-външните електрони и теорията, в първо приближение, може да се ограничи само с тях. През 70-те години японският учен приложи своите идеи за изучаването на каталитичните реакции. Днес, с появата на мощни компютри, приблизителните методи на Фукуи до известна степен отминаха в историята. Но съвременните точни изчисления само потвърдиха дълбокия смисъл на идеите на този учен и неговия голям принос в химията.

В началото на 60-те години младият химик Роалд Хофман стана известен със създадения от него метод за изчисляване на електронните орбитали в някои молекули. Впоследствие, в сътрудничество с известния химик Робърт Бърнс Удуърд, той разви правилата за съхраняване на орбиталната симетрия при химичните реакции. Така бе получена възможност да се преценява кои орбитали участват в свързващо и кои в отблъскващо взаимодействие. Този резултат имаше връзка с теорията на граничните орбитали на Фукуи. През последните години Роалд Хофман се насочи към неорганичната химия, прилагайки там своите идеи с голям успех.

Научните резултати на Кеничи Фукуи и Роалд Хофман се оказаха от голямо значение за развитието на химията. Техните концепции за орбиталните взаимодействия днес се използват във всички области на тази наука. Едно признание за големите успехи на двамата изследователи бе удостояването им с Нобеловата награда по химия през 1981 г. за техния принос в развитието на теорията за механизмите на химичните реакции.

МОЛЕКУЛНИ СТРУКТУРИ

Към средата на 19 век в органичната химия бяха известни голям брой съединения с еднакъв състав, но с различни химични свойства. Имаше и молекули-изомери, които се различаваха по някои характеристики като поляризацията на светлината, преминаваща през разтвори, и други. Назряваше идеята, че освен химичен състав молекулите имат и пространствена структура. Самият термин структура бе въведен в химията от големия руски химик Александър Бутлеров. Той пръв даде обяснение за различните изомери на някои органични молекули като варианти на строежа, различаващи се като огледални отражения.

Трябващо да минат още десетина години, за да възникне науката стереохимия. Един от нейните основатели бе Хендрик Ван'т Хоф, Още съвсем млад, на 22-годишна възраст, той написа забележителната си книга „Химия в пространството“. Тогава холандският учен преподаваше в едно ветеринарно училище и някои язвително настроени негови колеги подигравателно писаха, че той може би е взел някой крилат пегас от конюшнята на факултета, за да даде простор на необузданата си фантазия.

Стереохимичните идеи бързо се утвърдиха в органичната химия и в 20 век доведоха до големи успехи, в разкриването на структурите на сложните природни вещества и биомолекули. По-бавно беше навлизането на тези схващания в неорганичната химия. Това развитие е свързано с името на Алфред Вернер. Често сравняват неговото дело с приноса на Ван'т Хоф. Освен че насочи мислите на голям брой химици към въпроса за структурите на неорганичните молекули, Вернер създаде т. нар. „координационна теория“, която разглежда строежа на комплексните съединения.

Тази група е обособена до известна степен условно, тъй като не може да се прокара рязка граница между комплексните съединения и обикновените. При комплексите около един централен атом се групират атоми, радикали и дори цели молекули, които са повече на брой, отколкото могат да приемат валенциите на атома. Вернер обясни

това, като прие, че наред с основните валенции, наречени от него първични, съществуват и т.нар. допълнителни, или вторични валенции. Днес това може добре да се обясни от изследванията върху електронните конфигурации на централния атом.

Идеите на Алфред Вернер бяха разпространени постепенно върху цялата неорганична химия и проникнаха даже в органичната химия. Със своите изследвания върху пространствения строеж на молекулите той разви представите за химичната връзка и в крайна сметка стана Нобелов лауреат по химия за 1913 г.

В резултат от работите на Макс фон Лауе, Уилиам Хенри Браг, Уилиам Лорънс Браг и други учени, бе създадена мощна методика за изследване строежа на молекулите с помощта на рентгенови лъчи. В тази насока големи успехи постигна холандският физик и химик Петер Йозеф Дебай.

В 1916 г., съвместно с Паул Шерер, Дебай разработи метод за изследване на структурите на веществата с рентгенови лъчи. Този метод се различаваше от предишните по това, че се използваха вещества в състояние на прах, т.е. много ситни кристалчета. Това значително разшири възможностите на рентгеновата дифракция. В същата година Дебай, заедно с Арнולד Зомерфелд, приложи квантовите идеи за обясняването на ефекта на Зееман — промени в спектъра под действието на магнитно поле. Това го доведе до идеята за въвеждането на магнитното квантово число.

Успехите в изследването на магнетизма насочиха Дебай към изследването на магнитните диполни моменти на молекулите. Тези съединения от различни атоми имат несиметрични електронни обвивки и като цяло придобиват заряд, който ги уподобява на малки магнитчета. Например в молекулата на водата големият кислороден атом изтегля към себе си електроните и става леко отрицателен, докато при водорода се натрупва положителен заряд. Това именно води до възникването на магнитния диполен момент.

Наред с рентгеновата дифракция Петер Дебай въведе в изследването на химичните структури електронните снопове. Това стана, след като се установи, че частиците също имат вълнови свойства и тяхното движение може да се опише с представите на оптиката. Електронната дифракция днес е един от мощните инструменти в ръцете на химиците.

За големите си и разнострани приноси в изследването на молекулни структури чрез диполния момент и дифракцията на рентгеновите лъчи и електрони Петер Дебай стана Нобелов лауреат по химия за 1936 г.

Четиридесет години по-късно Нобеловата награда по химия отново бе дадена за изследване на химическите връзки и структури с подобни средства. 58-годишният Уилиам Нън Липском бе награден за работите си върху молекулните структури и реакции, направени до голяма степен с метода на рентгеновата дифракция.

Той приложи този метод при ниски температури и изследва простите кристали на кислорода, азота, флуора и ред други вещества, които се срещат в твърдо състояние само при силно охлаждане. Оттам Липском се насочи към изучаването на по-сложни молекули. Неговото внимание бе привлечено от хидридите на бора — съединения на този елемент с водорода, които са сред най-перспективните ракетни горива. Изследването на електронната им структура даде възможност детайлно да се обясняват техните свойства.

Постепенната еволюция на този учен го доведе накрая до биомолекулите и сложния проблем за ензимната катализа. Строежът на молекулите в живия организъм е неизмеримо по-сложен от другите вещества, изучавани от химията, и това е свързано най-напред с необходимостта от обезпечаване на структура, която да даде максимално добри условия за реакция. Изследванията върху строежа на такива биомолекули като хормоните, ензимите и нуклеиновите киселини донесе Нобелови награди на редица учени. Самият Липском стана избранник на Нобеловия комитет по химия в 1976 г.

В средата на миналия век Аугуст Кекуле разви представите за т.нар. конституция на молекулите. Това понятие разглежда количеството на различните атоми в дадено съединение, т.е. неговия състав. Скоро след това Ван't Хоф и Жак лъо Бел въведоха идеята за конфигурацията — пространствения строеж на молекулите, подреждането на атомите в пространството. 70 години по-късно в стереохимията бе направен нов принос от същата величина. В 1947 г. норвежкият химик Од Хасел създаде теорията за конформацията на органичните молекули.

Още през 30-те години, с помощта на рентгеновата и електронна дифракция, той предприе изследвания върху циклохексана. Това е

пръстен от 6 въглеродни атома, които дотогава се изобразяваха от структурните формули в една равнина. Хасел показва, че това не е вярно и че молекулата се среща в два варианта — единият с формата на лодка, а другият — като столче. Това бяха двете конформации на молекулата на циклохексана. При стайна температура това съединение променя своята конформация милиони пъти в секунда. Преобладава вариантът „столче“, в който се срещат 99% от молекулите. Тези изследвания показваха, че молекулите са доста гъвкави тела. Щеглите на валенциите се запазват, но е възможна ротация на различните групи атоми. Разбира се, има известни ограничения, които Хасел също разглежда.

С приложение на идеите за конформацията в 1950 г. се зае английският химик Дерек Бартън. Тогава излезе неговата известна статия за строежа на стероидното ядро. Работата на Бартън показва голямото значение на теорията за конформацията и мнозина я сравняват по значение с книгата на Ван't Хоф за стереохимията.

Големите приноси на Од Хасел и Дерек Бартън им донесоха Нобеловата награда по химия за 1969 г. По това време учените продължаваха да работят активно над своите идеи, които оказаха такова голямо влияние върху теоретичната и приложната химия.

Трудно е да се помисли, че в наше време е възможно да се открие принципно нов тип химична структура и връзка. Но точно това направиха през 1951 г. Ернст Ото Фишер от Висшето техническо училище в Мюнхен и Джофри Уилкинсън, английски учен, тъкмо постъпил на работа в Харвард. И двамата се занимаваха с т. нар. органометални съединения. Вниманието им по едно и също време бе привлечено от една синтезирана насокор молекула, чийто строеж не можеше да се обясни.

Синтезираният в 1950 г. фероцен се състоише от два петатомни въглеродни пръстена и един атом желязо. Всички опити да се обясни свързването между тях се оказваха твърде изкуствени и се посрещаха със съмнения. Фишер и Уилкинсън излязоха с идеята, че фероценът е „сандвич“ от двата пръстена с атома желязо по средата. Връзката между различните части на молекулата се осъществява от резонанс между металния атом и П-електронните облаци на десетте въглеродни атома, които са насочени перпендикулярно на равнината на пръстените.

С такъв тип химична връзка и структура учените още не бяха се срещали. През 50-те години Фишер, Уилкинсън и ред други изследователи от индустриалните лаборатории синтезираха и други представители на тази група — т.нар. „металоценови“ съединения. Определена бе и тяхната структура, като идеите на двамата учени бяха потвърдени с методите на спектроскопията и ядрения магнитен резонанс.

За своето забележително откритие Ернст Ото Фишер и Джофри Уилкинсън бяха удостоени с Нобеловата награда по химия за 1973 г. Те са от малцината щастливци, успели в младите си години да направят оригинално и принципно ново откритие.

За изследвания върху електронните структури и геометрията на молекулите Нобеловата награда по химия за 1971 г. бе дадена на канадския учен Герхард Херцберг. Неговият голям принос е в изучаването на оптическите спектри на молекулите и радикалите в широк диапазон от вълни — от твърдите ултравиолетови лъчи до инфрачервената област. В лабораторни условия той установи строежа на десетки молекули и много спомогна за развитието на теорията на молекулярните спектри. Нека припомним, че характерното излъчване на всяка молекула, което определя нейния спектър, идва от електроните. Това дава възможност за определяне на конфигурациите на електронните облаци и строежа на молекулите. Молекулните спектри са много сложни и успех в тази област бе постигнат едва през последните десетилетия, след прилагането на съвършени спектрографи за наблюдение и бързи компютри за обработка на данните.

Особено интересни са изследванията на Херцберг върху радикалите. В нормални условия тези молекулни фрагменти живеят много кратко и обикновено са междинен продукт, образуващ се в хода на химичните реакции. Има едно място обаче, където молекулните радикали са нормалното състояние на веществото. Това е Космосът. В огромните междузвездни облаци от газове и прах е невъзможно съществуването на обикновени молекули. Твърдите ултравиолетови лъчи, рентгеновите лъчи, гама-излъчването, потоците от заредени частици в космическите лъчи — всичко това бомбардира непрекъснато атомите и ги зарежда с енергия. Те се срещат по повърхността на междузвездния прах и се свързват в комплекси, които обаче също са

възбудени и не могат да се превърнат в молекули, а остават радикали. Вече са известни над 50 такива съединения, като някои от тях представляват въглеродни вериги — гръбнак за органични молекули. Тези открития, в които има дял и Герхард Херцберг — дългогодишен професор по спектроскопия в Йеркската обсерватория при Чикагския университет, наведоха учените на мисълта, че органичното вещество е възникнало в Космоса още преди образуването на планетите.

ХИМИЧНА КИНЕТИКА

През втората половина на 19 век, в резултат на натрупването на експериментални данни, започнаха да се създават теории за скоростите и механизмите на химическите реакции. Представите за тези процеси получиха особено развитие в работите на Хендрик Ван'т Хоф, Сванте Арениус и Вилхелм Оствалд — трима гиганти на науката от края на века, които са сред първите Нобелови лауреати по химия.

В 1884 г. Ван'т Хоф обобщи натрупалите се знания и с прости уравнения изрази закономерностите на химичните реакции. Помислено той посочи нарастването на тяхната скорост с увеличаването на температурата. Разгледано на нивото на атомите и молекулите, уравнението на Ван'т Хоф показва, че тези частици се движат по-бързо с увеличаването на температурата. Това означава, че удрящите се частици имат достатъчно голяма сумарна енергия, за да се извърши химическо взаимодействие.

През 80-те години на миналия век със закономерностите на химическите реакции се занимаваше и Вилхелм Оствалд. Неговите изследвания бяха свързани с изучаването на относителната сила на различни киселини. За делта Оствалд правеше измервания върху скоростта на химичните реакции. Това го насочи, от една страна, към изучаването на условията за химично равновесие, а от друга — към катализата.

Химичното равновесие външно изглежда като привидно спиране на реакцията. Въщност то означава, че наред със свързването на веществата става и разлагане на крайния продукт. Теоретично всички химични реакции могат да се разглеждат като обратими. На практика обаче голям брой от тях са необратими. Един от важните въпроси на химичната технология е създаването на такива условия, при които равновесието на реакцията да се измести в посока на образуване на нужния продукт. Това се достига чрез промяна в налягането, температурата и т.н.

Другото направление, в което се развиха изследванията на Оствалд, е катализата. Той установи стимулиращото действие на някои

йони върху скоростта на химическите реакции и задълбочавайки се в тази насока, възстанови и доразви старите идеи на Берцелиус за катализата, едно явление, известно на практиката много отдавна. Същността на този процес е в ускоряването на взаимодействието между молекулите. При хомогенната катализа веществото-катализатор образува междинни съединения и така по заобиколен път крайният продукт се получава по-бързо и по-лесно. При хетерогенната катализа реакцията се осъществява по повърхността на твърди частици и се подпомага от ненаситените валентни сили на повърхностните атоми.

Въпреки големия си принос за развитието на химията Вилхелм Оствалд нямаше никакво единично впечатляващо откритие като осмотичното налягане на Ван't Хоф или електролитната дисоциация на Арениус. Но той заслужаваше Нобелова награда и в 1909 г. я получи за големите си успехи в изучаването на химичното равновесие, скоростта на химическите реакции и катализата.

Изследванията върху химичната кинетика поставиха важния въпрос за механизма на химичните реакции. При тези от тях, които протичат с умерена скорост, е възможно да се разкрие ходът на взаимодействието и да се изолират междинните продукти. Има обаче реакции, които стават много бързо и те дълго време не се поддаваха за изследване. Големите авторитети просто пишеха, че те протичат „неизмеримо бързо“ и с това въпросът приключваше. Самата процедура за определяне на скоростта на химическата реакция и формирането на междинните продукти при класическите методи е доста бавна. И при най-голяма сръчност тя отнема време от порядъка на секунди и минути. В 1923 г. английските изследователи Хартридж и Раутън създадоха апаратура, в която се смесваха с голяма скорост газообразни вещества. Това даде възможност да се изследват реакции, протичащи за една хилядна от секундата. По-нататъшните успехи в тази насока са свързани с развитието на фотохимията.

Фотохимическите реакции протичат извънредно бързо. Светлинните квanti рязко нарушават химическото равновесие на системата, предизвиквайки нови реакции и установяването на ново равновесие. Това може да се установи спектроскопично по вторичното излъчване на молекулите. През 20-те години един от известните специалисти в тази област бе английският учен Роналд Нориш. Той добре знаеше големите възможности на фотохимията за изследване на

химичната кинетика, но за съжаление техниката не позволяваше те да бъдат използвани.

В 1945 г. Нориш се сдоби с един млад сътрудник — Джордж Портър, който по време на войната се бе занимавал с радари и беше станал специалист по електроника. Една година по-късно на Портър му дойде идеята да използва свръхкратки светлинни импулси за предизвикване на фотохимични реакции. Беше създадено нещо подобно на фотосветкавица, която развиваеше мощност от 600 мегавата за една миллионна от секундата. Към спектроскопа, който изследваше вторичното излъчване и спектрите на молекулите и радикалите, бе добавен photoелектронен множител. Това устройство усилива светлината десетки хиляди пъти и дава възможност да се регистрират единични кванти.

С тази мощна техника Нориш и Портър се заеха да изследват свръхбързите реакции между молекулите. Скоро те сведоха интервала за изследване до милиардни части от секундата, т.е. до наносекунди. Свръхбързата спектроскопия се оказа извънредно ценен метод за изследване на химическите реакции и техния механизъм. Сега вместо фотосветкавиците на Нориш и Портър се използват лазери с хиляди пъти по-голяма мощност.

Към началото на 50-те години химиците разполагаха с методи за изследване, базиращи се на класическата химична кинетика, които са сравнително бавни, и на спектроскопията, които са свръхбързи. Средният интервал бе запълнен от Манфред Айген, изследовател от Гьотингенския университет.

В 1951 г. двама негови колеги — Конрад Там и Гюнтер Курце, изследваха погълщането на ултразвук от морска вода. Установи се, че някои честоти се погълщат много повече от други. Това се оказа свързано с химическия състав на морската вода. Айген продължи тези изследвания и установи, че главното погълщащо вещество е магнезиевият сулфат. Той абсорбираше ултразвук с честота 100 килохерца. Експериментите показваха, че неговите молекули сто хиляди пъти в секунда се разлагат на иони и се възстановяват. Това обуславя честотата на погълщане на ултразвука. Това откритие даде възможност да се създаде прост метод за изучаване на бързите промени в молекулите.

След като реши проблема с ултразвука, Манфред Айген започна да търси други методи за изследване на химическите реакции. Той приложи за тази цел електрични импулси с високо напрежение и постигна интересни резултати. Между 1953 и 1963 година Айген създаде голям брой апарати за изследване на бързопротичащи процеси. Обобщавайки своите изследвания, той създаде своеобразна „периодична система“ на реакциите. В нея се свързват скоростта на взаимодействие с радиуса на йоните и величината на електричния заряд.

Изследванията на Роналд Нориш, Джордж Портър и Манфред Айген, както и на много още учени, доведоха до голям прогрес в изучаването на механизма на химичните реакции. За големите си постижения от теоретичен и методологичен характер тримата учени получиха Нобеловата награда по химия за 1967 г.

Изследванията върху фотохимичните реакции в началото на века доведоха до едно удивително откритие. В 1913 г. известният химик Макс Боденщайн установи, че при взаимодействието на водород и хлор един погълнат светлинен квант може да предизвика образуването на сто хиляди молекули хлороводород. Така бяха открити верижните реакции. Десет години по-късно Кристиансен и Крамерс показаха, че верижни реакции се наблюдават и при други взаимодействия, които не са свързани със светлина. Те въведоха и представите за разклонените верижни процеси.

Понятието верижна реакция бе заимствувано впоследствие от физиката за обясняване на ядрените процеси. Въщност там този термин е по-известен, както и терминът плазма, взет от биологията.

В 1926 г. съветските учени Харитон и Валта публикуваха своите изследвания за реакцията между фосфорни пари и кислород. При ниско налягане, както и при много високо, реакцията не протичаше. Но в средния интервал се получаваше експлозия. Резултатът бе толкова неочекван, че някои го обявиха за погрешен. Неговото правилно обяснение бе дадено от Николай Семьонов. Той показва, че в този и в други случаи се наблюдава разклонена верижна реакция. Приблизително по същото време до подобни изводи стигна в Англия и Сирол Хиншълууд.

Тези открития бяха посрещнати с ентузиазъм в научните среди. По едно време дори се смяташе, че всички реакции са верижни. В тази

бъркотия сложи ред Хиншълууд. Той откри вещества, които могат да реагират и по двата начина. Теорията на верижните реакции до голяма степен бе разработена от Николай Семъонов. В 1934 г. той написа монография, която бе преведена на немски и английски и стана широко известна. Съветският учен обясни голям брой явления при експлозивните реакции и при горивните процеси. Това се оказа много важно за проектирането на двигатели с вътрешно горене и в други области.

Откриването и изследването на верижните реакции бе голям успех за химичната теория и практика. За своите работи академик Николай Семъонов получи пет ордена „Ленин“ и орден „Червено знаме на труда“. Той бе избран за чуждестранен член на Лондонското кралско дружество и много други академии в цял свят. В 1956 г. Семъонов бе удостоен с Нобеловата награда по химия за изследванията си върху верижните реакции.

Заедно с него бе награден и Сирил Хиншълууд. В Оксфорд, успоредно с изследванията в Ленинград, също бе направен голям принос в изучаването на верижните реакции. Английският учен приложи тези идеи в биохимията и по-специално при изследването на бактериалната клетка и влиянието на антибиотиците върху нея.

АНАЛИЗ НА ВЕЩЕСТВАТА

От самото начало един от основните проблеми в химията бе анализът и идентификацията на веществата. Още в древността са били известни различни спосobi за качествен анализ на руди и особено на благородни метали. Развитието на аналитичните методи е тясно свързано е развитието на самата химия, защото съединенията се определят по различни специфични реакции, открити в повечето случаи неволно.

Един голям етап в анализа на веществата е откриването и изолирането на химичните елементи. Някои от тях са известни от дълбока древност, но други бяха изолирани и изследвани едва с развитието на експерименталната техника. Тази област от химията претърпя експлозивно развитие в края на 18 и началото на 19 век. За по-малко от столетие бяха открити и изолирани практически всички стабилни химически елементи. Единствено изключение направиха благородните газове, които са химически инертни и бяха открити с методите на физиката, и елемента флуор, който макар и известен отдавна, не беше изолиран в чист вид.

Още в началото на 16 век Георг Агрикола описа един минерал, който лесно се топи, и го нарече флуор — течащ. В този минерал, който днес се нарича флуорит, немският химик Маркграф и шведът Шееле откриха неизвестно вещество с изключителна способност за реагиране. В 1810 г. Анри Ампер нарече новия елемент флуор, следвайки названието на Агрикола, но в 1816 г. го преименува на фторос — на гръцки това значи разрушителен.

Дълго време не се удаваше да бъде изолиран флуорът в чист вид. Едва в 1886 г. френският химик Анри Моасан създаде специален платинен апарат, в който проведе електролиза на безводна смес от калиев флуорид и флуороводород. Той успя да получи голямо количество чист флуор и така бе положено началото за системното изучаване на този елемент и неговите съединения.

След големия успех с флуора Моасан създаде още един апарат, с който проведе интересни изследвания върху свойствата на веществата.

В 1892 г. той конструира своята известна електродъгова пещ, в която получи извънредно високи температури. Това устройство се състоише от два варовикови блока, издълбани отвътре, за да има място за тигел. През два отвора се вкарваха графитни електроди и при пускане на ток електричната дъга развиваща температура 3500 градуса. С тази пещ бяха получени и изследвани голям брой съединения.

В 1906 г. един от членовете на Нобеловия комитет по химия, след като се бе запознал с работата на Моасан в Парижкия университет, сподели своите впечатления с колегите си. Точно тогава Нобеловият комитет по химия обсъждаше кандидатурата на Дмитрий Менделеев, един от най-големите химици на 19 в. Разказът за Моасан предизвика голямо раздвоение сред уважаваните шведски професори и академици. Всички бяха на мнение, че Менделеев стои много по-високо като учен. Неговата работа обаче бе извършена преди десетилетия, а според устава на Нобеловата фондация трябваше да се награждават млади перспективни изследователи. От десетте члена на химичната секция на Академията четирима гласуваха за Менделеев, петима за Моасан и един се въздържа. Така бе определен Нобеловият лауреат по химия за 1906 г. — проф. Анри Моасан от Париж.

Аналитичната химия, която винаги е била особено важна за практиката, получи през нашия век голямо развитие с разрастването на химическата индустрия. Като основна тенденция се очерта създаването на специализирани апарати за изследване и откриване на различни съединения. Днес процесите на анализ дори се автоматизират и това изключва намесата на човека в трудоемките експерименти и сложните технологични процеси. Един такъв апарат, намерил приложение както в научните лаборатории, така и в промишлеността, е полярографът на чехословашкия учен Ярослав Хейровски, създаден през 1922 г.

Това устройство определя веществата по преминаването на електричен ток през техните разтвори. Съединенията имат различни химични свойства, което се отразява и на тяхната електрохимия. Техните иони, електрично заредени, според строежа си, се привличат различно от електродите. В зависимост от приложеното напрежение през разтвора протича ток с различна сила. Записано в графична форма, това дава определена линия, наречена полярограма. В редица

случаи е възможно да се идентифицират по няколко съединения едновременно, както и да се определя тяхната концентрация.

Първоначално полярографията не беше обект на голямо внимание и от нея се заинтересуваха само неколцина специалисти. В края на 20-те и началото на 30-те години проф. Хейровски упорито пропагандираше своя метод, четейки лекции в Сорбоната, редица университети на САЩ и Съветския съюз. Постепенно химиците, а след тях и технолозите откриха предимствата на полярографията, която автоматизира процесите на анализ и този метод получи широко разпространение. В 1950 г. в Прага бе основан цял институт по полярография, на който, разбира се, директор стана проф. Хейровски. В 1959 г., 37 години след създаването на метода, най-после неговото значение за химията стана неоспоримо и Нобеловият комитет реши да награди чехословашкия учен за неговите големи заслуги към химичния анализ, свързани с откриването и развитието на полярографията.

През първата половина на 19 век възникна и се обособи като самостоятелна наука органичната химия. Още от самото начало тя се занимаваше с изолирането и изследването на веществата от живите организми. С натрупването на знания и опит постепенно се развиваха и методите за анализ на природните органични съединения. Тези вещества обикновено се срещат в незначителни количества и за да могат да бъдат изследвани, трябваше да се разработи метод за микроанализ. В тази област големи успехи постигна австрийският химик Фриц Прегл. Впоследствие неговият метод бе развит и за неорганични вещества.

Аналитичните изследвания в началото на века изискваха материали поне няколко десети от грама. Фриц Прегл успя да създаде специална апаратура, за която бяха достатъчни само хилядни от грама. Чувствителността на експеримента бе повишена повече от 50 пъти. С метода на Прегл може да се прави количествен анализ на съдържанието на въглерод, водород, азот, сяра и други елементи, влизащи в състава на органичните съединения. Освен това се определят и функционалните групи на молекулите, които участват в специфични реакции.

Апаратът за микроанализ на органични съединения, създаден от австрийския учен, даде възможност за бързо развитие на

изследванията върху хормоните, витамините и други важни биологичноактивни вещества. На базата на получените резултати бе осъществен синтез на голям брой от тези молекули. През 20-те години такъв род изследвания се правеха широко и това доведе Нобеловия комитет по химия до решението да даде наградата за 1923 г. на Фриц Прегл за създадения от него метод за микроанализ на органични молекули.

ХИМИЯ В ДВЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В началото на века, докато физиците овладяваха четиримерното пространство в теориите на Айнщайн, един млад учен се зае да изучава поведението на атомите и молекулите в двумерното пространство. Той се казваше Ървинг Лангмюър, а науката, в която направи толкова много приноси — химия на повърхностите. През лятната ваканция на 1909 г. по една случайност този 28-годишен преподавател по физика попадна в лабораториите на новосъздадената компания Дженерал електрик в Скенектади. В лабораторната работа и непрекъснатите експерименти той намери своето призвание.

По това време пред инженерите и експериментаторите особено остро стоеше въпросът за усъвършенствуване на електрическата лампа. Лангмюър постави експерименти, за да провери доколко наличието на газове влияе на светещата волфрамова нишка. С помощта на прецизна апаратура той установи, че в лампата, въпреки създадения вакуум, се натрупват водни пари. По-нататък стана ясно, че източник на парите е тънкият мономолекулярен слой вода, който остава по повърхността на стъкления балон, независимо от вакуума в него.

Ървинг Лангмюър намери начин да се отстранява водата от стъклените балони за лампите, но което е по-важно, в резултат на това откритие той се заинтригува от химичните явления по повърхността на веществата и наред с практическата си работа се насочи към теоретични изследвания, които го доведоха до интересни открития.

Някои явления по повърхността на твърдите тела и течностите бяха известни отдавна. По-специално повърхностното напрежение при течностите бе изследвано и свързано с процесите на взаимодействие между молекулите. Американският учен Уилард Гибс създаде на тази основа и теория за адсорбцията — полепването на частици по повърхността на твърдо тяло. Лангмюър разработи изцяло нова теория за химията на повърхностите (surface chemistry — б.м.). Той свърза тези явления с ненаситените валентни сили на атомите. Ако един атом се намира вътре във веществото, той отвсякъде е заобиколен с други

атоми. На повърхността обаче той е свързан с тях само от вътрешната страна. Отвън пространството е празно и валентните сили на привличане остават свободни, докато не се адсорбира някоя молекула. Колко силно е това прикрепяне показва фактът, че стъклените балони за вакуумни лампи трябва да се нагряват дълго време при висока температура, за да се отстраният водните молекули, полепнали по стъклото.

Създадената от Лангмюър теория за адсорбцията като проява на ненаситени валентни сили бе голямо постижение за химията. Това му донесе Нобеловата награда по химия за 1932 г. Изследването на този учен върху химията на повърхностите и неговите изводи бяха потвърдени с такива мощни методи като рентгеновата и електронна дифракция. Тези идеи бяха възприети в хетерогенната катализа, при която катализаторът обикновено е твърдо вещество и реакцията с другите вещества се осъществява по повърхността на твърдите частици по механизма на адсорбцията. В техниката бе изяснен механизъмът на смазката и флотационните процеси при обогатяването на руди.

С явленията на адсорбция са свързани редица експериментални методи в химията. В 1903 г. руският учен Михаил Цвет, ботаник от Варшавския университет, използва въгленови филтри и други порести вещества с голяма вътрешна повърхност за разделянето на растителни пигменти. Той установи, че съставките на смesta преминават с различна скорост през колоната на филтъра и се адсорбират на различни места. По този начин зеленият растителен пигмент се разделя на различните видове хлорофил и други съпътстващи съединения, което се вижда и в тръбата, запълнена с пореста материя, като слоеве с различно оцветяване. Този метод, получил названието хроматография, навлезе широко в биохимията през 40-те години на нашия век. По мнението на мнозина учени, Михаил Цвет сигурно би получил Нобеловата награда за своето откритие, ако не беше преждевременно смърт през 1919 г.

Способите за разделяне на молекулите на базата на техните физикохимични свойства бяха усъвършенствувани от шведския учен Арне Тиселиус, ученик на Те Сведберг. Той успя да ги използва и за безцветни вещества. Нещо повече — Тиселиус осъществи количествен анализ на компонентите на сложните разтвори.

Биомолекулите, поради големите си размери, образуват разтвори от типа на колоидите. Тиселиус реши да използва електрическо поле в разтвора, за да раздели различните частици според електрическия заряд и размерите им. Тази експериментална техника се базираше на явлението електрофореза, известно още от 1807 г.

Успехите в тази насока донесоха на Арне Тиселиус Нобеловата награда по химия за 1948 г. Четири години по-късно такава награда бе дадена за по-нататъшно усъвършенствуване на биохимичните методи за анализ. Арчър Мартин и Ричард Синдж станаха Нобелови лауреати за широкото прилагане на нови разновидности хроматография.

Принципът на тези методи е много прост, както на самата хроматография въобще. Ако се капне една капка от някакъв разтвор върху филтърна хартия, петното започва да се разпространява, като при това някои компоненти изостават, защото молекулите им по-трудно минават през микрокапилярите на филтъра. Това се съчетава с използването на различни разтворители, за да се разпределят изследваните вещества по тяхната разтворимост и да се идентифицират максимално точно.

Създаването на разпределителната хроматография през 1939 г. и въвеждането на хартиената основа в 1944 г. се оказа извънредно ценно за съвременната биохимия. Приложени в различни експерименти, тези аналитични методи спомогнаха много за разкриването на структурата на сложните биомолекули.

Развитието на експерименталните методи, свързани с адсорбиционния анализ, е само част от химията на повърхностите. Изглежда, че в природата се предпочитат реакции в двуизмерното пространство. Наистина за два атома е много по-лесно да се срещнат и да реагират върху повърхност, отколкото в обем. Един поглед върху микроструктурата на клетката ни убеждава в това. Всички химични реакции се извършват върху мембрana, т.е. върху повърхност. Тези процеси са все още слабо изследвани и несъмнено в химията в две измерения има много да се открива.

КОЛОИДИТЕ

През 1926 г. учените от Шведската кралска академия на науките проявиха забележително единомислие. Нобеловите награди по физика и химия бяха дадени на учени, изследвали колоидите. Тези изследвания, освен че имаха чисто теоретично значение за химията, спомогнаха да се хвърли светлина върху атомно-молекулния строеж на веществото, от една страна, а от друга, положиха основата на една техника, която се оказа много важна за изследването на живата клетка и молекулите, които я изграждат.

Колоидите доста отдавна са известни на химията. Още Парацелз говори за аурум потабиле — питейно злато, което е всъщност колоиден разтвор на този метал. През 17 и 18 век бе наблюдавано пресичането и коагулирането на белтъчни и други разтвори. През 19 век с колоидите се занимаваха Берцелиус, Фарадей и други големи учени. В 1861 г. английският химик Т. Грейъм въведе термина „колоид“ от гръцката дума „кола“ — лепило. Той въобще разделяше веществата на две — кристалоиди и колоиди. Според него кристалоидите образуват обикновените разтвори, а колоидите — колоидни разтвори, които се характеризират с малка устойчивост, склонност към образуване на гелове, ниско осмотично налягане и т.н. Тази теория се оказа погрешна и до истинските представи за колоидите се достигна едва в края на миналия век, благодарение на изследванията на редица учени, сред които особено се откроява Рихард Жигмонди. Той пръв изясни тяхната хетерогенна природа.

В 1898 г. Жигмонди разработи нова методика за получаване на колоидни разтвори, а в 1903 г., заедно с Р. Зидентопф в заводите Цайс в Йена, създаде т. нар. ултрамикроскоп. В този оптически прибор обектите се осветяват отстрани и се наблюдават на тъмно поле. Специалните начини на осветление значително повишават възможностите на микроскопа и с него могат да се видят фините частици на колоидите. Със своя ултрамикроскоп Жигмонди проведе обширни изследвания на колоидните частици и предложи тяхната класификация. Тъй като частиците се виждаха добре, можеше да се

изследва тяхното движение и процесите на свързване и утаяване, както и други явления в света на колоидите.

В началото на нашия век Жигмонди и редица други учени проведоха изследвания с помощта на новия ултрамикроскоп върху Брауновото движение. Това явление е открито в 1827 г. от шотландския ботаник Робърт Браун. Със своя микроскоп той наблюдавал капка вода, в която имало цветен прашец, и установил, че зърнцата на прашеца се движат хаотично без никаква видима причина. Доста дълго време никой не си е давал сметка колко дълбок смисъл има това наблюдение и едва в началото на 20 в., след работите на Алберт Айнщайн, Мариан Смолуховски и Жан Перен, този феномен получи обяснение.

Математическата теория на Брауновото движение бе създадена от Айнщайн в 1905 г. Тя се базира на кинетичната теория на газовете. Движението на колоидните частици се дължи на топлинното движение на молекулите на течността, които ги удрят. Теорията даваше възможност чрез изследване на колоидните частици да се изучават по косвен път самите молекули. Известният френски физик Жан Перен събра голям брой количествени данни, като със своя ултрамикроскоп изследваше не само хоризонталното движение на частиците, което е правил още Браун, но също така и вертикалното им разпределение. Въпреки действието на гравитацията колоидните частици не падат на дъното, а остават разпръснати в течността в концентрация, намаляваща нагоре. Брауновото движение и равновесието на утаяване дадоха възможност на Жан Перен да определи броя на молекулите в дадено количество течност. В началото на века, когато някои големи химици все още смятаха атомите и молекулите само за удобна абстракция, това откритие изигра важна роля.

Жан Перен е един доста оригинален учен и новатор във физиката. Той изследва катодните лъчи и показва, че те са поток от отрицателни частици, а после се зае с рентгеновите лъчи и радиоактивността. В 1903 г. предложи планетарен модел на атома, доста преди Ръдърфорд да получи експериментални доказателства за това. Случи се обаче така, че Перен остана в историята на науката със своите изследвания върху Брауновото движение. Докато другите работеха с вакуумни тръби и радиоактивни препарати, за да изследват строежа на веществото, той постигна същата цел с най-прости

средства и това е може би е най-голямото доказателство за неговия талант.

Третият учен, станал известен с изследвания върху колоидите, е шведският химик Теодор Сведберг. През 1906 г., с ултрамикроскоп, той фотографира следите на колоидните частици и получи данни, подкрепящи теорията на Айнщайн за обясняване на Брауновото движение. Резултатите на Сведберг оказаха такова въздействие сред химиците, че дори великият Оствалд, който упорито отхвърляше съществуването на атомите, най-после промени мнението си и ги призна. Голямото откритие на Сведберг обаче е неговата ултрацентрофуга.

Опитите на Перен показваха, че въпреки земното притегляне колоидните частици остават в разтвора. За да може да ги утаи, Сведберг просто реши да увеличи силата на гравитацията. Апарат за тази цел отдавна съществуваше — това е центрофугата. Необходими са обаче много големи сили за утаяването на фините колоидни частици. За да го постигне, през 1922 г. Сведберг конструира центрофуга, която при 10 000 оборота в минута даваше ускорение 5000 пъти по-мощно от земното притегляне. Това означава, че частицата се утаява, като че ли има 5000 пъти по-голямо тегло.

Голямото значение на ултрацентрофугата бързо бе оценено от химиците, но истински широко приложение на тази техника осигуриха молекуларните биологи. Макромолекулите по своите размери се доближават към най-фините колоидни частици. Молекулните комплекси и клетъчни микроструктури също могат да бъдат превърнати в колоиден разтвор. По този начин ултрацентрофугата се оказа незаменим инструмент за ултраструктурните изследвания на клетката.

Дейността на Рихард Жигмонди, Жан Перен и Те Сведберг, трима от учените, които създадоха съвременната колоидна химия, бе достойно оценена от Нобеловите комитети по физика и химия през 1926 г. Жигмонди получи наградата по химия от предишната 1925 г. за приноси в изясняване на природата на колоидните разтвори и създадените във връзка с това методи. Наградата по химия за 1926 г. получи Сведберг за своята работа върху дисперсните системи. Наградата по физика за 1926 г. бе дадена на Жан Перен за откритото от

него равновесие на утаяването, което бе едно от доказателствата за съществуването на молекулите.

IX

ИНДУСТРИАЛНА ХИМИЯ

Успехите на теоретичната химия стимулираха извънредно много развитието на технологията и способствуваха за възникването на могъщата съвременна химическа индустрия. Особено ценни се оказаха изследванията върху закономерностите на химичните реакции и най-вече термодинамичните работи на Валтер Нернст. В първото десетилетие на нашия век трудовете на този теоретик помогнаха на Фриц Хабер да осъществи химичното свързване на атмосферния азот.

Причина за търсенето на азотни съединения бе бързото развитие на земеделието. След като в средата на миналия век Юстус фон Либих създаде агрохимията и показва, че растенията имат нужда от определени елементи, започна производството на минерални торове. Тяхната най-важна съставка са нитратите — съединенията на азота. Почти цялото количество от тези вещества се добиваше в пустинята Атакама в Чили. Но запасите от чилска селитра бяха ограничени и това беше голяма спънка за развитието на земеделието. Трябваше да се намери никакъв друг източник на азот, който да замести селитрата.

С този въпрос се зае проф. Фриц Хабер от Карлсруе. В 1904 г. той започна експерименти за получаване на амоняк — изходната база за синтез на азотна киселина и нитрати. Хабер пропускаше електрически искри през смес от азот и водород. Процесът се оказа неефективен. Неуспешни излязоха и опитите да се използва електрическа дъга и загряване до 1000 градуса. Немският химик сметна, че работата е безперспективна, и се отказа от нея.

В 1906 г. Валтер Нернст публикува свои теоретични изследвания върху термодинамиката, в които за илюстрация бе разгледал химичното равновесие при съединяването на азота и водорода в амоняк. Запознавайки се с тази работа, Фриц Хабер отново се ентузиазира и решава да я провери експериментално. Той бе опитал вече действието на високата температура, а сега решава да види какво ще стане, ако добави и високо налягане.

При синтезата на амоняка от две молекули — азотна и водородна, се образува една. Според законите на химията повишеното

налягане ще благоприятствува изместването на равновесието към крайния продукт. И наистина при 500 градуса и 200 атмосфери Хабер успя да получи амоняк от директното свързване на атмосферния азот с водорода. Скоро след това откритие бе създадена и подходяща технология и започна промишлен синтез на амоняка. Това значително понижи цената на азотните торове. За съжаление нитратите имат и друго приложение — при производството на взривни вещества. Въпреки това Нобеловият комитет по химия счете, че мирното приложение на откритието на Фриц Хабер заслужава достойна оценка, и му даде наградата за 1918 г.

Масовото производство на амоняк започна в навечерието на Първата световна война. Неговите основи бяха заложени от двама университетски професори, но практическата реализация бе осъществена от Карл Бош, химик-технолог от предприятието „Бадише анилин унд сода фабрик“ (BASF). Неговата работа е пример за съчетаване на науката с инженерната практика.

Пристигвайки към проблема, Бош най-напред реши въпроса с получаването в достатъчни количества и на ниска цена на изходните сировини — азот и водород, а след това мина по-нататък. В своите опити Хабер използваше като катализатор осмий — един рядък и скъп метал. След упорити изследвания Карл Бош откри катализатори, състоящи се от железен и алуминиев окис — все евтини и широко достъпни вещества. След като и този проблем отпадна, той се насочи най-после към конструкторския въпрос за изработването на самата инсталация.

При висока температура водородът става агресивен и се свързва със стоманата. Това, в съчетание с високото налягане, води до бързото разрушаване на цялата апаратура. Първите инсталации работеха не повече от няколко часа и се монтираха по-далеч от местата, където има хора. След многобройни експерименти Бош стигна до оригиналната идея да раздели функциите на стоманената стена. Той създаде двустенен апарат, съставен от две тръби. Външната — от обикновена стомана, трябва да устоява само на налягането при относително ниска температура. Вътрешната, при много висока температура, не е подложена на никакво налягане и легирраната сплав, от която е направена, издържа дълго време. По този начин най-после бе създаден конвертор за непрекъснат синтез на амоняк с висока ефективност.

Разработвайки метода за получаване на чист водород от т.нар. воден газ — смес от въглероден окис и вода, Карл Буш се сблъска с проблема за очистването на водорода от въглеродния окис. В хода на работата той откри, че при висока температура и налягане тези две вещества се свързват в метилов алкохол. Така възникна технологията за получаването на една от основните сировини на съвременната органична химия. Метиловият алкохол, накратко метанол, днес се разглежда като едно от перспективните горива на бъдещето. Впрочем с проблема за горивата в началото на века се занимаваше известният химик Фридрих Бергиус.

Той започна своите експерименти приблизително по времето, когато Хабер стана известен със синтезите си при високо налягане. Използвайки подобни методи, Бергиус предприе различни експерименти. Той се интересуваше от процесите на образуване на въглища, които се извършват в недрата на Земята при огромно налягане и високи температури. В своята частна лаборатория в Хановер Бергиус се стремеше да постигне за кратко време това, за което на природата са били необходими милиони години.

Опитвайки се да превърне целулозата във въглища, Бергиус получи продукти, които погълъчаха водород. Този факт го наведе на идеята да свърже водорода с обикновени въглища. По този начин те биха се превърнали в течност, т.е. в нефт. Целта бе много привлекателна. Въпросът с нефтените запаси стана много актуален през първите десетилетия на века, когато бурно се разви автомобилният транспорт. Индустрията все още се задоволяваше с въглища, но колите искаха течно гориво. Прогнозите за нефтените запаси бяха крайно пессимистични и се смяташе, че те ще стигнат най-много до 1950 г. В светлината на тези бъдещи трудности Фридрих Бергиус се зае със задачата да спаси човечеството от енергиен глад.

Други изследователи преди него бяха разработили методи за производството на водород от въглища. С помощта на този водород, при висока температура и налягане, Бергиус успя да постигне превръщането на нискокачествени въглища в течни горива. Пълното отработване на технологията бе завършено към 1927 г. Възможностите на малката лаборатория на Бергиус отдавна се бяха изчерпали и той трябваше да потърси помощ от големите фирми.

Техническите достижения на Карл Бош и Фридрих Бергиус в техниката за синтез при високо налягане бяха голяма крачка напред в развитието на индустриалната химия. Производството на азотни торове днес е поставено на широка основа, а с намаляването на петролните запаси наближава времето на изкуствените горива. Още в 1931 г. Нобеловият комитет по химия оцени приносите на двамата изследователи, като ги направи Нобелови лауреати.

