

За общото между химията и физиката. I Част

М. Натов

*Химикотехнологичен и металургичен университет, бул. „Кл. Охридски“ № 8, 1756 София
Ел. поща: natovma@gmail.com*

Въведение

Започнах моите размисли по повод на един фундаментален за човечеството въпрос, а именно „Сами ли сме във Вселената?“. Трудният, но необходим отговор на този въпрос ще бъде ориентир за бъдещето на нашата цивилизация. Животът, като явление, е толкова сложно и едновременно прецизно устроен, че древният човек приема Бог като създател, а съвременникът смята един Велик разум за предшественик на невероятното развитие и еволюция на живата природа.

Следя с интерес разнообразните опити да се открие някакъв индикатор, че в безкрайните простори на Вселената има живи организми и на други планети. В тези опити, обаче, преобладават търсения, преди всичко на вода като база, в която може да е възникнал живот.

Отделих няколко години за изследвания, в резултат на които се убедих, че животът не е просто нечие хрумване. Всички явления, дори и най-сложните процеси в природата, имат своите физикохимични основи. Изучавах по-подробно строежа на въглеродните макромолекули и термодинамиката на техните движения – на молекулите като цяло и на техните сегменти и звена. Тук открих нещо уникално – техните деформации не са резултат от удължаване или съкращаване на валентните и междумолекулните връзки, каквито наблюдаваме при нискомолекулните вещества. При полимерите деформациите са резултат предимно от промени на формата на макромолекулите без да се променят валентните връзки и ъглите между тях.

Още при синтезирането си макромолекулите придобиват форма с максимална ентропия, т.е. форма с максимална „степен свобода“ на всички структурни звена. Затова големи безразрушителни деформации на макромолекулите, достигащи до 2000%, могат да се извършват само чрез промяна на тяхната форма, респективно чрез нарастване или намаляване на ентропията. Това става с изразходване на минимално възможната енергия, необходима за такива големи деформации, съответно и за придвижвания в пространството.

Фактът, че в основата на живите организми са органичните макромолекули, е азбучна истина за биоло-

гията. Тук обаче по-малко са изследвани молекулните механизми, които осигуряват ентропията като основна, но минимална енергия, движеща жизнените процеси в живите организми.

Защо именно въглеродни макромолекулни съединения? Какво е уникалното във въглеродния атом, което липсва в останалите атоми? За да си отговоря на тези въпроси навлязох в някои области на физиката, от които зависят отговорите. При това, обаче, си позволих, по отделни приемани като утвърдени мнения във физиката, да не се съгласявам с тях. Описвам ги по-подробно като разчитам, че ще се намерят млади изследователи, които в търсене на истината ще продължат да размишляват по поставените тук въпроси и мнения, по-различни от официално приетите. Те могат да намерят в тази област и свое поприще за изследователска дейност.

Животът по дефиниция е „Съвкупна химична система, способна на Дарвинова еволюция с размножаване, наследственост, мутация и естествен подбор. В допълнение наследствената информация трябва да бъде закодирана в цифров вид“. Към нито едно от тези изисквания малката молекула на водата няма пряко химическо участие. Ето защо животът се дължи изключително на въглеродните съединения и живот трябва да се търси преди всичко там, където има въглерод, а не само вода. Водата е необходима, защото служи за среда, в която жизнените процеси протичат по-лесно, но не е единствената възможност. Откритата напоследък „суха вода“ бис-трифлуорометил-кетон (хексафлуороацетон) е пример за отличен заместител на водата като инертна среда. По физическите си показатели той не се отличава от водата. Въглеродът е единствения елемент от периодичната система на елементите, който образува дълговерижни макромолекули с разнообразен строеж: линейни, разклонени, стълбищни или пространствено омержени. Дългите въглеродни вериги са безусловно необходимата част за нормално функциониране на един жив организъм.

Всички планети след създаването си (след акрецията) минават през фаза, когато са свръхнагreti или са дори в течно плазмено състояние. Всички химич-

ни елементи в плазмата се намират в йонно състояние като образуват помежду си всевъзможни комбинации. Въглеродът е най-високотопимия химичен елемент – 3552°C, а съединенията на въглерода с металите – карбидите – са между най-високотопимите съединения и поради това първи се отделят в течно и твърдо състояние при охлаждане на плазмата. Когато планетата се охлади достатъчно се образува и течна вода. При последващо взаимодействие на карбидите с водата се образуват разнообразни предимно ненаситени въглеводороди. Те лесно взаимодействат с фосфорни, азотни, серни и други съединения. Този начален бульон от всевъзможни органични вещества се образува във всяка планета имаща въглерод и от него може би са възникнали първите живи организми.

Някои автори, имайки предвид, че силицият и въглеродът са в една и съща група от периодичната система на елементите, предполагат, че е възможен живот и на силициева основа. Това обаче е невъзможно, защото силицият не може да образува хомоверижни макромолекули и освен това неговите съединения много лесно се превръщат в силициев диоксид. Съвместно с въглерода могат да се образуват органосилициеви макромолекули и може би – живи организми, но в основата отново ще бъдат въглеродните атомни вериги.

Затова тук последователно и обстойно се разглежда изключително финият строеж, който природата е използвала за да стигне до живия организъм. Като се започне от невероятните елементарни частици, строежа на атомните ядра и през периодичната система на химичните елементи се достига до карбоверижните макромолекули. При развиване на основната идея, а именно да се направи бегъл поглед на нашите представи от елементарните частици до макромолекулите, аз се натъкнах на някои твърдения в науката, които ме предизвикват да изкажа свои мнения по тях. Разбирам, че моите представи ще предизвикат остро несъгласие на отделни учени – химици и физици, но тъкмо това е целта ми. Надявам се да се появят дискусии по тези въпроси.