ПОЛИМЕРИ

В началото на 20-те години проф. Херман Щаудингер излезе с теорията, че някои малки молекули могат да се обединяват във вериги, съдържащи десетки хиляди атоми. Според него молекулите започват да се свързват в пръстен, на който краищата не могат да се съединят и така постепенно се навързва една дълга верига. Щаудингер смяташе, че някои колоидни разтвори съдържат такива макромолекули. Тези идеи бяха посрещнати на нож от большинството химици и цяло десетилетие бяха обект на бурни дискусии. Те просто противоречаха на начина на мислене и на духа на времето. Учените не можеха да допуснат, че обикновената химическа връзка може да удържи заедно толкова много атоми. Това е много странно, като се има предвид, че те отдавна си имаха работа с макромолекули и полимери.

Често се случваше при химични реакции да се получават каучукоподобни или смолисти вещества вместо очакваното съединение. От друга страна, биохимиците изолираха вещества, които образуваха колоидни разтвори. Тези наблюдения се обясняваха с никакво физично взаимодействие между молекулите. Химиците просто не можеха да допуснат възможността за образуване на полимери.

Докато теоретиците водеха ожесточени спорове, в практиката се постигаха все нови успехи. След модификацията на природни полимери като целулоза, каучук и други започна синтезирането на изцяло изкуствени вещества, които не се срещат в природата. Сред пионерите в тази област са Байер и Бакеланд — откривателят на бакелита. В 1931 г. Кародърс синтезира първите полиамидни смоли. Една от тях получи голяма известност под названието „найлон“. Тези успехи на синтетичната химия наклониха везните в полза на Херман Щаудингер. През 30-те години неговата теория намираще все пошироко признание. Появиха се понятия като високомолекулни съединения, полимери, пластмаси и т.н. Създадоха се методи за изследване на строежа на макромолекулите, както и на пътищата за тяхното получаване. Постигнатите резултати бяха широко приложени в

практиката и синтезът на нови видове пластмаси се развиващ с огромни темпове.

Херман Щаудингер като изследовател-теоретик остана настани от това развитие. Макромолекулите и полимерите го интересуваха само като едно интересно състояние на веществото. Неговите работи обаче поставиха началото на нов раздел от химията и затова, макар и с известно закъснение, той привлече вниманието на академиците от Стокхолм. В 1953 г., когато всички вече говореха ентузиазирано за ерата на пластмасите, Херман Щаудингер бе удостоен с Нобеловата награда по химия.

Общо взето, веществата, които спонтанно полимеризират, са малко на брой. Обикновено за да започне реакцията, са необходими специални условия и катализатори. Например, за да се свържат молекулите на етилена във верига, трябва да се прилага налягане от 1200 до 3000 атмосфери при температура около 200 градуса. Тази технология бе рязко променена след едно щастливо откритие на Карл Циглер, директор на Института „Макс Планк“ за изследвания на въглищата в Мюлхайм, Рурската област.

Разполагайки в своя институт с големи количества етилен, Циглер се зае да търси катализитичното въздействие на различни вещества върху неговата полимеризация. В началото на 50-те години, след продължителни експерименти, бе постигнат успех. Създадена бе технология, която полимеризираше етилена при ниско налягане с катализатор. Откритието бе официално оповестено в 1953 г. Циглер получи патенти в редица страни. Неговият полиетилен, синтезиран при ниско налягане, имаше отлични качества поради добрата линейна подреденост в полимерните вериги, получени с катализатор.

Научавайки за този крупен успех, проф. Джулио Ната от Милано реши да проучи как работят катализаторите на Циглер и какви полимери се получават при това. Той владееше рентгеновата и електронна дифракция и реши да приложи тези мощни методи в науката за полимерите. Така се установи, че катализаторите имат своеобразна структура, като техните молекули образуват с полимера нещо като сандвич. В зависимост от особеностите на катализатора се получават различни полимерни вериги. Започвайки от откритието на Циглер, проф. Ната направи големи теоретични обобщения, които значително улесниха по-нататък усъвършенстването на химичните

технологии. Този теоретик на полимерната наука получи заедно с експериментатора Циглер Нобеловата награда по химия за 1963 г.

След първоначалния ентузиазъм около пластмасите, когато се смяташе, че те ще изместят едва ли не всички останали материали, стана ясно, че макромолекулите също имат свои недостатъци. За тяхното преодоляване бяха необходими задълбочени теоретични изследвания. Един от учените, работили в тази област, е Пол Джон Флори.

Този учен откри редица зависимости между термодинамичните параметри на полимерите и свойствата на техните разтвори. Занимавайки се с начините за образуване на макромолекулите, Флори хвърли светлина върху тяхната химична природа, конфигурация и взаимодействия. От физикохимичните характеристики на полимерите Флори получи редица данни за техния строеж и свойства. През 60-те години този ученик на Кародърс приложи откритията си и към изследването на биологичните макромолекули.

Четирите десетилетия, отдадени на полимерната наука, донесоха на Пол Флори неоспорим авторитет и световно признание. Общото мнение на научната общественост намери израз в удостояването на този изследовател с Нобеловата награда по химия за 1974 г.

ХИМИЧНИ СИНТЕЗИ

Химичният анализ и синтез са често неразделно свързани. След като експериментаторът успее да раздели едно съединение на съставните му елементи, той си изгражда някаква хипотеза за тяхното подреждане, която се потвърждава най-добре чрез синтез. Именно такава е работата на Емил Фишер върху строежа и синтезирането на въглехидрати и пурини — вещества с изключително голямо значение за биологичната химия.

Своите изследвания върху захарите Фишер започна в 1884 г., след като бе натрупал голям опит в работата с по-прости съединения, в които се проявяват подобни свойства. Той синтезира голям брой монозахариди, между които глюкозата и фруктозата. Обобщавайки данните си, Фишер предложи проста номенклатура, която бързо бе приета от химиците. Успоредно с тези работи той провеждаше и опити върху една група съединения, обединявани с името пурини. Тя включва вещества като добре известния кофеин, теобромина от какаото, гуанин, аденин, хипоксантин и др. Фишер показва тяхната голяма близост и успя да синтезира самия пурин — изходното съединение с пръстеновидна форма, от което се получават различните представители на групата. Той отиде и по-нататък, разработвайки методи за синтез на пурините и тяхното взаимно превръщане.

Освен че бяха важни за химията на органичните съединения, тези изследвания впоследствие бяха основата, върху която се изградиха представите за строежа на въглехидратите и нуклеиновите киселини. В тази група влизат гигантски биомолекули като целулозата, гликогена, ДНК и много др. Работите на Фишер върху захарите го насочиха към изследване на ферментацията и ензимите, а оттам и към белтъчините. Той бе сред тези, които смятаяха, че между ензима и обекта на неговото въздействие трябва да има сходство в конфигурацията.

В 1889 г. Емил Фишер започна своите работи върху белтъчините вещества, като създаде метод за разделяне и анализ на аминокиселините, които ги изграждат. В 1902 г. той откри по какъв

начин аминокиселините се свързват помежду си, образувайки гигантските биополимери. Това са най-големите му открития, благодарение на които той е широко известен и днес. И преди тях обаче той бе достатъчно популярен сред колегите си, за да получи Нобелова награда. Тя бе дадена на Фишер през 1902 г. за изследванията върху захарите и пурините.

По времето, когато се даваха тези награди, имаше и много по-известни учени, които обаче не отговаряха на условията, предвидени в устава на Нобеловата фондация. Все пак в някои случаи експертите от Нобеловите комитети успяваха да намерят компромис. Така стана и с един от най-бележитите представители на синтетичната химия от втората половина на 19 век — Адолф фон Байер. Три години след своя ученик Емил Фишер той също стана Нобелов лауреат.

Днес Байер е най-известен със своя знаменит синтез на индигото. Започвайки през 1865 г., в течение на повече от едно десетилетие той изследва структурата на това природно багрило и опита различни начини, за да го получи. Пътят към промишлената технология бе по-дълъг и едва към 1890 г. започна производството на евтино индиго, а към края на века плантациите, в които се отглеждаше растението Индигофера, бяха вече нерентабилни. Немският учен проведе обширни изследвания и върху други багрила, като фенолфталеина например. Байер се стремеше да създаде теория, която да обясни зависимостта между строежа и цвета на съединенията. Той работеше и с пироловите и пиридинови пръстенни съединения и започна изследвания върху пурините, продължени от неговия ученик Фишер.

Опитите на Байер с т. нар. ароматни съединения, които се характеризират не с аромат, а с определена структура, производна на бензола, го доведоха през 90-те години на миналия век до откриването на хидроароматните съединения. Тези вещества са наситени с водород и в тях липсват двойните връзки, които са много характерни за бензола и подобните на него. Към хидроароматните съединения се отнасят такива важни природни вещества като терпените и камфорите.

Адолф фон Байер, един от универсалните химици в края на миналия век, е работил в много области, но получи през 1905 г. Нобеловата награда по химия именно за изследванията си върху

органичните багрила и хидроароматните съединения. Неговите работи бяха голям успех за науката.

Основният метод на синтетичната химия е намирането на подходящи реакции, при които в молекулите да могат да се вкарват определени атоми или радикали. Една реакция от такъв тип бе открита от Виктор Гриняр от Лионския университет. Изследванията на този учен бяха свързани с органометалните съединения. Както показва името, в тях металният атом е прикрепен към органична молекула. Работейки с различни съединения, Гриняр откри вещества с особени свойства, които бяха много подходящи за методите на синтез.

Реактивите на Гриняр, открити в началото на века, се прилагат почти във всяка област на синтетичната химия. Това са съединения, в които органична молекула е свързана с магнезий, а магнезиевият атом с някакъв халогенен елемент като хлор, бром, йод и т.н. С гринярдовите реактиви се получават различни алкохоли, органометални съединения и още много най-разнообразни вещества. И до днес този метод на синтез е един от най-популярните и най-прилаганите в органичната химия. За своето голямо откритие Виктор Гриняр стана един от Нобеловите лауреати за 1912 г. Заедно с него бе награден и Пол Сабатие, също известен с успехите си в синтетичната химия, получени главно с помощта на катализата.

Сабатие, както и Гриняр, стана академик, но преди това също беше провинциален професор. Дълги години той преподаваше в Тулузкия университет. На това учебно заведение той отдале почти половин век. Неговите най-известни работи са свързани с прилагането на катализитични методи. Заедно със своя дългогодишен сътрудник Жан Батист Сандеран той разработи т. нар. хетерогенни катализатори — силно раздробени метали, които ускоряват химичните реакции. В голям брой експерименти бяха изследвани катализичните свойства на никел, кобалт, платина, желязо, мед и още редица метали, техни окиси и сплави. Главното въздействие на тези катализатори бе свързано с добавянето или отделянето на водород от органичните молекули.

Присъединяването на водород, което се нарича хидрогенизация, е широко използван похват в химическата технология. При високи температури и налягания по този начин се образува амоняк от атмосферния азот или течни въглеводороди от въглища. Катализитичната хидрогенизация, чието начало бе положено от Пол Сабатие, дава

възможност, в по-меки условия, от течни растителни масла да се получават твърди. Пример за подобна трансформация е производството на маргарина.

Въвеждането на прахообразните катализатори в органичния синтез бе голяма крачка напред. За обширните си изследвания в тази област Пол Сабатие получи през 1912 г. Нобеловата награда по химия заедно с Виктор Гриняр. Работите на двамата учени се оказаха особено важни за приложната химия и химическата технология.

През 20-те години професор Ото Дилс, от университета в Кил, заедно със своя сътрудник Курт Алдер, предложи нов метод за химичен синтез, който намери такова широко приложение, както реактивите на Гриняр. Реакцията се базира на свойствата на т.нар. диенови съединения, които имат две двойни връзки.

В 1928 г. Дилс и Алдер откриха и обясниха един вид реакция на диенови съединения с молекули с обикновени единични връзки. Подобни реакции са били наблюдавани и преди това, без да получат обаче нужните обяснения. Двамата изследователи бързо видяха в новооткритото взаимодействие възможност за създаване на нов синтетичен метод. Действително с помощта на диеновия синтез бяха получени голям брой съединения, чието синтезиране преди това бе много трудно или дори невъзможно.

Реакцията на Дилс-Алдер широко се използва за синтез на циклични съединения с пръстеновиден строеж. Така се получават молекули, които са изходна суровина за голям брой важни вещества, аналоги на природните съединения. Наред с това тази реакция е и ценен аналитичен метод за изследването на строежа на сложни молекули.

Ото Дилс, ученик на Емил Фишер, стана Нобелов лауреат по химия през 1950 г. Заедно с него бе награден сътрудникът му Курт Алдер, който е автор на многочислени изследвания в същата област. Реакцията, която носи тяхното име, днес широко се използва в синтетичната химия.

Синтезирането на сложни природни съединения е част от разгадаването на тяхната структура. Особени успехи в тази област постигна професорът от Харвардския университет Робърт Бърнс Удуърд. Някои специалисти сравняват неговата работа с делото на Марслен Бертло и Емил Фишер.

Този учен реализира блестяща серия от забележителни синтези на вещества като хинин, стрихнин, холестерол, кортизон, различни аминокиселини и други подобни. Към тях могат да се добавят изследванията върху структурата на антибиотиците. Последвалите синтези дадоха възможност да се получат различни техни модификации. Синтезирането на нови антибиотици е много важно, тъй като по този начин лекарите изпреварват микроорганизмите, които се приспособяват към лекарствата. Наред с експерименталната дейност проф. Удуърд има и теоретични разработки върху различните видове химични реакции и прегрупировката на атомите при тях. Навлизайки в биологията, той създаде теория за биологичния произход на алкалоидите и се насочи към синтезата на белъчни вещества.

За своята забележителна работа, която е на всичко отгоре и огромна по обем, Робърт Бърнс Удуърд стана Нобелов лауреат по химия за 1965 г.

Синтетичната химия е своеобразно творчество. Италианският историк на науката Микеле Джуа го нарича „покоряване на веществото“. В този дял на химията най-ясно се вижда как вървят учените пипнешком напред, водени от своята интуиция. Правилата и принципите на синтеза идват едва след като се откроят някои успешни реакции. Работата в тази област продължава и това е плодотворно поле за дейност за много изследователи. Сред последните достижения в тази област са изследванията на Хърбърт Чарлз Браун и Георг Витиг. Тези двама учени разработиха нови методи за синтез на сложни органични съединения, съдържащи елементите бор и фосфор.

Хърбърт Браун, възпитаник на Чикагския университет, първоначално се беше насочил към неорганичната химия. Като млад изследовател той получи подарък една книга за съединенията на бора. Това силно го заинтригува и до голяма степен определи по-нататъшния му път. Още тогава, в началото на 40-те години, той откри реактиви, които намериха широко приложение в органичната химия.

В 1956 г. Браун откри реакция, която даваше възможност да се присъединява бор към органични молекули с двойна връзка. Получените производни могат да влизат в различни реакции, при което на мястото на бора се въвеждат функционални групи. Това бе поредният метод за получаване на нови комбинации от атоми и радикали, което даде възможност да се синтезират голям брой

органични съединения, природни и лекарствени вещества. Бяха открити и съединения, въобще неизвестни по-рано.

Както всички големи учени, Браун се отличава със своята продуктивност. Той е автор на 700 статии и 4 книги. При него са получили подготовката си над 200 бъдещи научни работници. За големите си успехи в химията на борните органични съединения през 1979 г. той стана един от лауреатите на Нобеловата награда по химия.

Другият лауреат е Георг Витиг от Хайделбергския университет. Колегите му го причисляват към създателите на съвременния органичен синтез, в който особено широко се използват т.нар. елементоорганични съединения. В обикновените органични молекули главно място заема въглеродът, като наред с него се срещат водород, кислород и азот. Към тези молекули могат да се добавят обаче и атоми на метали или други елементи. Работата на Витиг е свързана предимно с фосфорограничните съединения.

Витиг съсредоточи вниманието си върху една реакция, изследвана още от Щаудингер в 1919 г. При нея се осъществява взаимодействие на полярни фосфорогранични съединения — т.нар. илиди, с различни органични молекули. За илидите е характерно, че въглеродът, свързан с фосфора или друг подобен елемент, придобива отрицателен заряд. В случая с фосфопроизводните това води до такива свойства, които дават възможност за необичайна реакция.

Дълги години някой не обръщаше внимание на тази реакция и нейните възможности оставаха неразкрити. Тя бе въведена широко в химията през 1953 г. именно от Витиг. Използването на фосфоилидите днес е един от основните методи в органичния синтез. Самият метод носи название „реакция на Витиг“. Това е мощен способ за получаване на извънредно голям брой най-разнообразни съединения. С тази реакция могат да се синтезират както линейни структури, подобни на витамин А, така и сложни пръстеновидни съединения.

Лабораторното откритие на Витиг бе широко въведено в практиката благодарение на работата на голям брой химици и технолози. Самият изследовател се занимава с други изследвания от подобен род, чиято полза днес не изглежда очевидна, но утре може да се окаже твърде голяма. Откритието на Георг Витиг го направи един от Нобеловите лауреати по химия за 1979 г. Награждаването му, заедно с Хърбърт Браун, е поредното признание за синтетичната химия, която е

една от науките, оказващи най-пряко въздействие върху ежедневния живот на човека.

X

ПРИРОДНИ ВЕЩЕСТВА

Изучаването на веществата, срещащи се в живите организми, породи в началото на 19 век органичната химия. Постепенно обаче тази наука се превърна в изследване на многобройните съединения на въглерода. Приблизително по същото време възникна и биохимията, която насочи вниманието си предимно към сложните макромолекули, които рязко се различават по строеж и свойства от простите вещества, с които си има работа обикновената химия. Между тези две науки остана една област, с която се занимава т. нар. биоорганична химия. Тя изследва природните съединения — сравнително нискомолекулярни физиологично активни вещества, които се синтезират и срещат в живите организми. В тази насока са работили редица известни учени и техните трудове значително са обогатили науката.

В края на миналия век химиците навлязоха в обширната група на алицикличните съединения — органични молекули с пръстеновиден строеж. Един от пионерите в тази област е немският химик Ото Валах, който постигна големи успехи в изследването на терпените — интересни представители на тази група.

Тези вещества се срещат в голям брой растения и влизат в състава на етеричните масла, широко използвани още от древността. С появата на модерната химия бяха изолирани голям брой такива съединения. Преди Валах да се заеме с този въпрос в 1884 г., бяха описани над сто различни терпени. Шест години по-късно останаха само осем, като към тях впоследствие се добавиха още няколко новооткрити. Валах установи, че голяма част от тези описани вещества са химически идентични. Работейки върху изолирането им, той откри редица техни химични свойства, както и способи за превръщане на едни терпени в други. Тъй като всеки вид се отличава със своя аромат, това се оказа от огромно значение за парфюмерийната индустрия.

Плодотворната дейност на Ото Валах създаде цял един раздел на химията и това му донесе Нобеловата награда по химия за 1910 г.

В изследването и класификацията на т. нар. „висши“ терпени големи заслуги има проф. Леополд Степан Ружичка от Федералния

технически институт в Цюрих. Неговите изследвания също привлякоха вниманието на производителите на парфюми. Фирмата Хартман и Раймер, най-старата в света, през 1916 г. използва резултатите от хабилитационния му труд. Година по-късно фирмата Циба от Базел се заинтересува от синтезираното от Ружичка хининоподобно вещество. Главните открития обаче бяха свързани с изследванията върху мускуса и цибетина, вещества с остръ мириз, отделяни от някои животни, особено от самците.

В 1926 г. Ружичка изолира от тях съединенията мускон и цибетон. Първото представлява пръстен от 15 въглеродни атома, а второто от 17. Дотогава никой не предполагаше, че е възможно съединения с такива големи пръстени да бъдат стабилни. Ружичка отиде и по-нататък, като синтезира още по-големи въглеродни пръстени, достигайки до 34 атома. Интересно бе, че с увеличаването на пръстена се променяше и ароматът. При 5–8 атома се усеща мириз на бадеми, кимион и мента. При 10 до 12 — на камфор, а при 14–18 — на мускус. Последното вещество се среща при доста представители на животинския свят, където играе сигнална роля в периодите на размножение. Нищо чудно, че неговата интимна функция отдавна интересува парфюмерийната промишленост. Откритията на проф. Ружичка особено зарадваха производителите.

Леополд Ружичка стана лауреат на Нобелова награда по химия през 1939 г. за своите работи върху висшите терпени и полиметилените, както още се наричат цикличните въглеродни съединения. Заедно с него бе награден и Адолф Бутенант за изследвания върху половинте хормони, област, която е във връзка с работата на Ружичка. Поради военните условия никой от тях не можа да отиде в Стокхолм. Шведският посланик в Берн предаде на проф. Ружичка медала и грамотата. Едва 6 години по-късно, в 1945 г., той можа да посети Стокхолм, за да изнесе своята Нобелова лекция.

Има една голяма група вещества от растителен и животински произход, чиято структура включва известното циклопентаноперхиидрофенантреново ядро. Това са стероидите. Тази структура се е оказала извънредно удачна за физиологията, защото се среща в най-разнообразни биологично активни вещества — витамини, жълчни киселини, полови хормони, растителни отрови, алкалоиди и много други. Тяхното пълно изреждане би отнело твърде много място.

В този обширен дял на биоорганичната химия са работили голям брой учени. Мнозина станаха Нобелови лауреати.

През 1927 г. Нобеловият комитет по химия реши да не връчва наградата. Според устава на фондацията нейното даване може да се забави с една година. Това бе използвано, за да бъдат наградени през 1928 г. двама учени с пионерски приноси в изследванията на стероидите — Хайнрих Виланд за изследвания върху строежа на жълчните киселини и свързаните с тях вещества и Адолф Виндаус за проучвания върху строежа на стеролите и тяхната връзка с витамините.

Жълчните киселини са обект на изследване от началото на 19 в. Те са част от секрета на черния дроб, който се излива в храносмилателния тракт. До изследванията на Виланд почти нищо не се знаеше за структурата им и за връзката между различните киселини. Той се зае с изследването на този въпрос в 1912 г. и към 1932 г. вече бе разкрил техния въглероден скелет със стериоиден характер.

Химици като Виланд търсят своите обекти за изследване на най-неочаквани места. Той се зае с пигментите в крилата на пеперудите и открива интересната група на птеридиновите съединения. Открития бяха направени и в кожата на жабите — силната отрова буфоталин, родствена на жълчните киселини, бе превърната в ценно лекарство. Целият творчески път на Хайнрих Виланд е изпълнен с подобни открития и това го направи лауреат на Нобелова награда за 1927 г.

В началото на века Адолф Виндаус по препоръка на своя учител Килиани се зае с холестерола, за който почти нищо не се знаеше. Това съединение е от групата на стеролите, наричани още стерини, които са алкохоли. Коренът на името идва от гръцки и означава „твърд“. Изследванията показваха, че стеролите са структурно свързани с жълчните киселини. И двете групи съединения имат в основата си фенантрен и циклопентан, които образуват ядро. Към това ядро се прикрепят различни странични групи и така се образува разнообразието на структурите.

Виндаус проведе изследвания и върху растителните глюкозиди, които са съставна част на голям брой лекарства, предимно сърдечни стимулатори. Той показва как ергостеролът — вещество, което се среща в дрождите, под действие на ултравиолетовите лъчи се превръща във витамин D. Това откритие, освен че беше важно за разкриването на

структурата на витамина, имаше значение за неговото промишлено производство.

Изследванията на Виндаус в много отношения се преплитат с работата на Виланд. Това доведе до тяхното едновременно награждаване, като Адолф Виндаус стана Нобеловият лауреат по химия за 1928 г. за изследванията си върху стеролите и тяхната връзка с витамините.

Една изключително важна група природни съединения са въглехидратите. Под това име се обединяват различни захари и техните полимери. Названието възникна в 40-те години на 19 век, когато бе установен количественият състав на някои от тези съединения. Те се състоят от въглерод, водород и кислород в такова съотношение, че се създаваше впечатление за наличието на молекула вода на всеки атом въглерод. По-късно се разбра, че няма никаква вода, но името се запази.

В 1925 г. английският учен Уолтър Норман Хейуърт, професор в Бирмингамския университет, след дългогодишни изследвания показва, че монозахаридите — най-простите захари, имат пръстеновиден строеж. Като техни изходни структури могат да се разглеждат съединенията пиран и фуран. Пиранът е шестатомен пръстен, изграден от 5 атома въглерод и 1 атом кислород. В пръстена на фурана има 4 атома въглерод и 1 — кислород. Като се добавят към тези пръстеновидни структури хидроксилни групи и още въглеродни атоми, могат да се получат основните монозахариди.

В 1928 г. известният химик Алберт Сент-Гьорги, изследвайки екстракти от растения, изолира вещества, на което даде името хексуронова киселина. То бе доста подобно на въглехидратите и затова малко по-късно, при едно посещение в Бирмингамския университет, Сент-Гьорги предложи на Хейуърт да се заеме с него. Това бе витамин С. С помощта на рентгенова дифракция и други методи английският учен установи неговата структура и успя да го синтезира. Това съединение, жизнено важно за организмите, прилича на т. нар. захарни киселини.

Мощният метод на рентгеновата дифракция бе използван от Хейуърт и при други монозахариди, с което се потвърди предложената от него структура. Определянето на пръстеновидния строеж на монозахаридите даде възможност да се обясни тяхното свързване в

дизахариди, каквото са обикновената захар, млечната захар и други съединения. По-нататък английският химик показва как монозахаридите се свързват в дълги вериги, образувайки биополимери като нишестето, гликогена, целулозата и др.

Изследванията на Уолтър Норман Хейуърт върху въглехидратите и витамин С имаха огромно значение за развитието на химията на тези съединения. Това го направи много известен в научните среди и накрая му донесе Нобеловата награда по химия за 1937 г., която той получи съвместно с Паул Карер, изследовател на витамините.

Има една група вещества, наричани днес алкалоиди. Много от тях са отровни или имат наркотично действие. Билките, които ги съдържат, са били известни още в предисторически времена. В началото на 19 век бяха изолирани в кристална форма първите съединения, които поради химичните си свойства бяха наричани алкалоиди — подобни на основите. Първите опити се правеха с опиум и в 1817 г. от него бе изолиран морфинът. След това дойде откриването на стрихнина, хинина, кофеина, кокаина и още много други. Досега са известни над 700 алкалоида, които в химическо отношение се разделят на няколко групи, в зависимост от своя строеж.

С тяхното изследване е свързано името на английския учен Робърт Робинсън. По-специално, той изучи по-сложно устроените алкалоиди като морфин и стрихнин. Те имат съответно 40 и 47 атома в молекулата си и бяха необходими много усилия, за да се определи тяхната структура. Робинсън реши този въпрос, като на различните етапи на работата трябваше да избира между десетки възможни структурни формули. След това той се зае и с редица други алкалоиди и накрая излезе със своя теория за техния биосинтез в растителните клетки.

Английският химик има изследвания и в други области. Работейки над структурата на половинте хормони, той синтезира изкуствени вещества с подобно действие. Разглеждайки механизма на електрохимичните реакции между органични молекули, той даде принос в химичната теория. Разнообразната научна дейност на Робърт Робинсън, проведена предимно в Оксфорд, му донесе Нобеловата награда за 1947 г. Тя му бе дадена за изследвания върху растителни продукти с биологично значение, по-специално върху алкалоидите.

Преди няколко години двама изследователи станаха Нобелови лауреати за открития в областта на природните съединения. Това бяха Джон Корнфорт, сътрудник на Робинсън, и Владимир Прелог, сътрудник и приемник на Ружичка във Федералния технически институт в Цюрих.

Главните работи на Корнфорт са свързани с проблема за биосинтезата на холестерина. Това вещество играе важна роля в метаболизма и образуването на хормони в организмите. Солучливо прилагайки метода на белязаните атоми, този учен показва как синтезата на едно сложно съединение се осъществява в организма от предшественици с по-проста структура. Изследванията бяха доста сложни, тъй като всеки етап от биосинтезата е серия от сложни реакции, свързани с изменението и модифицирането на молекулните структури. За тези и за други изследвания Джон Корнфорт стана член на Лондонското кралско дружество и получи голям брой награди и отличия. Поредният израз на признание бе награждаването му с Нобеловата награда по химия за 1975 г.

Другият лауреат бе Владимир Прелог — известен с майсторски изпълнени изследвания върху стереохимията на различни органични съединения. Заедно с други учени той разработи стереохимична номенклатура, която сега е приета в цял свят. Интересно негово постижение е синтезирането на въглеводорода адамантан, който по своята структура наподобява кристалната решетка на диаманта.

През 60-те години Владимир Прелог се насочи към метаболизма на микроорганизмите и съединенията, участващи в него. Той установя механизма на действие на някои антибиотици, които разстройват последователността на метаболитните реакции, блокирайки някои вещества. Прелог успя да изолира редица изключително сложни комплексни органични съединения, с чиято помощ микроорганизмите могат да извлечат от околната среда елементи като калий, желязо, бор и други, необходими за протичането на жизнените процеси.

Обширната научна дейност на Владимир Прелог му спечели признанието на научната общественост. Той бе избран за чуждестранен член на АН на СССР, на Лондонското кралско дружество, Националната академия на науките на САЩ,

Американската академия за наука и изкуство и много други научни дружества и академии.

През 1975 г. Владимир Прелог стана лауреат на Нобеловата награда по химия за своите изследвания върху физиологично активните нискомолекулни съединения. Заедно с него бе награден и Джон Корнфорт. Това бе поредното признание за химията на природните съединения, която е свързващо звено между химията и биологията и един от важните дялове на съвременното познание.

ВИТАМИНИ

В 1881 г. руският учен Николай Лунин направи интересни експерименти с хранителните вещества. Той извличаше белтъчини, мазнини, въглехидрати и соли от мляко и хранеше с тази смес лабораторни мишки. Въпреки че храната се вземаше от най-добър източник, животните залиняваха и умираха. Лунин съвсем естествено предположи, че освен тези съставки са необходими и други, за да се покрият нуждите на организма. Неговата статия обаче мина, без да привлече особено внимание, както и работите на много други учени след него.

Редица заболявания, които в края на миналия век затрудняваха лекарите, се оказаха впоследствие свързани с тези вещества. Едно от тях е болестта бери-бери, която бе сериозен проблем за Югоизточна Азия и особено за Холандска Индия, както тогава се наричаше Индонезия.

В 1886 г. холандското правителство изпрати на остров Ява известния патолог Пекелхаринг и невролога Винклер от Уtrechtския университет. Като техен асистент бе назначен военният лекар Кристиан Ейкман, който бе работил вече в тропическите райони. По онова време бактериологията беше в разцвета си и съвсем естествено холандските учени се заеха да търсят микроба, причинител на бери-бери. Пекелхаринг и Винклер не намериха нищо и скоро си заминаха, оставяйки Ейкман в Батавия (Джакарта) да продължи работата. Той прекара там 10 години, провеждайки многобройни изследвания в областта на тропическата медицина. Младият лекар направи интересни открития, търсейки през цялото време причината за болестта бери-бери.

Отговорът на загадката дойде съвсем случайно. Лабораторията в Батавия имаше малко стопанство, в което се отглеждаха кокошки. Те бяха на доста еднообразна диета от ориз и постепенно станаха жертва на болест, подобна по клинична картина на бери-бери. Ейкман, който работеше над това заболяване, веднага улови сходството и се зае с експерименти. Той добави малко оризени трици към храната на

кокошките и те бързо оздравяха. Оказа се, че при полирането на ориза, когато се олющва обвивката на зърното, някакво ценно вещество се губи и хората, които се хранят предимно с ориз, стават жертва на бери-бери.

Подозрение, че тази болест е свързана с храната, имаше още през 70-те години на миналия век. През 90-те години Ейкман откри каква е причината, но почти никой не му обрна внимание. Болестта бери-бери продължи да бъде голям проблем. По време на руско-японската война 1/6 от личния състав на японската армия бе изваден от строя. Трябаше да се промени мисленето на специалистите, за да бъде решен този въпрос. Един от учените, допринесли за това, е Фредерик Гауланд Хопкинс.

Проявявайки отрано интерес към химията, Хопкинс работи в различни фирми и едва на 28-годишна възраст се насочи към медицината. Той се дипломира на 32 години и стана преподавател по физиологична химия, както се наричаше в края на миналия век биохимията. Съчетанието на химия с медицина даде възможност на Хопкинс да направи интересни изследвания. По същество неговата методика беше същата като на Лунин. Той хранеше лабораторни животни — малки мишледа и плъхчета, с изкуствена смес от различни хранителни вещества и редовно ги мереше на теглилка, за да види как растат. Когато се появеше нещо нередно, Хопкинс започваше своите химични анализи.

Неговото първо откритие бе, че белтъчините се различават по своята пълноценост. По-подробните изследвания показваха, че това зависи от техния състав. Хопкинс откри незаменимите аминокиселини, които не могат да се синтезират от човешкия организъм и трябва да се приемат с храната. Непълноценните протеин се отразяваше зле и на мишките и затова в по-нататъшните си експерименти той използваше казеин — белтъчината на млякото. Въпреки това лабораторните животни не бяха в цветущо състояние. Хопкинс установи, че казеинът оказва различно въздействие в зависимост от това, доколко е пречистен. Тогава той реши да добавя по малко мляко в храната на животните и установи, че това има поразителен ефект. Състоянието на животните рязко се подобряваше.

Към 1910 г. Хопкинс вече бе съbral доста данни и през март 1911 г., на едно събрание на Английския биохимичен клуб, изнесе

своята теория за „допълнителните“ хранителни вещества. Тази тема бе веднага подхваната от пресата. „Дейли мейл“ публикува сензационни материали, които бяха препечатани от голям брой вестници в Европа и Америка. Създаде се особена атмосфера, в която някой трябаше да направи последната завършваща стъпка.

Това извърши полският учен Казимир Функ. В 1911 г. той също работеше в Лондон и през месец декември публикува своите изследвания над екстракти от оризови семена. Той изолира в кристално състояние вещество, на което даде името витамин. Покъсно се разбра, че не всички съединения от този род са амини, но че са жизненоважни, беше очевидно. Въвеждайки новото понятие, Функ разви своя теория за авитаминозите, която впрочем много наподобяваше идеите на Хопкинс. Между двамата се появи известен спор по въпроса за приоритета. Хопкинс наистина е пионер в тази област, но Функ стана много по-известен с въведения от него термин и с дейността си за производството на витамини.

Ейкман и Хопкинс неведнъж бяха предлагани за Нобелова награда, докато най-накрая експертите решиха, че техните изследвания са твърде стари. В науката обаче има най-различни превратности и в 1929 г. нещата бяха поставени в нова светлина. Установи се, че витамините са във връзка с различни ензими, служейки им като кофактори. Каролинският институт реши да награди двамата пионери в тази област — Ейкман и Хопкинс, аргументирайки се с това, че важността на техните изследвания е станала очевидна едва тогава.

Откритията на Ейкман и Хопкинс, за които те получиха Нобеловата награда по медицина и физиология, бяха свързани с витамин B_1 и витамин A. Тези имена се появиха по-късно, когато започнаха химичните изследвания на витамините. Редица учени работиха в тази област, като някои бяха удостоени с Нобелови награди.

Един от известните изследователи на витамините е швейцарският учен Паул Карер. Неговите основни експериментални методи бяха свързани със селективната абсорбция на Вилщетер, ултрацентрофугата на Сведберг и хроматографията на Цвет.

Карер се насочи към витамините, след като в 1929 г. Ойлер показа, че пигментът каротин има същото въздействие, както и витамин A. В 1930 г. швейцарският изследовател вече готов със структурата на бета-каротина и можеше да каже как от него се

образува витамин А. Това бе много важен резултат, тъй като даваше възможност да се изследва по-добре физиологията на това вещество и да се разработят методи за производството му.

Едно друго откритие на Паул Карер е също свързано с оцветени вещества. Заеднайки се с жълтите ензими, открити от Варбург и Кристиан, той показва, че цветът се дължи на особени съединения, които бяха наречени flavinи. Flavus на латински означава жълт. Понататък Карер установи, че веществото рибофлавин е идентично с витамин B_2 , добре известен на физиолозите. Провеждайки химически анализ, Карер успя да разкрие структурата на този витамин. Той понататък продължи с работи над витамин С, където потвърди структурата, предложена от Сент-Гьорги. Карер изследва също така витамините Е и К, многобройни коензими, алкалоиди, растителни пигменти и много други органични съединения. Изследванията му са описани в повече от хиляда публикации. Тази голяма научна дейност му донесе широка известност и авторитет. Успехите в изследванията на каротиноидите, flavините и витамините А и B_2 донесоха на Карер Нобеловата награда по химия за 1937 г., която той получи заедно с Хейуърт. Паул Карер бе удостоен и с други отличия и титли от редица академии и учебни заведения. Той стана почетен доктор на Софийския университет.

На следващата 1938 г. Нобеловият комитет реши да даде наградата по химия отново на изследовател, работил над каротиноидите и витамините. Това бе австрийският учен Рихард Кун, професор в Хайделберг.

Началото на неговата научна дейност е свързано с ензимите. После той се насочи към съединенията със спрегнати двойни връзки, т.нар. полиени. Това го доведе до изучаването на каротиноидите, които също имат подобна структура. Съставът на тези съединения, който се състоят от 40 въглеродни и 56 водородни атома, бе установлен от Вилщетер. В 1930 г. Карер в Цюрих и Розенхайм в Лондон изолираха алфа- и бета-каротина. В 1933 г. Кун откри гама-каротина и проведе след това обширни изследвания върху каротиноидите и тяхното разпространение в растителното и животинското царство. По време на тези експерименти той направи различни подобрения в методите на хроматографията.

Втората голяма област на неговата работа са витамините от групата В. От 5300 литра обезмаслено мляко Кун и неговите сътрудници отделиха един грам жълто вещество, което бе наречено лактофлавин. При разграждане от него бе получен лумифлавин, който се оказа същият като ко-фактора на жълтия ензим от дрожди. Определяйки структурата на това вещество, Кун успя да определи строежа и на лактофлавина, известен още като рибофлавин. Това е витамин B_2 .

В началото на 1939 г., след като бе удостоен вече с Нобелова награда по химия за изследванията си над каротиноидите и флавините, Кун заедно със свои сътрудници изолира витамин B_6 и в кратък срок определи неговия състав и структура. Това съединение се оказа производно на пиридина.

Рихард Кун стана Нобелов лауреат през 1938 г., две години след като Хитлер бе забранил на поданиците на Германския райх всякакви контакти с Нобеловите комитети^[1]. По неофициалната препоръка на Гестапо Кун се „отказа“ от наградата си. Едва 11 години по-късно, в 1949 г., той получи златния медал и грамотата едновременно с Адолф Бутенант, лауреат по химия за 1939 г., „отказал се“ при същите обстоятелства.

В 1929 г. бе открит още един витамин. Хенрик Дам от Копенхагенския университет правеше класическите опити с изкуствени хранителни смеси. Пилета, които умишлено бяха лишавани от мазнини, изведнъж започваха да получават тежки кръвоизливи. Анализите на кръвта показваха, че тя коагулира много бавно. Процесите на съсирване бяха силно затруднени.

В 1931 и 1933 г. подобно явление наблюдаваха и американски изследователи. Междувременно Дам, добавяйки различни вещества към хранителните смеси, установи, че конопеното семе спира кръвоизливите и възстановява свойствата на кръвта. Тъй като това беше времето, когато витамините бяха много популярни, налагаше се изводът, че тук се забелязва действието на някакъв неизвестен представител на тази група. Новият витамин бе обозначен с буквата К — от коагулация. Той бе открит в семена на зеле, домати, соя, люцерна, както и чернодробната тъкан на животни. Последното наблюдение даваше указание за механизма на действие на този витамин. Okaza се, че в черния дроб има ензим, участвуващ в

коагулацията на кръвта. При липса на витамин К ензимът не работи и се обърква цялата верига от реакции, водещи до образуването на кръвния съсиerek.

Хенрик Дам беше биохимик с висока квалификация. В 1925 г. той специализира микрохимичен анализ при Прегл в Австрия. Десет години по-късно започна сътрудничество с Паул Карер за разкриване на структурата на новооткрития витамин K. Тази задача обаче реши пръв Едуард Дойзи, професор по биохимия в университета на Сейнт Луис, Мисури. В 1939 г. от люцерново семе и рибено брашно той изолира в кристална форма две вещества — K₁ и K₂. Скоро след това бе определена тяхната структура. Те се оказаха производни на нафтохинона. Последва техният синтез и откриването на подобни вещества с по-прост строеж и по-силно действие.

Изкуственото получаване на витамин K бе голямо улеснение за медиците. Започна неговото широко прилагане при кръвоизливи, хирургични операции, болести на черния дроб и др. Даването на витамин K на новородени намали детската смъртност, тъй като при малките деца често се среща тази авитаминоза.

През 1944 г. Нобеловата фондация реши да възстанови раздаването на наградите. Цели три години, от 1940 до 1942, поради военните условия награди не се даваха. Правилата разрешават обявяването на една награда да се забави с една година и това даде възможност през 1944 г. да се раздадат наградите за 1943 г. Лауреати на наградата по медицина станаха Хенрик Дам и Едуард Дойзи за откриването на витамин K и за установяването на неговата химична структура.

Общо взето, витамините като нискомолекулни вещества можеха да се изследват успешно с методите на органичната химия. При най-сложния от тях обаче — витамин B₁₂, се наложи прилагането на по-модерни средства. След осемгодишни изследвания Дороти Крауфут-Ходжкин от Оксфорд разкри неговата структура с помощта на рентгеновата дифракция.

Витамин B₁₂ бе открит в 1948 г. Учените установиха, че той се синтезира от различни микроорганизми и особено много от обитателите в търбуха на преживните животни. Човекът също получава това вещество от микроорганизмите в собствения си храносмилателен тракт. Понякога обаче този деликатен процес се

нарушава и настъпват тежкиavitaminози. Скоро след откриването на витамина с изясняването на неговата структура се зае английската изследователка.

Осем години по-късно, в 1956 г., строежът на витамин B_{12} вече беше известен. Това бе триумф за метода на рентгеновата дифракция. За първи път по този начин се разкриваше структурата на такова сложно вещество. Трябва да се отбележи, че по това време други изследователи подготвяха вече по-сложни изследвания. Макс Перуц и Джон Кендрю разкриха структурата на хемоглобина и миоглобина, сложни белъчни молекули, за което получиха Нобеловата награда по химия за 1962 г. Техните сензационни резултати бяха постигнати с по-модерни средства. В 1964 г. обаче Нобеловият комитет по химия реши да почете и един от пионерите в тази област — Дороти Крауфут-Ходжкин, която без компютри и модерна техника разкри структурата на пеницилина и витамин B_{12} .

[1] Причина за тази забрана бе решението на Норвежкия стортинг да даде Нобеловата награда за мир през 1936 г. на известния немски писател-антифашист Карл фон Осиецки, който по това време беше затворен в концлагера Зоненбург по обвинение в държавна измена. Нацистите бяха принудени да преместят тежко болния Осиецки в болница, за да могат пратениците на Нобеловия комитет за мир да връчат наградата. ↑

ЕНЗИМИ

Една от основните прояви на живота е биокатализата. С това явление човекът се е сблъскал още в предисторически времена, когато по всяка вероятност е започнал да прави спиртни напитки. През 18 век Лавоазие изследва алкохолната ферментация и стигна до извода, че при нея захарта се разгражда на спирт и въглероден двуокис. Гей-Люсак проведе точен количествен анализ и установи, че теглото на захарта е равно на теглото на спирта и въглеродния двуокис, взети заедно. Това доказваше извода на Лавоазие. Причинителите на тези процеси бяха открити още в 1680 г. от Антони ван Лъвенхук, който със своите микроскопи успя да види дрождите. Трябваше да минат обаче още 150 години, за да се развие клетъчната теория и да се стигне до извода, че ферментациите са дело на живите клетки.

През първата половина на 19 век бяха натрупани интересни факти за явлението катализа и в частност за биокатализата. В 1814 г. руският химик Константин Кирхоф откри в ечемичени зърна вещества, което разграждаше нишестето. Това бе ензимът амилаза. Той бе изолиран в 1833 г. от френските химици А. Пайен и Ж. Персо. По същото време Берцелиус предложи да се стриват живите клетки, за да се извлечат от тях веществата, предизвикващи ферментация. Подобен експеримент направи Людерсдорф през 1846 г. в Берлин. Той стри върху стъкло клетки от дрожди и после ги добави към захарен сироп. Не се появява никаква ферментация.

Този и други опити бяха сериозен удар върху схващанията на Берцелиус, Либих и Въолер, че биокатализата и ферментацията са обикновени химически процеси. По същото време други учени смятаяха, че в живото вещество действуват особени закони, които не могат да се сведат до химичните. Разпространяваха се идеи за някаква тайнствена „жизнена сила“, която отличава живото от неживото. Тази идея беше много привлекателна в неясното положение, в което се намираше науката тогава. Завършък на тези схващания даде Пастьор в своите оригинални опити, които показваха, че ферментация е възможна само при наличието на живи клетки.

Големият френски учен беше безупречен в своите експерименти. Те обаче не отричаха възможността ферментите да действуват и извън живата клетка. Просто никой не беше успял да изолира в запазено състояние тези деликатни вещества. Такава задача си поставил в 1893 г. Едуард Бухнер от Мюнхенската политехника. Със съдействието на Байер там бе създадена лаборатория за изследване на ензимите. Бухнер искаше да провежда експерименти по разрушаване на клетки, за да се извличат биокатализаторите. Ръководството обаче смяташе, че нищо няма да излезе от тези опити, правени още преди десетилетия, и наложи друга тема за работа.

Бухнер от своя страна потърси други университети. Той отиде в Кил, после в Тюбинген и накрая през лятната ваканция на 1896 г. успя да проведе своите експерименти в лабораторията на брат си Ханс, известен бактериолог от Хигиенния институт в Мюнхен. Бухнер смесваше дрождите с кварцов пясък и след разтърсване успяваше да разрушат клетките. Той създаде метод за филтриране на фината хомогенна маса под голямо налягане. Така бе получен сок от дрожди с голяма ферментативна сила. В него нямаше нито частица живо вещество и въпреки това захарта се разграждаше.

Тези сполучливи опити, завършени през 1897 г., поставиха началото на съвременната ензимология. Едуард Бухнер получи през 1907 г. Нобеловата награда по химия за откриването на безклетъчната ферментация. След неговите изследвания сложните биокатализатори, наречени от известния биохимик Вили Кюне ензими, можеха да се изучават с методите на химията.

Опитите на Бухнер бяха разширени и модифицирани от Артър Хардън. В началото на века бе известно, че ензимите се инактивират при загряване. В 1906 г. Хардън и Йънг проведоха интересен експеримент. Към сок от дрожди те добавиха сок от варени дрожди. Ферментацията рязко се засили. Това наведе изследователите на мисълта, че ензимът се състои от две вещества, едното от които е термоустойчиво. Бухнер бе нарекъл открития от него ензим зимаза, от гръцкото име на дрождите. Хардън въведе понятието козимаза, с което обозначаваше устойчивия компонент на ензима.

Разработването на метода на ултрафилтрация през желатинов филтър даде нови възможности на изследователите. С негова помощ Хардън успя да раздели зимазата на съставните ѝ части. През филтъра

преминаваше само коензимът, който се оказа нискомолекулно вещество. Хардън установи, че в разлагането на захарта някаква роля играе фосфорната киселина, която се съединява с молекулите, образувайки глукозодифосфат. Той бе уловил един елемент от биологичното разграждане на въглехидратите.

По-нататъшните изследвания са свързани с дейността на шведския учен от немски произход Ханс фон Ойлер-Хелпин. В 1906 г. той започна своите изследвания над ензимите заедно с Карл Мюрбек. След продължителни експерименти, прилагайки метода на Хардън за разделяне на ензим от коензим, те установиха, че козимазата е вещества от групата на нуклеотидите е молекулно тегло 490. Подробните изследвания показваха, че това е съединение на аденин с пентоза, което води до образуването на нуклеотид. Ойлер откри, че този коензим се среща и в много други биокатализатори с най-различни функции. Той даде тласък на изследването на коензимите. Те са сравнително прости вещества и разкриването на тяхната структура даде възможност да се изследват с методите на органичната химия метаболитните процеси, свързани с преноса на различни атоми.

Изследванията на Артър Хардън и Ханс фон Ойлер-Хелпин бяха свързани с много важен етап в развитието на ензимологията. Двамата учени — Ойлер от Стокхолмския университет и Хардън от Института Листър в Англия, станаха Нобелови лауреати по химия през 1929 г. за техните изследвания върху ферментацията на захарта и ферментативните ензими.

Още през миналия век редица учени се опитваха да отделят в чист вид веществата, предизвикващи биологичната катализа, за да могат да ги изследват. В 1896 г. Пекелхаринг изолира белтъчина от стомашен сок, но не успя убедително да докаже, че това е ензимът, който смила храната. Много усилия за извлечането на ензими в чиста форма хвърли Вилщетер със своите сътрудници. Те не постигнаха никакъв успех и дори Вилщетер започна да развива теорията, че ензимите не са нито белтъчини, нито въглехидрати, а някакъв нов тип вещества с неизвестна структура. Тези мъгляви научни спекулации продължиха до 1926 г., когато Джеймс Съмнър от Корнелския университет успя да получи кристали от ензима уреаза и доказа, че това е протеин. Когато през 1917 г. той си поставил тази задача, мнозина

му се смееха, но това само го караше да преследва още по-неотстъпно целта си.

По думите на самия Съмнър, той просто имал късмет с избора на ензима. Вилщетер работеше със захараза и никога не успя дори да я концентрира. Съмнър избра растителни семена, в които в голямо количество се срещаше ензимът уреаза. След няколко години експерименти той успя да получи това вещество в кристална форма, като охлаждаше и центрофугираше хомогенат от растителни клетки. Този експериментален успех никак не е малък, особено като се има предвид, че самият Съмнър е изгубил лявата си ръка още на 17-годишна възраст, че лабораторията му бе бедна, а сътрудниците малобройни.

Отначало съобщението, че е кристализиран ензим, бе посрещнато с недоверие. Постепенно обаче броят на противниците намаляваше, докато накрая и последният — Рихард Вилщетер, прие резултатите. Веднъж след като бе направен пробив, с такива опити се заеха и други учени и скоро бяха постигнати нови резултати. Вторият биохимик, който успя да получи ензими в кристална форма, беше Джет Нортроп от Принстън.

Този изследовател работеше с храносмилателни сокове. Още в края на миналия век имаше указания, че това са белтъчни вещества. Пекелхаринг почти ги беше открил. В 1920 г. Нортроп повтори експериментите му и се задълбочи в тази насока, като 10 години по-късно успя да изолира от стомашен сок пепсин в чиста форма. Впоследствие той и сътрудниците му получиха още пет други ензима, усъвършенствайки своята методика.

Това бяха забележителни открития в химията на ензимите и въобще на белтъчните молекули. Създадените методи за изолиране на тези сложни вещества, и то в кристална форма, бяха от изключително значение за техния анализ, особено с методите на рентгеновата дифракция. Връх на тези изследвания бе получаването на кристали от вируси, което направи Уендел Стенли в 1932 г. също в Принстън.

Вирусите бяха открити от руския учен Дмитрий Ивановски в 1892 г. Шест години по-късно холандецът Бейеринк ги изследва и пръв разбира, че това е някакъв нов тип причинители на заболявания с изключително малки размери и невидими в микроскоп. Откритието на Уендел Стенли, че те могат да кристализират, потвърждаваше

белъчната им природа и междинното положение между живия и неживия свят.

Резултатите на тримата учени получиха в 30-те години признание в цял свят. През 1946 г. те бяха удостоенни с Нобеловата награда по химия. Половината бе дадена на Джеймс Съмнър за откритието, че ензимите кристализират, а другата половина бе разделена между Джон Нортроп за изолирането на ензими в чист вид и Уендел Стенли за получаването на кристали от вируси.

Изследванията върху коензимите показваха, че много от тях са нуклеотиди. Тези вещества са комплекс от три съединения, свързани помежду си — фосфорна киселина, захар (рибоза или дезоксирибоза) и една от т. нар. азотни бази (пръстеновидни съединения, които имат в състава си азот).

Когато английският учен Александър Тод се зае с нуклеотидите през 40-те години, техният състав беше в общи линии известен, но не беше ясно как се свързват помежду си различните субструктури. Едно откритие на Кон през 1949 г., даде указание за мястото върху петатомния пръстен на захарта, където се захващат другите съединения. Тод доразработи тези идеи и можа съвсем точно да определи структурата на нуклеотидите. Освен че беше изключително важен за ензимологията, този резултат даде възможност на Крик, Уотсън и други изследователи да работят над структурата на ДНК.

Александър Тод е известен и със своите изследвания върху витамините и редица други природни вещества с биологично значение. Той започна научната си кариера с опити върху растителните пигменти антоциани при Робинсън в началото на 30-те години. Най-известни са обаче изследванията му върху нуклеотидите и нуклеотид-коензимите, за което бе удостоен с Нобелова награда през 1957 г.

През 50-те години в Рокфелеровия университет в Ню Йорк работеха двама изследователи, чиито имена са неразделни за биохимиците. Това са Станфорд Мур и Уилиам Стейн. Те направиха големи открития в изследването на структурата на ензимите.

Биокатализаторите са белъчни тела и тяхното изследване е част от химията на протеините. В тази област голям е приносът на Емил Фишер, който установи как се свързват аминокиселините, градивните частици на белъчните молекули. Английският учен Фредерик Санджър създаде през 50-те години метод за определяне на

аминокиселинната последователност в белтъчините. Така той определи структурата на хормона инсулин, за което получи Нобелова награда по химия през 1958 г. По същото време Мур и Стейн усъвършенствуваха метода, като създадоха автоматизиран апарат за изследване на полипептидните вериги, от които са изградени белтъчините.

Към 1960 г. двамата изследователи успяха да определят първичната структура, т.е. подреждането на аминокиселините в панкреатичната рибонуклеаза. Успоредно с това те усъвършенствуваха своята методика, доразвивайки метода на Санджър. Изследваните белтъчни молекули се разделяха на фрагменти с помощта на ензими. На биохимиците е добре известно, че различните ензими разкъсват молекулите в различни точки. Получаваше се набор от белтъчни фрагменти, които се изолират с йонообменни смоли и се анализират. Тези фрагменти частично се припокриват и това дава възможност при тяхното съпоставяне да се определи общата последователност на аминокиселините.

Стейн и Мур продължиха изследванията и върху други ензими, установявайки тяхната първична структура. Успоредно с тях работеше и Кристиан Анфинсен, който изучаваше връзката между първичната структура — подреждането на аминокиселините във вериги, и третичната структура — пространственото разположение на тези вериги. Тук трябва да се отбележи, че вторичната структура бе изследвана от Полинг в края на 40-те години. Той установи, че няколко полипептидни вериги се усукват, образувайки различни спирали. Спиралните нишки от своя страна също, се деформират по определен начин, изграждайки третичната структура.

Именно с този най-общ строеж на белтъчната молекула, който определя нейната форма и функция, се зае Кристиан Анфинсен от Националния институт по здравеопазването в Бетезда край Вашингтон. Неговите изследвания показаха, че при денатурация на белтъка, когато той се разпада на отделни полипептидни вериги, е възможно спонтанното възстановяване на пространствената структура. Разбира се, това става при положение, че самите вериги не са повредени. Тези резултати доведоха Анфинсен до извода, че първичната структура на белтъка съдържа цялата информация за пространствения строеж на молекулата. Това беше много важен извод

за химиците. Той означаваше, че е достатъчно само да се подредят правилно аминокиселините във верига, за да се синтезира белъчна молекула, която по нищо не се отличава от естествената.

Наред с тези теоретични приноси Анфинсен има големи успехи в усъвършенстването на биохимичната методика. По-специално той модифицира метода на хроматографията на ензимите, като въведе т. нар. „афинна“ хроматография. При нея се използва сродството или, както се казва още, афинитетът на различните ензими, намиращи се в смесено състояние.

Изследванията на Стейн, Мур и Анфинсен оказаха голямо влияние върху развитието на химията на белъчините и особено върху изследването на ензимите, които са сред най-интересните белъчни молекули. Това ги направи Нобелови лауреати по химия през 1972 г. Те бяха наградени за фундаментални приноси в химията на ензимите.

XI

ФОТОСИНТЕЗА

В средата на 18 век учените откриха, че процесите на горене, окисление и дишане са свързани с изразходването на кислород от въздуха. Възникна тревожният въпрос няма ли един ден този живителен газ да се свърши. Това е може би един от първите случаи, когато научно откритие е предвещавало опасност за света. Впоследствие имаше и други такива ситуации, но за щастие всеки път се оказващо, че пессимистичните прогнози са резултат на ограничени познания. Така излезе и в 70-те години на 18 век, след като Джозеф Пристли поставил известните си експерименти върху фотосинтезата.

В своето научно съобщение от 1771 г. той обяви, че зелени растения, поставени на светлина, възстановяват въздуха, „развален“ от дишането на животни или от горенето. Пристли бе открил кръговрата на кислорода — неговото свързване във въглероден двуокис от животните и възстановяването му до свободен кислород от растенията. Човечеството можеше да си отдъхне спокойно.

В 1818 г. френските учени П. Пелтие и Ж. Каванту изолираха от листа на растения зелен пигмент, на който дадоха името хлорофил, от гръцките думи хлорос — зелен, и филон — лист. Великият Берцелиус не оставил без внимание и този въпрос и през 1837 г. се опита да научи нещо за хлорофила, като го третираше със силни киселини и основи. В 1864 г. английският учен Стоукс установи, че зеленият растителен пигмент е смес от различни вещества. Този въпрос бе разработен най-пълно от руския учен Михаил Цвет с помощта на създадения от него забележителен метод за изследване — хроматографията.

Един от първите, постигнали сериозни успехи в химическото изследване на хлорофила, бе Рихард Вилщетер. Като начало той създаде методи за извлечането на този растителен пигмент в големи количества, без да се уврежда молекулата. За разлика от Берцелиус, Вилщетер изследваше хлорофила в меки условия с реагенти, които постепенно отцепваха различни части от сложното съединение и така разкриваха структурата. Той потвърди предположенията, че хлорофилът е родствен по строеж на хемоглобина от кръвта, но

същевременно посочи, че в центъра на растителния пигмент стои магнезий, а не желязо, както е при хемоглобина.

Рихард Вилщетер извърши пробив в изследването на хлорофила, създавайки основата за пълното разкриване на неговата структура. За своите изследвания върху растителните пигменти и по-специално върху хлорофила той стана Нобелов лауреат по химия за 1915 г.

Вилщетер посочи, че и хлорофилът, и хемоглобинът са от групата на порфириите. По-нататъшни уточнения за тяхната структура даде Ханс Фишер. Всъщност той започна с експерименти върху хемоглобина и по-специално т. нар. хемин, който е небелтъчната част на молекулата, по-нататък той изследва цяла група пигменти, които имат все същата порфирина структура, подобна на хемина и хлорофила. Разграждайки тези молекули по различен начин, Фишер стигна до определени изводи за техния строеж. За да ги докаже, той прибягна до класическото средство на органичната химия — реши да ги синтезира.

Това беше доста трудна задача. Наложи се за целта Ханс Фишер да развие цял раздел от органичната химия — химията на пиролите. Това са съединения с пръстенообразна молекула, съставена от 4 въглеродни и 1 азотен атом. Фишер доказа, че 4 пиролови ядра изграждат порфина — изходното съединение за всички порфирини. В центъра на тази пръстеновидна структура при хемина има атом желязо, а при хлорофила — магнезий.

Постиженията на Ханс Фишер бяха блестящ пример за майсторство в химичния анализ и синтез. Те го направиха Нобелов лауреат по химия за 1930 г.

Към порфириновото ядро в хлорофила се свързват и други молекули, които дооформят неговите физични и химични свойства. Още през 30-те години Фишер се опита да синтезира цялата молекула, но успех постигнаха едва в 1960 г. неговите ученици М. Щрел, А. Калоянов и Г. Колер. Едновременно с тях синтез на хлорофила осъществи и американският химик Роберт Бърнс Удуърд, Нобеловият лауреат по химия за 1965 г.

След успехите в първите десетилетия на нашия век в изучаването на фотосинтезата настъпи застой. Okaza се, че класическите химични методи не могат да дадат повече информация. Учените чувствуваха, че фотосинтезата е серия от бързо протичащи

реакции, но не можеха да намерят начин за изучаването им. Едва през 40-те години бяха създадени нови методи, които издигнаха изследването на фотосинтезата на нов етап. Голяма заслуга за това развитие има американският биохимик Мелвин Калвин.

През 1935 г., по време на специализация в Манчестерския университет, Калвин се запозна с металпорфириите, към които спадат хеминът и хлорофилът. След завръщането си той започна работа в Калифорнийския университет в Бъркли. Там проф. Джилбърт Луис го наಸърчи да продължи изучаването на порфириите, започнати в Манчестер при Майкъл Полани. На Калвин помогна щастливото обстоятелство, че Бъркли бе център на изследванията по радиохимия.

В 1940 г. Самуел Рубен и Мартин Камен откриха радиоактивния въглерод-14. Скоро след това този елемент започна да се прилага широко като маркер за изследване на биохимичните реакции. Калвин, който вече беше навлязъл в изследвания на фотосинтезата, реши да използва този метод в новосъздадената радиационна лаборатория, на която стана директор през 1946 г. Там той проведе своите експерименти, използвайки като обект знаменитите зелени водорасли от рода Хлорела.

Мелвин Калвин поставяше водораслите в специален съд и ги осветяваше с лампа за време от 1 до 30 сек. В същия момент през водата се пускаше въглероден двуокис, белязан с въглерод-14. Под действие на светлината този елемент веднага се включва във фотосинтетичната верига. След изтичане на контролното време резервоарът с водораслите се отваряше и те падаха в съд с алкохол, което веднага ги убиваше. По този начин се фиксираха различните етапи от фотосинтезата.

Оставаше да се реши следващата задача — да се открие в какви съединения се е включил белязаният въглерод. За тази цел бе използвана хартиената хроматография. Тъй като въглерод-14 непрекъснато излъчва радиация, хроматографският лист, допрян до фотоплака, дава изображение върху нея. Така е лесно да се види как различните вещества са се разделили и те могат да бъдат изолирани в чист вид за анализ. С този оригинален метод Мелвин Калвин показва, че въглеродният двуокис се фиксира към фосфоглицеринова киселина. Това бе забележително откритие. Okaza се, че въглеродът просто се присъединява към едно от известните вече звена в метаболитната

верига на въглехидратите и по този начин влиза в състава на глюкозата и други по-сложни захари.

За това голямо постижение — разкриването на механизма на асимилацията на въглероден двуокис от растенията, Мелвин Калвин получи Нобеловата награда по химия през 1961 г. Той бе тогава 50-годишен и в разцвета на силите си. Проф. Калвин продължава плодотворно да работи в тази изключително важна за човечеството област. Овладяването на тайната на фотосинтезата ще окаже голямо влияние върху земеделието. Растенията усвояват по-малко от един процент от падащата върху тях светлина. Има данни, че тяхната ефективност може многократно да се повиши. Това би означавало колосална революция в добивите. Освен това биха се създали възможности за възникването на „зелена енергетика“ — използването на биомаса като гориво.

Въпреки целия прогрес на человека зелените растения продължават да са основата на неговото съществуване. Но често проблемът в земеделието е не само да се получи реколта. Необходимо е тя да се съхранява и използва по най-рационален начин.

През гладната следвоенна 1945 г. Нобеловата награда по химия бе дадена на финландеца Артури Илмари Виртанен за създадения от него метод за консервиране на зелени фуражи. Този метод беше много ефективен и даваше възможност за неколкократно увеличение на производството на фуражи, особено в северните страни.

Виртанен се насочи към този проблем още през 20-те години, когато като млад учен беше на специализация в Цюрих. Там той се запозна с изследванията на Г. Вигнер върху загубите на хранителни вещества при консервирането на зелената маса. Okaza се, че тези загуби са много големи, като достигат до 50% от белъчното и витаминно съдържание. Ценните хранителни вещества изчезват, когато сеното се суши или зелената маса се складира и в нея започват нежелателни биохимични процеси.

След като проведе експерименти, Виртанен разработи в 1928 г. прост метод за консервиране на прясно окосени треви е добавка от солна и сърна киселина. Това спираше почти напълно процесите на дишане в растителната маса, които водят до разграждането на хранителни вещества. Прекратяваха се и различните ферментации, предизвикани от микроорганизми. Необходимо бе само да се спазва

дозата при добавянето на киселините, за да се постигне почти стопроцентно запазване на белтъчините и витамините.

Методът на Виртанен имаше и това предимство, че окосената зелена маса може да се прибира веднага. В северните страни сеното съхне бавно и често се поврежда от дъждовете. Освен това то заема неоправдано дълго земеделските площи. Бързото прибиране на зелената маса даде възможност да се получават по две-три реколти годишно при високо качество на фуражта. Тази технология намери широко приложение през 30-те години и даде възможност на редица страни да задоволят потребностите на своето животновъдство без внос от други страни. По време на войната, когато международната търговия бе прекратена, това се оказа от жизнена важност и няма нищо чудно, че Артури Виртанен стана първият следвоенен лауреат на Нобелова награда по химия. Той е един от неколцината Нобелови лауреати, чиито открития са допринесли пряко за решаването на продоволствените проблеми на човечеството.

БИОЕНЕРГЕТИКА

В началото на века шведският изследовател Бликс, използвайки термоелектричния ефект, създаде прецизна апаратура за измерване на отделянето на топлина от организмите. Тази техника бе усъвършенствана от английския учен Арчибалд Вивиан Хил от Кембриджкия университет. Неговият термогалванометър измерваше промени в температурата от порядъка на една хилядна от градуса за една стотна от секундата. С този прибор бяха открити интересни явления при мускулното съкращение.

Хил установи, че при самото съкращение се отделя само част от топлината, която съществува превръщането на химичната енергия в организма. Останалата част, която може да бъде повече от половината, се отделя няколко минути по-късно. Цялата тази топлина е резултат от работата на мускула като термодинамична машина. Неговият коефициент на полезно действие е около 20–30 процента, като останалата част от енергията се разсейва под формата на топлина.

Английският изследовател провери и зависимостта на мускулното съкращение от кислорода. Okaza се, че през първия етап кислородът не е необходим, докато през втория от него зависи дали ще се отдели допълнителна топлина или не. Когато в камерата се пускаше азот и жабешкият мускул от препарата се лишаваше от кислород, допълнителна топлина въобще не се появяваше. Тези закономерности, свързани с фазите на действие и възстановяване в работата на мускула, се оказаха много полезни за биохимиците, тъй като им посочиха пътя за изследването на биоенергетичните реакции и интерпретацията на данните. Те бяха важни и за термодинамиката на мускулите, защото изучаването на термичните ефекти позволи да се правят конкретни изследвания за работата на тези живи машини.

В 1859 г. френският учен Дюбоа-Реймон откри в мускулите млечна киселина. Малко преди това той бе получил от Берцелиус писмо, в което шведският му колега пишеше, че е открил млечна киселина в мясо от елен, убит след упорито преследване. Тези първи

наблюдения поставиха основата на изследванията върху биохимизма на дишането и отделянето на енергия.

В началото на нашия век вече твърдо се знаеше, че при работата на мускула в него се натрупва млечна киселина. След това, при покой, тя се окислява и изчезва. Смяташе се, че това е някакъв страничен продукт от работата на мускулните клетки. Едва количествените изследвания на немския учен Ото Майерхоф разясниха картината. Най-напред той показа, че във фазата на покой, се окислява не повече от една трета от млечната киселина. Търсейки къде отива остатъкът, Майерхоф установи, че част от млечната киселина се възстановява обратно в захар и образува полизахарида гликоген, който е подобен на нишестето и играе ролята на резервоар на енергия в клетките на животните.

Така картината започна да се прояснява. През първия етап на мускулното съкращение отделянето на топлина, открито от Лил, е резултат от разпадането на гликогена до монозахарид и млечна киселина, както установи Майерхоф. При този процес се извършва трансформацията на химичната енергия в механично действие. През втория етап, когато мускулът си почива, млечната киселина отчасти се окислява, а отчасти се възстановява до гликоген. Двамата изследователи, които изследваха процесите от две страни, бяха наградени за своите открития с Нобеловата награда за физиология и медицина за 1922 г. — Майерхоф за изучаване на процесите на поглъщане на кислород и метаболизма на млечната киселина в мускула, а Хил за изследване на отделянето на топлина.

В нормални условия глюкозата и кислородът никога няма да реагират. При наличието на подходящи ензими обаче доста бързо захарта се превръща във въглероден двуокис и вода. Изучаването на тези биокатализатори е едно от големите постижения на известния биохимик Ото Варбург, работил в Хайделберг и в Института „Кайзер Вилхелм“ в Берлин — Далем. Тъй като ензимите се срещат в нищожни концентрации, той използваше за тяхното изследване индиректни методи, свързани предимно със спектроскопията.

Още в 80-те години на миналия век Макмън със спектроскопични методи откри в някои тъкани неизвестно вещество, което поглъщаше кислорода и показваше същите спектрални линии като хемоглобина. От това бе направен изводът, че в тъканите се

съдържа ензим, подобен на него. Значението на тези открития бе разбрано едва през 20-те години, когато Ото Варбург се зае с клетъчното дишане. Той отново приложи спектроскопията и повторно откри сходството с хемоглобина. Това го доведе до извода, че дихателният ензим в своята белъчна молекула има също порфириново ядро с един атом желязо, който улавя кислорода.

Тези дихателни ензими, забелязани по техния спектър, бяха наречени цитохроми — клетъчни цветове. За това откритие Ото Варбург получи през 1931 г. Нобеловата награда по физиология и медицина. Продължавайки да работи в тази област, на следващата година Варбург, заедно със своя сътрудник В. Кристиан, откри нов дихателен ензим с жълт цвят, който бе наречен flavin. Okaza се, че това е първият представител на голямата група на flavinите — ензими, които не съдържат желязо и образуват дихателна верига, заедно с цитохромите.

През същата 1932 г. унгарският химик Алберт Сент-Гьорги реши да се заеме с тези „жълти“ ензими в своята лаборатория в Сегед. За разлика от мнозина учени, които изследваха окислителните процеси, той се насочи към ензимите, активиращи и транспортиращи водорода. За тези експерименти голямо влияние оказаха наблюденията на Хайнрих Виланд за въздействието на паладия върху някои органични вещества. Той откри, че влизайки в допир с този метал, съединенията губят водород, което се равнява на частично окисляване. Това много впечатли биохимиците и те се заеха да търсят ензими с подобно действие. Скоро бяха открити дехидрогеназите, които отнемат водород от молекулите.

Така картината започна да се събира в едно цяло. По линията на цитохромите — „червените“ ензими, се движки кислородът, а от другата посока дехидрогеназите доставят водорода. Така стъпало след стъпало се извършва окисляването на веществата и енергията се отделя постепенно. Тези изследвания показваха връзката между ензими и витамини. Съставна част на жълтите ензими се оказа рибофлавинът — витамин B_2 . Това откритие бе направено от Рихард Кун и Паул Карер. Самият Сент-Гьорги се зае с пипера, който винаги се е произвеждал в голямо количество около Сегед, и в знаменитата унгарска паприка откри богат източник на витамин C. Okaza се, че този витамин също участвува в процесите на пренос на водорода.

Един обичаен метод на работа за биохимиците е стриването на живите тъкани и получаването на хомогенна маса, в която се изследват биохимичните реакции. При такива опити над хомогенат от мускулна тъкан редица учени, между които и Сент-Гьорги, откриха, че при добавянето на янтарна, фумарова, ябълчна и оксалоцетна киселина дихателните процеси се засилват. Почти по същото време, в началото на 30-те години, шведският химик Т. Тунберг откри ензимите — дехидрогенази на тези киселини. Стана ясно, че киселините имат някакво катализитично действие и са звена от веригата на окислението, при което се отделя енергия. В тези открития решаваща е заслугата на унгарския учен Алберт Сент-Гьорги фон Награполт, който получи в 1937 г. Нобеловата награда по медицина и физиология за постиженията си във връзка с процесите на биологичното горене и особено за витамин С и катализата на фумаровата киселина.

Скоро след това английският биохимик Ханс Кребс установи, че този „ефект на Сент-Гьорги“, наблюдаван при добавяне на фумарова киселина към хомогенат от клетки, може да се получи и с две други органични киселини — кетоглутаратовата и пироглутатната. В началото това само задълбочи хаоса от реакции, които биохимиците не можеха да обяснят. Пръв сред тях обаче Ханс Кребс се досети, че всички тези органични киселини са звена от една верига, която окислява органичните вещества до въглероден двуокис и вода. Той предложи следната схема за постепенното окисление на органичните вещества.

Отначало към оксалоцетната киселина се добавя съединение с два въглеродни атома и се образува трикарбоновата лимонена киселина, която под действието на различни ензими се превръща в други подобни органични киселини. На всеки етап се отделя вода, водород или въглероден двуокис, като енергията на активирания водород се включва в макроергичните връзки на аденоцитофосфата (АТФ) — универсалния резервоар на енергия в живите организми. Ханс Кребс предложи този цикъл на трикарбоновите киселини в 1937 г. и отначало бе обект на доста критики. Постепенно обаче все повече учени оценяваха как с тази идея изведнъж се получава забележителна подреденост в известните тогава реакции.

Едно звено липсваше в цялата верига и това смущаваше много биохимиците. Не беше ясно как се въвежда двувъглеродното съединение. С този въпрос се зае Фриц Липман, също възпитаник на

известния институт в Берлин — Далем, който през 1939 г. се премести в Корнелското медицинско училище — Ню Йорк. Той развиваше теорията, че в цикъла на Кребс се въвежда ацетилфосфат, но това не се връзваше с експерименталните данни и учените все повече губеха надежда, че реалното съществуване на тази хубава теория ще бъде доказано. Тъкмо когато повечето изследователи бяха готови въобще да изоставят идеята, Фриц Липман и неговите сътрудници откриха вещество, устойчиво на нагряване и със сравнително малко молекулно тегло. Това показваше, че веществото е коензим. Той бе означен с буквата А.

Коензим А се оказа липсващото звено от веригата. По своята структура той е близък до витамините от групата В. Неговата задача е да улови ацетилния остатък от пирогроздената киселина и да го съедини с оксалоцетната, при което се образува лимонената киселина — първото звено от цикъла на Кребс. Следват описаните вече процеси на бавно окисляване, при които от първоначалния въглероден скелет на пирогроздената киселина се образуват три молекули въглероден двуокис и пет двойни активирани водородни атоми, които се използват за енергетични нужди. Накрая на цикъла се образува отново оксалоцетна киселина, към която коензим А подава нова молекула пирогроздена киселина. Така се върти този конвейер и според нуждите на организма произвежда богати на енергия вещества или съединения, необходими за изграждането на макромолекулите. Решаваща заслуга в неговото откриване имаха Ханс Кребс и Фриц Липман. Това ги направи Нобелови лауреати по медицина и физиология за 1953 г. — Кребс за цикъла на лимонената киселина, а Липман за откриването на коензим А и неговото значение за междинния метаболизъм.

Пирогроздената киселина, която влиза в цикъла на Кребс, е резултат от гликолизата — анаеробното разграждане на въглехидратите. При този процес молекулата на глюкозата се фосфорилира, т.е. съединява се с фосфорна киселина и впоследствие се разцепва на две. От шестатомния пръстен се получават две съединения с три въглеродни атома, които след различни преобразования довеждат до пирогроздената киселина. Ако тя не влезе в цикъла на Кребс, от нея се образува млечна киселина или други вещества. Голямата заслуга на Ханс Кребс е, че успя да обедини в едно тези вериги.

Организмът има различни резервоари на енергия. Наред с АТФ, който се използва за непосредствени нужди, има и по-дълготрайни запаси във вид на добре известните на всички мастни тъкани. Освен тях като източник на енергия се използват полизахариди: в растенията — нишесте, а в животните — гликоген, които са близки по структура. Това са биополимери, изградени от голям брой глюкозни молекули. Съпрузите Карл и Герти Кори проучиха подробно процеса на разграждане на гликогена и което е по-важно, откриха ензимите, катализиращи реакциите на разграждане и синтез. Те установиха, че глюкозните молекули се отцепват, като се фосфорилират. Полученият глюкозо-1-фосфат отива по-нататък по линията на анаеробното разпадане, което води до пирогроздената киселина и цикъла на Кребс.

За своите открития във връзка с разграждането и синтеза на гликогена Карл Фердинанд и Герти Тереза Кори станаха Нобелови лауреати по медицина и физиология през 1947 г. Заедно с тях бе награден и аржентинският учен Бернардо Усай, работил върху хормоналната регулация на процеса.

Всички тези реакции стават единствено поради действието на подходящи ензими. Така смяташе още великият Йонс Берцелиус през 19 век. Случи се така, че един негов сътешественик, завършил същото училище в Линчопинг 124 г. по-късно, получи конкретни данни в тази насока. Това бе Хуго Теорел, ръководител на отдела по биохимия към Нобеловия медицински институт. През 1953 г. професорите от Каролинския институт имаха особеното удоволствие да дадат наградата по медицина и физиология на своя колега за големите му постижения в изследването на природата и механизма на действие на окислителните ензими. Варбург наричаше този свой способен ученик „майстор на ензимните изследвания“.

Изследванията на Хуго Теорел са свързани с цитохромите — ензимите от „червената система“, и flavопротеидите от „жълтата система“. Цитохромите активират кислорода, докато жълтите ензими, които са дехидрогенази, транспортират водорода. Тези два елемента накрая се срещат, като се образува вода и окислението завършва.

През 30-те години съветските биохимици В. А. Енгелхарт и В. А. Белицер показваха, че натрупването на полезна енергия в клетката е резултат на две реакции. При първата хранителните вещества се окисляват и се отделя енергия. Успоредно с това се синтезира

аденозинтрифосфорна киселина, което погълща енергия. Полученият аденоzinтрифосфат има забележителното свойство да се транспортира лесно и да отделя енергията, където е необходимо. Той решава едновременно проблемите с пренасянето и складирането на енергията.

В 1949 г. американският биохимик А. Ленинджър свърза тези резултати с данните на цитологията. Той показва, че това окислително фосфорилиране се извършва в митохондриите. Тези клетъчни образувания имат удължена форма и са отделени с мембрана от клетъчната плазма. В началото на 60-те години стана ясно, че от вътрешната страна на митохондриалната мембрана се намират дихателните ензими. По това време един сътрудник на катедрата по зоология в Единбургския университет публикува в сп. „Нейчър“ малка статия, в която изказваше своите идеи за значението на мембраните за тези биохимични реакции. Той се казваше Питър Митчел и скоро след това се оттегли от университета, за да започне самостоятелни изследвания.

През 1966 г. Митчел, вече ръководител на собствена лаборатория с един щатен сътрудник, се зае отново с фундаменталната наука и установи, че никой не е обърнал внимание на статията му от 1961 г. Тогава той реши да изложи подробно възгледите си и написа книга, в която развиващ теорията, че химичната енергия, отделяща се при окислението в митохондриите, се превръща отначало в електрична енергия, проявяваща се като мембрлен потенциал. След това електричната енергия отново се превръща в химична, този път под формата на АТФ. Тези възгледи станаха известни под названието „хемиосмотична теория за окислителното фосфорилиране“.

За съжаление нито един издател не се нае да отпечата книгата на Митчел и тогава в лабораторията бе докарана печатарска машина и ръкописът бе размножен и изпратен на биохимиците по света. Резултатът бе ожесточена критика от всички посоки. Времето обаче работеше в полза на Митчел. Подробните изследвания с най-различни методи разкриха фината структура на митохондриалната мембрана и потвърдиха, че в нея има верига от ензими — преносители на електрони. Други експерименти директно уловиха разликата в потенциалите между външната и вътрешната страна на мембраните и протичането на ток. Оригиналната идея на Питър Митчел се потвърди. Някои учени смятат, че той е накарал биохимиците да мислят по нов

начин. Вече не е достатъчно да се знае каква е последователността на биохимичните реакции. Трябва, да се изследва и тяхната пространствена организация.

Този самотен изследовател, с една-единствена сътрудничка вероятно най-много би възхитил Алфред Нобел, който също е бил винаги сам в изследванията си. За своята хемиосмотична теория, която изведе на нов етап биоенергетиката, Питър Митчел получи Нобеловата награда по химия за 1978 г. Паричното възнаграждение и последвалата слава се отразиха доста добре на малката му лаборатория.

XII

НАЧАЛО НА ГЕНЕТИКАТА

През 18 век, с развитието на съвременното естествознание, вниманието на изследователите бе привлечено от тайнствените процеси на размножението и сътворението на новия живот. Оттогава датират и първите научни експерименти по хибридизиране на различни организми. Един от пионерите в тази област е английският селекционер Томас Ендрю Найт. Кръстосвайки различни растения, той обърна внимание, че всеки сорт има свой собствен комплекс от признания. В хибридите тези особености не се губят, а се унаследяват в различни комбинации. Така в началото на 19 век Найт стигна до концепцията за елементарните наследствени признаци, които сто години по-късно щяха да бъдат наречени гени.

В историята на генетиката след Найт обикновено се споменават френските изследователи Огюстен Сажре и Шарл Ноден. Най-важното откритие на Сажре е установяването на явлението доминантност. При кръстосване на различни сортове в хибридите често се проявяват признаците само на единия родител. В следващите поколения обаче могат да се проявят потиснатите признаци на другия родител. Това показваше, че елементарните наследствени белези не се губят при кръстосването. В 1852 г. Ноден предприе експерименти за количествено изследване на разпределението на наследствените признаци при кръстосване. Но и той работеше, също като Сажре, с растения, които бяха малко подходящи за такъв анализ. Работата на тези двама изследователи, както и на други учени, подготви почвата за разкриването на важни генетични закономерности. Необходима бе обаче правилна постановка на въпросите и точно формулиране на експеримента, за да се получат ясни резултати.

Това направи чешкият изследовател-аматьор Грегор Мендел със своите опити, проведени в Бърно между 1856 и 1863 г. Още от самото начало неговата работа се отличаваше с много точно планиране. Най-напред Мендел избра извънредно удачен обект за изследване — обикновения грах. След това, за разлика от Ноден, той съсредоточи вниманието си върху минимален брой признаци. Така след няколко

години експерименти Мендел откри правилото за доминиране в първото поколение, отбелязано още от Сажре, независимото разпределение на признаките в следващите поколения и тяхното количествено съотношение.

Мендел бе изпреварил развитието на науката с десетилетия. През 60-те години на 19 век за наследствеността и унаследяването се измисляха най-фантастични теории. Единствено изследователите, които изучаваха процесите на размножение, стъпка по стъпка се приближаваха към истината, макар и от друга посока. В 1875 г. Ото Хертвиг обясни оплождането като съединяване на две клетки. Обобщавайки изследванията на клетъчното делене, Аугуст Вайсман обяви ядрата за носители на наследствените свойства. Изучаването на хромозомите даваше идея как могат да се разпределят наследствените фактори между двете клетки. Тези „цветни телца“ в клетъчното ядро бяха открити от Шнайдер в 1873 г. Скоро стана ясно, че техният брой е постоянен за всеки определен вид растение или животно. В 1883 г. Ван Бенеден забеляза, че в половите клетки те са два пъти по-малко. Когато се съединят, се получава двойният набор хромозоми, характерен за възрастните индивиди. Така в началото на нашия век ембриологията и цитологията бяха създала добра база за изследването на материалните носители на наследствеността. Оставаше само да бъде преоткрита генетиката. Това направиха Карл Коренс, Хуго де Фриз и Ерих фон Чермак, съответно в Германия, Холандия и Австрия.

Тримата учени публикуваха в 1900 г., независимо един от друг, своите резултати за кръстосването на растения. Чермак откри забравената работа на Мендел и тя бе отпечатана отново в 1901 г. Скоро след това двама цитолози — Сътън и Бовери, показваха, че законите на Мендел много добре се обясняват от разпределението на хромозомите при клетъчното делене. Така бавно набираше темп хромозомната теория за наследствеността.

Раждането на генетиката през първото десетилетие на нашия век бе доста бурно. Класическият генетичен анализ още не беше разработен и в изследването на наследствеността продължаваше да доминира английската биометрична школа. Нейните представители умело си служеха с математическата статистика, но малко се интересуваха от биологичната страна на въпроса. Тези учени търсеха средните стойности на количествените признания и техните вариации.

Много по-късно се разбра, че тези признания се определят от голям брой гени и техният анализ е много труден с методите на класическата генетика. В 1908 г. обаче това не беше известно и Карл Пирсън, основателят на биометричната школа в Англия, заяви, че няма окончателно доказателство за приложимостта на менделизма към някоя от съществуващите форми на живот. По същото време имаше проблеми и в други области. В 1906 г. Бейтсън и Пънет изследваха двойки признания и установиха, че те не се разпределят, както го изискват правилата на Мендел. Младата наука генетика бе изпаднала в криза.

Тези противоречия бяха всъщност началото на ново откритие. Необходим беше подходящ човек, за да бъде направено то. Това се оказа цитологът Томас Хънт Морган, професор по експериментална зоология от Колумбийския университет в Ню Йорк. Той успя да направи синтез между данните на статистиката и клетъчните процеси. Морган се зае с експерименти в генетиката през 1909 г., като най-напред тръгна сред колегите си от университета да търси малко същество, което бързо да се размножава на ограничено пространство и при ограничени средства. Оказа се, че на тези условия отлично отговаря широко разпространената винена муха. Нейното латинско име е Дрозофila меланогастер — напълно подходящо за бъдеща знаменитост.

Малката лаборатория на Морган, наречена „дрозофилната стая“, скоро бе задръстена с бутилки от мляко, лабораторни колби, епруветки и други такива неща. Поставена в такъв съд, двойка дрозофили има нужда само от парченце банан за пълното си щастие и след 12 дни дава потомство от 1000 индивида. С малко етер те лесно се упояват, след което могат да бъдат сортирани с акварелна четка. Морфологията на дрозофилата е извънредно богата и предлага голямо разнообразие от форми на власинки, крилца, антени, цвет на очи и други подобни, което я прави идеален обект за генетиката.

Изследвайки разпределението на признанията, Морган се сблъска със същото „взаимно привличане на гените“, забелязано от Бейтсън и Пънет в 1906 г. Установи се, че наследствените белези на дрозофилата се разпределят в три групи, които се унаследяват като цяло, свързани едни с други. Морган нарече този феномен „скачване на гените“. Като цитолог той много добре знаеше, че в клетките на дрозофилата има

три големи хромозоми. Наред с тях има и една четвърта, малка хромозома. Няколко години по-късно, в 1914 г., Херман Мълтър, който работеше тогава при Морган, откри и четвърта група гени, наистина твърде малобройна.

Така Морган установи, че гените действително се намират в хромозомите. Това откритие бе много добър отговор на противоречието, установено от Бейтсън и Пънет. Скоро обаче се появиха нови проблеми. Гени, за които се знаеше, че са в една група, в следващите поколения изведнъж се оказваха в различни групи. Морган предположи, че се извършва обмен на генетичен материал между различните хромозоми. Той дори успя да види това под микроскоп. Двете хромозоми се доближават и се прекръстосват, като си обменят фрагменти. Този процес бе наречен кросинговер.

Морган си представяше гените наредени по дълбината на хромозомата като зърнца от мъниста. Експерименталните данни го доведоха до забележителната идея за създаването на генетични карти. Очевидно колкото са по-раздалечени два гена, толкова е по-голяма вероятността нишката между тях да се прекъсне и да се рекомбинира по друг начин. С помощта на просто изчисляване на процента на кросинговер стана възможно да се установи относителното разстояние между гените в хромозомата. Впоследствие бе въведена дори мерната единица „морган“, която отговаря на един процент кросинговер.

Забележителните открития на Томас Хънт Морган дадоха огромен тласък на генетиката. Младата наука получи своите първи теоретични обобщения и признанието на научния свят. Един израз на това признание бе решението на професорите от Каролинския институт да се даде Нобеловата награда по физиология и медицина за 1933 г. на Морган за създадената от него хромозомна теория за наследствеността.

В опитите на Морган една нова мутация се откриваше веднъж на няколко хиляди дрозофили. С развитието на концепцията за гена стана ясно, че в основата на мутациите лежат някакви химични промени във веществото-носител на наследствената информация. Този въпрос бе изучен подробно от Херман Джозеф Мълтър, който още като студент влезе в групата на Морган. Усвоявайки до съвършенство методите за работа с дрозофили, той започна собствени изследвания върху

мутациите, техните причини и възможностите за изкуственото им получаване.

Мълър подлагаше малките мушки на различни въздействия и още в началото установи, че с повишаването на температурата расте и броят на мутациите. Той си припомни известната закономерност от химията, че топлината увеличава скоростта на реакциите, и реши да търси други, още по-силно действуващи агенти. Той започна със светлинно облъчване и накрая през 1926 г. стигна до рентгеновите лъчи. Една година преди това Г. Надсон и Г. Филипов в Съветския съюз вече бяха провели подобни опити, облъчвайки дрожди с рентгенова радиация.