Малко философия. Мерни единици

„Материя“ като понятие и като същност е един от най-големите проблеми на философията, физиката и химията.

Що е материя? От многото определения, най-кратко е следното: „Материята е всичко, което е във нашето съзнание и пряко не зависи от него“. Тя обхваща всичко онова, което ние виждаме, чуваме, докосваме, вкусваме, усещаме и използваме. Цялото битие! Всичко, което запълва видимия и невидим космос! Остават нематериални само духът, вярата, мислите, чувствата, натрупаният опит и информацията в човешкия мозък.

Възможно е напоследък да има и по-сполучливи определения на това що е материя. Те са важни защото

начинът, по който човек възприема понятието „материя“, до голяма степен определя и неговия мироглед.

За идеалистите (от идеализъм като философско течение) духовното е вездесъщо, а материята е само строителен материал. Повечето от тях приемат, че Бог е сътворил света, извършвайки множество чудеса. Те вярват, че те са възможни и днес. Чудеса са явления и процеси, които могат да се извършват независимо от природните закони на физиката, химията, биологията и така нататък. Напоследък много идеалисти заменят Белобрадния старец, сътворил света за шест дни, с един Всемирен разум, който е предопределил материята и природните закони. Остава открит въпросът: кой е създал Всемирния разум? Квантовата физика на елементарните частици, развивана напоследък, установи множество явления, които са много интересни и са близо до чудесата, например телепортацията на елементарните частици, влияние на наблюдателя върху процесите и др. Забележително е, че тези най-нови чудеса са наблюдавани само в микросвета и въпреки това развихриха дейността на много фантасти, за което допринасят и отделни специалисти.

Материалистите (от философското течение материализъм) разглеждат материята като основополагаща в света, а духовното е само една проява от нейното битие. Напоследък вместо материалист се използва понятието реалист. Интересно е, че над 90% от лауреатите на нобелова премия определят себе си като реалисти и като атеисти, но замислящи се за възможността да има Всемирен разум.

Хората са обикновено отчасти идеалисти и отчасти материалисти. За съжаление много физици на английски език вместо substance (вещество) използват matter (материя). Това не е неправилно, но не е точно и по този начин, макар и в неявен вид, те определят само веществата като материя, а енергията какво е?! Макар и в неявен вид, те отнасят енергията към нещо нематериално, нещо съществуващо отделно от веществата.

Още през 1687 г. Исак Нютон (Isaac Newton, 1643–1727) в книгата си „Математични начала на натуралната философия“ заявява, че: „Материята може да бъде само електромагнитна и като такава бива два вида – веществена и полева“.

Както ще видим по-нататък, вещество и енергия са две форми (две части, две прояви) на една единна същност, могат да се превръщат една в друга и затова трябва да имат и едно общо име. Засега най-подходящо е понятието „материя“, въпреки че тя все още няма количествени измерения и поради това се отнася повече към философските понятия и категории. Нейното значение за човешкото познание е толкова голямо, че се налага тя да бъде използвана и сега в точните науки.

По-нататък в текста ще видим, че уравнението на Поанкаре-Айнщайн позволява материята да се измерва количествено както в единици за енергия, така и в единици за маса.

Точните науки бравят преди всичко с понятия, които имат количествени измерения. Припомняме, че физиката, върху която се градят останалите науки, има седем основни мерни единици: килограм маса, съкратено „kg“; метър, съкратено „m“; секунда, съкратено „s“; температура келвин „K“; сила на тока ампер, съкратено „A“; интензитет на светлината кандела, съкратено „cd“; количество вещество мол, бележи се „mol“. Към тях ние добавяме още една: единица за атомна маса (atomic mass unit: „u“ = $^{12}\text{C}/12$, най-използваната мерна единица в химията и физиката на елементарните частици.

Когато името на мерната единица е посветено на виден учен съкратеното название на мерната единица се пише с главна буква! Всички останали мерни единици се извеждат от основните. В съвременната физика се използват и някои понятия – количества тъмна енергия и тъмна материя без физични измерения, а в процентни съотношения, физически вакуум като $1/\text{m}^3$ или като координата на петмерно пространство (!?).

Първите три от изброените по-горе мерни единици са човешко умотворение, те не са критерии, произлезли от природата. С техните измерения, например, ние не можем да общуваме с друга цивилизация. Рано или късно трябва да намерим други природни мерни единици, които да са разбираеми за всяка цивилизация.

Трудно ще обясним на една инопланетна цивилизация защо в основата на нашата наука физика стои като основна мярка някакъв „килограм“ маса произведен на грама! Еталонът му дори не е равен на първоначално замисления един кубически дециметър вода! Пък и дециметърът (респ. метърът) е следващата, неизтичаща от природата мярка, която трудно може да възприеме един извънземен.

По дефиниция метърът е дължината на 1 650 763.73 дължини на вълната от определено лъчение на криптон-86. Дори не е цяло число вълни! Колко усилия са положени за да се намери природна величина, кратна на метъра, за да не го разглеждаме като чиста измислица на човека. И въпреки това не е много успешно!

Метърът може да се спаси ако се дефинира като: „метърът е $1/300\,000\,000$ част от дължината, която изминава светлината във вакуум за една секунда“. Тогава той ще бъде 0.9990 част от сегашния еталон за метър, т.е. по-къс точно с един милиметър. Еталонът ще бъде излишен, а метърът ще е природно обоснована величина.

Последната от първите три основни единици във физиката е секундата. Тя е по-лесно разбираема от човека, защото приблизително е равна на продължителността на един удар от спокойното човешко сърце. По-точно тя е $9\,192\,631\,770$ периода от лъчение на цезий-133, като по този начин може да се разглежда вече като природна даденост!

Маса на веществата

Векове наред човек е изучавал разделно химията и физиката на материалите, въпреки че те са неделими части на човешкото познание.

Като начало нека си припомним що е маса на веществата и що е енергия и как се измерват. И така, що е „маса“ и свързаното с нея „вещество“? „Масата е количество вещество, изразено в килограми (kg)“.

Това определение е дадено от Исак Нютон в неговата книга „Математични начала на натуралната философия“, издадена през 1687 г.

За да се измерва масата на веществата, във Франция в Международното бюро за мерки и теглилки, създадено през 1875 г. в Севър, близо до Париж, се пази еталонът (прототипът) на един килограм, от иридиево-платинова сплав, по който се сверяват всички национални теглилки по света.

Няма много да сгрешите ако си представяте, че масата на веществото е нещо като теглото му, измерва се в килограми (kg), но, от гледна точка на физиката, характеризира преди всичко неговата инертност – способността му да се съпротивлява на приложените към него механични сили. Когато става дума за масата на вещество трябва да се разбира вещество „в покой“ – с нулева скорост спрямо везната, с която се измерва, т.е. не се движи. Иначе как ще измерите масата на вещество на везни с теглилки, ако то се движи?! Защо на везни ли? Защото само на везни може да се измерва масата на веществата с еталонни мерки. Имено затова са определени много точно условията, при които се измерва масата и от тези условия следва, че на везни се определя масата на веществата при покой, т.е. тяхната нулева маса (m_0). Фактът, че масата на телата (или веществата) нараства при движение не означава, че определението на Нютон не е вярно, защото нулевата маса е константна, тя не се променя при движение, само се допълва с т.нар. релативистка маса.

Масата и тежестта са равни количествено, но имат различен физически смисъл. Масата е мерило за количество вещество, проявяваща се чрез инертността му и съгласно втория закон на Нютон масата (m_0) е свързана с ускорението (a), което му придава силата (F): $m_0 = F/a$ или $F = m_0 \cdot a$, като в мерни единици F е $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$. Ако $m_0 = 1 \text{ kg}$ и $a = 1 \text{ m}/\text{s}^2$, то $F = 1 \text{ N}$ (един нютон сила). От горните зависимости следва, че масата m_0 има още измерение $\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ и ускорението a има още измерение N/kg , които се използват при решаване на задачи. Единицата за измерване на сили се нарича „нютон“, като думата се пише с малка буква за да се различава от името на Исак Нютон. Само съкратено мерната единица се пише с главна буква N, която означава „нютон“ или „нютони“.

Тежестта (теглото) също е мерило за количество вещество, изразено в килограми, но е силата (kgf), с която земята притегля веществото. Тъй като земното

ускорение е $g = 9.80655 \text{ m/s}^2$, то съгласно втория закон на Нютон един килограм сила (kgf) е:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot 9.80655 \text{ m/s}^2 = 9.80655 \text{ N} \text{ или}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kgf}/9.80655 \text{ m/s}^2 = 0.102 \text{ kgfs}^2/\text{m}.$$

Така, ако при стандартни условия – на морското равнище, при 45° географска ширина, където земното ускорение трябва да бъде 9.80655 m/s^2 претеглим на везни един килограм вещество, то можем да го разглеждаме или като един килограм нулева маса (m_0) или като един килограм сила, насочена към центъра на земята, т.е. вектор към центъра на земята. Масата е скаларна величина, която има само размер, а тежестта е векторна величина – има размер и посока.

Нулевата маса трябва да се измерва само при стандартни условия и поради това тя не зависи от следващата скорост или разположение на веществото спрямо земята. Затова тази нулева маса (m_0), която определяме с теглилки, е строго дефинирана и е вярно определена само ако се измерва при стандартните условия – на земната повърхност, там, където земното ускорение трябва да бъде 9.80655 m/s^2 . Обикновено такава е земното ускорение на морската повърхност при 45° географска ширина. На екватора и към полюсите земното ускорение е различно. На екватора то е 9.780 m/s^2 , а на северния полюс – 9.832 m/s^2 . Разбира се, ако измерването е с еталонни тежести, то може да се извършва навсякъде, защото масите на веществото и на теглилките се променят еднакво при промяна на условията.

Използва се още една експериментално получена единица за маса, а именно „единица за атомна маса“, бележи се с малка латинска буква (u) или (amu). Тя представлява $1/12$ от масата на атома на въглерод-12, която в килограми е $u = 1.660\,539\,010\,(20) \times 10^{-27} \text{ kg}$, а в енергия е $u = 931.5016(26) \text{ MeV}/c^2$. Тя е изведена от масата на въглеродния атом, а всички маси на нерадиоактивните атоми са „световни константи“, защото се предполага, че съотношенията между тях са константи за цялата Вселена. Един атом въглерод като маса е $12u$, а в един килограм от въглерода броят на атомите е $A_T = 1\text{kg}/12u = 5.018\,450\,806 \times 10^{25}$. Това позволява мерната единица за маса да се дефинира като „1 kg маса е равна на масата от $5.018\,450\,806 \times 10^{25}$ атоми ^{12}C (въглерод-12)“.