Тези експерименти поставиха началото на радиобиологията. Мълър успя да постигне почти сто процента мутации в потомството, което е хиляди пъти повече от естествените случаи. Така той реализира една своя мечта от младежките си години — да се ускори процесът на еволюция, да се намери начин за намеса в него. Методът за получаване на изкуствени мутации бе веднага възприет от селекционерите. Още през 1928 г. Л. Стадлър го приложи с успех при царевицата. През 30-те години Тимофеев–Ресовски, Макс Делбрюк и други учени създадоха теорията за мишената, която обясняваше действието на радиацията.

Откритието на Мълър го направи световноизвестен учен. През 1932 г. той бе поканен на работа в Берлин, а две години по-късно в Ленинград, където работи с големия съветски генетик Николай Вавилов. До 1937 г. Мълър бе на работа в Москва, като имаше на свое разположение значителен брой сътрудници. В 1945 г. светът научи за зловещата мощ на атомното оръжие. Радиобиологията стана изведенъж извънредно актуална. И съвсем скоро, през 1946 г., Херман Мълър получи Нобеловата награда по медицина и физиология за предизвикването на мутации с рентгенови лъчи.

Хромозомната теория за наследствеността бе върховно постижение на класическата генетика. Хромозомните карти и изкуствените мутации с радиация или химични мутагени се оказаха мощно оръжие в ръцете на селекционерите. С тяхна помощ интуитивният подбор, извършван в течение на хилядолетия, се превърна в точна наука и създаването на нови сортове неимоверно се ускори. През 50-те и 60-те години бяха получени нови високодобивни

култури и ефектът от тяхното въвеждане бе толкова впечатляващ, че се заговори за „зелена революция“.

Сред хората, довели до нейното възникване, е Норман Ърнест Борлоу. През 50-те години той започна изследвания в Мексико върху нискостъблените пшеници, като направи кръстоска между японския сорт „норин“ и други известни сортове. Постепенно бяха получени хибриди с ниското стъбло на японския си предшественик и ценните качества на другите сортове. Това се оказа извънредно важно за интензификацията на земеделието. Ниското стъбло може да носи голям клас, без да поляга, и растението не изразходва енергия за образуването на вегетативна маса, която се превръща в ненужна слама.

Норман Борлоу не беше кабинетен учен. След като проведе тази блестяща селекционерска работа, той положи огромни усилия, за да бъдат внедрени новите сортове в максимално кратък срок. През 1965 г. той организира изпращането на десетки хиляди семена от Международния институт по пшеницата в Мексико за индийския субконтинент — един от районите на хроничен глад. За по-малко от пет години производството на зърно в Индия и Пакистан се увеличи два пъти.

Личните заслуги на учения, който напусна лабораторията си, за да решава проблема за глада на място, накараха Нобеловия комитет при Норвежкия стортинг да даде през 1970 г. на Норман Борлоу Нобеловата награда за мир.

ИНФОРМАЦИОННИ МОЛЕКУЛИ

В края на 1968 г.^[1] швейцарският лекар Фридрих Мишер изолира от клетъчни ядра неизвестно вещество, на което даде името нуклеин. Приблизително по същото време Грегор Мендел се мъчеше да убеди учения свят в значението на своята работа. До средата на нашия век никой не предполагаше, че тези две открития ще се окажат толкова свързани. Работата на Мендел остана забравена до 1901 г., а резултатите на Мишер бяха подробно публикувани едва след смъртта му в 1890 г. Малко преди това, в 1889 г., немският химик Р. Алтман въведе термина нуклеинови киселини.

Мишер изпрати своите резултати на известния изследовател Ф. Хопе-Зайлер за публикуване. Те бяха толкова необикновени, че този голям учен не повярва на Мишер и нареди на сътрудниците си да направят проверка. Това забави с две години излизането на статията, озаглавена „За химическия състав на гнойните клетки“, в която Мишер описваше откритието си.

В 1879 г. в лабораторията на Хопе-Зайлер пристигна Албрехт Косел. За едно десетилетие той изолира основните съставки на нуклеина — азотсъдържащите вещества аденин и гуанин, фосфорна киселина и съединения от групата на въглехидратите. Работите на Косел върху нуклеиновите киселини бяха една от причините той да получи Нобеловата награда по медицина и физиология за 1910 г.

До 40-те години на нашия век изследването на нуклеиновите киселини се разглеждаше като доста скучна работа и, общо взето, задънена улица в биохимията. Това продължи до 1944 г., когато Ейвъри, Маклеод и Маккарти установиха, че дезоксирибонуклеиновата киселина (ДНК) е носител на наследствената информация.

Това е едно от най-големите открития в съвременната биология. Неговата история започна в 1928 г., когато Грифит смеси невирулентни пневмококи с убити болесттворни микроби от същия вид. Той забеляза, че става някакво взаимодействие, в резултат на което живите микроорганизми придобиват вирулентни свойства. В 1944 г. Ейвъри и неговите сътрудници повториха този експеримент, като използваха

чиста ДНК и получиха същата трансформация. Това беше убедително доказателство, че нуклеиновата киселина носи белега за вирулентност и въобще всички наследствени белези.

Новината, че нуклеиновите киселини имат такава важна функция, веднага привлече към тях вниманието на голям брой учени. В 1948 г. с тях се зае известният английски химик Александър Тод. В продължение на 10 години той изследва подробно първичната структура на нуклеиновите киселини и установи начина, по който се свързват четирите азотни бази аденин, гуанин, цитозин, тимин (в РНК вместо тимин има урацил) с петатомния пръстен на захарта рибоза или дезоксирибоза и молекула фосфорна киселина. Комплексът от една азотна база с пентоза и фосфорна киселина се нарича нуклеотид. Тези сложни съединения, освен че изграждат нуклеиновите киселини, участват и в състава на ензимите като активни групи — коензими. За изследванията си върху нуклеотидите Александър Тод получи Нобеловата награда по химия за 1957 г.

Още в 1938 г. Астбери, авторът на термина молекулярна биология, направи със своя сътрудник Ф. Бел рентгенограми на ДНК и установи, че азотните бази в тази дълга молекула трябва да са подредени като пластинки една над друга. Едно десетилетие по-късно Чарграф показа, че общото количество на гуанина и аденина, които са от групата на пурините, е равно на количеството на цитозина и тимина от групата на пиримидините. Двата типа съединения се различават по формата и размера на своите пръстеновидни структури. Тези данни бяха много важни за работата на Френсис Хари Комптьн Крик и Джеймс Дюи Уотсън в Кавендишката лаборатория на Кембриджкия университет.

През май 1951 г. Уотсън, млад изследовател, ученик на Салвадор Луриа, се срещна в Копенхаген с Морис Уилкинс от Лондонския университет и видя неговите рентгенограми на кристали ДНК. Това силно го заинтригува и за негово щастие Луриа успя да му уреди да работи при Джон Кендрю в Кавендишката лаборатория. По онова време Перуц, Кендрю и мнозина други се занимаваха с рентгеноструктурен анализ на сложни биомолекули, използвайки методите на Бернад и Ходжкин и първите още несъвършени компютри. В Кембридж Уотсън се срещна е Френсис Крик. Двамата намериха общ език и скоро си поставиха амбициозната задача да разкрият

структурата на ДНК. През 1952 г. с този въпрос се занимаваха в Лондонския университет Розалин Франклин и Морис Уилкинс. Те имаха доста добри рентгенограми, но не беше ясно как да ги интерпретират. Редица изследователи, между които известният Полинг, се опитваха да решат този въпрос, но без особен успех.

Цялата история около разкриването на структурата на ДНК бе описана от Уотсън в неговата забележителна книга „Двойната спирала“, издадена през 1968 г. В нея той споменава за поредицата щастливи обстоятелства, помогнали на него и на Крик първи да разгадаят структурата на ДНК. Едно от тях бе тясното съседство със специалисти от други области. В разговор с химици Уотсън научи, че структурните формули, които използваша двамата с Крик, както и техните конкуренти от Лондон, са доста схематични и едва ли отговарят на истината. След като разбраха какъв е истинският строеж на пурините и пириимидините, Уотсън и Крик установиха, че те добре се свързват помежду си и ако се приеме, че молекулата на ДНК се състои от две нишки, това вече добре обясняваше и правилото на Чаргаф. Нишките трябваше да бъдат усукани, за да се запазят ъглите между различните атомни групи, и така се появи структурата на знаменитата двойна спирала, в която свързаните помежду си пурини и пириимидини са подредени като стъпалца на стълба.

Още в първото си съобщение от 1953 г. Крик и Уотсън заявиха, че двойноспиралната структура на ДНК обяснява много добре как тази молекула може да се размножава. Когато двете нишки се разделят, към тях могат да се прикрепят нови нуклеотиди и до всяка от старите нишки се образува нова, която точно ѝ съответствува. Това бе забележително откритие. За първи път бе намерена структура, която може да се самовъзпроизвежда и по този начин да осъществява основната функция на живота. Великолепните изводи на Уотсън и Крик не биха били възможни без прецизните рентгенограми на Розалин Франклин и Морис Уилкинс. Откривателите на знаменитата двойна спирала, върху която е записана информацията за живота, станаха Нобелови лауреати през 1962 г. Физиците Крик и Уилкинс и биохимикът Уотсън получиха наградата по медицина и физиология за техните открития във връзка със структурата на нуклеиновите киселини и нейното значение за преноса на информация в живото

вещество. Розалин Франклин не можа да се присъедини към тях. Тя почина в 1957 г.

Наред с химическите и физическите изследвания на нуклеиновите киселини през 40-те и 50-те години се правеха опити и за изясняване на механизма на техния биосинтез. В 1946 г. в Нюйоркския университет се срещнаха Северо Очоа, баск от Испания, и Артър Корнбърг от Бруклин и така започна едно дълго сътрудничество с плодотворни резултати. Очоа работеше с РНК от бактерии, предизвикващи оцетнокисела ферментация, а Корнбърг — с ДНК от известната коли-бактерия, обитателка на човешкия храносмилателен тракт. Те успяха да открият ензими, които изграждат дългите вериги на тези биополимери. Достатъчно беше в подходяща среда да се сложат четирите основни бази, или по-точно техните нуклеотиди, и да се добави ензим — полимераза. Освен това беше необходимо и малко количество готова нуклеинова киселина. При тези условия започва синтез на ДНК или РНК, както се казва ин витро — „в стъкло“.

Тези резултати бяха доста впечатляващи. За първи път стана възможно да се синтезира нуклеинова киселина извън живата клетка. Самият Корнбърг сравняваше това постижение с откритието на Бухнер за безклетъчната ферментация. Още една функция на живото вещество бе изведена извън клетката и можеше да се изучава в лабораторни условия. За откриването на механизмите на биосинтез на РНК и ДНК през 1959 г. Нобеловата награда по медицина и физиология бе дадена на Северо Очоа и Артър Корнбърг.

Още от 40-те години за биохимиците беше ясно, че последователността на нуклеотидите определя подреждането на аминокиселините в белтъчната молекула. Всички белтъци са изградени от полипептидни вериги, в които участват 20 аминокиселини. В ДНК обаче нуклеотидите са само 4. Очевидно е необходимо те да се комбинират по някакъв начин, за да могат да определят 20-те аминокиселини. С този въпрос се зае известният физик Георгий Гамов, който е по-популярен в астрофизиката. Той показва, че ако четирите нуклеотида се съчетават по тройки, това дава общо 64 комбинации, което е напълно достатъчно за кодирането на всякакви белтъчини. Това беше много добра идея, но в 1954 г., когато Гамов я публикува, въобще не беше ясно как може тя да бъде доказана.

В 1958 г. Тейтъм в своята Нобелова лекция изрази надеждата, че някой от по-младите му слушатели ще доживеят разшифроването на генетичния код. Науката обаче често изпреварва човешката фантазия и решението на този въпрос дойде още в 1961 г.

Тогава Ниренберг и Матеи синтезираха изкуствено РНК, съставена само от един нуклеотид. Те я използваха за безклетъчната синтеза на белтъчна молекула и получиха полипептид само от една аминокиселина. Например РНК, изградена от урацил, в която естествено има само триплета УУУ, се оказа, че кодира полипептид, в който има само аминокиселината фенилаланин. Така с този забележително прост и остроумен метод започна разшифроването на генетичния код. В тази работа голямо участие взеха Северо Очоа и индийският учен Хар Гобинд Хорана, ученик на Владимир Прелог от Цюрих и на Александър Тод от Кембридж.

Голямата заслуга на Хорана е създаването на методи за синтез на най-различни молекули ДНК и РНК с определена последователност на кодиращите триплети. Изкуствено синтезираните нуклеинови киселини дадоха възможност към 1966 г. да се разкрие значението на всичките 64 комбинации. Оказа се, че някои аминокиселини се кодират от по няколко триплета. В различните организми се използват различни триплети, или както казват биохимиците, ДНК използва различни „диалекти“. Само три кодона — триплети, се оказаха безсмислени. Те не кодират аминокиселина, но за сметка на това играят ролята на препинателните знаци в текста. Когато се стигне до такъв „бесмислен“ кодон, белтъчната синтеза спира.

След като бе разкрит генетичният код, който показва как се записва наследствената информация, остана отворен въпросът, как се „превежда“ тази информация от езика на ДНК на езика на протеините. С този въпрос се зае Роберт Холи, ученик на Винсент дю Виньо от Корнелския университет.

Още в началото на 40-те години Касперсон в Швеция и Браше в Белгия установиха, че в тъканите, където активно се синтезират белтъчини, има повишено количество РНК. През 50-те години редица учени изследваха този въпрос, в резултат на което бяха открити рибонуклеинови киселини със сравнително малко тегло и размери. В 1957 г. Френсис Крик разви теорията, че върху нуклеиновата матрица трябва да се подреждат някакви вещества, които да докарват със себе

си аминокиселините за белтъчната молекула. Така възникна идеята за транспортната РНК.

Теорията предполагаше, че трябва да има 20 различни транспортни РНК, съответно за 20-те аминокиселини. Роберт Холи си поставил задачата да изследва една от тях. С помощта на специални ензими — рибонуклеази, той разделяше молекулата на РНК на малки фрагменти и установяваше нуклеотидната последователност. Използвайки различни ензими, Холи получаваше все по-големи фрагменти и към 1965 г. успя да определи структурата на транспортната РНК, която пренася аланин в клетките на дрождите.

Методът на Холи веднага бе възприет широко от учени и скоро бяха разкрити структурите и на други транспортни рибонуклеинови киселини. Оказа се, че тези вещества имат на единия си край триплет — антикодон, който точно пасва с матрицата. Така транспортните РНК се подреждат върху дългата молекула на информационната РНК, която е копие на съответния ген от ДНК. Те влячат на опашките си различни аминокиселини, които също се подреждат и с помощта на ензими се съединяват във верига. Този процес се извършва в рибозомите — клетъчните фабрики за производство на белтъчни молекули.

Обширните изследвания на Ниренберг, Хорана и Холи хвърлиха светлина върху начина, по който се записва и използва генетичната информация. През 1968 г. тримата учени станаха лауреати на Нобелова награда по медицина и физиология за тяхната интерпретация на генетичния код и неговата функция в белтъчния синтез.

Развивайки своите методи за синтезиране на полинуклеотидни вериги, Хорана успя в 1970 г. да получи първия изкуствен ген. Това бе много важно за зараждащото се генно инженерство. Синтезирането стана възможно едва след като бе определена нуклеотидната последователност в гена. Това е най-сложната задача при изследването на нуклеиновите киселини, която едва напоследък намери своето решение.

[1] Очевидна печатна грешка. ДНК е изолирана за пръв път през 1869 г., което се споменава по-нататък в книгата. — бел.ел.кор. ↑

МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА

В 1935 г. при известния генетик Борис Ефруси в Париж пристигна един млад изследовател от Калифорнийския технологически институт. Това беше Джордж Бийдъл, който заедно с френския си колега предприе експерименти в граничната област между генетиката и биохимията. Малката муха дрозофila все още беше предпочтеният обект на генетиците. Двамата учени решиха да изследват как се унаследява при нея очният пигмент. Тези експерименти настърчиха Бийдъл да продължи да се занимава с биохимия на наследствеността и това го направи един от пионерите на молекуллярната генетика, зародила се през 40-те години.

В 1937 г. Бийдъл отиде в Станфордския университет. Там той се срещна с Едуард Тейтъм и така започна едно много плодотворно сътрудничество. Най-напред двамата решиха, че дрозофилата е твърде сложен обект за изследване, и се насочиха към хлебната плесен Неуроспора. Тейтъм, който беше правил дисертация върху метаболизма на бактериите, като специалист микробиолог знаеше, че тази плесенна гъбичка може да расте върху изкуствена среда, съставена само от захар, соли и витамин Н. В експериментите гъбичката се обличаше с рентгенови лъчи и се получаваха мутантни форми. Най-характерната особеност на тези мутанти беше, че те не можеха да растат повече върху такава бедна среда. Необходимо беше да се добавят нови вещества, което бе изтълкувано като проява на нарушения в ензимните системи на организма.

От работите на Мълър беше добре известно, че рентгеновите лъчи предизвикват изменения на генетичния материал. Сега опитите на Бийдъл и Тейтъм показваха как мутациите в гените директно се отразяват върху ензимните системи на организмите. Това бе първото доказателство, че гените регулират биохимичните функции на живите същества. Обобщавайки резултатите си, в 1944 г. двамата учени излязоха с известната концепция „един ген, един ензим“.

През 1958 г. Нобеловият комитет при Каролинския институт реши да награди Бийдъл и Тейтъм за тяхното откритие, че гените

регулират определени химични процеси. Заедно с тях бе награден и младият изследовател Джошуа Ледърбърг, който отрано стана известен с изследванията си върху генетиката на бактериите. През 1946 г. той отиде на работа при Тейтъм, който беше вече в Йейлския университет, и в разстояние на 2 години защити докторска дисертация.

Голямото откритие на Ледърбърг бе свързано с процесите на конюгация при бактериите. Когато се отглеждат съвместно, бактериалните клетки често се допират и си обменят генетичен материал. Ледърбърг и Тейтъм поставиха експеримент по съвместното отглеждане на мутанти от бактерията Ешерихия коли — един от любимите обекти на микробиолозите. Използваше се същият принцип за получаване на т.нар. ауксотрофни мутанти, които не могат да растат върху минимална среда, а имат нужда от специфични добавки. Двамата учени откриха, че при съвместното отглеждане на такива бактерии се появяват хибриди, които обединяват в себе си признаците на двета родителски типа. Това бе обяснено с конюгацията между клетките — своеобразен полов процес при бактериите.

При микроскопски изследвания Ледърбърг установи, че в точката на допиране между двете клетъчни стени преградата изчезва и се образува протоплазмено мостче. По него преминава ДНК от едната бактерия в другата. Това наблюдение доведе Ледърбърг до една много интересна идея. Ако се разтърси чашката с бактериите, връзката между бактериите се прекъсва преждевременно и се обменя само част от нормално преминаващия генетичен материал. Като се изследват после свойствата на хиbridните щамове, може точно да се определи какви гени са преминали за определено време от едната бактерия в другата. Този оригинален метод даде възможност на Ледърбърг да съставя генетични карти на микроорганизмите.

В зависимост от клетъчния си строеж, живите организми се разделят на две големи групи. Едните са по-просто устроени и се наричат прокариоти, тъй като тяхната ДНК се намира в клетката, без да е специално обособена. Към тази група спадат бактериите. Посложно устроените еукариоти имат клетъчно ядро, което е отделено с мембрana от клетъчната плазма и съдържа в себе си ДНК, свързана със специфични белтъчини под формата на хромозоми. Бактериалната ДНК понякога също се нарича хромозома. Поради своето по-просто устройство генетичният апарат на бактериите по-лесно се поддава на

изследване и това даде възможност на френските учени Франсоа Жакоб и Жак Моно да изследват механизма за регулация на генната активност.

Мечтата на младия студент по медицина Франсоа Жакоб бе да стане хирург. Но дойде войната и той замина за Африка като военен лекар. По време на десанта в Нормандия той бе много тежко ранен и трябваше завинаги да се прости с плановете си. Това го насочи към научна кариера и в 1950 г. Жакоб попадна в Института „Пастъор“ при известния бактериолог и вирусолог Андре Лвов. Там вече беше на работа и Жак Моно, ученик на Лвов и Ефруси.

Един много важен въпрос, който се изучаваше тогава, бе лизогенията при някои бактерии. Това бе странно явление, при което върху плътните бактериални колонии изведнъж се появяваха светли петна, предизвикани от разлагане на клетките. Андре Лвов и неговите сътрудници установиха, че обльчването с ултравиолетови лъчи може да предизвика процес на разпадане при бактерии, които имат в своята наследственост фактора за лизогенност. Това откритие даде възможност на френския учен да даде първото правилно обяснение на лизогенията. Според него един вирус-бактериофаг, попадайки в клетката, вместо да започне да се размножава, се прикрепя към бактериалната ДНК. Ставайки част от генетичния апарат, той попада в механизма на генната регулация, която го инактивира. Някакво странично въздействие, като обльчване с ултравиолетови лъчи, може да откъсне профага от бактериалната хромозома и да го превърне в активен вирус, което означава гибел за клетката. Тази теория беше много интересна, защото за първи път поставяше въпроса за регулацията на генната активност. За своите изследвания върху генетичния контрол на вирусната синтеза Андре Лвов стана Нобелов лауреат по медицина и физиология за 1965 г.

Още от 40-те години се изказваха идеи, че хистоните — белтъчини, свързани с ДНК, може би регулират функциите на гените. В 1958 г. Франсоа Жакоб и Жак Моно, изучавайки синтезирането на ензима бета-галактозидаза, намериха аналогия с процесите на инхибиране при лизогенните бактерии, натрупвайки постепенно факти, в 1961 г. те излязоха със своята теория за регулацията на генната активност.

Според тях в ДНК освен структурните гени, които носят информацията за биосинтезите, има гени-регулатори и гени-оператори. Генът-регулатор кодира синтезирането на специфично вещество-репресор. То се присъединява към ген-оператора, който пряко регулира дейността на структурните гени. Така се прекъсва работата на гените и съответно синтезата на ензимите. Ако обаче в клетката влезе някакво вещество-индуктор, за чието разграждане е нужен ензим, репресорът започва да се съединява с него и това освобождава ген-оператора. Върху структурните гени започва синтезирането на информационна РНК, която е матрица за производството на нужния ензим. След като веществото се изчерпи, репресорът, който непрекъснато се продуцира от ген-регулатора, се свързва отново с оператора и процесът се прекъсва. Това е наистина един добър пример за приложение на кибернетичните принципи за обратна връзка на молекулярно равнище.

С помощта на своята теория Жакоб и Моно успяха да дадат по-подробно описание на лизогенията. Още преди тях беше известно, че гените на бактериофага се четат в различна последователност. Двамата учени показваха, че ако бъдат блокирани първите гени, спира целият синтез на вирусни частици и вирусната ДНК се прикрепя към бактериалната хромозома. Останалите гени на вируса може и да не бъдат блокирани и да функционират в бактериалната клетка, придавайки ѝ нови свойства. Това обстоятелство се използва днес от генното инженерство.

Идеите на Жакоб и Моно оказаха голямо влияние върху развитието на молекулярната биология през 60-те години. През 1965 г. те получиха заедно с Лвов Нобеловата награда по медицина и физиология за открития във връзка с генетичния контрол на ензимния и вирусния синтез.

За появата на молекулярната генетика от голямо значение бяха изследванията върху най-простите живи същества — вирусите. Особено изучаването на бактериофагите се оказа изключително полезен етап в развитието на науката. Трима души имат големи заслуги в тази област — Макс Делбрюк, Алфред Хърши и Салвадор Лурия. Един физик, един биохимик и един лекар, които превърнаха учението за бактериофагите в наука.

Още в 1939 г. Делбрюк, заедно с Елис, изучи цикъла на размножение на фагите. Бяха открити три етапа: прикрепяне към

бактерията, скрит период, през който фагът се размножава в клетката, и период на разпадане, водещ до унищожаването на бактерията и отделянето на голям брой нови фаги. Този процес нагледно показваше как външното генетично влияние може коренно да промени функциите на живата клетка. Още в средата на 30-те години беше известно, че вирусите са нуклеопротеиди, подобни на хромозомите на висшите организми. Това ги правеше особено интересни като модел за изучаването на функциите на гена. Именно това накара Макс Делбрюк да се заеме в 1939 г. с бактериофагите.

Пълният цикъл на размножение на тези вируси продължава около 15 минути, като от една частица се получават стотици потомци. Очевидно това значително ускорява изследванията, а простото устройство на фагите, разкрито от Лурия, даде възможност да се въведат и изпитат нови методи на изследване. В 1946 г. Делбрюк, Хърши и други учени откриха рекомбинация на гени при вирусите, което позволи да се построят генни карти. В 1952 г., с помощта на белязани атоми, Хърши доказа, че само ДНК е от значение за репликацията на вирусите. Въпреки че още от експериментите на Ейвъри се знаеше за ролята на ДНК, едва след тази работа бяха рязко изменени възгледите за природата на гена. Лурия откри комплекс ензими и особени състояния на клетката, при които тя може да се противопоставя на бактериофага, това се оказа ценно за генното инженерство.

Голям брой учени станаха в края на 50-те и през 60-те години Нобелови лауреати за постижения в генетиката. Тримата патриарси на съвременната молекуларна генетика Макс Делбрюк, Алфред Хърши и Салвадор Лурия трябваше обаче доста да чакат, докато бъдат оценени техните основополагащи трудове. Едва в 1969 г. те бяха удостоени с Нобеловата награда по медицина и физиология.

Изследванията върху бактериофагите показваха, че те са способни да се присъединяват към генетичния апарат на бактерията и да стават част от нейния геном. В резултат на това вместо да загине, клетката продължава да се размножава, като може да придобие някои нови свойства. Скоро тези наблюдения бяха разширени и върху други вируси и по-специално за т. нар. онкогенни вируси.

Още в 1911 г. Пейтън Раяс установи със сигурност, че един вид саркома при птиците, който сега носи неговото име, се причинява от

вирус. През 1965 г. Ренато Дулбеко, италиански учен, работещ в САЩ, установи, че вирусът на полиомата може да се присъединява към клетъчната ДНК и да става част от нея. Обикновено този вирус предизвиква инфекция, но в тъканни култури причинява неопластична трансформация. Това бе важно откритие в полза на вирусната теория за раковите заболявания. Изясни се обаче, че по-голямата част от подозирани онкогенни вируси съдържат РНК като основен генетичен материал. В това число влизаше и добре известният вирус на саркомата на Раяс. Не беше ясно как тези вируси, съдържащи РНК, могат да се присъединят към клетъчната ДНК на висшите организми.

За да реши това противоречие, Хауърд Темин от Уисконсинския университет предположи, че е възможен процес на обратна транскрипция. Един от основните стълбове на молекулярната генетика беше схващането, че наследствената информация се движи единствено по линията ДНК–РНК–белтък. Темин предположи, че вирусната РНК се транскрибира в ДНК, която се присъединява към клетъчния геном.

Отначало това схващане бе посрещнато със силна съпротива, но в 1970 г. Темин, едновременно с Дейвид Болтимор от Масачузетския технологически институт, откри ензима РНК–зависима ДНК–полимераза, или по-накратко обратна транскриптаза. Именно този ензим осъществява синтез на ДНК върху матрицата на вирусната РНК.

Откриването на обратната транскрипция и на присъединяването на вирусите към клетъчния геном вдъхна нови надежди за понататъшен успех на медицината. Наред с това тези открития имаха и чисто теоретично значение, разкривайки нови детайли от молекулярните механизми на генетиката. За своите успехи в тази област Дейвид Болтимор, Хауърд Темин и Ренато Дулбеко станаха Нобелови лауреати по медицина и физиология през 1975 г.

ГЕННО ИНЖЕНЕРСТВО

В началото на 50-те години известният вирусолог Салвадор Луриа се сблъска с интересно явление. Фаги, отгледани върху един бактериален щам, не се развиваха върху друг щам. Установи се, че тук не става въпрос за генетично различие между фагите. Оставаше да се изследва възможността, че бактериите ги приемат по различен начин. Несъмнено зад това стоеше някакъв ензимен процес, но неговата същност оставаше неясна до 1962 г., когато с този въпрос се зае Вернер Арбер от Биологичния център на Базелския университет.

Заедно със своите сътрудници той изследва и формулира принципите на т. нар. щамоспецифична рестрикция и модификация на ДНК. Okaza се, че при навлизането на вируса в бактерията той попада под въздействието на ензимния апарат, свързан с бактериалната ДНК (генния комплекс). Специални ензими атакуват вирусната ДНК и я разкъсват, като по този начин ограничават нейното размножение и функциониране. Това е същината на рестрикцията. По-нататъшните изследвания показваха, че рестриктивните ензими разпознават определени участъци от ДНК и се прикрепят към тях, за да разкъсват веригата.

Рестрикцията се оказа ефикасно средство за обезвреждане на бактериофагите. Тя обаче унищожава само определени разновидности. Някои фаги са се приспособили към определени щамове бактерии и заобикалят този механизъм, благодарение на което се размножават и съществуват. Арбер откри как може да се преодолее рестрикцията. Той установи, че в бактерията има и друг ензим, който модифицира химически определен участък от ДНК и прави невъзможно действието на рестриктивния ензим. Откритията на швейцарския учен бяха по принцип много важни, но все още далеч от практическо приложение. „Молекулните ножици“, открити от него, разкъсваха веригата на ДНК неспецифично и това не даваше възможност да се изолира определен участък. Ензимите се прикрепяха на едно място, а разкъсваха ДНК в друго.

След Арбер редица учени се насочиха към тази нова и вълнуваща област на молекулярната генетика и ензимология. Започнаха да се откриват подобни ензими в други микроорганизми. В 1970 г. Хамилтън Смит от университета „Джон Хопкинс“ в Балтимор направи щастливото откритие, че рестриктивният ензим на един микроорганизъм от друг вид разкъсва ДНК точно в мястото, в което се прикрепя. Този успех предизвика взрив на научна активност. Към 1975 г. от различни изследователски групи бяха изолирани вече 50 рестриктази, а днес те са стотици. Всички тези ензими разпознават и откъсват от ДНК участък, състоящ се от 4 до 6 двойки нуклеотиди. Големият брой рестриктивни ензими дава възможност ДНК да се прекъсва в най-различни точки и да се разделя на различни фрагменти, които съдържат определени гени. Освен за изолирането на гени те бяха използвани и за съставянето на генни карти. Такава работа бе извършена през 1971 г. от Даниел Натанс.

Този учен в продължение на много години изследваше един вирус по маймуните и с помощта на рестриктазите установи конкретно последователността на действие на различните гени, като най-накрая успя да разбере и подреждането на всичките 5 хиляди двойки нуклеотиди в двойната спирала на ДНК на вируса. Резултатите бяха постигнати с помощта на 14 рестриктази. За сравнение може да се каже, че ДНК на човека и другите висши животни имат по всяка вероятност над милион нуклеотиди.

Даниел Натанс стана през 1972 г. директор на отдела по микробиология на Медицинския факултет при университета „Джон Хопкинс“ в Балтимор, където Хамилтън Смит работеше като асистент. Заедно със своите сътрудници Натанс създаде ефикасен метод за изолиране в чист вид на фрагментите от ДНК с помощта на електрофореза. Така учените разполагаха вече с „молекулни ножици“, които да режат нужните фрагменти от ДНК, и с методи на изолиране на тези фрагменти. Оставаше да се намери „превозно средство“, което да вкарва изолираните гени в клетката.

Такива механизми външност бяха известни на учените отдавна. Още през 40-те и 50-те години, когато се полагаха основите на бактериалната генетика, бе открито явлението трансдукция — пренасяне на гени от една клетка в друга с помощта на вирус. Генът се прикрепва към вирусната ДНК, която впоследствие става част от

бактериалната хромозома. Разбира се, този механизъм работи само при вирусите, които не унищожават веднага клетката. Другият механизъм е свързан с половия процес при бактериите. Клетките нормално си обменят генетичен материал с помощта на плазмиди — малки частици, съдържащи фрагменти от ДНК. Ако се вика в плазмидите някакъв ген, те се превръщат в отлично превозно средство за неговото пренасяне вътре в бактерията.

Както всяка нова област на науката, създаването и развитието на генното инженерство бе резултат от дейността на голям брой учени и изследователски групи. Но винаги сред множеството могат да се открият хората е решаващите приноси. Вернер Арбер откри рестриктивните ензими. Хамилтън Смит намери първите рестриктази, откъсващи определени гени, а Даниел Натанс създаде метод за изолиране на гените и проведе цялостно изследване върху вирусен геном с помощта на тези ензими. Тези забележителни научни достижения направиха тримата изследователи лауреати на Нобеловата награда по медицина и физиология за 1978 г.

Сред основоположниците на генното инженерство е и Пол Бърг от Станфордския университет. В 1972 г., чрез химично въздействие, той успя да съедини ДНК на два вируса, получавайки молекулярен хибрид. Тази методика се оказа много ценна за присъединяването на различни гени към вируса с цел използването му като транспортно средство за проникване в клетката. Това даде интересната възможност за създаването на генни библиотеки. Гени, изолирани от най-различни организми, могат да се вкарват в бактериални клетки с помощта на фаги или плазмиди и да се размножават заедно с бактериите. Тези бактерии са фондът на генната библиотека и винаги при нужда от тях може да бъде изведен генът, който интересува изследователите за понататъшно проучване. Освен това гените, пренесени в необичайна среда, започват да действуват по друг начин и това дава възможност за изучаване на механизма на тяхната регулация.

Голям проблем за молекулярната биология е установяването на нуклеотидната последователност в ДНК. В тази област големи успехи постигна Фредерик Санджър, опитен експериментатор, който в средата на 50-те години разработи метод за определяне на аминокиселинната последователност на белтъчините и получи през 1958 г. Нобеловата награда по химия за разкриването на структурата на инсулина.

През 1965 г. в Кембридж, където винаги е работил, Санджър започна изследвания над структурата на нуклеиновите киселини и по-специално над първичната структура — нуклеотидната последователност. Бяха използвани белязани атоми, което даде възможност да се работи с нищожно количество материал от порядъка на микрограмове. Реакцията се състои в синтезирането на втора комплементарна верига, белязана с радиоактивен фосфор, върху матрица от еднонишкова ДНК. Тя се провежда в четири успоредни опита, в които на всеки нуклеотид се прекъсва нарастването на веригата. Получените фрагменти ДНК се разделят с електрофореза, което дава възможност точно да се определи дълбината на крайния полинуклеотид. Във всяка от четирите пробы реакцията спира съответно при аденин, гуанин, цитозин и тимин. Като се знаят фрагментите и броят на нуклеотидите в тях, може да се определи точното място на всяка от тези бази в молекулата на ДНК.

С този метод Санджър и неговите сътрудници се заеха през 1977 г. да определят положението на 16 500 нуклеотида в ДНК на човешки митохондрии. Тези клетъчни субчастици, които са енергийните станции на клетката, имат собствена ДНК и известна самостоятелност. Предполага се, че те, както и хлоропластите, са произлезли от симбионтни микроорганизми, които са се приспособили да живеят в клетката. Санджър и неговата група създадоха и други методи за изследване на нуклеинови киселини, с които в 1967 г. бе определена нуклеотидната последователност на един вид РНК, състояща се от 120 нуклеотида, а в 1977 г. върху две страници от сп. „Нейчър“ със ситет шрифт бяха изписани всичките 5375 нуклеотида на ДНК на фага ФХ 174.

В 1977 г. Уолтър Джилбърт от Харвардския университет създаде нов метод за определяне на мястото на нуклеотидите, базиращ се на разкъсването на ДНК по определен нуклеотид. Началото на този метод бе набелязано още в 1966 г. в съвместна статия на Джилбърт, неговия сътрудник Максем и съветския учен А. Д. Мирзабеков. Въобще съветските учени имат сериозен принос в тази методика. Мирзабеков, Колчински и Мелникова предложиха да се метилират аденинът и гуанинът и след това да се разкъсва ДНК чрез реакции с метилираните съединения. Джилбърт и Максем развиха метода и откриха индивидуални реакции, които прекъсват ДНК в мястото на всяка една

от четирите бази. Получават се фрагменти, които също се изследват с електрофореза.

Предварителен етап при определянето на нуклеотидната последователност е разрязването на ДНК с помощта на рестриктази. Получават се фрагменти с по няколко хиляди нуклеотида, които са въсъщност отделни гени. Така стъпка по стъпка се разкрива молекулярната структура на ДНК в бактерии, растения и животни. Някой ден ще бъде установена и нуклеотидната последователност в човешката ДНК, за чието записване ще са необходими вероятно няколко тома. Тогава ще може да се реализира идеята на Винер „да се предаде човекът по телеграфа“.

Съвременните научни изследвания са неизбежно колективни. Нобеловата награда обаче е индивидуална и затова лауреати могат да станат само главните участници, като тяхното награждаване символизира успеха на цялата група. Пол Бърг, Фредерик Санджър и Уилиам Джилбърт станаха Нобелови лауреати по химия през 1980 г. и това беше израз на признание за големите успехи на генното инженерство и молекулярната генетика.

В началото на 1981 г. вече бяха създадени автоматични апарати за изолиране на гени и за навързването им в различни вериги. Генното инженерство се съчета с микроелектрониката, подготвяйки чудесата на 21 век, когато човекът ще управлява живата материя така, както днес неживата. Дотам ще доведат съвременните опити по молекулярната рекомбинация на ДНК, която създава невижданни хибриди и най-неочаквани съчетания от гени.

XIII

ФИЗИОЛОГИЯ

В първите години след основаването на Нобеловата фондация едно име често се срещаше сред списъците на кандидатите за лауреати, изгответи в Каролинския институт. Това бе Иван Петрович Павлов, професор в Института за експериментална медицина в Петербург. Големият руски учен бе станал добре известен заради приносите си в развитието на физиологията.

Някои разглеждат работата на Павлов като нова ера в тази наука. Негов основен метод беше т. нар. „хроничен“ експеримент. Целта на подобни опити е чрез минимално вмешателство да се получи достъп до различни части на организма и да се изследва тяхното действие. Павлов и неговите сътрудници майсторски оперираха животните и поставяха фистули, с които изследваха физиологията на храносмилателната система. Експерименталните животни живееха дълго след операцията и това даваше възможност за обширни наблюдения от най-различен вид. Специално за изследването на процесите на храносмилане това бе изключително важно, тъй като дотогава имаше много малко данни по този въпрос.

Разнообразните методи за изследване, прилагани от голям брой сътрудници, дадоха възможност в института на Павлов бързо да се получат резултати за дейността на храносмилателния апарат. Изкуствените отклонения от слюнчените жлези, стомаха и други дялове на системата позволиха изследването на секрецията и химичния анализ на смилателните сокове. Наред с това бяха описани моторните функции и нервната регулация на храносмилателната система. Това беше нещо ново за физиологията, тъй като дотогава большинството учени не мислеха, че нервната система играе някаква роля в процесите на храносмилане. По-нататък Павлов, развивайки тази насока от експериментите, направи крупни приноси в неврофизиологията.

Имайки на разположение един изпитан метод, Павлов и неговите сътрудници събраха множество данни за зависимостта на храносмилателната дейност от сетивните възприятия, нервното

състояние, качествата на храната и още много други фактори. Многобройни научни съобщения и статии излизаха от Института по експериментална медицина и въпреки езиковата бариера ставаха известни в цял свят. Павлов рядко се пишеше за съавтор на сътрудниците си и това наложи Каролинския институт да изпрати проф. Тигерстед в Петербург, за да проучи кой точно стои зад тази плодотворна научна дейност. Така заслугите на Иван Павлов станаха общеизвестни и в 1904 г. той получи Нобеловата награда по медицина и физиология за своята работа върху физиологията на храносмилането.

Големият учен бе тогава на 55 г. и в разцвета на творческите си сили. Той продължи да работи още три десетилетия, насочвайки се към физиологията на висшата нервна дейност. Иван Павлов създаде голяма научна школа и неговият институт край Ленинград стана един от световните центрове по физиология. Заради големите си успехи в неврофизиологията той бе предлаган отново за Нобелова награда през 20-те години и макар да не я получи, този факт е показателен за неговия голям авторитет на учен.

В началото на века Август Крок, един зоолог от Копенхагенския университет, се зае да изучава газообмена в тъканите. Това беше много трудна област за изследване, тъй като имаше малко възможности за пряко измерване. Крох създаде косвени методи за определянето на дифузията на кислорода и получи изненадващия резултат, че дори при много тежка работа съдържанието на този газ в мускулите е почти същото, както и в капилярите. Изненадата сред учениите бе голяма, тъй като се очакваше кислородът в мускулите бързо да намалява, за да се увеличи градиентът и оттам скоростта на дифузията. Датският учен показва, че това се постига с помощта на друг механизъм.

Крох реши да използва микроскоп, за да изследва пряко капилярите. Той видя, че при съкращаване на мускула и различни дразнения броят на капилярите се увеличава, образуват се нови връзки между тях и капилярната мрежа става по-гъста, като това води до увеличаване на площта на дифузия. Това увеличава възможностите за проникване на кислород и за доставката му до клетките. И други имаха подобни наблюдения, но никой преди Крох не се беше досетил да даде такова обяснение на капилярните пулсации. Той стигна до този извод, за да обясни количествените данни от обмена на газовете в организма. Увеличаването на броя на капилярите дава възможност, без да се

ускорява кръвния ток, да се увеличи количеството на преминаващата кръв, която носи кислород и други вещества. Нарастването на скоростта би намалило времето на дифузия и кръвта няма да може да изпълнява функциите си.

Това беше голямото откритие на Аугуст Крох и то му донесе Нобеловата награда по медицина и физиология за 1920 г. Тя му бе дадена за откриването на механизма, регулиращ движенията на капилярите.

Едно от интересните изобретения на известния френски физик Габриел Липман е капилярният електрометър. През 1887 г. с такъв уред Огъст Уолър записа първата електрокардиограма. Тези изследвания привлякоха вниманието на професор Вилем Ейнховен от университета в Лайден. Той започна експерименти с капилярния електрометър и бързо установи неговите недостатъци и ограничения. Okaza се, че апаратът има значителна инерция на реагирането и електрокардиограмата, снета с него, не съответствува на истинските импулси, образуващи се в проводящите спончета на сърцето. Ейнховен разработи математически методи за корекция на резултатите, приложи фотoreгистрация и се зае с теорията на процеса, като по този начин успя в 90-те години да постигне високо качество на електрокардиограмите. В 1895 г. той вече бе разчленил сигналите на съставните им части, свързвайки ги е различни моменти от дейността на сърцето. Тази номенклатура е запазена и досега.

Въпреки всички усъвършенствования методът оставаше твърде сложен и Ейнховен реши този въпрос радикално, като създаде в 1903 г. струнния галванометър. В този апарат между полюсите на магнит е поставена посребрена кварцова нишка. Трептейки от електрическите импулси, тя отразява светлина, която се записва върху фотолента. Този уред е по-нататъшно усъвършенствуване на подобна конструкция, създадена от д'Арсонвал. Със струнния галванометър започна съвременната електрокардиография.

Още Уолър в 1887 г. показва, че за електрокардиограмата е важно от кои точки на тялото ще се отвеждат импулсите. В резултат на своите експерименти Ейнховен предложи отвеждането да става от двете ръце и левия крак, като тези три точки се съединяват две по две. С помощта на многоканалните електрокардиографи записът на сигналите може да се прави едновременно. Тези принципи също са запазени и до днес.

Наред с увлечението си по техниката Ейнховен като медик даваше биологично обяснение на явленията. Първото му открытие беше, че всеки човек има собствена електрокардиограма, но в общи линии те са еднакви. В 1906 г. той установи, че при различните сърдечни заболявания се наблюдават специфични отклонения в електрокардиограмите и това им придава висока диагностична стойност. Ейнховен показва, че от сумирането на електрофизиологичната активност на специалните проводящи снопчета се пораждат биотоковете на сърцето, които носят информация за неговата дейност.

Когато работата на холандския учен привлече вниманието на Каролинския институт, възникна въпросът, защо конструирането на един инструмент ще бъде удостоено с наградата за медицина. Дотогава нямаше такива прецеденти и затова, когато Нобеловият комитет реши да награди през 1924 г. Вилем Ейнховен, акцентът на мотивировката бе поставен върху разкриването на механизма на електрокардиограмата. Към това сега може да се добави и конструирането на забележителния струнен галванометър, който и до днес си остава калибровъчен инструмент за съвременните апарати.

Електрокардиографията, въпреки цялото си съвършенство, е дистанционен метод за наблюдение. До 20-те години никой не можеше да помисли, че сърцето на жив човек може да се изследва по някакъв друг начин освен чрез прислушване, записване на биотоковете или рентгенография. Това продължи до 1929 г., когато младият хирург Вернер Форсман от клиниката в Еберсвалде с безстрашието на младостта постави един героичен експеримент. Той взе един катетер и го вика на 65 см във вената на едната си ръка. След това отиде в рентгенологичния кабинет, за да се убеди, че краят на катетера е стигнал до дясното му предсърдие.

Този експеримент предизвика шок сред медицинските среди и жестока критика. Сам по себе си опитът не е толкова опасен, но самата мисъл за такова вмешателство в жив човек предизвикващо ужас сред медиците. Ръководството на болницата забрани на Форсман да прави подобни експерименти. Неговата техника обаче бе приложена в 1940 г. от двама лекари в болницата „Белью“ в Ню Йорк. Дикинсън Ричардс и Андре Курнан години наред се бяха занимавали с изучаване на кръвообращението при различни болестни изменения и след като

видяха ограничените възможности на традиционната техника, се насочиха към метода на Форсман, който изглеждаше толкова рискован.

За щастие оказа се, че опасенията са напразни. Катетерът даваше възможност за преки измервания на налягането и състава на кръвта в труднодостъпни области около сърцето и в самото сърце. За клиницистите това бе изключително важно. В 1941 г. Ричардс и Курнан публикуваха резултатите от своите изследвания. Тези резултати бяха получени в голяма клиника и от известни учени и много естествено привлякоха вниманието на цялата медицинска общественост, което не можа да направи младежът от Еберсвалде. Сърдечната катетеризация започна да навлиза все по-широко в медицинската практика.

През Втората световна война хирурзите също се превлючиха на военни релси. Ричардс и Курнан изследваха т. нар. вторичен шок при хора, получили тежки наранявания. Оказа се, че голямата загуба на кръв води до нарушения в кръвообращението и до този шок с фатален изход. Подробностите около него и начините за предотвратяване бяха установени с използването на катетри. Впоследствие така бяха изследвани вродените сърдечни пороци и това значително подобри диагностиката, а оттам и резултатите от хирургичната интервенция.

Успехът на сърдечната хирургия бе темата, на която се спря Каролинският институт през 1956 г. 27 години след забележителния си експеримент Вернер Форсман бе обявен за един от изследователите, дали голям принос в медицината. Заедно с него бяха наградени Дикинън Ричардс и Андре Курнан. Тримата получиха Нобеловата награда по медицина и физиология за открития, свързани със сърдечната катетеризация и патологичните изменения в кръвоносната система.

Изследванията върху дишането и кръвообращението поставиха въпроса, как се извършва общата регулация на тези функции на организма. Още от средата на миналия век беше известно, че по вътрешните стени на аортата — главния кръвоносен съд, излизащ от сърцето, и на каротидната артерия — кръвоносния съд, отклоняващ се от нея към главата, има барорецептори, които регистрират кръвното налягане и изпращат сигнали към мозъка. Оттам се получават команди за неговото коригиране, ако е необходимо. В 1927 г. белгийският учен Корней Хейманс установи, че по същите места се намират и хеморецептори, които реагират на химичния състав на кръвта.

Успехът на тези изследвания се дължи на оригиналната техника, разработена от бащата на Хейманс, ректор на университета в Гент. В 1912 г. старият Хейманс, заедно с Де Сомер, използваха система от две кучета за изследване на нервната регулация на дишането. Кръвоносните съдове на едното куче се съединяваха с другото и се получаваше общо кръвообращение. Връзката между главата на едното куче и тялото се прекъсваше, като се оставяха да функционират само някои нерви. Това даваше възможност да се проследи по кои пътища сигналите за промяна в дишането и състава на кръвта стигат до мозъка.

След продължителни изследвания, разширени и задълбочени от младия Хейманс, се установи, че по аортата, в непосредствена близост до сърцето, има специални телца, които реагират на химическия състав на кръвта и изпращат сигнали до мозъка за регулиране на дишането. Увеличената вентилация намалява въглеродния двуокис, а оттам и киселинността в кръвта и равновесието се възстановява.

С тази опитна постановка бяха изследвани голям брой физиологични явления като рефлекси на дишането и кръвообращението и действието на различни хормони. Белгийският учен разработи и задълбочи метода и така стана един от големите физиолози от първата половина на нашия век. Неговото голямо откритие бе свързано с хеморецепторите — тези вътрешни „вкусови“ органи, чрез които мозъкът поддържа равновесието в организма. През 1939 г. професорският колегиум на Каролинския институт реши да даде на Корней Хейманс Нобеловата награда по медицина от 1938 г. Той получи това признание за откритията си върху ролята, която играе синусният и аортен механизъм в регулацията на дишането. По това време вече беше започната Втората световна война и наградата бе връчена на Хейманс в Гент. Едва през 1945 г. той прочете в Стокхолм своята Нобелова лекция, в която подробно разказа за знаменитите си опити с двете свързани кучета.

ХОРМОНИТЕ

В 1902 г. Бейлис и Старлинг откриха, че в дванадесетопръстника се образува вещество, което по-нататък преминава през стените на червата и с кръвния ток достига панкреаса — задстомашната жлеза, като стимулира отделянето на смилателни сокове. Те назоваха това вещество секретин и въведоха термина хормон, което в свободен превод от гръцки означава „възбудител“.

Изследванията върху хормоните са най-увлекателната глава от съвременната физиология, която още не е написана докрай. Редица учени, посветили се на тази област, бяха удостоени с Нобелова награда, а много други бяха нееднократно предлагани за лауреати. Бейлис и Старлинг бяха предлагани през 1913 и 1914 г. Започналата скоро след това война попречи на работата на Нобеловия комитет при Каролинския институт и приносите на тези двама изследователи, направили конкретни открития и теоретични обобщения, останаха непризнати. Старлинг отново беше предложен за награда през 1926 г., но тогава експертите решиха, че откритието е вече твърде старо.

Докато теоретичните изследвания се посрещаха с резерви и изчаквания, практическите резултати веднага бяха признати. Швейцарският хирург Теодор Кохер от клиниката в Берн стана Нобелов лауреат още в 1909 г. за своята работа върху физиологията, патологията и хирургията на щитовидната жлеза. Не случайно тогава Нобеловата награда отиде в Швейцария. В тази алпийска страна високо в планините водата е бедна на соли и по-специално на йод и това понякога води до появата на едно заболяване, наречено ендемична гуша. Малката щитовидна жлеза, разположена в областта на гръкляна, се разраства и започва да притиска трахеята и да причинява и други неудобства. Хирурзите през 19 век се опитваха да лекуват това уродство по най-естествения за тях начин — чрез изрязване на гушата. За съжаление често операцията довеждаше до фатален край.

При тези обстоятелства през 1883 г. Теодор Кохер се зае с хирургията на щитовидната жлеза. Той повтори изследванията на предшествениците си и постави нови експерименти, с които

убедително показва, че пълното премахване на този орган води до неминуема гибел. Кохер разработи физиологията на щитовидната жлеза и посочи нейното значение за поддържането на общия метаболизъм и растежа на организмите. С помощта на екстракти от жлезата той успя да излекува неправилно оперирани пациенти и да ги поддържа в добро състояние.

В крайна сметка швейцарският хирург разработи цялостен метод за оперативно лечение на заболяванията на щитовидната жлеза. Най-важното бе да се остави част от жлезата, за да се запази нейната функция. Теодор Кохер собственоръчно оперира няколко хиляди души, а общият брой на тези, на които е помогнал косвено, създавайки своя метод на лечение, е трудно да се изчисли.

През 80-те години на миналия век, благодарение на работите на френския учен Браун-Секар, вниманието на изследователите се насочи към някои органи, които приличаха на жлези, но нямаха отводен канал. Единствената им връзка с организма бе кръвоносната система. Така се зароди концепцията за жлезите с вътрешна секреция.

За панкреаса се знаеше, че е жлеза с външна секреция. В него се синтезират смилателни ензими, които се изливат в състава на панкреатичния сок по специален канал, достигащ дванадесетопръстника. Но още в 1869 г. Лангерханс показа, че при хистологично изследване се наблюдават групи от клетки, които не са свързани с останалата част на панкреатичната тъкан и нямат връзка с отводния канал. Тези групи от клетки са разпръснати равномерно из цялата жлеза и техният откривател ги нарече островчета. Под това име те останаха в науката — островчетата на Лангерханс.

Лекарите отдавна знаеха, че при аутопсия на хора, починали от диабет, се откриват изменения в панкреаса. През 90-те години на миналия век Лагес предположи, че именно в лангерхансовите островчета става вътрешната секреция, която е толкова важна за въглехидратната обмяна. За съжаление трябваше да минат още три десетилетия, докато се изясни този въпрос. По същото време, в края на века, Кохер успешно лекуваше пациентите си с екстракти от щитовидна жлеза. Голям брой учени се опитваха да спрат диабета с екстракти от панкреас, но резултатите бяха неубедителни и противоречиви.

Младият канадски учен Фредерик Грант Банting пръв се досети защо не може да се получи ефикасен извлек от панкреаса. Този орган всъщност се състои от две жлези. Едната произвежда ензими, разлагачи белтъчините, а другата — хормон с белтъчен характер. При стриването на жлезата трипсинът се смесва с хормона и го унищожава. Банting реши да използва един експериментален метод, разработен от руския учен Л. В. Соболев още в 1901 г. Този изследовател беше установил, че при прекъсването на отводния канал се атрофира цялата тъкан на панкреаса, с изключение на островчетата на Лангерханс. Това даваше възможност да се получава чист екстракт с високо съдържание на хормони.

В 1921 г. Банting преподаваше фармакология в университета на Торонто. Там той се свърза с професора по физиология Джон Джеймс Маклеод, сподели своите идеи и получи достъп до неговата лаборатория. За свой асистент той взе Чарлз Бест. Още първите експерименти с кучета през май 1921 г. отбелязаха успех. Банting и Бест бяха създали метод за изолиране на хормона на панкреаса в чист вид. Този хормон се синтезира в островчетата на Лангерханс. Островче на латински е „инсула“. Още в 1916 г. Шарпли Шейфър предложи хормонът да се нарича инсулин. Това вещество, което учените търсеха десетилетия наред, най-после бе открито и на 23 януари 1922 г. един 14-годишен юноша бе изведен от диабетична кома и беше спасен с инжекции на инсулин. Оттогава насам броят на спасените се измерва с милиони.

Още през 1923 г. Нобеловият комитет при Каролинския институт обяви, че дава наградата за медицина и физиология на Банting и Маклеод за откриването и изолирането на инсулина. Това решение предизвика доста бурни емоции сред научния свят. Мнозина, които бяха следили работата отблизо, посочиха, че Маклеод не е взел участие в решаващите експерименти и дори не е присъствувал в лабораторията. Никому неизвестният Бест въобще не е бил предлаган за Нобелова награда. Скандалът още повече се забърка, когато един от сътрудниците на лабораторията заяви, че схемата на експеримента била предложена от неизвестен студент третокурсник, на когото било отказано да работи, защото сметнали, че няма нужната квалификация.

Никой от лауреатите не присъствува на тържествената церемония в Стокхолм и наградите бяха предадени на английския

посланик. Банting демонстративно раздели своя дял от сумата с Бест. Маклеод от своя страна даде половината на Колип, който разработи в същата лаборатория най-ефикасния метод за извличане на инсулин.

В 1929 г. почти едновременно Бутенант в Германия и Дойзи в САЩ изолираха кристално вещество с въздействие върху половите цикли, което отначало бе наречено фоликулин, а впоследствие естрон. В 1930 г. Мариан в Лондон изолира нов полов хормон — естриол. Скоро след това Бутенант потвърди откритието и показва връзката на естриола с естрона. Използвайки спектралния анализ, немският учен през 1932 г. показва, че и двата полови хормона са стероиди. В 1931 г. от т.нар. „жълто тяло“ в яичниците бе изолирано в кристален вид ново вещество. Три години по-късно Бутенант и Вестфал го отделиха в чист вид и го нарекоха прогестерон. Междувременно Бутенант и независимо от него Ружичка откриха и изследваха първия мъжки полов хормон — андростерон. Той се оказа от същата група на стероидите.

Всички открития се съпровождаха от проверка с методите на синтетичната химия. Новосинтезираните хормони обикновено имаха същия ефект, както природните вещества. При андростерона обаче екстрактът от жлезата бе с по-силно действие от синтезирания хормон. Противоречието бе разрешено през 1935 г., когато Ернст Лакъор откри, че има и втори мъжки полов хормон — тестостерон — с много висока активност. Скоро след това той бе синтезиран почти едновременно от Бутенант и Ружичка.

Изследванията на Адолф Бутенант върху стероидите и по-специално върху половите хормони му създадоха голям авторитет сред научния свят. В крайна сметка това го причисли към групата на Нобеловите лауреати в 1939 г., когато той раздели наградата с Леополд Ружичка.

Както обикновено, решението бе обявено през октомври. Това обаче беше вторият месец на Втората световна война. Церемонията в Стокхолм не можа да се състои. Ружичка получи наградата в Швейцария, а Бутенант бе „посъветван“ от Гестапо да се откаже от наградата си. За него, като германски поданик, бе забранено да има каквато и да било връзка с Нобеловата фондация. Едва десет години по-късно Адолф Бутенант можа да отиде в Стокхолм, за да получи

златния медал и дипломата. Наградата обаче беше върната обратно във фондацията.

През 30-те години Филип Шоултър Хенч, от клиниката Майо в Рочестър, Ню Йорк, установи, че при бременност или при боледуване от жълтеница се облекчават симптомите на някои ревматоидни заболявания. Той съвсем правилно предположи, че това облекчение може да се дължи на някакво стероидно вещество, подобно на половите хормони, отделяни при бременност или на жълчните киселини, които се задържат в тялото при жълтеница. Хенч се опита да лекува ревматоиден артрит със стероидите, които Едуард Кендал, негов колега от клиниката Майо, изолираше от кората (кортекса) на надбъбречни жлези. Трябваше да минат обаче почти две десетилетия, докато се постигне успех.

Отначало се смяташе, че от кортекса се отделя един хормон, който веднага бе назован кортизин. Той продължаваше живота на лабораторни животни без надбъбреци и помагаше на хора, болни от Адисонова болест. Поради нищожната концентрация на кортизин в кората работата с него беше много трудна и едва в средата на 30-те години стана ясно, че това е комплексно вещество. Пръв постигна успех Тадеуш Райхщайн в Базел. Той имаше голям опит в химията на природните вещества, тъй като повече от десет години се бе занимавал с изолиране на ароматните субстанции от кафето, вещества с изключително сложна структура. Райхщайн изолира три хормона със стероидна структура, които имаха положително въздействие върху животни без надбъбречни жлези. Кендал, който работеше успоредно с него, изолира четвърти хормон. Общо тези активни вещества се оказаха шест на брой. Най-известното от тях, получило името кортизон, се оказа ценно лекарство за медицината. Наред с това бяха открити и редица други съединения, представляващи преходни стадии на биосинтезата, без биологическа активност.

По-нататъшните изследвания показваха, че шестте хормона — кортикостероиди, които са химично близки, се различават значително по физиологичното си въздействие. Едни от тях регулират метаболизма на захарта и биоенергетиката на организма, както и телесната температура. Други регулират дейността на бъбреците, отделянето на соли и общия водно-солев баланс на организма. Голяма част от тези резултати бяха получени от Кендал и сътрудниците му. Те,

заедно с групата на Райхщайн, изследваха подробно кортизона, който се оказа с много силен ефект. След като това вещество бе изолирано в чист вид и особено когато Райхщайн намери начин за получаването му в големи количества от растителни стероиди, стана възможно да се провери идеята на Хенч за връзката между стероидите в организма и ревматоидните заболявания. Наред с него подобни идеи развиваше и Ханс Селие в Канада. Експериментите, започнати през 30-те години, бяха завършени през 1949 г., когато се публикуваха и резултатите.

Кортизонът предизвика наистина потресаващ ефект. Хора, пълни инвалиди, от години обречени на неподвижност, за кратко време се изправяха на крака. За съжаление скоро след това настъпи разочарование. Инжектирането на кортизон водеше до неприятни вторични ефекти — на жените порастваха бради, нарушаваше се ендокринният баланс. Това обаче се разбра по-късно, а в бурните времена на сензацията, през 1950 г., Каролинският институт взе решение да награди Едуард Калвин Кендал, Филип Шоултър Хенч и Тадеуш Райхщайн с Нобеловата награда по медицина и физиология за изследвания върху хормоните от кората на надбъбречните жлези и определяне на тяхната структура и биологичен ефект.

Д-р Хенч направи успешни опити за лекуване на ревматоидните заболявания с инжекции на адренокортикотропен хормон. Това вещество се отделя от предния дял на хипофизата, която се смята главната жлеза с вътрешна секреция. Мнозина са изследвали тази жлеза, чиито хормони регулират дейността на надбъреците, щитовидната жлеза и редица други органи. Сред тях особено известен е аржентинският учен Бернардо Усай. Още през 1924 г. той доказа, че хипофизната жлеза регулира отделянето на инсулин и въглехидратната обмяна.

Хипофизата е малко телце, разположено в основата на мозъка в костно образуване, наречено „турско седло“. Декарт смятал, че на това удобно място се разполага душата. Днешните учени са доста по-прозаични, но все пак те също са на мнение, че тази област на главата е много важна. Там се осъществява връзката между нервната система и хормоналния баланс. През 19 век вече бяха известни редица заболявания, свързани с патологични изменения в хипофизата. Известният френски физиолог Пиер Марей установи, че при някои от тях се наблюдава отделяне на захар с урината, също както при диабета.

Това навеждаше на мисълта, че има връзка между хипофизата и въглехидратния метаболизъм. Класическият експеримент в такива случаи бе да се отстранява жлезата или части от нея и да се наблюдава какво ще стане с лабораторното животно. Бернардо Усай, професор по физиология от университета в Буенос Айрес, избра за свой обект едрата жаба Буфо маринус, която се среща в изобилие по бреговете на Ла Плата.

Човешката хипофиза е голяма колкото бобено зърно. Жабешката е доста по-малка и трудно се забелязва. Операциите бяха много деликатни, но аржентинският учен ги провеждаше с голямо упорство и накрая постигна интересни резултати. Той премахваше цялата жлеза или само нейния преден дял. В експерименти с кучета, чиято хипофиза е все пак колкото грахово зърно, отстраняването на предната част на жлезата довеждаше до нарушаване на въглехидратния баланс и голяма чувствителност към инсулина. Кучетата и жабите, оперирани по този начин, показваха симптоми на една рядко срещана болест при хората. При обратно имплантране на хипофизата симптомите изчезваха.

Бернардо Усай бе един от големите физиолози от първата половина на века. Голямата му известност сред научните среди доведе до избирането му за Нобелов лауреат по медицина и физиология през 1947 г. Бернардо Усай бе награден за открития върху ролята на хормона от предния дял на хипофизата върху метаболизма на захарта. Заедно с него бяха наградени съпрузите Карл и Герти Кори за открития върху каталитичното превръщане на гликогена.

Задният дял на хипофизата също синтезира хормони. Един от тях, наречен окситоцин, стимулира контракциите на матката, както и други процеси, свързани с бременността. Друг хормон, наречен вазопресин, повишава кръвното налягане и регулира дейността на бъбреците. Още в 1933 г. тези хормони бяха извлечени и стана възможно тяхното изследване. Okaza се, че те имат сравнително малки молекули, което вдъхваше надежди за определяне на техния строеж с наличните тогава средства. С този проблем се зае проф. Винсент дю Виньо, биохимик от университета „Джордж Вашингтон“ в Сейнт Луис, Мисури.

Разкриването на структурата стана на етапи чрез постепенно отцепване на аминокиселините, изграждащи веригата на тези полипептиди. Това бе нова задача за химията, с която дю Виньо се

справи блестящо. Той създаде методи за постепенно отцепване на аминокиселините една след друга и така установи тяхната последователност. От подреждането логически следваше структурата. Пет аминокиселини образуваха пръстен, затворен от здраво свързаните серни атоми на цистeinовите молекули. Към този пръстен като опашка бяха прикачени още три аминокиселини и като цяло полипептидната верига получаваше формата на цифрата 9.

Следвайки традициите на химията, американският биохимик се зае да синтезира хормона окситоцин, за да докаже, че предложената от него структура е вярна. Отново стъпка по стъпка се провеждаха експерименти, докато се навържат осемте аминокиселини. Полученото вещество бе изпробвано върху експериментални животни и се оказа идентично с природния продукт.

Първата успешна синтеза на полипептиден хормон бе голям успех за зараждащата се молекуларна биология. Той бе предвестник на бъдещи успехи. Винсент дю Виньо, пионерът, който проправяше пътя, стана през 1955 г. избраникът на Нобеловия комитет по химия. Той бе награден за работи върху биохимично важни вещества, съдържащи сяра, и по-специално за първия синтез на полипептиден хормон.

Докато дю Виньо жънеше успехи и слава с постиженията си върху окситоцина, а след това и вазопресина, в Кембридж един млад изследовател се бе заел със задача, която изглеждаше безнадеждно амбициозна. 25-годишният Фредерик Санджър реши да разкрие структурата на инсулина. Той започна през 1943 г., във време, когато науката можеше много малко да му каже как да постигне целта си. Той трябваше да прави открития на всяка крачка и да създава нови методи за определяне на структурата на белтъчни молекули.

Първото откритие на Санджър бе разработването на метод за белязване на последната аминокиселина във веригата на този край, където има аминогрупа. Това се извършваше със специално веществово-оцветител. Така се установи, че инсулинът, който е изграден от 51 аминокиселини, има две полипептидни вериги, съдържащи съответно 31 и 20 аминокиселини. Това откритие значително облекчи работата по изследването на структурата. По-нататък Санджър продължи изучаването на двете вериги, като прилагаше частичното им разлагане със слаби киселини или ензими. Получените фрагменти, съдържащи по няколко аминокиселини, се разпределяха чрез хроматография или

електрофореза, след което се определяше подреждането на аминокиселините в тях. Този молекулярен ребус отне на английския учен 13 години, но най-накрая го доведе до успеха.

През 1956 г. Санджър можа да съобщи на своите колеги-изследователи пълната последователност на аминокиселините в двете вериги на инсулина. На две места тези вериги се съединяваха с т.нар. дисулфидни мостове — два атома сяра в съответните аминокиселини, които здраво се свързват помежду си. Тези данни бяха достатъчни, за да се определи пространствената структура на инсулина.

През 1958 г. Нобеловият комитет по химия реши да насърчи 40-годишния Санджър за по-нататъшни успехи в науката. Английският изследовател бе награден за работи върху структурата на протеините и по-специално на инсулина. В този случай идеята на Алфред Нобел — наградата да се дава на перспективни учени — наистина бе реализирана, както той бе желал. След това Санджър се насочи към нуклеиновите киселини и през 1980 г. получи втора Нобелова награда по химия за изследвания върху структурата на нуклеиновите киселини. Този втори успех също бе резултат от разработването на методи за определяне на секвенцията на биополимери — задача, на която Санджър посвети цялата си дейност на учен.

В основата на мозъка, над хипофизата, се намира едно образуване, наречено хипоталамус, което играе изключително важна роля в регулацията на функциите на организма. Това е мостът между нервната система и хормоналната система. Още в средата на 50-те години изследванията на Г. Харис, М. Сафон и С. Маккан показваха, че хипоталамусът управлява дейността на хипофизата, отделяйки в кръвта специални вещества. Тези т.нар. рилийзинг-фактори стимулират или инхибират секрецията на хипофизните хормони, които от своя страна управляват кората на надбъбреците, половите жлези и щитовидната жлеза. Хормоните на хипоталамуса се отделят в нищожни количества и бяха необходими 15 години за тяхното изолиране и изследване. Главната част от тази работа бе извършена в лабораториите на Роджър Гилмин в Бейлорския университет в Хьюстън, Тексас, и Андрю Шали от лабораторията по ендокринология в Ню Орлеан, Луизиана.

След дълги изследвания се установи, че в хипоталамуса се синтезират вещества, състоящи се от няколко аминокиселини.

Изследването на тези олигопептиди в края на 60-те и началото на 70-те години вече не беше проблем за биохимията и скоро тяхната структура бе установена. Нещо повече. Бяха получени изкуствени вещества с десетки пъти по-голяма биологична активност, както и вещества, които потискаха дейността на хормоните на хипоталамуса. Това разкриваше пътища за намеса във фините механизми на регулация в организма.

През 1960 г. Соломон Берсон и неговата ученичка Розалин Ялоу положиха основите на радиоимунологичните методи за изучаване на белтъчните хормони. Съчетаването на имунните реакции с метода на белязаните атоми доведе до невероятна чувствителност на химичния анализ и даде възможност да се изучават хипоталамусните хормони, въпреки че те са с десет милиона пъти по-малка концентрация от другите белтъчини в кръвния serum. Берсон почина през 1970 г., но неговата асистентка продължи изследванията.

Успехите, постигнати в изучаването на хормоните и особено на рилийзинг-факторите, бяха много впечатляващи и това доведе до награждаването на Роджър Гилмин, Андрю Шали и Розалин Ялоу с Нобеловата награда по медицина за 1977 г.

Още от 19 век физиолозите изследват различните хормони и в крайна сметка установиха в общи линии механизма на хормоналната регулация. Този механизъм включва ендокринни жлези, които са във връзка с нервната система и тъкани-мишени в органите, намиращи се под контрол. Очевидно беше, че хормонът трябва по някакъв начин да предизвика определени реакции в клетката и чрез промените в клетъчната физиология да постигне нужния ефект. До 1957 г. не беше ясно как става това. В тази година американският биохимик Ърл Уилбър Съдърленд откри вещество, което засилващо въздействието на адреналина върху реакцията за разпадане на гликогена в екстракт от чернодробна тъкан. Това неизвестно вещество запазваше своята биологична активност дори след нагряване на разтвора до температура на кипене, което предизвиква денатурация на белтъчините. Очевидно ставаше дума за нискомолекулно съединение, което е термоустойчиво. Приблизително по същото време американският химик Липкин синтезира от аденоzinтрифосфат (АТФ) ново съединение — цикличен аденоzinмонофосфат (цАМФ). При него фосфатната група участвува в образуването на пръстен, който придава характерни свойства на молекулата.

Откритието на химиците насырчи проф. Съдърленд да пред приеме обширни експерименти заедно със сътрудниците си във Вашингтонския университет. Неговата група установи, че цАМФ е необходим етап в регулацията на редица процеси в клетката. Okaza се, че именно това вещество е посредникът между организмовата среда и вътрешността на клетката, което довежда до превръщането на хормоналния сигнал в конкретна ензимна реакция. В клетъчната мембрана бяха намерени специфични ензими от групата на т. нар. аденилатциклизи. Всеки от тях е специфичен за съответния хормон. Хормоналната молекула стимулира дейността на ензима, който от своя страна превръща АТФ в цАМФ. Новообразуваното съединение се придвижва вътре в клетката, където оказва най-разнообразно въздействие върху клетъчната дейност. Например цАМФ регулира мускулното съкращение, синтезата на ДНК, клетъчната секреция и т.н. От този широк спектър всъщност се реализира само една част, като специфичността се осъществява от аденилатциклизите, всяка от които реагира на определен хормон. Влияние оказва и специализацията на самата клетка. Така например мускулното влакно се свива, жлезистата клетка секретира и т.н.

Откритието на Съдърленд хвърли мост между физиологията и цитологията. Създаде се нова насока за изследване на конкретните механизми за регулация от организмо към клетъчно и молекулно ниво. Натрупаните факти се оказаха с голямо значение за медицината, тъй като се установи, че редица заболявания са свързани с нарушения в ензимния комплекс, който синтезира и разгражда цАМФ.

Брл Съдърленд, който поставил началото на това ново направление в науката, през 1971 г. получи Нобеловата награда по медицина и физиология за своите открития в областта на механизма на действието на хормоните.

Големите успехи на молекулярната биология не бива да създават впечатлението, че всичко с хормоните е ясно. Все още има вещества с такова действие, чиято функция не е докрай изяснена и които дори още не са открити. В тази насока особено показателен е примерът с простагландините.

В 1936 г. известният шведски учен Улф фон Ойлер откри в човешка семенна течност нов тип биомолекули. Смятайки, че те се отделят от простатната жлеза, той ги нарече простагландини. По-

нататък се разбра, че истинският източник са семенните каналчета, но името вече се беше утвърдило. Още тогава от тези съединения се заинтересува младият учен Суне Бергстрьом. Той се залови с изследвания и през 50-те години бе сред тези, които разкриха структурата на простагландините. Okаза се, че това са производни на арахидоновата киселина — въглеродна верига с четири двойни връзки. Тя е една от незаменимите субстанции на храната. Окончателни доказателства за пътя на синтезирането на простагландините бяха получени в началото на 60-те години от Бергстрьом заедно с младия му сътрудник Бенгт Самуелсон с помощта на белязани атоми.

Солучливо използвайки хроматографията, Бергстрьом изолира различните простагландини. По-нататък Самуелсон продължи работата, показвайки механизма на тяхното действие. Простагландини бяха открити навсякъде в тялото, поради което започна да се използва и терминът тъканни хормони. Те се оказаха с доста разнообразно действие. Простагландините предизвикват съкращения на гладките мускули и вземат участие в регулирането на кръвното налягане, дихателната система, някои жлези с вътрешна секреция, съсирането на кръвта, а също и във физиологията на раждането. Последното обстоятелство даде възможност простагландините да се използват като противозачатъчно средство. Тези подробни проучвания значително разшириха възможностите на клиницистите в борбата им с различни заболявания.

Сред учените, които се насочиха към простагландините, бе и английският изследовател Джон Вейн. Той стигна до тях, търсейки механизма на лечебното действие на аспирина и други подобни вещества. Ацетилсалициловата киселина, известна под търговското название аспирин, се произвежда като лекарство от 1876 г. Трябваше да минат обаче 95 години, за да открие Джон Вейн как действува това универсално лекарство. Okаза се, че аспиринът блокира синтезирането на редица простагландини с вредно действие за организма и на това се дължи неговият антивъзпалителен ефект. Поради широката разпространеност на простагландините в тялото аспиринът се оказа едно универсално средство за подобряване на физиологичното състояние на организма.

Изследванията на простагландините в продължение на почти 50 години привлякоха накрая вниманието на експертите от Каролинския

институт, които присъдиха Нобеловата награда по медицина за 1982 г. на двамата си дългогодишни колеги от института Суне Бергстрьом и Бенгт Самуелсон. Заедно с тях раздели наградата и Джон Вейн от лабораториите Уелкъм в Бекънхем, Англия. През последните десет години на базата на тъканните хормони бяха създадени медикаменти за облекчаване на раждането и за лечение на тромбози, артрити, хипертония, язва и още много болести. С простагландините са свързани надеждите за по-нататъшни успехи на медицината.

КЛЕТЬЧНАТА МАШИНА

През 50-те години се установи, че живата клетка е една великолепна машина с изключително сложна структура, в която протичат едновременно хиляди реакции на разграждане и синтез, на разрушение и съзидание, благодарение на които се поддържат структурите на живота. Особени приноси в тези изследвания имат Джордж Палад от Рокфелеровия университет в Ню Йорк, Кристиан де Дюв от същия университет и Албер Клод от Брюкселския университет. Общото за тяхната работа е предпочтанието към метода на диференциалното центрофугиране.

Ултрацентрофугата бе създадена от Те Сведберг за изследвания в колоидната химия. Клетъчните хомогенати, с които работят биохимиците, са също колоидни разтвори и веднага редица учени се заеха да използват новата техника в биологията. Дълго време обаче не можеха да се получат задоволителни резултати. Диференциалното центрофугиране бе създадено след продължителна работа на голям брой учени, сред които водеща роля имаше Албер Клод.

Същността на метода е проста. Клетъчният хомогенат, който е смесица от различните компоненти на клетката, се подлага на последователно центрофугиране с все по-голям брой обороти. Това води до нарастване на ускорението и на изкуствената гравитация, която утаява все по-леки частици от колоидния разтвор. Това ускорение, което характеризира теглото на частицата, се обозначава с единицата „сведберг“ и се бележи с главната латинска буква S. Отначало се утаяват неразрушените клетки. Течността се прелива в друг съд и се продължава по-нататък по същия начин. После се утаяват големите клетъчни фрагменти, ядрата, митохондриите, лизозомите и рибозомите. На всеки етап Албер Клод провеждаше микроскопско наблюдение за идентификация на обектите. Неговите изследвания потвърдиха, че с митохондриите са свързани процесите на окисление. Той проведе биохимични експерименти и откри някои от ензимите на дихателните вериги в състава на митохондриите.

По-нататъшното развитие на диференциалното центрофугиране е свързано с дейността на Кристиан де Дюв. Кулминацията на неговата работа бе откриването на лизозомите през 1963 г. Това откритие бе направено до известна степен случайно. Де Дюв и неговите сътрудници изследваха субклетъчните фракции от чернодробни клетки на плъх. Неочаквано бе открито рязко нарастване на ензимната активност в хомогената. Изследването на този феномен показва, че в клетките има особени частици, в които се съдържат разграждащи ензими. Те са отделени с мембрана от останалата част на клетката. Разкъсването на лизозомата довежда до лизис — разрушение на клетъчните структури или на самата клетка. Така в живите системи се разрушава старото, за да се отвори място на новото. Okаза се, че лизозоми има практически във всички клетки и че те вземат най-дейно участие във физиологичните и патологичните процеси в клетката. Възникна цял раздел на клетъчната патология, който се занимава с дефектите в структурата и функцията на лизозомите.

Отделянето на фракции, състоящи се от все по-дребни частици, наложи използването на електронна микроскопия. С тези средства големи успехи постигна Джордж Палад. Той подробно изучи митохондриите и рибозомите. С електронен микроскоп Палад опиша ултраструктурата на митохондриите и по-специално гребенчетата по вътрешната мембрана, наречени на неговото име. Дълги години и рибозомите, изследвани подробно от него, също се наричаха гранули на Палад. Той използваше ултрацентрофугата за изолиране на субклетъчните частици и след това ги търсеще в структурата на самата клетка, за да ги види в първоначалния им вид и да установи техните взаимодействия с другите клетъчни органели.

Албер Клод направи големите си открития още в 40-те години. Палад и де Дюв бяха най-активни през 50-те години. В 1974 г., с известно закъснение, тримата бяха удостоени с Нобеловата награда по медицина и физиология. Тази оценка на Нобеловия комитет при Каролинския институт бе продиктувана от голямата важност на изследванията върху самите клетки, които сега заменят класическия биохимичен експеримент с хомогенни разтвори. Това е част от постепенното обединяване на биохимията с цитологията на нивото на молекулярната биология, когато химичен състав и биологична

структура означават вече едно и също. Именно в този аспект е бъдещото развитие на науката за живота.

В историята на физиологията отчетливо се проследява развитието от изследвания на цели животни към тъкани и тъканни екстракти. Това даде възможност да се разкрият детайли в метаболизма, но, от друга страна, доведе до загубване на връзката между структура и функция. Едва през 50-те и 60-те години, с развитие на модерните методи за изследване, физиологията на клетката започна да се свързва с нейните различни органели. Особено големи успехи бяха постигнати в изучаването на синтезата на белтъчините, която се извършва в рибозомите по командата на ДНК с помощта на различни видове РНК. Предстои да се реши къде точно възникват и другите групи химични вещества в клетката. Засега успехите са по-големи в изучаването на начина, по който те се синтезират.

Докато разграждането на въглехидратите бе разкрито сравнително рано, процесът на тяхното синтезиране дълго време оставаше неизвестен. Мнозина големи учени допуснаха, че реакциите са обратими и захарите се изграждат така, както се разграждат. Едва в 1949 г. аржентинският учен Луис Лелоар, ученик на Бернардо Усай, направи едно откритие, което насочи мислите на биохимиците в друго направление. Той установи, че превръщането на монозахаридите от един вид в друг се извършва в присъствието на някакво неидентифицирано вещество. Лелоар го изолира и определи неговата химична природа. То се оказа захарен фрагмент, свързан с нуклеотид. Изследванията на аржентинския учен показваха, че трансформацията на монозахаридите се извършва след свързването им с нуклеотид. Това ги активира и прави реакцията възможна. По-нататък стана ясно, че с помощта на нуклеотиди се осъществява биосинтез на полизахариди като гликоген, нишесте, целулоза и т.н.

Тази идея имаше голямо значение за биохимията. Учените се отказаха от схващането за обратимите реакции. Установи се, че разграждането и синтезата следват различни пътища. Тази мисъл бе потвърдена впоследствие и за други групи съединения и по-специално за белтъчините и нуклеиновите киселини.

Луис Лелоар специализира през 1936 г. биохимия при Хопкинс в Кембридж. В 1944 г. беше асистент на Карл Кори, а след това на Бернардо Усай в Буенос Айрес. Усвоявайки опита на тези големи

учени, той успя да направи голям собствен принос в биохимията и това му донесе Нобеловата награда по химия за 1970 г.

Голям дял в учението за метаболизма заема изследването на мастните киселини и другите съединения, които образуват голямата група на липидите. Особен интерес представляват стеролите, към които спадат голям брой физиологично активни съединения. Химичната структура на тези съединения започна да се изяснява в началото на века и в 1928 г. Виндаус и Виланд получиха Нобелова награда по химия за изследвания върху структурата на холестерола и жълчните киселини. Установи се, че има голям брой стероли в животните и растенията като витамин D, полови хормони и хормони на надбъбречната жлеза и др. Някои от тях са известни доста отдавна. Самият холестерол бе открит преди 200 години и неговото име означава „жълчен камък“. Подробности за механизма на тяхното синтезиране обаче започнаха да се разкриват едва след като Конрад Блох и Феодор Линен приложиха метода на белязаните атоми за изучаване на веригите от биохимични реакции.

Изследванията на тези учени положиха основите на съвременните знания за динамиката на процесите в живите клетки. Едно фундаментално откритие, направено в лабораторията на Шъонхаймер в Колумбийския университет, бе изясняването на ролята на оцетната киселина като градивен елемент при синтезата на холестерина и мастните киселини. Тези открития до голяма степен бяха дело на Блох. По същото време Линен, в Мюнхенската лаборатория на Хайнрих Виланд — неговия тъст, също изучаваше метаболизма на оцетната киселина и откри едно нейно активирано състояние, което се оказа предшественик на всички липиди в тялото. Този активиран ацетат се получава при редица метаболитни процеси.

Изотопната техника на Блох и неговите сътрудници даде възможност да се разбере как от двувъглеродната ацетатна група се получават дълги молекули с 30 въглеродни атома. Установи се последователност от родствени съединения, които са близки в химично отношение, но във физиологичен аспект стоят доста далеч. Okaza се, че те имат общ произход и просто са етапи от веригата на биосинтезите. Например ланостеролът се изолира от вълната на овцете, а родственият му холестерол е широко разпространен в кръвта

и тъканите. От своя страна самият холестерол е предшественик на жълчните киселини и някои полови хормони.

Линен, който през цялото време работеше успоредно върху същите проблеми, постигна същите резултати. Наред с това обаче той се интересуваше и от клетъчния аспект на проблема, свързвайки го потясно с клетъчния метаболизъм и структура. Наред с това Линен показва как веригата от синтези може да се видоизмени, като вместо стероли се получават терпени, каучук и други вещества. В тези реакции участвуват и активирани изопренови молекули.

Биохимичните изследвания на Конрад Блох и Феодор Линен допринесоха много за изучаването на начина, по който се синтезират в организма една група съединения с голямо биологично значение. Холестеролът отдавна интересува медиците, тъй като неговото отлагане по вътрешните стени на кръвоносните съдове води до тяхното стесняване и запушване. Един все още нерешен проблем е как да бъдат отстранявани тези налепи и да се поддържа в ред кръвоносната система. За големи приноси в развитието на науката Конрад Блох и Феодор Линен станаха Нобелови лауреати по медицина и физиология за 1964 г. Те получиха наградата за открития, свързани с механизмите на метаболизма и регулацията на холестерола и мастните киселини.

От средата на миналия век възникна и се развива химията на клетката. Едно от първите нейни постижения е откриването на нуклеиновите киселини. Както показва самото им име, те са свързани с клетъчното ядро. Тези съединения бяха открити от Мишер в 1869 г. Той самият използваше термина нуклеин и едва 20 години по-късно немският биохимик Р. Алтман въведе понятието нуклеинова киселина.

Откритията на Мишер бяха направени в лабораторията на известния биохимик Ф. Хопе-Зайлер. В 1879 г. там започна изследвания над нуклеиновите киселини Албрехт Косел. На нуклеиновите киселини и на свързаните с тях протеини той посвети повече от четвърт век. През 80-те години Косел проведе успешни експерименти по хидролиза на нуклеинови киселини и откри, че те съдържат аденин, гуанин, фосфорна киселина и още едно вещество, подобно на захар. Всъщност той откри първичната структура на тези най-сложни биополимери.

В клетката нуклеиновите киселини са тясно свързани с белъчини, които имат основен характер. Косел отдели много сили и

време за тяхното изучаване. Оказа се, че те са от групата на протамините (едни от най-простите белтъчини) и хистоните. Косел бе един от тези учени, които положиха основите на теорията за строежа на белтъчините като комплексни съединения, изградени от голям брой аминокиселини. Тези схващания бяха уточнени от Емил Фишер, който пръв успя да получи свързани помежду си аминокиселини и да покаже възможностите за подобен синтез.

Албрехт Косел се посвети на биохимията в един много важен за нея период, когато тя се утвърждаваше като наука. Изследвайки такива сложни съединения като нуклеиновите киселини и белтъчините, той откри редица от техните съставни елементи като хипоксантин, аденин, гуанин, които са съставна част на нуклеина, както и аминокиселината хистидин. За големите си успехи той получи Нобеловата награда по медицина и физиология за 1910 г. Тя му бе дадена за заслуги в развитието на клетъчната химия, направени чрез изследвания върху протеини и нуклеинови вещества.

През 1936 г. Макс Перуц, един млад австриец, попаднал при Джон Бернал в Кавендишката лаборатория, реши да разкрие структурата на хемоглобина с метода на рентгеновата дифракция. В групата на протеините тя е сравнително малка. От друга страна, това вещество пренася кислорода в кръвта и има огромно значение за физиологията. Първите рентгенограми бяха получени през 1937 г. Обектът на изследване бе конски хемоглобин. Резултатите бяха изключително трудни за интерпретация, тъй като по онова време нямаше компютри. Година след година Перуц продължаваше с огромно търпение експериментите си, подкрепян и насырчаван от У. Л. Браг, ръководителя на лабораторията. В 1953 г. Перуд успя да прикрепи към молекулата на хемоглобина на различни места атоми от живак. Това промени дифракционната картина и улесни нейното разчитане. В 1959 г., след повече от 20 години работа, Макс Перуц и неговите сътрудници можеха вече да покажат каква е триизмерната структура на хемоглобина. В тази работа му помогаха голям брой учени. Бернал го научи как да прави рентгенограми, а Д. Кейлин, един от големите английски биохимици на нашия век, му осигури достъп до своята биохимична лаборатория. Крик, Уотсън и Санджър, все бъдещи Нобелови лауреати, работеха при Перуц и усвояваха от своя страна неговото умение.

В 1946 г. кралските военновъздушни сили демобилизираха един специалист, участвувал в разработката на радарите. Джон Кендрю, завършил химия в Кембридж, се върна отново в този научен център и започна работа при Перуц. Той се заинтригува от структурата на протеините, под влияние на Бернал и Полинг, и реши да избере за свой обект една още по-малка белтъчна молекула. Той се спря на миоглобина. Това вещество е родствено на хемоглобина и се среща в мускулите. Неговата молекула е четири пъти по-малка и служи като резервоар на кислород. На миоглобина се дължи червеният цвят на мускулите. Той се среща особено много при морските бозайници, които остават дълго време под водата и имат нужда от голям запас на кислород в тъканите на тялото. Тяхната мускулатура е с много тъмен цвят поради голямото количество миоглобин.

Кендрю и неговите сътрудници извличаха миоглобин от мясо на кашалот и също го обработваха с живак или злато, за да получат контрастни рентгенограми. Тази група изследваше по-проста структура и по-бързо постигна успех. В 1957 г. вече беше известна триизмерната структура на миоглобина.

В 1962 г. Нобеловите комитети по химия и по медицина и физиология решиха да наградят учени, постигнали успехи в разкриването на структурите на гигантските биомолекули. Наградата по медицина бе дадена на Крик, Уотсън и Уилкинс за определянето на структурата на ДНК. Лауреати на наградата по химия станаха Макс Перуц и Джон Кендрю, открили структурата на хемоглобина и миоглобина.