Единицата за атомна маса официално е разрешена за ползване от Международната система на единиците и е предпочитана и най-използвана особено в микросвета. Някои автори я наричат сполучливо единица „Далтон“.

Съществува още една, наречена „единица за количество вещество“. Това е молът, който се използва предимно в химията. Тази единица е официално приета в Международната система на единиците и по дефиниция: „Един мол е количеството вещество в система, съдържаща толкова структурни частици, колкото атоми има в 12 грама въглерод-12“. Тази официална,

но мъглява формулировка, означава на разбираем език следното: молът на всяко вещество е неговото атомно, респективно молекулно масово число, но прието и означено като грамове. Броят на структурните частици във всеки мол е $A_N = 6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, което се нарича число на Авогадро. Чрез въвеждане на мола се прави опит да се разграничат понятията „маса“ от „количество вещество“. Както разбирате, молът е единица, взета от природата, не е просто измислена от човека, както е случаят с килограма. Всяка друга цивилизация би я разбирала. Много интересна е възможността масата да се измерва в молове. Най-подходящ е киломолът на водорода, защото е най-близо до сегашния килограм.

Във физиката много често се използва понятието „тяло“, но с уговорката, че под това трябва да се разбира центърът на тежестта му, за да бъде разглеждан той, респективно тялото, като материална (физическа) точка, а често в уравненията и като математическа точка. Центърът на тежестта на телата със сложна форма, обаче, не съвпада с представата ни за материална точка. Само при тела със сферична форма центърът на тежестта на сферата съвпада точно с представата ни за материална точка.

Използваното тук понятие „вещество“ е по-общо и всяко количество от него също има център на тежестта. За да бъдем прецизни, обаче, когато тук говорим за вещество трябва да разбираме сфера от него. Тогава неговият център на тежестта може да се третира като материална точка с определената маса.

Освен това когато говорим за „тяло“ ние обикновено ограничаваме веществата до твърдите тела, а те са само една част от веществата. Малко хора знаят че на земята веществата могат да съществуват в 6 различни физични състояния, както следва:

1. Кондензат на Бозе-Айнщайн. През 1925 г. индийският учен Сатиендра Бозе (Satyendra Nath Bose) предлага на Алберт Айнщайн (Albert Einstein, 1879–1955) съвместна работа по състоянието на веществата при температури, близки до абсолютната нула. По-късно бе експериментално установено ново физично състояние, наречено „кондензат на Бозе-Айнщайн“. В това състояние атомите губят проявите си като отделни „частици“ и образуват нещо като „обща вълна“ с изключително интересни свойства. Притежават електрическа свръхпроводимост и свръхтечливост. Благодарение на холандката Лене Хау (Lene Vestergaard Hau) бе установено, че светлинен лъч, преминавайки през „кондензата“ забавя скоростта си до „скоростта на велосипед“, а след излизане от „кондензата“ отново се движи със светлинна скорост. Светлинната вълна сякаш се натрупва, наслаждава една върху друга в „кондензата“!!!

2. Твърдо физично състояние, което всички познаваме.
3. Течно физично състояние, което всички познаваме.
4. Газово физично състояние, което всички познаваме.

5. Нискотемпературна плазма – физично състояние при температури над 3500–4000°C, при което всички вещества преминават в течно и частично в йонно състояние, Йоните непрекъснато обменят заряди помежду си и временно образуват всевъзможни комбинации. Атмосферата на нашето слънце се намира в такова състояние, въпреки че в нея преобладават атомите на водорода и хелия.

6. Кварк-мюонна плазма, състояща се от елементарни частици. Най-често тя се намира под формата на лъчи, които попадат от космоса върху земната атмосфера и земната повърхност. Освен това вече много години, в опита си да осъществи атомен термоядрен синтез, човечеството използва плазма с температури от 50–150 милиона градуса в реакторите „ТОКАМАК“ (Русия) и „ИТЕР“ (от лат. път, САЩ).

Във Франция се строи нов „ИТЕР“ с участието на 30 други страни, който ще бъде най-скъпото съоръжение изградено някога от човечеството. Това е експериментален плазмен реактор за термоядрен синтез, при което ще се получава огромно количество енергия.

В космоса има и други физически състояния, например неутронните звезди (изградени от атоми без електронни обвивки), черни дупки, тъмна материя, а са възможни и други състояния.

Някои физици твърдят, че определението на Нютон за масата като количество вещество не е вярно, защото според теорията на относителността при високи скорости масата (m_r) нараства по формулата:

$$m_r = m_0/\beta, \quad (1)$$

където $\beta = \sqrt{1 - v^2/c^2}$, m_0 е нулевата маса, v е скоростта на веществото, а c е скоростта на светлината. Коренът β се нарича релятивистки корен. Масата m_r , определена по тази формула, също се нарича релятивистка (или релятивна), но най-ясното название е ефективна маса. Фактът, че при високи скорости масата релятивно нараства, не означава, че при това нулевата маса се променя. Тя остава като константна база, която се допълва с релятивна част, появяваща се в резултат от движението. Нулевата маса е гравитационна, а релятивната част е инерционна, но и двете имат една и съща мерна единица и едни и същи физични прояви. Всъщност тази е една от формулите на Хендрих Антон Лоренц (Hendrih Anton Lorenz), които той извежда за да обясни прословутите експерименти на Майкелсон и Морли за откриване на етера като приносител на светлината. Публикува ги през 1904 г., след което те бяха популяризирани под името „Преобразувания на Лоренц“. Изглеждат сложни, но всъщност се извеждат и могат да се използват с помощта на гимназиалната математика. Тук ще отбележим още три най-интересни от тях:

1. Относителност на времето:

$$t_{\text{в движение}} = t_{\text{неподвижно}} \cdot \beta, \quad (2)$$

където

$$\beta = \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

От формулата следва, че времето в движещо се тяло се забавя!