Общото за тези изследвания е, че бяха направени с метода на рентгеновата дифракция и с помощта на първите още несъвършени компютри. Сега на разположение на изследователите е много по-съвършена техника. Това дава възможност много по-бързо да се установява структурата на биомолекулите. В 1967 г. Д. Филипс разкри структурата на лизозима. Пак през 60-те години Стейн, Мур и Анфинсен разкриха строежа на рибонуклеазата и получиха за това Нобелова награда през 1972 г. Този процес е много бавен, но само чрез него може да се отиде от молекулните структури към молекулните комплекси и клетъчните субструктури и да се обясни строежът на живото вещество във връзка с неговата функция. Това е също една от големите задачи на бъдещето.

По-нататъшен прогрес в изследването на молекулните комплекси на клетката бе постигнат след работите на Аарон Клуг от лабораторията по молекулярна биология към Медицинския изследователски център в Кембридж. Той успя да съчетае рентгеновата дифракция с прецизна електронна микроскопия.

Клуг пристигна в Кембридж през 1949 г. и се научи да прави рентгенограми при Розалин Франклайн, която даде решаващ принос за разкриването на структурата на ДНК. В началото той се насочи към изследване на вируса на тютюневата мозайка, търсейки да установи как нуклеиновата киселина се свързва с протеиновите молекули. Натрупаният опит се оказа много ценен впоследствие, когато Клуг се зае с човешките хромозоми. По-специално той се интересуваше от хроматина, както се наричат хромозомите, когато са в деспирализирано състояние между две клетъчни деления. Тогава те не се виждат в светлинен микроскоп и представляват тънки нуклеопротеидни нишки с диаметър 100–200 ангстрьома. По дължината на нишките са подредени елементарни субединици, наречени нуклеозоми, които представляват огънат участък на ДНК, съставен от нуклеотиди и белтъчни молекули от групата на хистоните. Всичко това много наподобява вирусите, с които вече се беше занимавал Клуг и благодарение на своя опит този изследовател успя да направи значителни открития.

Още от 1968 г. Клуг прилагаше рентгеноструктурен анализ в съчетание с компютри и математично обработване на данните. Впоследствие той усвои електронната микроскопия, стигайки до разделителна способност от 2,8 Å. Нека си припомним, че диаметърът на водородния атом е 1 Å. При това Клуг получаваше изображенията, без да използва контрастни вещества като атоми на тежки метали.

При такава разделителна способност вече се получават изображения на повечето атоми. Става възможно химикът директно да наблюдава молекулите и техните комплекси. Вероятно скритата мечта да се „види“ химичната реакция е вълнувала почти всеки изследовател, занимавал се с тази наука. Аарон Клуг, който плътно се приближи до тази цел, получи през 1982 година Нобеловата награда по химия. Неговите изследвания върху хроматина хвърлиха светлина върху най-фината структура на генетичния апарат. Това несъмнено ще ускори изследванията върху функцията на гените и в частност ще окаже

решаващо значение върху разкриването на природата на рака и други заболявания. Гледайки към микросвета с тази нова техника, молекулярните биолози ще могат по-добре да разберат как работи клетъчната машина.

XIV

НЕВРОФИЗИОЛОГИЯ

В последните десетилетия на 19 век бяха постигнати решителни успехи в изучаването на клетъчния строеж на мозъчната тъкан. Началото на тези открития бе поставено от Камило Голджи, професор от Павия, който създаде много ефикасен метод за специфично оцветяване на нервните клетки. Работейки в най-различни области на експерименталната медицина, той между другото реши да използва сребърния нитрат за оцветяване на препарати от мозъчна тъкан. Сребърните соли се поглъщаха селективно от нервните клетки и им придаваха хубав черен цвят. Така лесно се виждаха различните израстващи на клетката и италианският учен може да опише малките разклонения — дендрити, и големия израствък — аксон, които осъществяват връзката с другите клетки.

Голджи никога не е придавал особено значение на това свое откритие и дори не се знае точно кога е било направено то. Методът за оцветяване бе поет от други учени и микроанатомията на мозъка направи бърз прогрес. В 1891 г. Валдайер въведе понятието неврон като основен елемент на нервната система. Неговият неврон е функционална единица, състояща се от клетъчно тяло и израстващи, които достигат други клетки. Тази теория бе наложена в науката с цената на много усилия. Един от най-убедените ѝ противници бе самият Голджи. Теорията обаче бе възникнала и се развива до голяма степен благодарение на неговите експериментални методи. Нови данни в подкрепа на тези идеи бяха получени чрез усъвършенстването на методите за изготвяне на препарати. Главна заслуга за това имаше испанският учен Сантяго Рамон и Кахал, който доразви техниката на Голджи. Наред със сребърния нитрат той въведе в употреба и златния хлорид. Това съединение импрегнираше и най-тънките израстващи на невроните и ги правеше видими. Така в хаоса от сплетени нишки и клетки на мозъчната тъкан можеше да се види една по-ясна картина.

Голджи описа няколко типа нервни клетки и техните израстващи. Той установи, че аксоните на мозъчните клетки се събират и

продължават в гръбначния мозък, като по този начин осъществяват връзката с тялото. Кахал проведе обширни наблюдения върху структурата на различни дялове от мозъка и нервната система, като често изследваше ембрионалното развитие на мозъчните структури, които в ранните етапи имат по-опростен строеж и дават възможност по-лесно да се схване общата идея в устройството на мозъка. И двамата учени бяха много известни в началото на века. Те нееднократно бяха предлагани за Нобелова награда. Срещу това се отправяха възражения, тъй като Голджи от десетилетия не се беше занимавал с тези проблеми и всъщност беше по-известен с работите си върху субклетъчните структури. От друга страна, Кахал бе активен изследовател, който напълно заслужаваше поощрението на Нобеловата награда. Но той не беше откривател на метода.

Това бе сложна дилема за Нобеловия комитет при Каролинския институт, който в първите години се придържаше по-твърдо към завещанието на Алфред Нобел. Имаше хора, които казваха, че ако бъде награден Голджи, това ще е първият случай, когато наградата ще бъде дадена като пенсия. Въпреки острите реплики в 1906 г. най-после се стигна до компромис. Голджи и Кахал получиха Нобеловата награда по медицина и физиология в признание на тяхната работа върху структурата на нервната система.

От установяването на строежа на мозъка до разгадаването на неговата функция беше още много далеч. Тази задача изглежда далечна и днес след толкова много успехи в неврофизиологията. Както става в науката, изследователите започнаха от най-простото. Те си поставиха за цел да разберат как работят нервните влакна, които провеждат импулсите.

Биоелектричеството е известно като явление още от опитите на Галвани в края на 18 век. В началото на 19 век то бе изследвано от неговите сънародници Нобили и Матеучи. Към 1843 г. Дюбоа-Реймон вече разполагаше с достатъчно съвършена техника, за да изучава импулсите по нервното влакно. Той показва, че това е вълна от отрицателно електричество. Няколко десетилетия по-късно Фритьоф Холмгрен с телефон „подслушващ“ сигналите на нервите. От тези изследвания се натрупаха данни за биоелектричните явления. Боудич установи, че дейността на нерва, по-специално неговото възбудждане, се подчинява на закона „всичко или нищо“, т.е. сигнал има, когато

възбудждането достигне определен праг. Тези данни бяха потвърдени в началото на 20 век от Лукас. Хил и неговите сътрудници изследваха топлоотделянето на нерва, като показваха, че при провеждането на импулса рязко се усилва метаболизъмът.

Тези опити бяха направени в Кембридж, където работеше една голяма школа от физиолози. След Първата световна война от военни болници там се завърна един млад изследовател, който се зае да изучава нервните пътища с най-модерна за времето си техника. Едгар Дъглас Адриан приложи радиолампи, които усилваха хиляди пъти сигнала, и успя да улови импулс от единични нервни влакна — израстващи на един неврон. Заедно със своя сътрудник Зотерман той получи интересни данни за характера и разпределението на импулсите, които впоследствие бяха много ценни за изучаването на механизма на възникване на тази вълна от биоелектричество.

Адриан постигна големи успехи в изследването на проводящите пътища, особено на сетивните органи. Това го направи Нобелов лауреат по медицина за 1932 г. Заедно с него бе награден един ветеран на неврофизиологията — Чарлз Шерингтън, изследвал невронната структура на рефлексите. Двамата получиха наградата за изследвания върху функцията на невроните. Техните работи разглеждаха проблема от различни страни и добре се допълваха.

Техническите усъвършенствования дадоха възможност за задълбочаване на познанията за нервите — електропроводниците на биокомуникацията. След като Хелмхолц в края на минатия век се зае с измерване на скоростта на провеждане на нервния импулс, в нашия век този род изследвания продължиха бързо да се развиват. Густав Йотлин установи, че дебелите влакна провеждат с по-голяма скорост. Адриан откри, че импулсите се отделят на серии, като честотата е по-голяма при по-силно дразнене. Това навеждаше на мисълта, че нервите са подобни на сложноустроените кабели, състоящи се от сноп различни проводници. На Джозеф Ерлангер и Херберт Спенсер Гасер се падна щастието да бъдат първите, които установиха сложната структура на нерва. В 1920 г., на един конгрес на инженери в Чикаго, бяха демонстрирани нови усилващи радиолампи и усъвършенствани катодни осцилографи, които за двете десетилетия след откриването им от Карл Фердинанд Браун бяха постигнали доста добро ниво. С тази техника Ерлангер и Гасер записаха с висока точност нервните импулси

и през 1924 г. стигнаха до извода, че техният сложен характер може лесно да се обясни, ако се приеме, че самият нерв се състои от няколко типа влакна, които провеждат електричната вълна с различна скорост. Двамата учени, които работеха в известния университет „Джордж Вашингтон“ в Сейнт Луис, Мисури, установиха, че има три групи влакна. Те бяха обозначени с първите три букви на латинската азбука. Влакната тип А, които са най-дебели, провеждат със скорост 5 до 100 метра в секунда, тип В — с 3 до 14 м/сек, и тип С — със скорост от 0,3 до 3 м/сек.

Ерлангер и Гасер успяха да покажат, че отделните влакна, влизащи в състава на един нерв, служат на различни цели. Дебелите влакна с висока скорост на провеждане носят команди за бързо действие на мускулите; за по-тънките, по които се движи информацията от сетивата, не е нужна толкова висока скорост на провеждане. Най-бавни са нервните нишки, провеждащи например чувството за болка. Това разнообразие е резултат на милионите години еволюция, когато са преживявали само най-бързите и най-добре приспособените.

През 1944 г., когато вече се виждаше краят на войната, Нобеловият комитет на Каролинския институт възстанови дейността си и реши да даде наградата по медицина и физиология на Ерлангер и Гасер за откриването на високодиференцираните функции на единичните нервни влакна. Работата на тези учени бе голяма крачка напред за неврофизиологията, изследваща нервните структури във връзка с тяхната функция.

Към средата на 20 век най-после се получиха категорични резултати, показващи как се осъществява провеждането на нервния импулс. Още Дюбоа-Реймон предполагаше, че биотоковете се пораждат от ориентацията на молекулите в живата тъкан. Редица учени след това свързваха работата на нерва с различните биохимични процеси в неговата протоплазма. Постепенно обаче се зараждаше идеята, че нервният импулс е свързан с мембранныте явления. Големият химик Оствалд още в 1890 г. изказа мисълта, че електричните заряди възникват в резултат на нееднаквата проницаемост за различните йони. В 1902 г. Ю. Бернщайн със забележителна интуиция и дълбоко разбиране на нещата създаде първата мембранна теория, която обясняваше нервния импулс с

различните концентрации на йони отвътре и отвън на мем branата и промените в проницаемостта. Теорията бе доста умозрителна, но времето показва, че е по принцип вярна. В 1904 г. Ърнест Овертън внесе уточнение с изключителна важност, като предложи механизъм за образуване на мембрания потенциал. Той излезе с хипотезата, че електричният заряд възниква в резултат на различната концентрация на натриевите и калиевите йони от двете страни на нервната мембра на. Трябаше да минат няколко десетилетия, почти половин век, за да стане тази хипотеза научен факт. Това бе дело на мнозина изследователи, сред които особено изпъкват имената на Алън Лайд Ходжкин и Андрю Филдинг Хъксли.

Техният успех до голяма степен се дължи на добрия избор на обекта за изследване. През 1938 г. Ходжкин бе на командировка в известната морска лаборатория в Уудсхол и там видя как Коул и Къртис изследват провеждането на нервни импулси по гигантските аксони на калмарите. Това са необикновени нервни влакна. Техният диаметър достига 1 мм. Причината за тези размери е необходимостта от бързо провеждане на импулси, тъй като калмарите, сепиите и октоподите са активни хищници, които бързо плуват. При линейното увеличаване на диаметъра повърхността на нервното влакно нараства на квадрат и това увеличава възможностите за провеждане. При човека и другите гръбначни животни проблемът за високата скорост на провеждането е решен технически по-елегантно. Техните нервни влакна са обвити с изолиращи миелинови клетки, като нервната мембра на е открита в т. нар. прищъпвания на Ранвие. Импулсът се разпространява само в тези участъци, които са без изолация, и вместо да изминава цялата дължина на нерва електричната вълна се движи скокообразно по него, като едновременно с това се усилва и поддържа.

Това е далеч по-съвършено устройство, но също така много по-трудно за изследване. Щастливото откритие на зоолога Дж. Йънг от 1936 г., че калмарите имат такива огромни аксони, които могат да се изследват с просто око, даде на неврофизиолозите забележителен обект за изследване. Ходжкин и Хъксли доказаха хипотезата на Овертън с помощта на прости експерименти. Те вземаха един аксон—нервно влакно, израстък на неврон, и с помощта на гумено валиче го изцеждаха от протоплазмата. След това вкарваха вътре различни разтвори и проверяваха как концентрацията на разните йони се

отразява на провеждането на нервния импулс. Установи се, че мембранныят потенциал се дължи на различните концентрации на калий и натрий отвън и отвътре на нервното влакно. В аксолазмата има 20 до 50 пъти повече калий, отколкото в междуклетъчната среда, където е по-голямо количеството на натриевите и хлорни йони. Това се дължи на обстоятелството, че мембраната пропуска свободно калий, но много малко натрий. При възбудждане, когато преминава вълната на импулса, мембраната става свободнопроницаема и за натрия. В състояние на покой от двете страни на мембраната има различни електрични заряди, което обуславя мембранныя потенциал. При деполяризацията, настъпваща по време на възбудждане, нахлуването на натриеви йони неутрализира потенциала, а след това води до инверсия на зарядите. Нормално вътрешната страна на мембраната е отрицателно заредена спрямо външната, а по време на възбудждане става обратното.

След преминаването на импулса влиза в действие мемранен ензимен комплекс, т.нар. натриева помпа, която възстановява изходното състояние и подготвя нерва за следващия импулс. Това изисква все пак няколко милисекунди време, което обяснява защо импулсите не могат да се движат един след друг. Мембранныя теория на Ходжкин и Хъксли, описваща тези процеси в строг математичен вид, беше голямо откритие за физиологията на 20 век. Основните доказателства бяха получени през 50-те години, а в 1963 г. Ходжкин и Хъксли станаха Нобелови лауреати по медицина и физиология заедно с Джон Екълз за открития във връзка с йонните механизми на възбудждане и задържане в мембраната на нервните клетки. Интересно е да се отбележи, че Андрю Хъксли е внук на известния естествоизпитател Томас Хъксли, един от съратниците на Дарвин, и брат на големия биолог Джулиан Хъксли и писателя Олдъс Хъксли.

Промяната в електричните заряди води до образуването на локални токове в нервната мембрана и до възникването на вълната на възбудждане, което е всъщност нервният импулс. Нищо не показва в коя посока ще се движи тази вълна. В организма обаче импулсът се движи винаги напред. От рецепторите към мозъка и от там към органите. Природата е изобретила забележителен механизъм, който осигурява праволинейност на провеждането и контрол върху сигнала. Това своеобразно реле, с което нервът завършва, се нарича синапс —

„свръзка“, както го измисли Шерингтън. В тази допирна точка между нерва и друг нерв или мускул, жлеза и т.н. електричният сигнал се превръща в химичен. Възбудената мембра на отделя вещества-посредници, които дифундират до отсрещната мембра на. Химичното въздействие възбужда другия нерв, поражда се нова електрична вълна и провеждането продължава. В синапса импулсът минава само в една посока. Химичното действие може не само да възбужда, но и да инхибира, а това е много важно за мозъчната кибернетика. Изследванията върху химичните медиатори започнаха в първите десетилетия на нашия век. Това бяха първите стъпки в деликатната област на психохимията, която днес е една от най-увлекателните глави на физиологията.

ХИМИЯ НА МОЗЪКА

Изследователите на биоелектричните явления в нервната система смятаха съвсем естествено, че нервите са като телеграфни кабели и се свързват помежду си и с органите директно. В началото на века обаче се появиха данни, че в работата на нервната система са намесени химични вещества. В 1904 г. Елиот изолира от сърцевината на надбъбречните жлези веществото адреналин, което имаше върху организма същото въздействие, както симпатиковата нервна система. Този изследовател предположи, че нервните влакна от симпатиковия дял на вегетативната нервна система произвеждат това съединение в своите окончания. Десет години по-късно, в 1914 г., Хенри Дейл публикува изследванията си върху ацетилхолина. Той имаше ефект както парасимпатиковата нервна система, но не се откриваше в тялото като адреналина и това значително затрудняваше изследванията.

Тези резултати създадоха сред учените мнението, че нервното възбудждане може да бъде предизвикано от определени химични съединения, своеобразни преносители на възбудния ефект. Тези хипотези получиха твърда основа едва през 1921 г., когато Ото Льови постави един прост, но изобретателен експеримент. Той изолира сърце от жаба и с малка тръбичка го съедини с друго жабешко сърце. При дразнене на първия препарат започваше съкращение на втория, което показваше, че се отделя някакво вещество в течността, способно да предизвика нервни импулси. То бе в нищожна концентрация и неговото изолиране и определяне дойде след упорита работа. Льови и неговият сътрудник Навратил откриха растителни съединения, които предотвратяваха бързо разлагане на парасимпатиковото вещество. Това даде възможност да се установи неговата природа. Това бе добре известният ацетилхолин.

По-нататък това съединение бе намерено и в други органи. Льови и Навратил показваха, че има специфичен ензим холинестераза, който бързо разлага ацетилхолина и затова се среща в минимални количества. В този етап отново приноси направи Хенри Дейл. Използвайки един метод, създаден от Кибяков, и независимо от него от

Фелдберг и Гадъм, Дейл успя да покаже, че ацетилхолин се появява и в нервните свръзки в различните структури на нервната система. Това предизвика оживени дискусии, тъй като постави въпроса, дали в нервната система има химично предаване на импулси.

В нервните окончания се отделят нищожни количества ацетилхолин — около една стохилядна от милиграма. Това прави анализа много труден. Въпреки това Дейл и сътрудниците му успяха да покажат, че ацетилхолин се появява винаги при предаването на нервния импулс в синапсите, където се съединяват два нерва, както и при свързването на нервно влакно с изпълнителен орган като мускул, жлеза и т.н.

Откритията на Ото Льови в Грац, Австрия, и Хенри Дейл в Националния институт за медицински изследвания в Лондон поставиха началото на неврохимията, от която се разви по-нататък психохимията. Това бе революция в изучаването на нервната система. Новите идеи се утвърдиха след голяма борба и намериха признание в решението на Каролинския институт да даде Нобеловата награда по медицина и физиология за 1936 г. на Дейл и Льови за техните открития във връзка с химичното предаване на нервните импулси. Така бе почетено делото на двама учени, специализирали на времето заедно в лабораторията на Старлинг в Лондон и запазили тесен контакт впоследствие, въпреки че техните лаборатории се намираха доста далеч една от друга.

Откриването на химични медиатори имаше голямо значение за стимулирането на изследванията в тази насока. След адреналина и ацетилхолина бяха изолирани редица други вещества, предаващи периферния ефект на нервния импулс. Тук спадат съединенията норадреналин, хистамин и др. От тези открития се заинтересуваха много фармакологозите, тъй като изучаването на медиаторите даде възможност да се обясни действието на редица токсични и лекарствени вещества и да се търсят нови лекарства. Швейцарският химик Даниел Бове, работил почти 20 години в Пастьоровия институт в Париж при Емил Ру, посвети научните си изследвания на вещества, блокиращи химични медиатори.

Още в 1937 г. Бове и Щауб получиха първия антихистаминов препарат. На негова основа впоследствие се разработиха други

съединения за клинична употреба. По-нататък Бове и сътрудниците му се заеха с алкалоиди, блокиращи действието на нервните импулси.

Алкалоидите имат доста сложна структура и техните извлечи от природни източници са с непостоянен състав и непредсказуем ефект. Това значително затруднява клиничното им използване. Бове и неговият екип успяха постепенно да синтезират вещества с по-проста структура, които имаха същото действие като природните алкалоиди, без нежелателните странични ефекти. Например на базата на куаре бяха създадени препарати, които ефикасно парализират мускулите и значително улесняват хирургичните операции.

От експерименталната неврофармакология Бове се насочи към психофармакологията. Тази сравнително нова дисциплина изучава химичните процеси в централните структури на нервната система. С помощта на подходящи вещества стана възможна прямата намеса в дейността на мозъка. Бове по-специално се занимаваше с диетиламида на лизергиновата киселина, по-известен с инициалите на немски език ЛСД. Това съединение, открито случайно от един швейцарски химик, има извънредно силно въздействие върху психиката. Днес дори то е един от наркотиците, създаващи проблеми на здравните служби. Откриването на подобни вещества създаде заплашителната перспектива от манипулиране на човешкото съзнание с помощта на различни препарати. За щастие още сме далеч от тази възможност, но психофармакологията вече има великолепни достижения в лекуването на различни заболявания по химичен път.

През 1957 г., когато се набелязваха пътищата на това развитие, Даниел Бове бе награден от Каролинския институт с Нобеловата награда по медицина и физиология за своите открития във връзка със синтетични съединения, инхибиращи действието на телесни вещества и по-специално действието върху съдовата система и скелетните мускули.

С химичното предаване на нервните импулси се е занимавал и австралийският учен Джон Екълз, асистент на Шерингтън, работил дълги години в Оксфорд, а след това в Австралия и Нова Зеландия. Този учен успя да изследва механизма на синаптичното предаване с помощта на микроелектроди. Измервайки мембранныте потенциали, Екълз показва как се получава възбуждане и задържане под действието на химичните медиатори. Когато химическото вещество стимулира, в

нервното влакно се поражда характерен импулс, който предава информацията по-нататък. Тези деликатни изследвания бяха направени приблизително по същото време, когато Ходжкин и Хъксли разработваха своята мембрална теория за провеждането на нервния импулс. Изследванията на Джон Екълз значително допринесоха за изясняването на общата картина, тъй като той се занимаваше с мембралните потенциали в областта на синапсите, релетата на живия организъм. През 1963 г., когато Ходжкин и Хъксли бяха предложени за Нобелови лауреати, Екълз стана третият избранник.

Изследванията на Дейл и Льови през 20-те години просто даваха идея, че има химично предаване на нервните импулси. Екълз откри впоследствие някои елементи от този процес и по-специално възникването на мембрални потенциали. Нов етап в изследванията бе изучаването на процесите в синапсите на ултрамикроскопско равнище в съчетание е прецизна биохимия, което създава една доста цялостна представа за тези явления.

Един асистент на Джон Екълз от изследванията в Сидни задълбочи познанията върху електрофизиологичните явления в синапсите, свързващи моторните нерви с мускулните влакна. Бернард Кац, немски емигрант, работил няколко години при Хил в Лондон, през 1939 г. отиде в Сидни при Екълз, за да се заеме с нервномускулни изследвания. През 1946 г. той се върна отново при Хил в Лондон и няколко години по-късно стана професор по биофизика в университетския колеж, като през цялото това време запази своя интерес към изследванията на нервите и мускулите.

В 1946 г. Улф фон Ойлер, поредният представител на тази голяма фамилия учени, чийто баща Ханс бе лауреат на Нобелова награда по химия за 1929 г., направи интересно откритие. Той установи, че норадреналинът е медиатор в симпатиковата нервна система. Заедно със своите сътрудници Ойлер установи, че на края на нервното влакно в синаптичната мембра се образуват гранули с много малки размери, в които се синтезира и съхранява химичният медиатор. Тези мехурчета достигат повърхността на мембраната и освобождават веществото-посредник, което дифундира на разстояние 200 до 500 ангстрема до мембраната на следващия нерв. Така се осъществява химичното предаване на импулса.

Джулиъс Акселрод от Ню Йорк успя да изясни каква е съдбата на медиатора. Той показва как това вещество се инактивира чрез химична модификация от специален ензим. След това медиаторът се връща обратно и попада отново в гранулата, за да бъде готов за новия импулс. Оказа се, че природата е създала бърз, ефективен и икономичен начин за работа на синапсите.

Химичното предаване на нервните импулси се оказа проблем от изключително значение. За редица психични заболявания се установи, че са свързани е нарушения в медиаторите и синапсите. Последните открития показват, че в мозъка се използват и още по-сложни вещества за предаване на сигнали и той въщност наподобява една гигантска жлеза. Разгадаването тази деликатна психохимия ще има огромно значение за клиничната медицина и експерименталната физиология. Джулиъс Акселрод, Улф фон Ойлер и Бернард Кац, които дадоха големи приноси за натрупването на тези познания, получиха за своите постижения Нобеловата награда по медицина и физиология за 1970 г. Тя им бе присъдена за открития върху химичните медиатори в нервните окончания и механизмите на тяхното съхраняване, освобождаване и инактивация.

МОЗЪК И ПОВЕДЕНИЕ

През 30-те години в изследването на висшата нервна дейност се оформи едно ново направление, което постепенно се обособи като самостоятелна наука. Става дума за етологията, която изучава поведението на животните. На гръцки „етос“ означава характер, нрави. Характерно за тази наука е използването на полеви методи. Както старите естествоизпитатели, етолозите прекарват дни и седмици сред природата, внимателно наблюдавайки животните, за да съставят своите етограми, фиксиращи различните моменти от поведението на животните като кадрите от кинолента. Трима души имат особено големи заслуги в тази насока. Това са Карл фон Фриш, Конрад Лоренц и Николаас Тинберген.

Името на проф. Фриш ще остане завинаги свързано с пчелите. В продължение на дълги години той изследваше сложните взаимодействия между многобройните обитатели на кошера, за да открие как живее това общество. Не е възможно да има такава висока организация без никаква система за комуникация. Карл фон Фриш си поставил задачата да открие езика на тези насекоми и успя да постигне своята цел.

Той слагаше малки табелки с номера върху пчелите и така можеше да ги разпознава индивидуално. На различни места се поставяха панички със захар, които бързо се откриваха и ставаха известни на целия кошер. Проф. Фриш установи, че когато една пчела намери сладката захар, тя бързо се връща обратно и изпълнява своеобразен танц, с който осведомява останалите пчели за мястото на находката. В този танц се казва всичко — и посоката, и разстоянието до обекта, и положението на Сълънцето на небето, което служи като ориентир. Подобна информация получават и пилотите, когато трябва да излетят към никаква определена цел. Принципите на навигацията са еднакви за всички. Следвайки тези указания, пчелите наистина излитат и бързо намират източника на храна.

Тези ранни изследвания показваха, че поведението на животните включва доста по-разнообразни прояви от примитивните рефлекси,

изследвани през 19 в. Впоследствие Конрад Лоренц и Нико Тинберген успяха да разкрият сложните картини на поведение при различните видове птици, бозайници, риби и насекоми. Те установиха, че в много случаи поведението на животните е вродено, като различните елементи от него се проявяват под влиянието на различни ключови стимулатори. Обикновено някаква ситуация играе роля на сигнал, който „отключва“ задръжните механизми в мозъка и води до реализация на сложен комплекс от инстинктивни действия. Сигналите могат да бъдат специфични звукове, аромати, както и морфологични признания, свързани с формата и окраската на животните.

Наред с това животните имат своеобразен език, с който си обменят информация. Това им дава възможност да се учат в рамките на своите способности, да придобиват нови типове поведение и погъвкаво да реагират на промените в околната среда. Взаимоотношенията между вроденото и придобитото са много стар проблем за изследователите на психическата дейност, който в етологията се решава сравнително по-лесно и еднозначно. Просто животните имат по-елементарна психика.

Имената на Фриш, Лоренц и Тинберген бяха в списъка на кандидатите за Нобелова награда още през 50-те години. Експертите от Каролинския институт обаче, предимно медици, смятаха, че изследванията на тези трима професори по зоология трудно могат да се вместват в рамките на медицината и физиологията. Тяхното мнение се промени едва когато се разбра, че животните са удобен модел за изследване на сложната душевност на человека. Така стана ясно, че етолозите всъщност допринасят извънредно много за развитието на психологията въобще, придавайки й нов подход към проблемите. Затова през 1973 г. Каролинският институт най-после взе решение да награди Карл фон Фриш, Конрад Лоренц и Нико Тинберген за това, че са създали науката етология.

Нов етап в развитието на неврофизиологията бяха изследванията на английския учен Чарлз Шерингтън в началото на века. Обединявайки данните от различни автори със своите собствени експерименти, той проучи невронния механизъм на рефлексите — най-елементарните актове на поведението.

От изследванията на анатомите стана ясно в общи линии устройството на нервната система. Връх на постиженията в тази

област бяха работите на Голджи и Кахал, които положиха основите на невронната теория. Установи се, че на различни нива в гръбначния и главния мозък има комплекси от неврони, съединени помежду си с израстъци. Това е сивото и бялото вещества — нервните клетки и техните влакна.

В 1893 г. Шерингтън се зае да проучи как се осъществява простият рефлекс, който се проявява при почукване на коляното с гуменото чукче на невролога. Той успя да установи как от рецепторите сигналите за дразнене достигат до нервния център, откъдето се изпращат команди по двигателните нерви към мускулите. След този успех Шерингтън се насочи към по-сложни рефлекси, реализиращи се в по-висшите дялове на мозъка. Той изследва нервната регулация на вървенето, бягането и други прояви на организма. Своите резултати Шерингтън обобщи в монография, издадена през 1906 г. Според редица учени от онова време тя е могла да бъде сравнявана само с работите на Павлов в тази област. Английският учен установи редица особености в работата на рефлексната дъга, състояща се от аферентни неврони, възприемащи дразненето, междинни неврони, които обработват информацията, и еферентни неврони, изпращащи командите. Той установи едностренното провеждане и задържане в синапса, а също и сложните взаимодействия на взаимно усилване и отслабване между рефлексите.

Още през 1902 г. Шерингтън бе предложен за Нобелова награда, но бе удостоен е внимание от Каролинския институт едва в 1932 г., когато бе вече 75-годишен. Той стана Нобелов лауреат заедно с Адриан. Шерингтън бе изследвал невроните, а по-младият му колега — провеждането на нервния импулс. Двамата бяха разгледали проблема за рефлексите от две противоположни посоки.

Големи приноси в изучаването на рефлексните механизми на поведението имаше школата на съветските физиолози. През 20-те години Павлов бе предлаган за втора Нобелова, награда и макар да не я получи, този факт все пак свидетелствува за висока оценка на постиженията му. Големи приноси за изучаването на координацията на рефлексите има и Алексей Ухтомски, който през 1931 г. получи Ленинска награда за създадена от него теория за доминантата. Тя разглежда взаимоотношенията между нервните центрове и особено

случайте, когато някой от тях е с повищена активност и доминира над другите.

В първите десетилетия на нашия век португалският неврохирург Егас Мониш от Лисабон постепенно си спечели известност със създадения от него метод за радикално лечение на редица психични заболявания. В своята клиника той разработи в детайли оперативния метод за т. нар. префронтална лоботомия. При нея се извършва прерязване на нервните влакна, свързващи предните дялове (лобуси) на мозъка с по-низшите структури. Прекъсва се бялото вещество и затова се употребява и названието левкотомия. В резултат на тази интервенция ефикасно се отстраняваха психични заболявания, свързани с депресия, страхови неврози, натрапчиви идеи, мания за преследване и много случаи на шизофрения. Радикалната операция възстановяваща в приемлив вид психиката на хора, намиращи се в състояние на пълна инвалидност. В случаите, когато не можеше много да се помогне, лоботомията поне намаляваше страданието на пациента, а в случаите на агресивност — и опасността за околните.

Егас Мониш помогна на хиляди хора да се върнат към нормален живот и получи за това Нобеловата награда за медицина за 1949 г. Заедно с него бе награден и швейцарският физиолог Валтер Хес, който бе изследвал мозъка с инструмент, много по-фин от хирургическия скалпел.

В 1928 г. Хес се зае да изследва различни структури на мозъка чрез електрично дразнене. По това време той бе вече известен физиолог, специализирал при такива светила като Ленгли, Шерингтън, Старлинг, Хопкинс, Дейл и други. Валтер Хес още в 1917 г. бе избран за директор на физиологическия институт в Цюрих. Това му даваше значителна свобода за изследователска дейност, която той използва докрай.

Основният метод на швейцарския учен бе вкарането на тънки метални сонди в различните структури на мозъка. Това даваше възможност да се установи какво поведение и какви реакции са свързани с тях. На своята Нобелова лекция през 1949 г. Валтер Хес показва филм за своите котки с електроди в мозъка, които по желание на експериментатора съскаха и атакуваха въображаемия враг, успокояваха се, заспиваха, ставаха да търсят храна и т.н. Хес вкарваше електродите в средния и междуинния мозък — два от петте дяла на

главния мозък, които регулират редица физиологични процеси и елементарни поведенчески реакции. Създадената от него техника разкри широка област за изследване, в която се насочиха голям брой учени. Особени успехи постигна Хосе Делгадо. Истински испанец, той изостави котките и се зае с бикове, като с помощта на имплантирани електроди се справяше с тях далеч по-добре и от най-големия тореадор.

Развитието на неврохирургията доведе до едно интересно откритие, хвърлящо светлина върху работата на двете полукълба на мозъка. През 60-те години за предотвратяване на тежки епилептични припадъци започна да се прилага прерязване на мазолестото тяло — сноп от нервни влакна, които свързват двете полукълба на главния мозък. Болните след тази операция на пръв поглед не се отличаваха от здравите хора. Но професорът по психология Роджър Спери от Калифорнийския технологически институт предположи, че не всичко е така просто. Още при първите си наблюдения в 1968 г. той забеляза, че при пациентите с „разцепен мозък“ буквално едната ръка не знае какво прави другата.

Проф. Спери предприе обширна серия от експерименти, използвайки най-различни психологически тестове. Целта беше да се изследва как възприемат двете полукълба външния свят. При нормални хора това е трудно да се установи, но при лекуваните от епилепсия тези проблеми отпадат. Роджър Спери показва, че след разсичане на мазолестото тяло (корпус калозум) процесите във всяко полукълбо протичат независимо. Той потвърди, че всяка половина от мозъка има свои собствени функции. С лявата се осъществява речта, писането и смятането, а с дясната — възприемането на пространството, формите и интуитивното разпознаване. Тъй като нервните пътища се кръстосват, дясното полукълбо управлява лявата половина на тялото и обратно. Затова ако опериран човек пипне с лявата си ръка някакъв предмет, той го разпознава, но не може да го назове. Необходимо е на помощ да дойде другата ръка и тогава информацията от осезанието се превръща в лявото полукълбо в словесно описание. Впрочем при млади хора с течение на времето възможностите на двете половини на мозъка започват да се изравняват. По този повод Роджър Спери изказа предположението, че взаимодействието между двете полукълба обуславя тяхната специализация в различна насока.

Оригиналните изследвания на Роджър Спери показваха, че субстратът на човешкото съзнание са наистина големите полукулба на главния мозък. Развили се в най-голяма степен при человека, те изцяло доминират над по-примитивните структури, наследени от еволюцията. За своите забележителни открития в областта на функционалната специализация на мозъчните полукулба Роджър Спери стана един от Нобеловите лауреати по медицина и физиология за 1981 г. Заедно с него бяха наградени и Дейвид Хюбъл и Турстен Висел от Медицинския факултет на Харвардския университет за техните открития в областта на обработката на информация в зрителната система.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕТИВАТА

Мозъкът като всеки компютър има нужда от източници на информация. Неговите информационни канали това са сетивните органи, истински прозорци към света, които улавят светлината, звуците и още много сигнали на околната среда и ги кодират в нервни импулси, пристигащи в мозъка. Най-важното от сетивата е зрението. Човекът получава над 90 процента от информацията за околнния свят чрез очите. Теорията на окото бе разработена от военния лекар Херман фон Хелмхолц, който от медицината премина към физиката и стана един от най-известните естествоизпитатели на 19 век.

В 1853 г. Хелмхолц обясни как се осъществява акомодацията — фокусирането на окото върху близки и далечни предмети. Под роговицата на окото се намира лещата, чиято главна функция е именно да фокусира изображението върху очното дъно, покрито със светочувствителната ретина. Лещата се намира в специална капсула и се поддържа от нишки, които я разтягат и намаляват кривината ѝ. При съкращение на специални мускули нишките се отпускат и лещата, поради своята еластичност, става по-изпъкната, което увеличава пречупващата сила и намалява фокусното разстояние. Така окото се фокусира върху близки предмети.

Теорията на Хелмхолц бе приета с удовлетворение от научния свят и никой не очакваше, че към нея може да се добави нещо ново, докато с окото не се зае един друг лекар с предпочтения към физиката. В 1890 г. младият Алвар Гулстранд от Стокхолм публикува своята докторска работа върху теорията на астигматизма — един вид оптически недостатък на окото, който се коригира с очила. През следващите две десетилетия той навлизаше все по-дълбоко в оптиката, образовайки се сам, докато стана накрая един от най-големите специалисти в тази област.

Гулстранд си поставил изключително трудната задача да проучи в детайли оптичната система на окото. Най-напред той установи, че промяната в кривината на очната леща може да даде само две трети от увеличението на пречупващата сила, необходимо за точното

фокусиране. Така излизаше, че теорията на Хелмхолц не обхваща всички явления. Шведският офталмолог, който междувременно бе станал професор в Упсала, обърна внимание върху особения микростроеж на очната леща. Тя е изградена от голям брой прозрачни нишки. При акомодация, освен че се изменя кривината на оптичната повърхност на лещата, става и разместяване на нишките, с което се променя показателят на пречупване и именно оттам идва това допълнително увеличаване на пречупващата сила. Тези изводи бяха направени с цената на голям брой деликатни експерименти и сложна теоретична обработка на данните. Откриването на нови факти в една област, където повече от половин век всичко изглеждаше непоклатимо, бе голяма изненада за научните среди и доведе до удостояването на Алвар Гулстранд с Нобеловата награда по медицина и физиология за 1911 г. за неговата работа върху диоптриката на окото.

През 1865 г. Фритьоф Холмгрен от университета в Упсала за първи път записа електроретинограма. Той установи, че при осветяване на окото в ретината възникват електрични импулси. През 20-те години на нашия век, след работите на Едгар Адриан и Юнгве Зотерман, стана възможно изследването на отделни сензорни клетки и техните електрични сигнали. Приблизително по същото време един млад шведски изследовател, роден във Финландия, специализираше електрофизиология при Шерингтън. Рагнар Гранит успя да приложи модерната техника за изследване на ретината, която е приемник на светлинното излъчване. Анализирайки електроретинограмите, той показва съществуването на два типа зрение. Единият се реализира в полумрак, когато действуват предимно тези клетки на ретината, обозначавани условно като пръчици. При силно осветление влизат в действие и т. нар. колбички — клетки от друг тип, чувствителни към цветовете.

Гранит предположи, че в клетките на ретината има специални вещества, реагиращи на яростта на светлината. Той нарече тези вещества доминатори за разлика от други субстанции-модулатори, които според него възприемат съответно червения, зеления и синия цвят и се намират в специализираните клетки за цветно зрение — колбичките. Пръчиците имат висока чувствителност към светлината и улавят дори единични фотони, но не различават цветовете. Това правят колбичките, които обаче имат по-ниска светочувствителност. Наистина

не случайно една стара пословица казва, че през нощта всички котки са сиви.

По време на Първата световна война в Дания бе установено, че един особен вид нарушение на зрението, т.нр. „кокоша слепота“, е свързано с липсата на витамин А. В началото на 30-те години младия зоолог Джордж Уолд от Колумбийския университет замина в командировка из Европа и в лабораторията на Ото Варбург установи, че в ретината се съдържа витамин А. Докато се правеха експериментите в Далем край Берлин, от Цюрих дойде новината, че Паул Карер и неговите сътрудници са разкрили структурата на този витамин. Уолд веднага замина за Швейцария, за да се запознае с най-новите резултати. След това неговата командировка продължи при Ото Майерхоф в Хайделберг. Там Уолд изолира веществото ретинин — междинен продукт в разпадането на зрителния пигмент родопсин.

Това откритие бе направено през 1934 г. в Хайделберг. Десетилетия преди това в същия университет Вили Кюне бе изследвал жълтия зрителен пигмент родопсин почти веднага след откриването му от Франц Бол в 1877 г. Експериментите на Уолд, извършени съвместно с неговата сътрудничка Рут Хъбард, впоследствие мисис Уолд, уточниха и затвърдиха представите, че зрителният пигмент в ретината се състои от две части. Една малка молекула, наречена хроматофор, се свързва с голяма белтъчна молекула — опсин. Под действието на светлинен квант този комплекс се разпада и това води до серия от реакции, които в крайна сметка пораждат електричен импулс в клетката. Според Уолд всички химични, физиологични и психични промени са „тъмни“ последствия от първоначалната светлинна реакция. Хроматофорът, наречен ретинен в чест на ретината, се оказа производно на витамин А, а той от своя страна е производно на каротина от морковите. Така бе показано голямото значение на витамин А и каротиноидите за зрението.

Окото е една прецизна телекамера с компютър. Началото на изследванията, довели до тези представи, е свързано с опитите на Адриан и Зотерман върху единични рецепторни клетки. Задълбочавайки експериментите, американският биофизик Холдън Кефер Хартлейн успя да постигне интересни резултати. През 1931 г., след като бе изучавал биологични науки в университета „Джон Хопкинс“ и специализирал физика при Хайзенберг и Зомерфелд в

Европа, Хартайн се установи в Пенсилванския университет, Филаделфия. Там той започна изследвания върху зрението на един изключително подходящ обект — членестоногото Лимулус, една жива вкаменелост, останала от далечните епохи. Това малко водно същество обитава солените лагуни и има множество очички, съединени с дълги нерви с мозъчните центрове. Тези анатомични особености се оказаха много удобни за изучаването на функциите на зрителния апарат. Изследванията на нервните влакна показваха, че оптичното изображение, попадащо върху светочувствителните клетки, се подлага на преработка. Едни клетки реагират на яркостта, други на формата, трети на цвета, четвърти на движението и т.н. Цялата тази информация се кодира в нервни импулси и отива в мозъка в полупреработен вид.

Нobelовият комитет при Каролинския институт оцени всички тези работи през 1967 г., когато двамата електрофизиолози Рагнар Гранит и Кефер Хартайн, заедно с биохимика Джордж Уолд, получиха Nobelовата награда по медицина и физиология във връзка с техните открития върху първичните физиологични и химични зрителни процеси в окото.

На Дейвид Хюбъл и Турстен Висел от Медицинския факултет на Харвардския университет се падна да разкрият в най-големи подробности организацията на тази част от мозъчната кора, която възприема зрителните сигнали. Те разкриха принципите за преработване на информацията в невронните структури на мозъка. Още Павлов казваше, че възприемащите системи са своеобразни биологични анализатори, които „раздробяват“ външните въздействия, отделяйки различните признания. Не беше обаче известно как точно става това.

За разлика от примитивните животни, като жабата, които имат в своята ретина специализирани неврони, разпознаващи някои признания на обектите, при бозайниците тези клетки са сравнително слабо специализирани и обработката на признанията се извършва в кората на големите полукълба. В своите опити двамата учени използваха като дразнител изображението на линия — възможно най-простата форма за възприемане.

Оказа се, че в зависимост от ориентацията на линията импулсите, произвеждани от невроните-детектори, се различават по своите показатели. С други думи, различните нервни клетки са

специализирани да реагират на различни положения на линията. Понататъшните изследвания показваха, че това е универсален принцип за работа на мозъчните анализатори, независимо от това, за кое от сетивата става дума.

След този успех Хюбъл и Висел се заеха да изследват структурата на детекторите. Те използваха два основни експериментални метода. С помощта на микроелектроди, вкарвани в мозъчната кора, двамата изследователи откриха, че тази област, в която се преработват мозъчните сигнали, се състои от „островчета“ с диаметър 1 кв. мм и дебелина 2 mm. Тези колонки от неврони са обединени от общото свойство да показват максимална реакция спрямо изображението на линия с един и същ наклон, т.е. спрямо един елементарен зрителен признак.

Другият метод, използван от Хюбъл и Висел, е въвеждането на глюкоза, белязана с радиоактивен тритий или въглерод. Захарта е горивото на мозъка. Активно действуващите неврони бързо я разграждат, като отпадните продукти се отнасят с кръвта. Ако на едно животно, поставено в тъмнина, се покаже прост зрителен сигнал и след това неговият мозък се нареже на филийки, местата, където радиоактивната глюкоза е изчезнала, показват кои неврони са отреагирали на дразнителя. Резултатите показваха реалността на невронните островчета в мозъчната кора.

Като заключение на експериментите си Хюбъл и Висел решиха да изследват формирането на мозъчните анализатори по време на развитието на лабораторните животни. Те поставяха животните в условия на зрителна изолация, при строго контролиране на зрителните дразнители. Така се установи, че детекторите се развиват в зависимост от това, каква зрителна информация преработват. Така например животни, отгледани във „вертикална среда“, нямаха детектори за хоризонтални линии и не можеха да преодоляват хоризонтални препятствия. Съответно животни, отгледани в „хоризонтална среда“, не можеха да минат дори между краката на стол. Така бе открит начин за изучаване на взаимоотношението между наследствените заложби и външните въздействия при формирането на мозъка. За тези плодотворни и многобройни научни изследвания Дейвид Хюбъл и Турстен Висел разделиха с Роджър Спери Нобеловата награда по медицина за 1981 г.

Може би следващият по важност сетивен орган след окото е ухoto. Неговата анатомия доста отдавна е известна с подробности. Ушната мида играе ролята на своеобразен рупор, който насочва звуковите вълни към тъпанчето. Това е малка мембрана, разделяща външното ухо от вътрешното. Тъпанчето е свързано с три костици, образуващи деликатна система от лостове, които предават вибрациите върху друга мембрана в началото на кохлеата — спираловидно образуване, подобно на охлюв. Именно там звуковите вълни се превръщат в нервни импулси. Как точно става това показва унгарският физик Георг фон Бекеши.

В 20-те години той работеше в лаборатория по поддръжката на телефонните линии към Унгарската поща. По онова време междуградските разговори бяха голям проблем. Специалистите непрекъснато търсеха каква е причината за лошото качество на връзката. Изследвайки всички елементи от комуникационната система, Бекеши съвсем логично достигна до крайния приемник на сигнала — човешкото ухо. Той подходи към проблема делово — като физик и инженер. Техниците в лабораторията с ужас забелязваха следи от анатомичните препарати по своите стругове и машини. Бекеши режеше, разчленяваше и изследваше ухoto, за да си изясни как работи тази машина. С невероятна изобретателност той създаваше техника за микроизследвания, за да изучава действието на различните части на слуховия апарат. Неговите познания по физика и електроника му даваха голямо предимство пред другите изследователи, които често се ограничаваха до безплодно теоретизиране.

Георг фон Бекеши изследва ухoto от край до край. Започвайки с падането на звуковата вълна върху тъпанчето, пренасянето на трептенето чрез слуховите костици върху мем branата на вътрешното ухо, хидравличната вълна в ендолимфата на кохлеата и до преобразуването на трептенето в кодиран нервен импулс в нейната базиларна мембрана. Малко са учените с такъв голям индивидуален принос. Бекеши показва как точно се възприема звукът. В началото на мембраната, където нишките са по-твърди, се улавят високите честоти, а в горния край с гъвкави нишки — ниските честоти. Кохлеата има спираловиден строеж, което увеличава нейната дължина при голяма компактност. Дължината на мембраната определя честотния обхват, който за човека е от 16 до 16 000 херца (трептения в секунда).

Големите приноси на Георг фон Бекеши, направени през 30-те и 40-те години на нашия век, не можеха да не привлекат вниманието и през 1961 г. професорите от Каролинския институт най-после решиха да наградят унгарския учен с Нобеловата награда по медицина и физиология във връзка с неговите открития върху физическия механизъм на дразнене на кохлеата.

Един друг орган, разположен в ухото, са полуокръжните канали. Те наистина имат вид на половинки от окръжност и представляват дъги, разположени в три взаимноперпендикулярни равнини. Дълго време нищо не се знаеше за тяхната функция. През целия 19 век редица големи учени ги изследваха. Лекарите трупаха клиничен опит, а теоретици като физика Ернст Мах доказваха, че трите взаимноперпендикулярни канала са точно това устройство, което може да определи положението на тялото в трите координати на пространството.

През май 1905 г. бе направена голяма крачка напред в изучаването на вестибуларния апарат. Унгарският лекар Роберт Барани, специалист-отолог, установи, че ако се инжектира студена вода в ухото, настъпва загуба на равновесие и виене на свят. При инжектиране на топла вода се получава същият ефект, като инстинктивните движения на тялото са в обратна посока. Обяснението беше, че нагряването или охлажддането на полуокръжните канали привежда в движение ендолимфата. Във вестибуларния нерв се поражда импулс и това движение се възприема от мозъка като нарушение в положението на тялото. По чисто рефлекторен път се задействуват съответните мускули и човек, съпротивявайки се на мнимото падане, залита.

Този топлинен тест бе началото на серия от експерименти, в които Барани разработи методи за клинично изследване на вестибуларния апарат. Разработената от него диагностика намали рязко смъртността от инфекции и възпаления във вътрешното ухо. Теоретичните му работи върху нервните регулации, свързани с координацията на движенията и равновесието на тялото, доведоха до изясняването на работата на едно от най-важните сетива — органа за равновесие. Тези забележителни резултати, постигнати през първото десетилетие на нашия век, направиха унгарския учен Роберт Барани

Нобелов лауреат по медицина и физиология за 1914 г. за неговата работа върху физиологията и патологията на вестибуларния апарат.

XV

МЕДИЦИНСКА МИКРОБИОЛОГИЯ

В средата на 19 век, след откриването на ролята на микроорганизмите като причинители на заболявания, в микробиологията цареше пълен хаос и липсваха конкретни данни за различните болести. Резултатите от експериментите бяха противоречиви. Изглеждаше, че някои болести се предизвикват от различни микроорганизми. Други опити показваха, че един микроб е причината за няколко заболявания. Най-накрая се появи теория, която твърдеше, че всички бактерии са причинители на болести. Сред широката публика се носеха най-невероятни слухове, които довеждаха до истински фобии по отношение на животните и всякакви други възможни източници на зараза. Това положение продължи до 70-те години на века, когато Роберт Кох създаде първите ефикасни методи за изучаването на микроорганизмите.

Неговото голямо открытие бе създаването на хранителни среди, върху които могат да растат микроорганизми. Най-напред той изпробва течност от говеждо око, после обикновен картоф, след това желатин и накрая едно особено вещество с малайското име агар-агар, което желира хранителни разтвори с различни съставки. Създаването на методи за отглеждане на микроорганизмите имаше огромно значение за бактериологията. На практика то е по-важно от микроскопа. Микробите в крайна сметка са само пръчици, точки и запетайки и, общо взето, външният им вид не е сигурен белег за класификация. От друга страна, върху агаровия гел всеки микроорганизъм образува колония с доста големи размери и характерна форма. Така с просто око могат да се определят различните видове микроби и дори тяхното количество в пробата.

Разполагайки с такова голямо методологическо превъзходство над своите колеги, Роберт Кох успя да формулира основните принципи на медицинската микробиология. Той показва как може да се установи връзката между определен микроорганизъм и дадено заболяване: 1. Да се откриват микроорганизмите във всички случаи на болестта; 2. Техният брой и разпределение да обяснява клиничната картина; 3. За

всяка отделна инфекция да има причинител, добре охарактеризиран морфологично. Това е знаменитата триада на Кох, която легна в основата на развитието на бактериологията. Кох показва валидността на тези принципи, като изолираше микроорганизми от болни хора и животни, отглеждаше ги върху специални среди, идентифицираше микробите и чрез заразяване на лабораторни животни показваше кой е причинителят за болестта. Връх на тези експерименти бе откриването на туберкулозния бацил, което бе докладвано на 24 май 1882 г. пред Физиологическото дружество в Берлин.

В една кратка лекция, отпечатана само на две страници, Роберт Кох описваше туберкулозните бацили, методите за тяхното оцветяване, микроскопски наблюдения в заразени тъкани и отглеждането на микробите в чисти култури. Изводите бяха прости и ясни. Причинителят на туберкулозата беше вече известен. За медицината на 19 век това бе сензация от първа величина. Името на Кох стана известно на всички.

Още от създаването на Нобеловия комитет при Каролинския институт немският учен бе предлаган за награждаване, но всеки път това се отклоняваше, тъй като откритията му изглеждаха стари, направени преди повече от две десетилетия. Едва в 1905 г. експертите се споразумяха и Роберт Кох стана Нобелов лауреат по медицина и физиология за своите изследвания и открития във връзка с туберкулозата.

Знаменитата теория на Пастьор за зародишите посочи значението на микроорганизмите за процесите на ферментация и насърчи голям брой учени да търсят причинителите на различните болести, които отнемаха живота на много хора. Едно такова сериозно заболяване през втората половина на 19 век беше маларијата. Тази болест съществува човека от древни времена. Нейното название в превод от италиански означава „лош въздух“. Хората смятали, че болестта идва от зловонните изпарения на блатата. През 1879 г. двама учени, съвсем в крак с времето си, заявиха, че са открили малариен бацил. В същата година един млад военен лекар, изпратен от Франция в Алжир, се зае с други изследвания, които в крайна сметка показваха, че съществува нова група болесттворни микроорганизми, различни от бактериите, сред които е и причинителят на маларијата.

Шарл Алфонс Лаверан реши да проучи откъде идват частиците черен пигмент в кръвта на болните от малария. Той работеше с микроскоп, без да оцветява препаратите, и с много търпение и наблюдалност успя да открие, че в червените кръвни клетки има някакъв паразит. Френският лекар проведе обширни изследвания на водата, почвата и въздуха в Алжир и в Южна Италия, но никъде не намери причинителя на болестта, нито пък можа да го култивира в хранителна среда, както изискваха постулатите на Кох. Съществуваше идеята, че маларијата може да се пренася от кръвосмучещи насекоми, като комарите например, но това бе само хипотеза. Точно в този решителен момент едно издигане по служебната стълбица на военния лекар Шарл Лаверан лиши науката от навременното решаване на въпроса. Той напусна Алжир и стана професор по военна хигиена във Вал дьо Грас, където за съжаление няма маларийни комари. Лаверан продължи да работи плодотворно в други области на медицинската протозоология, чиито основи той положи, а с маларијата се заеха други учени. Камило Голджи откри нейните стадии — периодичната треска, която настъпва през 48 или 72 часа, когато се разрушават червените кръвни телца. Проблемът за разпространението на болестта обаче бе решен от англичанина Роналд Рос, също военен лекар, роден, живял и работил в Индия.

В края на миналия век в тази огромна страна милиони хора умираха от малария. Дори в цивилизирана Европа страни като Италия даваха хиляди жертви. Болестта пропъждаше хората от плодородни земеделски райони или ограничаваше тяхната дейност. Английският изследовател Патрик Мансън предполагаше, че маларијата се разпространява от комари, но и той като Лаверан живееше в Северна Европа и нямаше възможност за практически експерименти. Неговите идеи обаче оказаха голямо влияние върху студента по медицина Роналд Рос, който след завършването си се завърна в Индия, за да посвети свободното си време на изследване на маларијата.

В онова време, в края на 19 в., за един военен лекар е било голям лукс да прави научни изследвания. В своите спомени Рос пише как често неговите началници са го премествали на ново място тъкмо в решаващата фаза на експериментите. Въпреки тези трудности след две години и половина изследвания той най-после видя как се развиват маларийните паразити, преминавайки от слюнчените жлези на комара

в кръвта на човека, оттам в черния дроб, после в еритроцитите и отново в комара-кръвопиец.

Представяйки тези данни, Роналд Рос посочи и необходимостта от конкретни мерки за борба с маларијата. Предприе се пресушаване на блатата, заливането им с нефт, за да се задушат личинките на комара, и други мерки от този род. Макар и бавно, болестта започна да отстъпва. Рос направи своето откритие в 1897 г. и скоро след това беше вече световноизвестен учен. За впечатлението от неговата работа говори фактът, че той стана вторият Нобелов лауреат по медицина и физиология. Каролинският институт го удостои с това високо отличие през 1902 г. за неговата работа върху маларијата, с която той е показал как тя прониква в организма и по този начин е положил основите на успешните изследвания на това заболяване и методите за борба с него.

По това време Шарл Лаверан, един от най-големите авторитети в медицинската протозоология, се бе оттеглил от всяка власт и административна дейност като медицински офицер, за да се посвети изцяло на научна работа в Пастьоровия институт. Неговите изследвания насърчиха голям брой млади учени да се заемат с паразитните протозои, които са причинителите на редица болести в тропическите райони. Мнозина от тях изпращаха материали на Лаверан в Париж, който успешно разгадаваше циклите на развитие на все нови и нови видове. Той пропусна да разкрие загадката на маларијата, но компенсира това с голям брой други заболявания по животните и човека. Особено известни са неговите изследвания върху трипанозомите, сред които е и причинителят на смъртоносната сънна болест. През 1907 г. Лаверан бе удостоен с Нобеловата награда за медицина и физиология, признание за неговата работа върху ролята на протозоите като причинители на заболявания. Той въсъщност е в медицинската протозоология това, което са Кох и Пастьор в медицинската бактериология.

Сред младите учени, изпитали плодотворното влияние на Лаверан, са Шарл Никол, който дълги години беше директор на Пастьоровия институт в Тунис, и Макс Тайлер, ветеринарен хирург от Южна Африка. Първият разкри как се пренася тифусът, а вторият — жълтата треска.

В своята лекарска практика в Тунис Шарл Никол скоро се сблъска с периодичните епидемии на петнист тиф в тази страна. Като

учен с висока квалификация той се зае да проучи проблема, следвайки принципите на медицинската микробиология. Скоро се установи, че болните са източник на зараза единствено до входа на болницата. Вътре те са напълно безопасни. Никол бързо съобрази, че заразата се предава от нещо, което може да се премахне със сапун и вода. Тези прости хигиенни мерки елиминират дрешната въшка, която бе сериозно заподозряна като преносител на болестта.

Още от 80-те години на 19 век съществуваха подобни теории за пренасянето на това заболяване, които обаче не привлякоха особено внимание. В 1909 г. Шарл Никол постави експерименти, които недвусмислено показваха ролята на въшките. Той успя да зарази шимпанзета, а след това и макаки с помощта на въшки-преносители, а също и чрез пряко инжектиране на кръв. Той показва, че инфекцията се предава на здравите животни чрез просто ухапване от паразита. Скоро след тези открития бяха взети нужните мерки и само за две години Тунис бе очистен от болестта, която го бе нападала от незапомнени времена. Борбата срещу петнистия тиф бе сведена до борба срещу въшките. Това бе приветствувано като добър успех в Европа, но никой там не смяташе, че постиженията на Шарл Никол имат някакво значение извън Тунис и някои други ограничени области.

Само няколко години по-късно всички те бяха вече на съвсем друго мнение. Първата световна война донесе на Европа хаос и разруха. Петнистият тиф изпълзя от глухите ъгълчета, където се бе съхранявал десетилетия, и започна да предизвиква епидемии със застрашаващи размери. Само бързата намеса на лекарите успя да ограничи болестта. В страни, където това не можа да се направи, резултатите бяха катастрофални. В 1915 г. в Сърбия например умря 5 процента от населението. Загубите от петнистия тиф биха били много по-големи от щетите на войната, както е било в миналите векове, ако не бяха хигиенните мерки на лекарите. Откритието на Шарл Никол спаси милиони хора и затова през 1928 г. той бе удостоен с Нобеловата награда по медицина и физиология за своята работа върху тифа.

Съдено бе хората още веднъж да се сблъскат с големи епидемии от тиф, този път през Втората световна война. Но тогава имаше вече нови методи за борба. Мощният препарат ДДТ бе изпробван през 1943 г. в Неапол и унищожавайки въшките, спря зараждащата се епидемия от тиф в съвсем кратки срокове. Създателят на препарата, швейцарецът

Паул Мюлер, стана Нобелов лауреат по медицина и физиология през 1948 г. Несъмнено причина за това решение са били пресните впечатления от ефекта на ДДТ върху насекомите, разпространителни на болести. Впоследствие се оказа, че откритието на Мюлер е от поголямо значение за селското стопанство като средство за борба с вредителите.

През 1881 г. д-р Карлос Финлей от Хавана публикува своите възгледи относно комарите като преносители на жълтата треска. Тъй като Куба беше испанска колония, материалите попаднаха в Кралската академия на Мадрид, където им бе отделено нужното място в архивите и с това въпросът приключи. За съжаление никой не обърна внимание на д-р Финлей. Жълтата треска продължи да взема своите жертви.

По време на испано-американската война Куба бе окупирана от армията на Съединените щати и по нареддане на американските власти бе създадена комисия за жълтата треска начело с военния лекар Уолтър Рийд. Бяха проведени обширни опити, за да се открие причинителят на болестта, докато накрая убедително се доказа, че жълтата треска се предава от особен вид комари от рода Аедес. Всички блата около Хавана бяха пресушени и жълтата треска скоро изчезна. Изглеждаше, че най-след тази болест е победена. Много скоро обаче стана ясно, че е рано да се тържествува.

В 1911 г. група лекари от Южна Америка съобщиха за случаи от жълта треска дълбоко в джунглите, където няма градове и болни хора, от които комарите биха могли да смучат заразена кръв. Появи се подозрението, че може би причинителят на жълтата треска обитава в маймуните, които са резервоар на болестта. Изследванията на този проблем бяха дълги и трудни. Шест учени от здравния отдел на Рокфелеровата фондация загинаха от жълта треска, но в 1927 г. бе постигнат първият успех. Джунгловата треска бе прехвърлена експериментално върху маймуни и така се доказа, че предположението е вярно. Следващата стъпка в борбата срещу жълтата треска бе направена от Макс Тайлър, роден в Претория, учен в Кейптаун и работил в Харвард.

През 1930 г. Тайлър успя да зарази с жълта треска две мишки. Те са несравнено по-евтини от маймуните и това даде възможност за бързи изследвания. Още комисията на Рийд бе установила, че тази болест се причинява от вирус. Тайлър показа, че мишки, които са

преболедували, не се заразяват повторно. Това се оказа удобен епидемиологичен тест за откриване на връзката между жълтата треска и джунгловата треска. По-нататък Тайлър направи интересно откритие. Инфекциозният агент, прехвърлен от една мишка на друга, постепенно се отслабва, докато най-накрая престава да предизвиква заболяване, запазвайки способността да възбужда имунитет. След това той получи мутация на вируса — една негова разновидност, която е безопасна, но също предизвиква имунни реакции.

След работите на Макс Тайлър стана възможно да бъдат ваксинирани милиони хора от тропическите райони и да се сведе жълтата треска до размерите на незначително заболяване. Този учен получи Нобеловата награда по медицина и физиология за 1951 г. за своите открития върху жълтата треска и начините за борба с нея.

Решителната крачка в борбата срещу болестотворните бактерии бе направена, когато Роберт Кох намери начин за отглеждането на микроби в култури. Това откри широк път за изследване и в крайна сметка след няколко десетилетия се намериха начини за борба с вредните бактерии. При вирусологията нещата се оказаха по-сложни. Вирусите не могат да живеят самостоятелно. Едва в 40-те години на нашия век бяха създадени ефикасни методи за тяхното размножаване, което даде сигурна основа на младата наука вирусология.

Началото на това развитие бе поставено след опитите на Карел и Харисън за култивиране на клетки в хранителна среда. Учените бързо разбраха, че за вирусите тъканните култури са също като агаровия гел с телешки бульон за бактериите. Първите успешни опити за отглеждане на вируси бяха направени в 1925 г. Скоро след това с този метод бе предприета борба срещу опасните причинители на болести. В 1949 г. един изследователски екип от Бостън публикува кратка статия, в която излагаше метод за култивиране на вирусите на полиомиелита. Джон Ендърс от Детската болница в Бостън, заедно със своите сътрудници Фредерик Робинс и Томас Уелър, бе успял да използва тъканни култури за размножаването на тези вируси. Това бе нова епоха в изследванията.

Още в 1936 г. Сабин и Олицки се опитаха да отгледат вируса на полиомиелита. Експериментите бяха излезли неуспешни. Затвърди се мнението, че след като вирусът поразява нервната тъкан, той може да

бъде отглеждан само в такава култура, а нервните клетки много трудно се поддават на култивиране „ин витро“.

Тримата изследователи от Бостън решиха да проверят тези данни 12 години по-късно със значително подобрена техника. На тяхно разположение бяха новооткритите антибиотици, които убиват бактериите, но запазват клетките на тъканта. Използваха се култури от човешки ембрионални клетки. За голяма радост на учените полиовирусът се размножаваше в най-различни тъкани. Поразените клетки ясно се различаваха под микроскоп и това даде възможност за създаване на удобни тестове за диагностика.

Откритието на Ендърс, Робинс и Уелър дойде в момент, когато детският паралич (полиомиелитът) бе сериозен проблем и вземаше характер на епидемия. С помощта на тъканните култури редица изследователи създадоха ваксини, с които се осъществи ефикасна профилактика на заболяването. Използваха се два метода: последователно прехвърляне на вирусите от култура в култура, което отслабва тяхната патогенност, или намиране на подходящ щам, който имунизира, без да предизвиква болест. По първия метод бе създадена ваксина от Алберт Сабин, използвана в Съветския съюз, от Хилари Копровски — в Полша, и Хералд Кокс — в Латинска Америка. Джонас Солк създаде ваксина по втория метод, която намери приложение в САЩ и Западна Европа.

След масово проведените имунизации детският паралич отминал в областта на спомените. Но още в 1954 г., когато се водеше борбата, Каролинският институт награди с Нобеловата награда за медицина и физиология Джон Ендърс, Фредерик Робинс и Томас Уелър за тяхното откритие, че вирусите на полиомиелита могат да се отглеждат в култури от различни типове тъкани.

Един сериозен проблем за съвременната медицина е вирусният хепатит. Това заболяване се получава понякога след кръвопреливане. Дълго време учените не можеха да различават кои са донорите, носители на потенциалната опасност. Едва в 1963 г. Бари Бълмърг получи резултати, които хвърлиха светлина върху този въпрос. Този специалист по медицинска генетика изучаваше разнообразието на белтъчините в човешкия кръвен serum. В 1963 г. той откри един особен белтък в кръвта на болни от хемофилия, на които многократно е било правено кръвопреливане. Този белтък се свързваше имунно

само с белтъчини от кръв на австралийски аборигени и затова отначало бе наречен австралийски антиген.

В по-нататъшните си изследвания Блъмбърг успя да покаже, че откритият от него австралийски антиген в повечето случаи може да бъде намерен в болни от т. нар. хепатит В. Така бе открита първата специфична имунологична система при вирусните хепатити, което стимулира широките изследвания в тази област. Това позволи да се създадат методи за лабораторен контрол на кръводарителите и да се намалят случаите на заболяване от хепатит след кръвопреливане. Създадена бе и профилактична ваксина срещу хепатит В. Самият вирус, който по-рано бе неуловим, стана обект на изследване от страна на вирусолозите, имунолозите и епидемиолозите с помощта на нови високочувствителни и специфични методи.

След разкриването на тайната на хепатитите учените получиха възможност да атакуват хепатит А и хепатит С. Откритието на професора от Пенсилванския университет Бари Блъмбърг се оказа начална стъпка в широк кръг изследвания, дали възможност да се спаси здравето на голям брой хора. Така той стана един от избраниците на Каролинския институт през 1976 г. за открития в областта на вирусния хепатит. Заедно с него бе награден и Карлтън Гайдушек от Неврологичния център при Националния институт за здравеопазване на САЩ, който създаде теорията за бавните вирусни инфекции.

През 1956 г. служител от австралийската администрация откри една странна болест сред племето форе, населяващо североизточните плато на Нова Гвинея. Местните жители я наричаха куру, или „смеещата се смърт“, заради периодичните пристъпи на безконтролен смях, който получаваха болните. Само за една година здрави хора се превръщаха в развалина и загиваха. Още същата година към този район се отправи научна експедиция със задача да разкрие тайната на смъртоносната болест. Неин ръководител бе д-р Карлтън Гайдушек — официално лекар, а всъщност етнограф, вирусолог, епидемиолог, антрополог, с една дума, човек с енциклопедични познания и интереси.

Учените бързо откриха, че болестта се среща само сред възрастните, а отсъствува сред децата, които живеят далеч в училище-интернат. Значи загадката лежеше някъде сред хилядата квадратни километра територия на племето форе. Бяха изследвани над 400 фактора на околната среда. Търпеливо и щателно проучване — за

съжаление без успех. Междувременно етнографите изучаваха бита на племето. Спешелвайки доверието на местните жители, те бяха посветени в най-тайните им ритуали. Okаза се например, че обредът на погребението включва изяждането на мозъка на умрелия. Включително и на умрелия от „смееща се смърт“. Това откритие вече беше пробляськ на надежда. Д-р Гайдушек веднага заложи опити в своята лаборатория. Екстракт от мозъчна тъкан на умрели от куру хора бе инжектиран в шимпанзета. След едно дълго чакане от година и половина започнаха да се проявяват симптомите на болестта.

„Смеещата се смърт“ се оказа бавна вирусна инфекция. Този род заболявания, описани от исландския микробиолог Б. Сигурдсон в 1954 г. имат извънредно дълъг инкубационен период. След като бе разкрита причината за болестта, д-р Гайдушек успя да убеди хората от племето форе да се откажат от фаталния за тях ритуал. И така от „смеещата се смърт“ остана само спомен.

Тези открития се оказаха мощен стимул за изучаването на редица други болести с хроничен характер по животните и человека, върху които сега лежи съмнението, че са бавни вирусни инфекции. В тази област работят много учени, но със своята широка изследователска дейност Карлтън Гайдушек е безспорен лидер и големите му заслуги в борбата с тези заболявания го направиха един от лауреатите на Нобеловата награда по медицина за 1976 г.

С развитието на цивилизацията, с повишаването на културата на населението и с откриването на мощнни лекарства инфекциозните болести една по една бяха победени. Тогава на преден план в медицинските статистики излязоха заболявания, за които и досега не е открито ефикасно лекарство. Едно от тях е раковата болест.

Тя е известна на лекарите много отдавна. През 19 век се появиха първите теории, опитващи се да обяснят защо част от тялото изведенъж се трансформира, влиза в конфликт с него, разстройва функциите му и го унищожава. Рудолф Вирхов, известният създател на клетъчната патология, предположи, че нормалните клетки се превръщат в ракови при продължително механично, топлинно или химично дразнене. Други автори смятаха, че неопластичните клетки са едно връщане към ембрионалното състояние. В края на века, когато се развиваща медицинската микробиология, съвсем естествено беше да се търси микроб — причинител на раковата болест. След като такъв микроб не

беше намерен, учените продължиха по-нататък, предполагайки, че може би става дума за вирус. И наистина, в 1908 г. двама датчани — Елерман и Банг, откриха вирус по птиците, който предизвикваше левкемия. Две години по-късно 30-годишният американски изследовател Пейтън Раус от Рокфелеровия институт откри вирус, който предизвикваше саркома в птиците. Това беше вече истински тумор, поразяващ мускулната тъкан, докато левкемията е болест на кръвта. Но когато през 1911 г. Раус докладва резултатите си, те бяха посрещнати със силно недоверие. Един мастит колега дори му каза, че щом като за тази саркома е намерен вирус, очевидно това не е рак, тъй като всички знаят, че причината за рака е неизвестна.

Това недоверие сред научния свят и тази хипотетичност на различните теории се дължала на факта, че никой не беше успял да получи раково заболяване по изкуствен път. Беше известно, че някои видове рак са свързани с професията. Например коминочистачите и работниците в химическата промишленост заболяват по-често от другите хора. В 1910 г. френските изследователи Купоне, Мири и Роло Лапоант получиха с рентгенови лъчи саркома в плъхове, но въпреки това нямаше експериментална методика, удобна за работа, която да позволява изкуствено предизвикване на болестта. Това продължи до 1913 г., когато Йоханес Фибигер от Копенхагенския университет докладва, че е създад тъкъв метод и ракът може да се получава по експериментален път.

През 1907 г. в своята лаборатория в Копенхаген Фибигер откри странни тумори в изследваните от него мишки. Изследвайки строежа на неопластичната тъкан, той забеляза в центъра на всеки тумор малко паразитно червейче, принадлежащо към род Спироптера. В следващите експерименти на Фибигер се оказа, че обикновено заразяване на мишките с паразити води до образуване на тумори поради механичното и химично дразнене. Възможността да се получи рак по изкуствен път оказа огромно влияние върху експерименталната медицина. Учените бяха ентузиазирани от факта, че техният уважаван колега от Копенхаген най-после е намерил причинителя на един от видовете тумори. Дори най-отявлениите критици на Фибигер правеха изявления, че той е дал един от най-големите приноси в медицината за своето поколение. Това мнение на научната общественост бе възприето от Каролинския институт и в 1927 г. Йоханес Фибигер получи

Нобеловата награда по медицина и физиология от предходната 1926 г. за откриването на спироптерната карцинома.

Постепенно обаче започна да се хвърля сянка над това голямо откритие. Японският изследовател А. Фуджимаки успя да получи същите тумори без помощта на паразити. Той показва, че данните на Фибигер биха могли да се обяснят с бедната на витамини диета. Подобни резултати идваха и от други лаборатории и днес се смята, че ентузиазмът на времето е бил твърде прибързан, както и самото награждаване, и че резултатите на Фибигер са били погрешни. Остава обаче фактът, че той стимулира голям брой учени към работа в експерименталната карциногенеза. Само две години след него двама изследователи докладваха за карциногенното действие на катрана. Скоро след това започнаха да се откриват все нови и нови вещества, предизвикващи туморен растеж. Сега този печален списък е вече твърде голям, но благодарение на него има възможност да се упражнява контрол върху хранителните продукти и да се следи за тяхната чистота. Изглеждаше, че химичната теория за рака е удържала върх. Вирусната теория бе в сянка, но бавно набираше сили.

През 1932 г. Ричард Шоуп от Рокфелеровия институт в Ню Йорк помоли своя колега Пейтън Раус да му помогне при разясняването на въпроса около един доброкачествен тумор — папилома по дивите зайци. Той можеше да се предизвика от безклетъчен екстракт, в който се предполагаше, че има вирус. Раус изследва проблема и показва, че тези тумори са ограничени по растеж и регресират и изчезват спонтанно след определено време. При определени обстоятелства обаче те могат да се превърнат в злокачествени клетки. Особено ясно се демонстрираше това при добавянето на малка доза канцерогенни вещества.

Така Раус достигна до своята теория за „туморната прогресия“. Според него раковите клетки могат да бъдат в „спящо“ състояние, докато някакъв химически агент — вирус или друг дразнител — не събуди агресивния характер на тези дремещи клетки. Неговата теория бе посрещната с много скептицизъм. Сред учените дълбоко бе вкоренено мнението, че ракът не се дължи на инфекция. Всички вирусни тумори се разглеждаха като страни изключения, а саркомата на Раус — просто като една болест по кокошките без значение за хората. Но вирусната теория бе направила още една крачка напред.

Целият проблем с приемането на тази теория беше в това, че не се знаеше какво е вирусът и какви са неговите взаимодействия с клетката. На учените беше известно, че това е вътреклетъчен паразит, който води до гибелта на клетката. Те не можеха да си представят как би могъл вирусът да предизвика трансформация на клетката. Положението, се промени радикално през 50-те години с появата на молекулярната генетика. Подробните изследвания върху вирусите показваха, че те невинаги водят до унищожаването на клетката, в която проникват. Случва се понякога те да се обединят с нейния генетичен апарат, като в резултат на това нормалната клетка може да бъде преобразувана в ракова. Най-после изследванията на молекулярно ниво показваха колко прави са били Раус и всички други, които още в началото на века стояха на позициите на вирусната теория. Поредната вълна на ентузиазъм изведе престарелия учен на полето на славата и в 1966 г., 55 години след като беше осведомил научния свят за своето откритие, Пейтън Раус стана лауреат на Нобелова награда по медицина и физиология за откриването на вируси, предизвикващи тумори.

МЕТОДИ ЗА ЛЕЧЕНИЕ

Един голям проблем за хирургията в началото на века бе намирането на метод за затваряне на рани по кръвоносните съдове, както и за тяхното съединяване. Използваха се различни спосobi като скрепяване с тръби от кост, абсорбиращ се метал, сребро или злато. Тези сложни и неефикасни методи бяха изоставени, след като Алексис Карел намери начин за зашиване на артерии и вени, просто измисляйки малко по-особени бодове за иглата. След опъването на нишките краищата на кръвоносните съдове се огъват така, че се докосват само с вътрешните си стени. Това е необходимо, за да се избегне опасността от тромбоза.

Откритието на Карел развърза ръцете на хиурзите за сложни операции. Самият той се посвети на идеята за трансплантиацията. Да се присаждат органи и крайници е стара мечта на човечеството. Карел извърши голям брой операции по присаждане върху животни, показвайки, че хирургията е готова за такива вмешателства. Медицинската наука обаче като цяло не беше готова. Присадените органи неизбежно се отхвърляха от организма. Учените още нищо не знаеха за тъканната съвместимост. Виждаше се, че успешно могат да се извършват присаждания само между еднояйчни близнаци. Карел със своята интуиция на голям учен предлагаше специално да се търсят подходящи донори, предугаждайки днешната тъканно-групова съвместимост между организмите.

Този проблем и до днес не е решен. Трансплантиацията си остава една крайна мярка за случаи, когато няма друг избор. Може би медицинската наука ще потърси решение на въпроса за подмяната на органи по друг път — чрез използване на механизмите на регенерация и „отглеждането“ в епруветка на резервни части за организма. Това обаче вече отива малко настани от работата на Карел, който остава в историята като велик хирург благодарение на сръчността на ръцете си и острия си ум. В началото на века той даде голям тласък на хирургията и това му донесе през 1912 г. Нобеловата награда по

медицина за създадените от него методи за зашиване на кръвоносни съдове и трансплантация на органи.

Роден в мъгливия Торсхаун на Феръойските острови, Нилс Рюберг Финсен още като студент по медицина в Копенхаген се посвети на фототерапията — лечението със светлина. Изучавайки постигнатото преди него, в 1893 г. той организира лечение на болни от едра шарка в стая с червена светлина. По такъв начин се предотвратяваше образуването на белези по кожата. След това Финсен се насочи към едно тежко заболяване, което причиняваше страдание на много хора. Става дума за т. нар. лупус вулгарис — разновидност на туберкулозата, при която се образуват язви по кожата. Когато язвите са по лицето, те могат да обезобразят човека и да го изхвърлят от обществото.

Лекарите вече бяха правили опити за лечение на кожната туберкулоза с концентрирана слънчева светлина. Това изгаряше болната тъкан, но водеше до образуване на белези. Вместо това Финсен реши да приложи ултравиолетови лъчи, за които се знаеше, че имат бактерицидно действие. Като източник на светлина той използваше Слънцето или електрическа дъга. Тъй като нямаше загряване, тъканите не изгаряха и единственият ефект беше гибелта на туберкулозните бацили под ултравиолетовия поток светлина.

Резултатите бяха забележителни. Хора в много тежък стадий на болестта се възстановяваха напълно, включвайки се отново в социалния живот. Новината за успеха на д-р Финсен накара хиляди отчаяни болни да излязат от скривалищата си, за да се покажат пред света и да отидат да се излекуват. Тези впечатляващи резултати напълно съответствуваха на духа на новосъздадената Нобелова фондация и затова още в 1903 г. Нилс Финсен получи Нобеловата награда за медицина.

От стари времена е останала мъдрата приказка, че клин клин избива. Още Хипократ е знал, че душевно болни могат да се излекуват след треска или поне да се подобри състоянието им. Общо взето, клиницистите винаги са имали такива наблюдения, но едва в края на миналия век се появи един лекар, който реши да направи от това терапевтичен метод. През 1887 г. Юлиус Вагнер-Яурег от психиатричната клиника в Лайдесдорф, Австрия, публикува своите резултати за лечението на психично болни с помощта на заразяване с

инфекциозни заболявания. По-специално той имаше предвид маларията, която сравнително лесно можеше да се прекъсне с хинин. Но, общо взето, решението да се зарази душевно болен човек с опасна инфекциозна болест поставя сериозни проблеми из областта на медицинската етика и австрийският лекар накрая изостави експериментите си. В своята клинична практика обаче, из различни психиатрични лечебници на страната, той продължаваше да среща случаи на спонтанна ремисия сред душевно болни, прекарали пневмония, абсцес или друго остро инфекциозно заболяване. Особено показателни бяха случаите с деменция паралитика — обща парализа, настъпваща като следствие в тежки случаи на сифилис. Медицината нямаше никаква възможност за повлияване върху нея и болните стояха в психиатричните клиники в очакване на фаталния край. Но в 1917 г. един от пациентите на Вагнер-Яурег се разболя от малария и трескавото състояние промени хода на болестта. Лекарят трябва да е възприел това като знак на съдбата, защото скоро след това започна експерименти по целенасоченото заразяване на болните от деменция паралитика с малария. Получиха се забележителни резултати. Докато преди оцеляваха около един процент от болните, след прилагането на необичайната терапия 30–40 на сто оздравяваха или подобряваха значително състоянието си. Хора, обречени на смърт, се връщаха към нормален живот.

Сега деменция паралитика, както и самият сифилис, се лекуват с мощни антибиотици, но преди шест десетилетия такива лекарства нямаше и методът на Вагнер-Яурег беше единствено спасително средство. Той самият за 10 години излекува хиляда души. През кабинетите на колегите му по света минаха още много хиляди. Тези заслуги към човечеството донесоха на австрийския лекар през 1927 г. Нобеловата награда по медицина за откриването на терапевтичното значение на маларичното заразяване при лекуването на деменция паралитика.

В 1920 г. Джордж Хойт Уипъл от Калифорнийския университет се зае да изучава влиянието на храната върху образуването на кръвта. Логиката на неговите експерименти беше проста и ясна. Той правеше солидно кръвопускане на лабораторните кучета, след което им определяше съответна диета и проследяваше как се възстановява количеството на кръвта. Кръвната течност се попълва много бързо за

сметка на притока от тъканите. Това води до разреждане на кръвта, тъй като в определен обем броят на кръвните клетки е намален, и на практика до получаването в лабораторни условия на изкуствена анемия. На лекарите беше добре известно, че в случай на загуба на кръв или анемия е необходима силна храна. Не беше ясно обаче коя съставка от храната е най-действена. Простите експерименти на Уипъл дадоха възможност да се отговори на този въпрос.

Едни от анемичните обезкръвени кучета се хранеха с месо, други с вътрешности, трети със смесена храна с растителни съставки. Така се установи, че кръвта най-бързо се възстановява от сировия черен дроб. След това идват бъбреците, после месото и някои растителни продукти като кайсиите. Опитите на Уипъл, започнати в Калифорнийския университет и продължени в Рочестърския университет в Ню Йорк, бяха добре планирани и акуратно проведени и предизвикаха интереса на медицинските среди. Двама лекари от Харвардския университет решиха да поставят подобни експерименти върху хора, и то не върху лабораторни доброволци, а при пернициозна анемия в най-остра форма. Това е заболяване, при което се наблюдава отслабване на организма и промени в кръвната картина. Броят на червените кръвни телца намалява от пет милиона в куб. мм до един милион или дори 600–700 хиляди. В разстояние на няколко години, а в отделни случаи за няколко месеца болестта завършва фатално с незначителни изключения.

Джордж Ричардс Майнът и Уилиам Пари Мърфи решиха да използват откритията на Уипъл, за да помогнат на своите пациенти. Тяхната първа работа се появи в 1926 г. под заглавието „Лечение на пернициозната анемия със специална диета“. На пациентите се даваше черен дроб, бъбреци, месо и зеленчуци, т.е. съставките, които бяха показали най-голям ефект в експериментите с лабораторни животни. Впоследствие Майнът и Мърфи се спряха на сировия черен дроб, като даваха на пациентите по няколкостотин грама на ден. Необходимо беше обаче да се приложат доста усилия, за да се съгласят болните на такава непривлекателна диета. Също така необходими бяха и усилия, за да се преодолее скептицизмът на колегите, които, търсейки причинителя на болестта, не си даваха сметка, че понякога е достатъчно тя да бъде стабилизирана, без да е окончателно излекувана. Точно по това време, през 20-те години, в екстракт от панкреас бе

намерено вещество, наречена инсулин. То се оказа нужното средство за поддържане на диабетиците в добро здраве, макар и с непрекъснати инжекции. В резултат на работите на Майнът и Мърфи постепенно се наложи мнението, че и в черния дроб има някакъв активен фактор, който предотвратява пернициозната анемия.

Изследванията, започнали от простите експерименти на Уипъл и продължили с опитите на Майнът и Мърфи, доведоха до пълна победа над пернициозната анемия. Чернодробната терапия и другите методи на лечение, развили се на нейна основа, дадоха възможност да се спасят десетки хиляди хора и да се зачертава една болест от списъка на потенциалните опасности за човека. Това беше аргументът на Каролинския институт, за да даде наградата по медицина за 1934 г. на Уипъл, Майнът и Мърфи за техните открития във връзка с чернодробната терапия в случай на анемия.

Изследвания на биохимиците показваха, че активното вещество в черния дроб има комплексен характер. То се състои от т. нар. вътрешен фактор — мукопротеин, отделян от стомашната стена, и външен фактор, който се оказа витамин B_{12} . Сега пернициозната анемия и други заболявания, свързани с липсата на този витамин, се лекуват само с една инжекция. В редица случаи, при анемии е уместно използването и на витамин B_9 — фолиева киселина. И тя като витамин B_{12} е кофактор на ензимите, вземащи участие в хемопоезата — образуването на кръвта.

19 век видя появата и шеметното развитие на органичната химия, към края на века вече съществуваха многобройни методи за синтез. Немският учен Паул Ерлих реши да ги използва, за да получи нови лекарства. Това бе началото на съвременния етап в химиотерапията, когато целенасочено започнаха да се търсят и синтезират лекарствени препарати.

Ерлих мечтаеше за „магически куршум“, който да поразява причинителя на болестта, без да вреди на организма. Талантлив и обаятелен ръководител, той обедини около себе си група химици и със завидна упоритост проведе обширни изследвания на различни химични вещества, докато накрая 606-ото изпробвано съединение показа лечебен ефект срещу бледата спирохета — причинителя на сифилиса. Препаратът салварсан — „спасителен арсен“, имаше лечебно действие и при някои други протозойни заболявания. Успехът

на Ерлих дойде в 1909 г. и вдъхнови голям брой учени да търсят и синтезират и други лекарствени вещества.

Ерлих, един от пионерите на имунологията, стана за тези открития Нобелов лауреат по медицина и физиология през 1908 г. Той бе отново предлаган за Нобелова награда през 1912 и 1913 г. Докато Нобеловият комитет се колебаеше и изчакваше, създателят на салварсана почина през 1915 г. и с това въпросът приключи.

След арсеновите препарати на Ерлих учените се насочиха към други подобни съединения. Фирмата „Байер“ предложи лекарствата атебрин и плазмохин, съдържащи антимон. Те имаха лечебно действие срещу малария и някои тропически болести. Успешно бяха използвани и съединения на бисмута като лекарства против сифилиса. Докато срещу протозоите вече бяха открити средства за лечение, бактериалните инфекции идваха да покажат на лекарите колко са безсилни. Това положение продължи до 1933 г., когато групата на Герхард Домак докладва за успешните изпитания на пронтозила, първото антибактериално средство.

В лабораторията на този изследовател се провеждаха систематични експерименти по заразяването на лабораторни животни с патогенни бактерии. След това се инжектираше някакво вещество и се наблюдаваше какво ще стане по-нататък. На 20 декември 1932 г. проф. Домак въведе в мишки хемолитични стрептококки в доза десет пъти по-голяма от леталната. Час и половина по-късно половината мишки получиха и доза пронтозил — едно съединение от групата на суlfаниламидите. След четири дни инфекцията вече бе унищожила контролната група, а мишките, имали щастието да поемат пронтозил, се радваха на добро здраве. Още в началото на 1933 г. новото лекарство бе раздадено на клиницистите за изпробване в практиката. През май същата година бе направен първият доклад на научен конгрес. Постепенно в научните среди стана известно за наличието на ново силно оръжие срещу бактериите. Официалното съобщение на Герхард Домак и неговите сътрудници обаче бе направено едва през февруари 1935 г., когато вече се знаеха всички подробности около пронтозила и неговия ефект. Тогава започна производството на лекарството и неговото широко приложение.

Откритието на Герхард Домак и сега, десетилетия по-късно, се сравнява с революция в медицината. То значително насычи по-

късните изследвания върху антибиотиците. Големият принос на немския учен бе безспорен и още в 1939 г. професорите от Каролинския институт решиха да му дадат Нобеловата награда по медицина за откриването на антибактериалния ефект на пронтозила. Нацистите заставиха проф. Домак да се „откаже“ от наградата, но след войната той успя да получи медала и грамотата, както и други свои колеги-германци.