2. Относителност на дължината на движещо се тяло (L):

$$L_{\text{в движение}} = L_{\text{неподвижно}} \cdot \beta, \quad (3)$$

където

$$\beta = \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

Както се вижда от формулата дължината на движещо се тяло се съкращава по време на движение! Въпреки математическия извод на тази зависимост, тя не може да бъде вярна за макросвета в който ние живеем. При „v“ клоняща към „c“ дължината на тялото трябва да клони към „0“. А как изчезват при това атоми, молекули, кристали, тела и т.н., а като се намали скоростта те ще се върнат ли пак като физически съществуващи! А ако това е ракета с космонавти какво ще стане с тях! Обърнете внимание когато в една теория едно уравнение е невярно, то всички останали стават съмнителни!

3. Релятивистки закон за сумиране на скоростите:

$$V_{\text{сумарна}} = (v_1 + v_2)/(1 + v_1 \cdot v_2/c^2). \quad (4)$$

От формулата следва, че ако две тела се движат едно срещу друго със скорости v_1 и v_2 , дори близки до скоростта на светлината, двете скорости не се сумират просто – резултатната скорост остава винаги максимално „c“ – скоростта на светлината! Резултатната скорост не може да бъде над тази скорост „c“, независимо от това как се движат един спрямо друг източникът и приемникът на светлината. Поради това максималната възможна скорост „c“ не може да се сумира аритметично с друга скорост. Как ще сумирате аритметично максимално възможната скорост с друга, след като крайният резултат не може да бъде по-висок от максималната!

Айнщайн ги използва, защото те са важни следствия и от теорията на относителността.

Вече повече от столетие експериментално е установено, че масата при високи скорости наистина е по-голяма и инертността е нараснала в съответствие с формулата за релятивност. Така например, протон от космическите лъчи, който достига земята понякога има маса до 10^7 пъти по-голяма от масата му в покой. При срещата с въздуха цялата му маса се превръща в енергия – до 10^{19} eV, а част от нея – и в други елементарни частици. На въпроса дали тази енергия в движещия се протон се е превърнала във вещество със съответната маса или се е запазила само като кинетична енергия

ще отговорим по-нататък в изложението. Ако, обаче, енергията се е запазила само като кинетична, следва еднозначно, че енергията има маса и по това не се отличава от веществата!!! Иначе как масата се е увеличила десет милиона пъти?!

Някои физици лансират с нищо неподкрепена увереност, че частици, които се движат със скоростта на светлината, например фотоните, не могат да имат маса. Всъщност фотоните не могат да имат нулева маса, защото те не съществуват в покой, но това не означава, че нямат релативна маса, която е резултат от движението им. Именно поради това, за масата на неутриното, което се движи със скоростта на светлината, през 2015 година присъдиха нобелова награда на Артър Макдоналд (Arthur McDonald) от Канада и на Такаки Канта (Takaki Kanta) от Япония, които установиха, че то има маса въпреки скоростта си!

Втората, неделима част от материята е енергията.

Работа и енергия

Всички мислим, че знаем какво е енергия! Опитайте се, обаче, да дадете определение. Няма кратко, но изчерпателно определение. Най-общо енергията се свързва с тази част (форма, проява) на материята, която може да извършва работа. Дори в учебниците по физика вместо определение четем: „За всички тела, които са в състояние да извършват работа, казваме, че притежават енергия“. Но това не е точно! Та нима тези тела, които не могат да извършват работа, не притежават енергия?! В действителност всички тела, всички вещества, при всякакви условия над абсолютната нула притежават не само маса, но и енергия! Дори при абсолютната нула може да се спори дали материята е само вещество или има и енергия! Някои физици твърдят, че остава само веществото. По-вероятно е, обаче, някои видове енергия да се запазват като част от материята, т.е. като съставна част към веществото.

Енергията през вековете

От древността, векове наред, хората са мислили, че енергия е животинската сила, защото работа са извършвали само хората и животните. От тук идват понятия като „конска сила“ и „Vice vitalis“ (витализъм) [1].

Пръв германският физик Готфрид Лайбниц (Gottfried Leibniz, 1646–1716) се опитва да разбере що е „жива сила“. По-късно, през 1754 г. в Англия, за две огромни парни машини е построен един прекрасен дворец, наречен музей „Кроснес“ (Crossness Pumping Station). Към тези машини, намиращи се в невероятно красива обстановка, които могат да работят и сега, е имало почти религиозно преклонение. Тези, и много други парни машини от онова време, са доказали, че енергия не е само живата сила. Още тогава са наричали, например, въглищата „кондензирана енергия“.

Французите Никола Карно и брат му Лазар Карно (Nicolas Léonard Sadi Carnot, 1796–1832, Lazare Hippolyte Carnot, 1801–1888) са разбрали логиката, принципа, по който работи топлинният двигател, а именно чрез придвижване на топлината от по-нагрятото място към по-студеното. Те установяват, че енергията не изчезва и не се ражда. С това се поставя началото на термодинамиката. Никола умира много млад и не успява да публикува резултатите си. Това извършва брат му Лазар Карно.

Рудолф Клаузиус (Rudolf Clausius, 1822–1888) въвежда понятията „ентропия“ и „коэффициент за полезно действие“. Той показва, че топлинната енергия винаги се движи еднопосочно от топлата към по-студената зона и към нарастване на ентропията. Във връзка с това стига до извода за бъдещата ентропийна смърт на вселената.

Австриецът Лудвиг Болцман (Ludwig Boltzmann, 1844–1906) описва енергията на топлината с движението на атомно и молекулно ниво като вероятностен процес. На гроба му е написан неговият втори закон на термодинамиката:

$$S = B \cdot \ln W, \quad (5)$$

където S е ентропията, B е константа, носеща името на Болцман и е равна на $1.380\ 649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$, а W е вероятността за състоянието на системата. Интересно е, че дори в началото на 20 век неговите идеи не се възприемат и той се самоубива.

Едновременно с термодинамиката се развиват и другите клонове на физиката, което съществено допринася за изясняване на понятието „енергия“.

Както виждате, драги читатели, представата ни за това що е енергия се е разкривала векове наред. През 1902 година френският математик Жюл Анри Поанкаре (Jules Henri Poincaré, 1854–1912) публикува свои математически анализи върху уравненията на Хендрих Лоренц и извежда нова зависимост между енергията, масата и скоростта на светлината:

$$E = m_0 c^2, \quad (6)$$

където E е енергията, която в мерни единици е $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$, m_0 е масата, а „ c “ е скоростта на светлината във вакуум, обикновено приемана закръглено равна на $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, т.е. приемаме метъра $m = c/3 \times 10^8$!

Първите по-надеждни измервания на скоростта на светлината започват в края на 17 век и преминават с нарастваща точност от опитите на Алберт Майкелсон от 80-те години на 19 век до 1926 година. Окончателно, през 1983 г. на 17-то заседание на Генералната конференция по мерки и теглилки (CGPM), скоростта на светлината е определена на $299\ 792\ 458 (\pm 1.2) \text{ m/s}$ като константа в системата от SI единици и приета за еталон, който не се нуждае от допълнителни уточнения!

През 1905 г. Алберт Айнщайн, три години след Поанкаре, публикува същата формула като част от своята „Специална теория на относителността“. Когато журналисти запитват Айнщайн познавал ли е публикацията на Поанкаре, той отговаря кратко „Да“! Остава неясно защо не е цитирал труда на Поанкаре. Интересно е, че той не получава нобелова премия за теорията на относителността, а през 1921 г. е удостоен с наградата за обяснение на фотоефекта, като показва, че „фотоните“ в случая се проявяват като „корпускули“. Трябва да се подчертае, че, за разлика от Поанкаре, Айнщайн разглежда тази формула не като сух математически извод, а я осмисля като обяснява нейното фундаментално значение за физиката. В заключение той пише: „The mass of a body is a measure of its energy content“ (масата на тялото е мярка за неговото енергийно съдържание).

Нещо повече, Айнщайн е приемал, че масата е форма на съществуване на енергията. С това физическите понятия „маса“ и „енергия“ от почти мистични стават реални и по-лесно разбираеми. Затова уравнението носи името на Айнщайн и е най-популярното уравнение от физиката. По-правилно е, обаче, то да се нарича уравнение на Поанкаре-Айнщайн. Като се има предвид релативността на масата, а именно зависимостта ѝ от скоростта на тялото, Айнщайн представя уравнението във вида:

$$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + P^2 c^2}, \quad (7)$$

където m_0 е масата в покой, а $P = m_0 v$ е „количество движение“ или „импулс“. Когато $v = 0$, формулата, предложена от Айнщайн, се превръща във формулата, изведена от Поанкаре.

С това уравнение Айнщайн поставя принципа за еквивалентност между гравитационната и инерциална маса. По късно това бе експериментално потвърдено с точност до 10^{-13} .

За съжаление някои хора все още не искат да възприемат дълбокия смисъл в уравнението на Поанкаре-Айнщайн. Затова ще посочим три примера с какви задачи се занимават учениците от съвременните гимназии:

1. С колко нараства масата на 1 kg лед чрез стапяне при 0°C без промяна на температурата?

Изключително малката числена стойност на нарасналата в случая маса е без значение, важното е, че топлината на фазовия преход се превръща в маса на водата!

2. С колко нараства масата на 1 kg идеален газ при нагряването му от 0 до 100°C ?

И тук малката числена стойност е без значение, важното е, че при повишената температура ускореното движение на молекулите води до увеличаване масата на газа! Не само движението на веществото като цяло, но и движението на молекулите в него определят масата му!

3. Третата задача е по-специална. Ще нарасне ли масата на 1 kg тяло ако то се издигне на $L = 100$ m, на 1 000 m, на 10 000 m над повърхността на земята?

Тук е необходимо пояснение.

Когато човек издига едно тяло от повърхността на земята на височина L той извършва работа против силата на земното притегляне F , като извежда тялото от енергийния минимум, в който то се намира върху земната повърхност. В издигнатото тяло практически може да се измери само една физическа величина – и това е силата F , а физиката твърди, че в тялото има „потенциална“ енергия! В действителност, едва когато тялото полети към земята, в него се появява кинетична енергия E_k , която е $E_k = F.L$. Но погледнете формулата, защо само силата е „потенциална“ енергия, а пътят не е? Всъщност при падането силата остава постоянен коефициент на пропорционалност и само пътят определя появата, изменението и крайната величина на енергията.