Големият успех на сулфаниламидите решително затвърди позициите на химиотерапията. Редица учени се насочиха към изследване на тайнствените вещества, които отделяха микроорганизмите, за да потискат взаимно развитието си. Всъщност този антагонизъм бе известен на науката още от миналия век. Никой обаче не можеше да го използва на практика и интересът към него бавно угасваше. Както каза много години по-късно Александър Флеминг, добре известният факт за бактериалния антагонизъм по-скоро е задържал, отколкото е стимулирал изследването на antimикробните субстанции.

Александър Флеминг от Лондонския университет стана известен в 1922 г. с открития от него фермент лизозим. Този ензим, който се намира в слъзната течност, слюнката и редица тъкани на организма, предизвиква лизис — разпадане на бактериите. За съжаление неговото унищожително действие се проявява само срещу безобидните микроти, населяващи човека. В 1928 г., провеждайки други изследвания от теоретичен характер върху стафилококи, Флеминг случайно забеляза, че културите са заразени с плесен. Там, където плесента бе проникнала, бактериалните култури бяха загинали. Той имаше вече опит в изолирането на биологично активни вещества. Имаше и съответната нагласа на ума. Както самият той каза по-късно, главната му заслуга в този случай е, че не е пренебрегнал факта, който, общо взето, е бил тривиален, защото антагонизъмът между микроорганизмите бе нещо добре известно.

Флеминг се зае да култивира тази плесен от рода Пеницилиум и скоро откри, че в течната хранителна среда прониква изключително мощно бактерицидно вещество, което унищожава микробите дори при силно разреждане. В съответствие с приетата традиция той го нарече пеницилин, по името на организма-продуцент. В 1929 г. Флеминг описа неговото силно antimикробно действие, а след това проведе

експерименти за практическото му приложение, които се ограничиха с използването на активния разтвор за почистване на рани. Пеницилинът бе замърсен с твърде много други вещества, за да покаже напълно силата си. Все пак Флеминг успя да установи върху кои групи бактерии действува той, а също така и важния факт, че белите кръвни телца — твърде нежни клетки, не се засягат от него.

Три години след откритието на Флеминг група английски биохимици се опитаха да получат лекарството в чиста форма. Опитът не успя, тъй като пеницилинът се оказа чувствително вещество, което лесно губи антибактериалния си ефект по време на пречистването. Той продължи още известно време да бъде биохимична екзотика, докато с него не се заеха Ернст Борис Чейн и Хауърд Флори от Оксфорд.

В 1938 г. двамата учени решиха да изследват антибактериалните вещества, образувани от микроорганизми. Те вече бяха работили над лизозима и това ги беше насочило към сътрудничество с Флеминг. Те получиха от него щамовете пеницилиум и се заеха с трудната задача да изолират пеницилина. Около Чейн и Флори се събра група от талантливи сътрудници, работещи с увлечение в своята област, и скоро започнаха да се получават добри резултати.

Към 1940 г. вече имаше реална възможност за използване на пеницилина като лекарство. Създадена бе добра технология за пречистването му от веществата, които даваха вреден страничен ефект. Това бе времето, когато Втората световна война все повече се разгаряше. Официалното съобщение за откритието бе направено през август 1941 г. и скоро след това в Съединените щати в извънредно кратки срокове бяха построени огромни заводи за производството на пеницилин за нуждите на армията. Немското и японското разузнаване положиха немалко усилия, за да разкрият тайната на това лекарство, за което се носеха легенди, но до края на войната то си остана достояние на съюзниците.

Тримата изследователи, открили и изолирали пеницилина, бързо станаха световноизвестни личности. Флеминг и Флори бяха посветени в рицарско звание. Голям брой научни дружества и академии ги избраха за свои членове. Александър Флеминг бе избран за почетен вожд на племето кайова в Северна Америка. Но най-голямото научно признание дойде в 1945 г. Каролинският институт присъди Нобеловата награда по медицина на Флеминг, Чейн и Флори за откриването на

пеницилина и неговия лечебен ефект при различни инфекциозни заболявания.

В един грам почва има милиони бактерии, плесени и други микроорганизми. Всички те си взаимодействуват, като отделят различни вещества, които стимулират или потискат съседите им. Очевидна бе възможността сред тях да се намерят съединения с бактерицидно действие. Известно беше например, че туберкулозните бацили бързо загиват, попадайки в почвата. През 1932 г. Американската асоциация за борба срещу туберкулозата възложи на проф. Селман Абрахам Уаксман, известен специалист-микробиолог от колежа Ратгърс, да проучи как стои тази работа.

Уаксман потвърди по-ранните наблюдения и направи извода, че изчезването на туберкулозните бацили се дължи на микробен антагонизъм. За повече практичесност той въведе в употреба краткия термин антибиотик. Според неговата дефиниция това е вещество, произвеждано от микроб за борба срещу друг микроб.

Голямото увлечение на Уаксман бяха микроорганизмите от групата Актиномицес, които стоят на границата между микробите и плесените. Още в 1915 г. той изолира от почвата вида Актиномицес гризеус. В 1943 г. това родово име бе променено в Стрептомицес. В същата година бе получен антибиотикът стрептомицин. Малката плесен се оказа източник на забележителен антибиотик, който великолепно допълваше пеницилина, унищожавайки тези микроби, които оставаха все още неуязвими.

През януари 1944 г. Селман Уаксман и неговите сътрудници излязоха със съвместна публикация, в която се описваше новото лекарство. Скоро след това лекарите Фелдман и Хиншоу от клиниката Майо в Рочестър, Ню Йорк, проведоха клиничното изпробване на стрептомицина. Болни от туберкулоза в безнадеждно състояние можаха да бъдат спасени. За първи път лекарите получиха средство за борба с „бялата чума“. Това бе голям успех и в 1952 г. Уаксман стана Нобеловият лауреат по медицина за откриването на стрептомицина — първия антибиотик, ефективен срещу туберкулозата.

В методите на лечение има една друга насока, която се основава на използването на естествените механизми за регулация и защита в организма. Вече стана дума за Вагнер-Яурег, който успешно лекуваше една болест, събуджайки защитните сили на организма с друга. Чарлз

Брентън Хъгинс от университета в Чикаго стана известен с това, че успя да използва механизма на хормоналната регулация за лекуване на някои ракови заболявания. Негов обект на изследване бе простатната жлеза. Развитието и функцията на този орган се влияят пряко от половите хормони. Хъгинс си поставил въпроса, дали неопластичните клетки продължават да са под действието на хормоните и не може ли това да се използва за регулация и спиране на растежа на тумори. Опитите с кучета показваха, че това е възможно. Женски полови хормони успешно потискаха клетките на простатата, включително и тези, претърпели злокачествено израждане. Същият ефект се получаваше и при отстраняване на половите жлези. Това водеше до намаляване на мъжките полови хормони, които стимулират клетките на простатата.

Обстоятелството, че злокачествените клетки в простатата са запазили способността си за хормонален отговор, веднага бе използвано и при хора. Хъгинс се зае с пациенти, от които дори хирурзите се бяха отказали, и постигна забележителни резултати. Със своята хормонална терапия той постигна редукция и изчезване на туморите и дори на техните метастази. Това бе напълно нов тип лечение на раковата болест. Клетките се атакуваха със специфични вещества, предназначени от самата природа за тях. Подобен метод бе използван и за лечение на тумори на млечната жлеза, макар и в по-ограничена степен. Освен че постигна сензационни резултати, Хъгинс направи ценен принос в терапевтичната теория, давайки идеята да се използват за лечение молекули, синтезирани от самия организъм. Впоследствие други учени създадоха хибридни методи за унищожаване на ракови клетки. Например хормон се свързва химически с молекула на отровно вещество. Така отровата, вместо да унищожава безразборно, попада единствено в клетката-мишена, която отговаря на този хормон. За своите открития във връзка с хормоналното лечение на рака на простатата през 1966 г. Хъгинс стана Нобелов лауреат наред с Пейтън Раус.

XVI

ИМУНОЛОГИЯ

В организма на човека и другите живи същества има сложна система за защита от чужди тела и молекули. Огромен брой бактерии и вируси се срещат в природата, но само нищожна част от тях са патогенни. Срещу останалите човекът има вроден имунитет. Някои болесттворни микроби, попадайки в тялото, събуждат защитните сили и ги „научават“ да се борят с болестта. Това е активният придобит имунитет. При други заболявания организмът също образува антитела, борещи се с нашествениците, но това става твърде бавно, за да се спре ефикасно болестта. В този случай може да се помогне, като се инжектира кръвен serum с готови антитела от друг организъм. Това е пасивният имунитет.

Методът за ваксинация, създаден от Дженър в края на 18 век и доразвит от Пастьор и други учени през 19 век, води до създаването на активен имунитет. С помощта на патогени, които приличат на истинските причинители на болестта, организмът се научава да се бори с опасните микроби и да ги разпознава всеки път, когато попаднат в него. На един друг изследовател — Емил фон Беринг, науката дължи разработването и прилагането на първия метод за създаване на пасивен имунитет. Това средство бе изпробвано срещу дифтерията и победата над тази болест предизвика голям ентузиазъм в края на миналия век.

В 1890 г. Беринг и неговият сътрудник от далечна Япония Шибасабуро Китасато установиха, че при инжектирането в животни на стерилизирани култури от бацили на тетанус или дифтерия в кръвта се образуват антитела, които могат да неутрализират токсините, отделяни от живите бацили. Още по-важно беше, че антитоксините от едно животно могат да лекуват друго животно. Тези чудодейни вещества, се намираха в serum — кръвната течност. Една година по-късно, в коледната нощ на 1891 г., Гайслер преля serum на едно дете в една берлинска клиника. Това беше първият случай на лекуване на човек от дифтерия по метода на serumната терапия. Скоро този метод започна да се прилага широко в света и смъртността от дифтерията спадна от

35% до 5%. Лечебният serum се получаваше от животни, например коне, и след пречистване се използваше за лекуване на хора.

Изследванията на Емил фон Беринг не само доведоха до победа над дифтерията, но и откриха едно ново поле в медицината. Те дадоха силен тласък за развитието на имунологията. Спечелвайки си голяма известност, той стана първият лауреат на Нобелова награда по медицина през 1901 г. за въвеждането на serumната терапия в терапевтическата и медицинската наука.

В началото на века бе направено едно интересно откритие. Установи се, че явленията, които се наблюдават при кръвопреливане, могат да се обяснят с помощта на имунологията. През 1901 г. Карл Ландшайнер обяви пред научния свят, че е открил три различни групи човешка кръв, а в 1902 г. неговият сътрудник А. Щурли, заедно с А. фон Декастело, описа и четвърта кръвна група. Може да изглежда странно, но това изключително откритие не предизвика особен интерес.

Още към 1903 г. Ландшайнер твърдеше, че случаите на шок, жълтеница и хемоглобинурия, които се наблюдават при кръвопреливане, се дължат на несъвместимостта между различните видове кръв. Но едва към 1909 г. сред медицинските среди се наложи мнението, че преливането на кръв между хора от една и съща кръвна група е напълно безопасно. Така първото последствие от откритието на Ландшайнер се оказа хемотрансфузията, която е от изключително значение за хирургията и за редица случаи в клиничната медицина.

В същия период, между 1901 и 1903 г., Карл Ландшайнер показва и значението на кръвните групи за съдебната медицина. Червените кръвни телца са носители на различните фактори, които определят кръвногруповата принадлежност. Едни еритроцити имат фактор A, в еритроцитите на други индивиди се среща факторът B. Възможно е двата фактора да присъствуват едновременно — това е групата AB, или пък те да липсват — група 0. Така кръвните групи се оказаха една от проявите на човешката индивидуалност.

Третата насока, в която откритието на Карл Ландшайнер намери приложение, бе антропологията. Още първите изследвания показваха, че факторите на кръвта се срещат доста неравномерно сред различните човешки групи. Така например в Европа процентът на група A се засилва на север и на запад, а на група B — на юг и на изток.

Изучаването на кръвните групи даде нови и изключително интересни възможности за проследяване на човешките преселения и формирането на различните раси.

Ландщайнер запази своята научна активност до напреднала възраст. Той почина на 24 юни 1943 г. в своята лаборатория от сърдечен удар. Той работи в различни области на експерименталната медицина, но голямото му откритие бяха кръвните групи. В 1930 г. това го направи лауреат на Нобеловата награда по физиология и медицина.

Още Едуард Дженър, правейки първите си вакцинации, забеляза, че понякога вместо да доведе до невъзприемчивост, ваксинирането предизвиква остра реакция на организма. Беринг, за да получи своя антидифтеритен серум, имунизираше коне, които бяха източници на кръвна плазма с антитела. Всички коне получаваха една и съща доза токсин в последователни инжекции през определени интервали. Макар и рядко, случваше се някое от животните да получи тежка криза и дори да умре. Други учени, след въвеждането на серумната терапия, също имаха подобни наблюдения. Пръв обаче Шарл Рише от Парижкия университет разбра, че тук не става дума за някакъв куриоз, а за нова закономерност в жизнените процеси.

Откритието бе направено до известна степен случайно. По време на едно плаване с яхтата на принц Алберт от Монако, известен любител и покровител на океанографията, Шарл Рише получи от него идеята да се заеме с отровната секреция на медузите от рода Физалия. Но пътешествието скоро свърши и Рише се върна в Париж, където, трябващо да се задоволи с по-простите родственици на физалията от Атлантическото крайбрежие. В неговата лаборатория екстрагираната отрова се инжектираше на кучета. Рише очакваше, че те ще свикнат с отровата и ще се имунизират — този модерен термин вече беше въведен за обозначаване на създадената устойчивост на организма. За голяма изненада обаче повторното инжектиране на отровата се оказваше фатално за кучетата. Вместо да се имунизират, те бяха станали свръхчувствителни.

Повече от едно десетилетие Рише посвети на изследването на този феномен. Той изучи всичките му особености, показвайки, че това е нещо като имунитета, но с обратен знак. Той нарече това явление анафилаксис — обратното на профилаксис. Откритието на Рише

веднага се оказа от непосредствена полза за медицината. Учените се заеха да създават тестове, с които да проверяват предварително реакцията на организма, за да не се получи фатален шок след инжектирането на някакво вещество. В 1907 г. Рише установи, че при преливане на кръвен serum се прехвърля и анафилактичната свръхчувствителност, т.е. тя е свързана с някакво химично вещество в кръвта. Френският учен обобщи своите резултати в една монография, публикувана в 1912 г. На следващата 1913 г. Шарл Рише бе удостоен с Нобеловата награда по медицина в признание за неговата работа върху анафилаксиса.

Рише постави началото на едно ново направление в медицината. Оказа се, че редица заболявания са свързани с проявите на свръхчувствителност. Те станаха обект на новата наука алергология. Терминът алергия бе въведен от Пирке в 1906 г. Начинът на борба с анафилаксиса бе посочен от руския учен А. Безредка — ученик и сътрудник на Мечников. Той въведе т. нар. десензитизация — постепенно въвеждане на изключително малки дози от опасното вещество, докато организъмът свикне с него. Днес алергиите продължават да са проблем за медицината, а анафилактичният шок понякога изненадва лекарите. Но науката по принцип има средства за борба с тях.

Първите изследователи на имунитета смятаха, че тази реакция на организма е насочена единствено срещу болестотворните микроби. На Жул Борде, директор на Пастьоровия институт в Брюксел, се падна да покаже, че имунни реакции има и срещу безобидните клетки на други организми и че това е универсална реакция на организмите срещу всякакви чужди тела. Така бе поставено началото на неинфекциозната имунология.

Изучавайки имунологичните процеси, Борде се сблъска с неудобството да се използват бактерии като антигени. Микроорганизмите бързо се размножават и на този фон се нарушава картината на имунните процеси и те стават трудни за интерпретация. Много по-лесно се оказа, да се въвеждат клетки от друг организъм — например червени кръвни телца. Борде пръв изследва ефекта от такова въздействие и показва, че това е много удобен модел за изследване, тъй като чуждите клетки предизвикват същата имунна реакция, както и микробите. Впоследствие се оказа, че тези изследвания имат много по-

дълбок смисъл, тъй като показват биологичната несъвместимост между клетките на различни организми — един проблем, който занимава трансплантолозите от десетилетия. Всъщност именно доразвивайки опитите на Борде с имунното отхвърляне на червени кръвни клетки, Ландшайнер откри човешките кръвни групи.

Многобройните научни приноси в имунологията донесоха на белгийския учен широка известност. В 1919 г. Борде получи Нобеловата награда по медицина за своите открития във връзка с имунитета. С цялата си дейност на учен той допринесе много за теорията и практиката на имунологията.

През 1882 г. в една лаборатория в Месина, Италия, руският учен Иля Мечников се занимаваше със сравнителна ембриология. Негов обект бяха ларвите на морската звезда. Малко преди Коледа Мечников постави прост експеримент — заби в ларвите малки трънчета от една мандарина, пригответа като коледно дърво за децата му. На другата сутрин той забеляза, че около трънчетата са се събрали подвижни клетки, които се стремят да унищожат чуждото тяло. Той описа своите наблюдения и през 1883 г. сподели впечатленията си с известния австрийски зоолог Клаус. Виенският професор му предложи да се нарече това явление фагоцитоза, а подвижните клетки фагоцити — „изядващи“ клетки.

Това бе голямото откритие в живота на Иля Мечников. Всъщност още от младини той се бе подготвил за него. 80-те години на 19 век бяха период на утвърждаване на имунологията и теорията на Мечников идваща тъкмо навреме. За съжаление тези, за които тя бе предназначена, бяха предимно медици и просто отхвърлиха неговите зоологически доводи. Фактите свидетелствуваха, че в серума има активни вещества, които неутрализират токсините, а както по-късно се разбра, разрушават и микроорганизмите. Учените нямаха нужда от белите кръвни телца в своите теории. Нещо повече — мнозина все още смятала, че тези елементи не са нормални за кръвта и се появяват само при болест и инфекция. По същото време, когато бе обект на атаки в теоретичните изследвания, Мечников бе подложен и на нападки заради практическата си дейност. В 1886 г. той бе основал Пастьоровата станция в Одеса за лечение на беса. Местните лекари не можаха да понесат факта, че един човек, който не е медик, се бърка в медицината и опитва да налага нови методи, и се постараха да отровят живота на

емоционалния Иля Мечников. В 1888 г. той не издържа и отиде в Париж при Пастьор за съвет. Вместо съвет Пастьор му даде една лаборатория и назначение в института си. Мечников остана там до края на живота си.

След ларвите на морската звезда, Мечников се зае да провери теорията си върху по-сложни организми. Той изследва водните бълхи — вид ракообразни — и най-накрая стигна до човека. Четвърт век той събираще данни, докато накрая успя да се наложи. В 1903 г. английските учени Алмрот Райт и Стюарт Дъглас откриха, че в серума на имунизирани животни има вещества, наречени от тях опсонини, които полепват по бактериите и ги подготвят за погълъщане от фагоцитите. С други думи, бактериите трябва да бъдат „намазани с масло“, преди фагоцитите да ги изядат. Това до известна степен помириява химичната и биологичната теория.

През 90-те години на миналия век неоспоримият лидер на химичното направление в имунологията бе Паул Ерлих. Той пръв установи, че има латентен период между инжектирането на токсичните вещества и образуването на антителата. Доразвивайки идеите на Бухнер и Борде, той разви концепцията за амбоцептора и комплемента — вещества, които участват в подготвянето на микробите за унищожение и в самото им унищожаване. Ерлих изследва предаването на имунитета чрез плацентата и млякото, като с това допринесе за уточняването на истински наследствения и активния имунитет, който се придобива от организма, и пасивния, който се получава след инжектиране на serum. Макар и медик по образование, Ерлих имаше мисленето на химик и търсеше да открие какво представляват антителата. Той пръв показва, че те са вероятно глобулините — белъчни молекули с кълбовиден строеж в кръвния serum. Връх на постиженията му в имунологията е неговата теория за страничните вериги. Той предположи, че клетката има рецептори, които улавят чуждите тела и се модифицират, нагаждайки се към тях. Това им дава възможност веднага да разпознават врага при втора среща. Гениалната догадка беше потвърдена десетилетия, по-късно, когато Родни Портър и Джери Еделман разкриха молекулния строеж на антителата.

В 1908 г. Нобеловият комитет при Каролинския институт реши да помири Иля Мечников и Паул Ерлих — ожесточените врагове от научните конгреси, като ги награди едновременно с Нобеловата

награда по медицина и физиология в признание на тяхната работа върху имунитета. Мечников беше въвел клетъчната теория в имунологията, а Ерлих се беше доближил до молекулярните механизми на имунната реакция. Никой от двамата учени по това време вече не се занимаваше с имунология. Мечников изследваше чревната микрофлора и развиваща теорията, че отделяните от нея токсини отравят организма и го състаряват. Поради това препоръчваше да се яде повече кисело мляко — диета, която известно време беше доста популярна.

Ерлих беше разбрал ограничените възможности на серумната терапия и се беше върнал към изследванията от младите си години, когато изprobваше различни бои за оцветяване на микроскопски препарати. Този път той модифицираше химични оцветители, опитвайки се да ги превърне в лекарства. Той наистина успя, създавайки своя знаменит салварсан, и така се оказа сред създателите на съвременната хемотерапия. Той дори бе предложен повторно за Нобелова награда.

Първите факти за дейността на имунната система бяха получени при изучаване на различни заболявания. Трябаше да минат десетилетия, за да стане ясно, че имунните процеси са универсално биологично явление, една от фундаменталните характеристики на живите системи. Новите идеи започнаха да се набелязват през 40-те години. Сред тези, които допринесоха за това развитие, бе Питър Брайън Медауп, син на натурализиран английски гражданин от ливански произход. През военните години този учен изследваше възможностите за присаждане на кожа. В 1947 г., вече професор по зоология в Бирмингамския университет, Медауп продължи работата си, като създаде тест за определяне на зиготността при телета-близнаци чрез кожни присадки. Така той се запозна с едно изследване на Р. Д. Оуен от 1945 г. В него се описваше как при телета-близнаци понякога се свързват кръвоносните системи и става обмен на кръвни клетки. В новородените до 50 процента от кръвните клетки могат да бъдат от другия индивид и въпреки това организъмът не показва никаква реакция. Но пръв разбра значението на този факт в имунологията Франк Макфарлейн Бърнет от Института Хол в Мелбърн.

Австралийският учен обърна внимание на факта, че способността на организма да дава точно определен имунен отговор не се унаследява, а се развива през първите седмици на живота. Тръгвайки от тези факти, Бърнет разви в 1949 г., заедно с колегата си Ф. Фенър, обща теория за имунитета. Според нея централният проблем на имунологията е разпознаването на „своето“ от „чуждото“ и борбата срещу това чуждо. Тази способност започва да се развива към края на вътребробния живот и ако тогава в организма попаднат чужди тела, както в случая с телетата-близнаци, недоразвитата имунна система след това ги смята за свои.

Всичко това беше само хубава теория, докато Медаур и неговите сътрудници не представиха експериментални данни в нейна подкрепа. Отначало се правеха кожни присаждания при телета, а после експерименти с мишки. При мишките съществуваше голямото удобство да се използват чисти линии — животни, които дълго време са били кръстосвани помежду си и са станали генетично почти идентични. Решаващите експерименти бяха направени през 1951–1953 г. от Питър Медаур, Рупърт Билингам и Лесли Брент. Те потвърдиха идеите на Бърнет за постепенното развитие на имунната система и възможността за създаване на имунна толерантност към чуждите тела в ранните етапи на това развитие. По същото време Н. Хашек в Прага достигна до същите изводи, работейки с пилета и тръгвайки от съвсем други теоретични предпоставки.

Тези изследвания от края на 40-те и началото на 50-те години дадоха тласък на теоретичните обобщения в имунологията и я доближиха до разгадаването на молекуларните основи на имунитета. Израз на признание за тези успехи бе решението на професорите от Каролинския институт да дадат наградата по медицина и физиология за 1960 г. на Бърнет и Медаур за откриването на придобитата имунологична толерантност.

По това време вече се набелязваха решаващи успехи в разкриването на природата на молекулите, които реализират имунния отговор. Още в края на минатия век беше известно, че при имунните реакции става свързване на някакво вещества от кръвния serum с антигена, попаднал отвън. По-късно се разбра, че антителата са белтъчни вещества. Тяхната структура обаче оставаше неясна. Едва в 1959 г. двама изследователи намериха начин да разкъсват молекулите

на антителата на фрагменти, удобни за изследване. Това бяха Родни Портър от Националния институт за медицински изследвания в Лондон и Джералд Еделман от Рокфелеровия университет в Ню Йорк. Работейки успоредно, те успяха да разкрият структурата на антителата.

Някои от аминокиселините, влизащи в състава на полипептидните вериги, съдържат сяра. Между серни атоми от съседни вериги могат да се образуват т. нар. дисулфидни мостове, които свързват веригите. Еделман разрушаваше тези мостове със специални редуциращи агенти и така разграждаше белтъчните молекули на имуноглобулините на фрагменти. Портър постигаше същия ефект, използвайки ензима папаин. По този начин той показва наличието на три фрагмента в антитялото. Два от тях, еднакви по своята природа, можеха да реагират с антигена. Третият имаше други биологични функции, характерни за цялата молекула на антитялото. Този фрагмент беше еднакъв при всички антитела. Така се изясни една важна особеност на имуноглобулините — наличието на участъци, общи за всички молекули, и на фрагменти, определящи специфичността на антитялото. Тези резултати на Портър се съгласуваха добре с изводите на Еделман за наличието на тежки и леки полипептидни вериги в имуноглобулините.

Използвайки тези данни, в 1962 г. Портър предложи схема за строежа на антителата. Според него имуноглобулините се състоят от четири вериги. Две от тях са тежки и съдържат в себе си много аминокиселини. Тези две вериги са свързани помежду си с дисулфидни мостове. Към тях са прикрепени двете леки вериги също с дисулфидни мостове. Впоследствие тази схема бе блестящо потвърдена. В лабораторията на Еделман беше доказано, че дори при най-низшите гръбначни — миногите и акулите, молекулите на антителата са изградени на този принцип.

Забележителната способност на имуноглобулините с лекота да се модифицират затрудни изследванията в този ранен етап. Изхода намери Еделман, като показва, че при някои заболявания се образуват хомогенни имуноглобулини. В 1965 г. в неговата лаборатория започна изучаването на първичната структура на пептидните вериги на тези антитела. Четири години по-късно бе постигнат успех. Еделман и сътрудниците му вече знаеха пълната структура на един

имуноглобулин. Потвърди се идеята, че полипептидните вериги на тези белтъчини се състоят от две части — променлива, която участвува в имунната реакция, и постоянна, характерна за дадения вид антитела. Резултатите на Еделман, получени върху антитела от болни, бяха проверени от Портър и при нормални имуноглобулини, които показваха същите закономерности.

Портър даде значителни приноси в изучаването на активните центрове на антителата. Той показва, че антигенът се свързва както с тежката, така и с леката полипептидна верига. Еделман уточни представите за третичната структура на антителата. Той показва, че пептидните вериги се състоят от компактни глобули и приличат на низ от мъниста. Тази схема бе потвърдена от много експерименти.

Решаващите приноси на Родни Портър и Джералд Еделман в изучаването на антителата, направени през 60-те години, изведоха тези учени на водещо място в световната наука. За своите забележителни открития те станаха лауреати на Нобеловата награда по медицина и физиология за 1972 г.

През 70-те години имунологията отбелаязала нови успехи и стана една от най-модерните науки. В Каролинския институт зачестиха предложенията да бъдат награждавани учени, работещи в тази област. Такава идея имаше през 1979 г., но тогава общото събрание на професорите отхвърли предложението на Нобеловия комитет и даде наградата по медицина на двама физици, разработили компютърния томограф. Но на следващата 1980 г. наистина наградата бе дадена на трима учени, работили в областта на имуногенетиката.

Единият от лауреатите — Джордж Дейвис Снел — бе вече на почетната възраст 77 години. Повече от три десетилетия той бе работил в Джексъновата лаборатория в Бар Харбър. През 40-те години той бе сред тези, които поставиха началото на имуногенетиката. Работейки с чисти линии мишки, той пръв формулира петте основни генетически закона за съвместимост на тъканите — в пределите на една линия трансплантаците са възможни, докато между различни линии присажданията завършват с неуспех; възможно е присаждане от родителските линии, но присаждания от родителските линии на по-далечни поколения рядко завършват с успех; хиbridите от първо поколение приемат присадки от второто и следващите хибридни поколения. Интерпретирани в генетичен аспект, тези закономерности

показват, че и най-незначителните генетични различия между донора на присажданата тъкан и реципиента водят до отхвърляне на чуждия материал.

Тези изследвания на Снел го доведоха до извода, че реакцията на несъвместимост се осъществява от група гени, локализирани в т. нар. H-системи на мишките. Това е съкращение от термина хистосъвместимост, или тъканна съвместимост. Известни са 14 такива системи от гени, като тази, която се обозначава условно H-2, е водеща при отхвърлянето на чуждата тъкан. Детайлните изследвания установиха извънредно сложна генетична организация. В системата H-2 има около 500 гена, които контролират не само отхвърлянето на чужда тъкан, но и регулират най-различни имунни реакции. Тези изследвания над мишките дадоха стимул за подобни проучвания при човека. Един от пионерите в това направление бе Жан Доце от клиниката Сен Луи в Париж, който сега е един от 40-те френски академици.

В 1958 г., изследвайки серуми на пациенти, получавали многократно чужда кръв, Доце откри нова система антигени, свързани с левкоцитите, установи нейното генетично разнообразие и показва доминиращото участие на гените от тази система при реакциите на несъвместимост в трансплантациите. Впоследствие тези антигени бяха обединени в системата „HLA“ — от инициалите на английската фраза: човешки левкоцитни антигени.

От това интересно откритие започнаха изследвания, които дадоха възможност да се сортират по групи донорите на тъкани и органи за присаждане, подобно на кръводарителите, което значително повиши възможностите на трансплантолозите. В новото направление се включиха десетки известни учени от цял свят. Изясни се, че системата „ХЕЛА“ е аналог на системата H-2 при мишките. Още веднъж изследванията в чистата наука изведнъж дадоха практически резултат. „Мишият модел“ даде възможност бързо да се напредне в човешката имуногенетика и да се стигне до практическото използване на лабораторните данни.

Тези системи от гени, които играят такава роля в регулирането на имунните процеси, през 60-те и 70-те години бяха обект на изследване и на големия колектив учени, събран около Барух Бенасераф, професор по патология в Харвардския университет. Този учен, роден в Каракас,

Венецуела, стана президент на Международния съюз на имунологичните дружества през юли 1980 г.

От края на 60-те години Бенасераф и неговите сътрудници изучаваха генетичния контрол на силата на имунния отговор. Фактът, че имунната реакция на организма е генетично обусловена, бе отдавна известен на учените. Едва към 60-те години обаче, благодарение на генетиците, които усъвършенствуваха метода на работа с чисти линии, и на имунохимиците, които синтезираха специални белтъчни антигени, стана възможно да се напредне в тази област. Изследователите можаха в строго контролирани условия да изучават реакцията на конкретни гени и техния контрол на имунния отговор. Установи се, че тези гени влизат в системата за хистосъвместимост. Всеки индивид има уникален набор такива гени и това определя неговата строго индивидуална реакция спрямо чуждите вещества. Тези резултати имаха важно практическо значение за провеждането на профилактични ваксинации. Учените разбраха, че всеки индивид трябва да бъде третиран по специфичен начин.

Впоследствие Бенасераф и голямата група имунологи около него хвърлиха светлина върху Н-2 и хеласистемите в развитието на имунната реакция. Потвърди се, че тези гени регулират имунологичната ситуация в организма — отхвърлянето на трансплантанти, възникването на автоимунни разстройства, създаването на ваксинация, възникването на ракова патология и имунодефицитните състояния.

Най-сериозните заболявания, с които медицината все още не може да се справи, в редица случаи възникват на имунологична основа. Развитието на имуногенетиката дава възможност имунното инженерство да се съчетае с генното инженерство, за да се въздействува на имунитета в самата му основа, като се подменят дефектните гени и се създават в организма нови популации защитни клетки, които да се справят със заплахите за организма. Тези забележителни перспективи следват от работата на Джордж Снел, Жан Досе и Барух Бенасераф — Нобеловите лауреати по медицина и физиология за 1980 г.

КЛЕТЪЧНИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Едно от най-тъмните места в биологията е въпросът, как клетките взаимодействуват помежду си и какви фактори управляват техния растеж, развитие и диференциация. Учените атакуват този проблем още от миналия век, когато бяха постигнати първите успехи в ембриологията. За съжаление и досега малко може да се каже по този въпрос.

Един от пионерите в изследването на морфогенезата е големият немски анатом Вилхелм Хис. Той разви идеята за органообразуващи участъци в зародиша, които съдържат в себе си зачатъците на органите. По-конкретни данни бяха получени от друг немски учен — Вилхелм Ру. Той използваше една нагорещена игла, за да унищожава различни фрагменти от ембриона. Така Ру установи, че при някои животни от определени клетки възникват определени структури, докато при други специализацията не е толкова силна и при повреда в ембриона има възможност за компенсация от страна на съседните клетки. Идеите на Ру в значителна степен стимулираха изследванията в тази насока. В първите години на нашия век той многократно бе предlagан за Нобелова награда, но експертите от Нобеловия комитет сметнаха откритията му за твърде стари.

Тези изследвания бяха разширени и задълбочени от Ханс Шпеман. Той вече използваше значително по-голям набор от инструменти — тънки скалпели, микропипети, примки от косъм и стъклени игли. С този инструментариум и с много търпение Шпеман извършваше микрохирургични операции по ембриона и така откри много интересни неща. В един от експериментите той присаждаше зачатък на око на различни места по тялото на зародиша и установяваше, че под влияние на този зачатък кожата над него се превръща в роговица. Това го доведе до мисълта, че различните части на ембриона отделят вещества, които оказват влияние върху развитието на съседните части. Тези опити бяха направени още в 1901 г. Изследванията от този род продължиха и в 1918 г. достигнаха своята връхна точка.

Шпеман всъщност продължи да развива своята идея, да присажда и да разменя местата на различни части на зародиша. От един ембрион той взе нервната пластиинка, която нормално се развива в мозък, и я постави в кожата на друг ембрион, показвайки, че там тя се превръща в обикновена кожа. Той направи и обратния експеримент. Взе част от епидермиса на другия ембрион и я постави на мястото на нервната пластиинка в първия, където тя се разви в пълноценен мозък. Шпеман продължи по-нататък. Той описа различните точки в зародиша, които играят ролята на организационни центрове. Впоследствие бе развита теорията, че там се отделят различни вещества, подобни по действие на хормоните, които влияят върху диференциацията и специализацията на клетките. Освен че имат изключително голямо теоретично значение, тези изследвания са много важни и за практиката във връзка с проблема за регенерацията. При човека възможностите в това отношение са много скромни, докато на гущерите например им порасват нови опашки, а на тритоните дори и нови крайници. Би било чудесно да можем да се изравним по възможности с тях. Водени от подобни мисли, професорите от Каролинския институт решиха да наградят през 1935 г. Ханс Шпеман с Нобеловата награда за медицина и физиология за откриването на организирания ефект в ембрионалното развитие.

Откриването на хормоните в началото на века вдъхна надежда, че ще бъде разкрита тайната на растежа и развитието, които придават формата и размерите на организма. Тези вещества получиха названието си от гръцката дума хормао — подбуждам. За да има равновесие обаче, трябва да съществуват и потискащи вещества. Като противодействие на хормоните в 1913 г. английският физиолог Шейфър въведе халоните — от гръцката дума халао — възпирам. Докато хормоните бяха изолирани отдавна, халоните са все още трудни за изследване. С тяхното изучаване обаче са свързани големи надежди за разкриването на тайната на морфогенезата.

Още в 1957 г. американските биолози Пол Вайс и Джек Кавано излязоха с хипотезата, че в живата тъкан има млади клетки, които се делят, и зрели клетки, които изпълняват своята специфична функция. Хормоните насърчават младите клетки да се делят. Специализираните клетки обаче отделят халони, които блокират размножението и така ограничават растежа на органа. Тази проста схема дава известна

представа за динамичното равновесие, в което се намират тъканите на тялото, и за начина, по който се поддържат формата и размерите.

Според съвременните схващания халоните са веществата, които регулират растежа на тъканите. Те са пептиди или протеини и се разтварят добре във вода. Клетките на всеки вид тъкан произвеждат свои собствени халони, което показва, че съществува голям брой разновидности на тези молекули. Концентрацията им в тъканите е една десетомилионна от грама в килограм тъкан. Това прави изолирането и изследването им много трудно.

Халоните представляват голям интерес за медицината. Смята се, че те ще бъдат едно от средствата за борба с раковата болест. Още в 1976 г. бяха направени подобни опити във Финландия с много добър резултат. Несъмнено това е една от областите на науката, която ще донесе Нобелови награди в бъдеще.

Проблемът за клетъчните взаимодействия е в тясна връзка с генното инженерство и новата имунология. Тези направления постепенно се сливат, давайки един забележителен синтез, който ще даде на човека възможност за контрол над живата материя. В неговите ръце тя ще стане тъй пластична и податлива, както глината в ръцете на скулптора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нашият разказ вече завършва. Той ще продължи отново през октомври, после на следващия октомври и така, докато научният свят и всички любознателни хора чувствуват нуждата от някаква оценка на върховните постижения в познанието.

Сега вече знаем, че Нобеловата награда е само върхът на айсберга, че зад името на лауреата стоят още десетки и стотици други, без които откритието не би било възможно. Знаем, че академиците от Стокхолм са също хора, които могат понякога да сгрешат.

Но както е казал поетът — голямoto се вижда от разстояние. След повече от осем десетилетия съществуване авторитетът на Нобеловата награда за наука изглежда непоклатим. Шведската академия на науките и Каролинският медико-хирургически институт добре са работили като арбитри на общественото мнение в научния свят. Наистина голямо уважение заслужават шведските учени, които превърнаха първоначалната идея на един филантроп да се помога на талантливи изследователи, в механизъм за оценка на научните открития. Може да се каже, че те създадоха Нобеловата награда^[1].

[1] До 1982 г. са наградени общо 356 души, съответно 121 по физика, 99 по химия и 135 по медицина и физиология — бел.авт. ↑

ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов, А. Нейтрино. М., 1969, с. 144.
2. Алексеев, Г. Н. Энергия и энтропия. М., 1978, с. 192.
3. Асатиани, В. С. Ошибки обмена веществ. М., 1972, с. 304.
4. Бойд, У. Основы иммунологии. М., 1969, с. 648.
5. Бронштейн М. П. Атомы и электроны. М., 1980, с. 152.
6. Волкенштейн, М. В. Физика и биология. М., 1980, с. 152.
7. Гершкович, И. Генетика. М., 1968, с. 702.
8. Джуса, М. История химии. М., 1975, с. 480.
9. Дзюбин, И. Путешествие в страну лилипутов. М., 1975, с. 160.
10. Дубинин, Н. П. Общая генетика. М., 1970, с. 488.
11. Иванов, В. Т., А. Н. Шамин. Путь к синтезу белка. Л., 1982, с. 176.
12. История биологии. М., 1975, с. 660.
13. Кендью, Дж. Нить жизни. М., 1968, с. 124.
14. Конарев, Б. Н. Любознательным о химии. Неорганическая химия. М., 1978, с. 240.
15. Короленко, Ц. П., Г. В. Фролова. Вселенная внутри тебя. Новосибирск, 1979, с. 206.
16. Курков, А. А. Астрофизика сегодня. Минск, 1980, с. 72.
17. Липсон, Г. Великие эксперименты в физике. М., 1972, с. 216.
18. Лоренц, К. Соломоновият пръстен, С., 1969, с. 176.
19. Мендельсон, К. На пути к абсолютному нулю. М. 1971, с. 225.
20. Молекулы и клетки. М., 1968, с. 208.
21. Мороа, А. Животът на Александър Флеминг. С., 1968, с. 280.
22. Мороз, О. Свет озарений. М., 1980, с. 208.
23. Неutron — предистория, откриване, последствия. С., 1978, с. 200.
24. Поликаров, А. Физиката на ХХ век. С., 1977, с. 238.
25. Понтекорво, Б. Неутрино. С., 1968, с. 60.
26. Проблеми на научния талант. С., 1979, с. 392.
27. Радунска, Я. Раждането на лазера. С., 1971, с. 280.

28. Райчев, П. Този невидим и загадъчен свят. С., 1982, с. 224.
29. Роуз, С. Химия жизни. М., 1969, с. 304.
30. Рыдник, В. И. Увидеть невидимое, М., 1981, с. 184.
31. Сало, В. М. Витамины и жизнь. М., 1969, с. 174.
32. Свещаров, Г. Биология за всички. С., 1979, с. 280.
33. Свещаров, Г. Върхове в развитието на биологията. С., 1978, с. 232.
34. Свещаров, Г. Разгаданите тайни на живота. С., 1981.
35. Тарасенко, Н. Д. Вторжение в клетку. М., 1974, с. 88.
36. Толанский, С. Революция в оптике. М., 1971, с. 224.
37. Томсон, Д. Дух науки. М., 1970, с. 176.
38. Тринкаус, Дж. От клеток к органам. М., 1972, с. 288.
39. Уотсън, Дж. Д. Двойната спирала. С., 1975, с. 148.
40. Физика на твърдото тяло. С., 1977, с. 188.
41. Физики. Киев, 1977, с. 510.
42. Франкфурт, У. И., А. М. Френк. Физика наших дней. М., 1971, с. 240.
43. Шейков, Н. Мозъкът изучава мозъка. С., 1979, с. 224.
44. Шпаусцус, З. Путешествие в мир органической химии. М., 1967, с. 220.
45. Шредингер, Э. Что такое жизнь. М., 1972, с. 88.
46. Шуколюков, Ю. А. Часы на миллиард лет. М., 1977, с. 192.
47. Яновская, М. И. Тайны, догадки, прозрения. (Из истории физиологии), М., 1975, с. 160.
48. Amenda, A. Nobel. Lebensroman eines Erfinders. Berlin, 1974.
49. Bonin, W. von. Die Nobelpreisträger der Chemie. Ein Kapitel der Chemie-Geschichte. München, Moos, 1963, S. 90.
50. Cuny, H. Nobel. De la Dynamite et les Prix Nobel. Paris, 1970, p. 255.
51. Herrlinger, R. Die Nobelpreisträger der Medizin. Ein Kapitel aus der Geschichte der Medizin. München, Moos, 1971, S. 92.
52. Kaplan, F. Nobel prize winners: charts-indexes-sketches. Chicago, Nobelle, 1941, p. 144.
53. Meter, E. Alfred Nobel. Nobelstiftung. Nobelpreise. Berlin. Dunker u. Humblot, 1954, S. 244.
54. Nobel lectures including presentation speeches and laureates biographies. Amsterdam, Elsevier.

- Physics. Vol. 1 (1901–1921), 1967, p. 500; Vol. 2 (1922–1941), 1965, p. 456; Vol. 3 (1942–1962), 1964, p. 619; Vol. 4 (1963–1970), 1972, p. 350.
- Chemistry. Vol. 1 (1901–1921), 1966, p. 409; Vol. 2 (1922–1941), 1966, p. 506; Vol. 3 (1942–1962), 1964, p. 710; Vol. 4 (1963–1970), 1972, p. 360.
- Physiology and medicine. Vol. 1 (1901–1921), 1967, p. 563; Vol. 2 (1922–1941), 1965, p. 548; Vol. 3 (1942–1962), 1964, p. 839; Vol. 4 (1963–1970), 1972, p. 505.
55. Nobel. The man and his prizes. Amsterdam, Elsevier, 1962, p. 690.
56. Schneider, E. Von Röntgen zu Einstein. Von Planck zu Heisenberg. Nobelpreisträger der Physik und ihre Entdeckungen. Berlin, Weiss, 1958, S. 280.
57. Schück, H. and R. Sohlman, The life of Alfred Nobel. London, Heinemann, 1929, p. 353.
58. Smekal, G. Österreichs Nobelpreisträger. Wien, Frick, 1961, S. 192.
59. Sourkes, Th. Nobel prize winners in medicine and physiology 1901–1965. London, Abelard-Schuman, 1967, p. 464.
60. Zuckermann, H. Scientific elite. Nobel laureates in the United States. New York, 1977, p. 355.

ЗАСЛУГИ

Имате удоволствието да четете тази книга благодарение на **Моята библиотека** и нейните всеотдайни помощници.



<http://chitanka.info>

Вие също можете да помогнете за обогатяването на *Моята библиотека*. Посетете **работното ателие**, за да научите повече.