Издигнатото тяло запазва масата си и поради това се привлича от земята със силата F по формулата $F = Gm_0M/R^2$, където G е всемирната гравитационна константа, която е $6.674\ 30(15)\times 10^{-11}$ N.m²/kg², m_0 е масата на тялото, M е масата на земята, а R е разстоянието между центровете на тежестта им. Опитно определена константата е: $6.674\ 20(67)\times 10^{-11}$ N.m²/kg². От друга страна, силата може да се определи още и по формулата $F = m_0g$, където g е земното ускорение и следователно кинетичната енергия може да се измерва още като $E_k = m_0gL$. Колкото енергия е изразходвал човек за да издигне тялото, толкова е кинетичната енергия, която добива тялото при падане. При удара върху земята тази енергия се отделя от тялото, защото се превръща в топлина и частично в друга работа.

Последната формула в учебниците я намираме като „потенциална“ енергия $E_p = mgh$, където h се означава височината над повърхността на земята. Тук това разстояние се бележи с L , защото с h , както е общоприето, се означава константата на Макс Планк!

Често се внушава че енергията от последното уравнение била „потенциална“ енергия на тялото, което не е вярно! Ако в него има енергия преди да започне да пада, то съгласно уравнението на Поанкаре-Айнщайн масата му, далече от земята, трябва да е по-голяма, отколкото на земната повърхност и да нараства при отдалечаването му от земята, което е абсурд! Всъщност е обратното: когато тялото пада към земята под действие на силата F то придобива скорост и тогава неговата маса m , макар и съвсем незначително но релативно нараства. Кинетичната енергия E_k , която то придобива от действието на силата F , освен по предишните формули, от физиката знаем, че тя още е: $E_k = m_0v^2/2$ и се разсейва, като се превръща в работа и топлина при удара на тялото в земята. Когато, обаче, тялото стои в пространството около земята, неподвижно спрямо нея, то няма никаква „потенциална“ енергия, има само

маса, която може да взаимодейства със земната маса за да се появи силата! Още по-малко пък тази несъществуваща в тялото „потенциална“ енергия води до падането му като се превръща в кинетична! По този начин в някои учебници се „доказва“, че механичната енергия на тялото оставала постоянна, но с уговорката, че това ставало само в затворена система. В тази система не влиза полето на земята, човекът, издигнал тялото от земята, и разсейването на енергията при удара му в земята. Всъщност в тази отворена или затворена система просто се спазва законът за съхранение на енергията на човека, издигнал тялото. Само когато работата, която извършва човекът, се приписва на тялото като „потенциална“ енергия, само тогава се спазва „законът за пълната механична енергия“. Това закон ли е?!

В разновидността „потенциална“ механична енергия не може да се влага този смисъл, който имат понятията електрическа, електромагнитна, топлинна, светлинна и други видове енергия. При всяка от тези видове енергия се има предвид съществуващо движение (движещи се частици или цели тела), а в неподвижното тяло, което човек е издигнал и задържа над земята, няма никакво движение! Изключваме, разбира се, топлинните движения.

Всичко казано до тук се отнася и до люлеещите се тела под действие на земното притегляне. Нито една люлка няма да се люлее в условията на безтегловност! Нито един часовник с махало там няма да работи! Къде изчезва „потенциалната“ енергия на телата при безтегловност, защо там тя не се превръща в кинетична, съгласно „закона“ за постоянството на общата механична енергия?!

Ако приемем, че едно тяло преди да падне на земята има „потенциална“ енергия, възниква въпросът как и защо всички безброй много метеорити и астероиди, движещи се в междупланетното пространство, имат, освен кинетичната енергия поради движението си, още и тази „потенциална“ енергия преди да започнат да падат към земята? Откъде им се е появила тя!? А имат ли те потенциална енергия към всяка друга планета и към слънцето!? Нараства ли тя при отдалечаване от планетата!?

И накрая, защо не твърдим, че всички горива имат „потенциална“ енергия! Интересно как ще я измерваме, особено в безвъздушно пространство?

А отговорът на третата задача е: нулевата маса на телата остава неизменна, когато те се издигат високо и далече от земята! Тяхната енергия остава такава, каквато е била преди това върху земната повърхност!

За всички, които са възприели формулата и разбирането на Айнщайн, че масата е форма на съществуване на енергията и поради това всяка промяна на енергията води до съответната промяна на масата! Всяка химическа реакция, например при която се отделя или поглъща топлина, променя и масата на реагиращите вещества! Това е трудно разбираемо, защото е факт, че

в повечето случаи промяната на масата при химичните реакции е пренебрежимо малка, практически е неизмерима и затова в обикновения живот приемаме, че при тях е валиден законът за съхранение на масите.

Следейки напоследък дискусиите около формулата на Поанкаре-Айнщайн, оставаме с впечатление, че някои физици се страхуват да признаят, че общото между вещество и енергия е фактът, че и двете имат маса.

Какъв е физическият смисъл на понятието „маса на енергията“? Това е масата, която би се получила ако разглежданата енергия се превърне изцяло (напълно) във вещество с маса по уравнението на Поанкаре-Айнщайн. Или още: това е количеството енергия, която би се получила ако вещество с такава маса би се превърнало изцяло в енергия съгласно уравнението на Поанкаре-Айнщайн.

Такова превръщане засега се наблюдава само в космическите лъчи, когато са навлезли в атмосферата, в ускорителите на елементарни частици и частично в слънцата.

В макросвета, в който ние живеем, обаче, превръщането на енергия във вещество и обратно – превръщането на вещество в енергия е само частично. В слънцата и при радиоактивните разпадания превръщането е под 9% от масата на веществото, при горивата енергията, която се освобождава при горене, е много под 1% от масата на реагиращите вещества и т.н. Затова уравнението на Поанкаре-Айнщайн може да се прилага само дотолкова, доколкото разглежданите явления и процеси са реализуеми. Затова ще стане дума по-нататък в изложението.

За съжаление, много често енергията се разглежда като някакъв самостоятелно съществуващ „флуид“, „поле“, „дух“ и „тъмна енергия“. За някои математици тя дори е само „математическа функция“, както е при Поанкаре, а всъщност винаги е свързана неотделимо от движението на веществата, на телата. Енергията винаги е свързана с движение, а всяко движение е движение на нещо материално, веществено. Затова веществото със своята маса и енергията са две страни, две прояви, на материята! Припомнете си Нютон!

Можем ли след всичко разгледано до тук да дадем по-вярно определение на това що е енергия, след като лауреатът на нобелова премия американският физик Ричърд Фейнман (Richard Phillips Feynman, 1918–1988) пише: „Основното понятие на съвременната физика – енергията – е непонятно, дори за физиците“. Позволявам си да мисля, че можем. Необходимо е, обаче, едно въведение за читателя.

Векове наред енергията е изучавана с оглед използването ѝ за извършване на необходима и полезна работа. Затова е прието, че енергията може да се оценява по извършваната чрез нея работа. Нещо повече, прието е, че извършената работа съответства винаги на изразходваната за тази цел енергия. Затова е необходимо предварително да видим какво е това работа.

Четем в учебника по физика: „Физиката е взела понятието работа от всекидневния живот и практиката, но му е дала строго определено съдържание“. Съгласно „строго физическо определение“ на това понятие: „Едно тяло върши работа, когато действа върху друго тяло с някаква сила F и приложната точка на силата се премества по направлението на нейното действие“.

Това определение е било полезно, защото механичната работа се измерва лесно като произведение на силата по изминатия път. Приемайки, че работата е равна на изразходваната енергия, лесно се определя и оразмерява и енергията.

Въпреки това „строго определено съдържание“, което цитирахме от учебника по физика, е твърде ограничено и се свежда до най-прости механични процеси. Според него например, когато се топи ледът и при това се поглъща енергия, работа не се върши! И така е при всеки вид фазов преход. Явно тук е необходимо преосмисляне.

Замисляйки се ще отбележим, че дефиницията на това що е работа трябва да съдържа три съставки:

1. В работата участват винаги две тела, две вещества или две системи. Първото от тях е извършител на работата, а второто е приемник на извършеното.

2. Винаги при работа имаме някакво действие (някакъв вид движение). Важното е да има действие, което може да бъде различно при отделните видове работа и да се предава между телата.

3. При извършване на работа винаги се поглъща или в редки случаи се отделя равна по количество енергия.

Като се съобразим с тези три условия можем да дадем по-вярно определение на това какво е работа.

„Работа – това е предаване (пренасяне, предизвикване) на каквото и да е движение от едно тяло (или вещество) на друго тяло (или вещество)“.

Работата може да бъде реална (извършвана) или виртуална (възможна, потенциална). Като работа разглеждаме и промените на движенията вътре във веществата. Например, промените на движенията при фазовите преходи са „скритите топлини“, т.е. енергията на преходите. Тези преходи винаги протичат при взаимодействие на веществата с околната среда, затова имаме предаване на топлинно движение, т.е. работа. В тези случаи няма „преместване на опорната точка на силата“. Във всички случаи приемаме, че извършената работа ще бъде равна на изразходваната за тази цел енергия. Тя може да се изчислява по различни начини, но според съвременните физични мерни единици винаги накрая е равна на $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$.

Въпреки честото приравняване на енергията с работата, въпреки че имат еднаква мерна единица, енергията е нещо по-различно от работата, тя е по-всеобхватна като понятие и приложимост.

За разлика от работата, „енергия – това е промяната (изменението) на всяко движение“. Или накратко, „енергия е промяната на движение“.

Основание за това определение ни служи една от най-често използваните зависимости във физиката, а именно връзката на кинетичната енергия E_k с масата m и скоростта на тялото v :

$$E_k = m_0 v^2 / 2, \quad (8)$$

която може да се представи още като

$$dE_k = m_0 v dv, \quad (9)$$

което означава, че енергията е функция от промяната на скоростта, т.е. на движението.

Най-общо става дума за енергия при четири вида промени (изменения) на движение, както следва.

1. Енергията при възникване на ново движение. Тогава разглеждаме промяната от състоянието на покой на тялото (или веществото) до установеното движение. Под състояние на покой разбираме нулева скорост спрямо наблюдателя, а под установено движение – това, чиито параметри маса, скорост и посока на движение са вече константни. В отделни случаи движението може да има и други или допълнителни показатели.

2. Енергията при промяна на съществуващо движение.

В този случай се разглежда разликата между движението на тялото (или веществото) в началото и в края на процеса.

3. Енергията при напълно изчезване на движение е промяната от началното движение до състоянието на покой на тялото (или веществото) спрямо наблюдателя.

4. Специален случай е определянето на енергията, която притежава всяко установено продължително извършвано движение. В този случай се приема, че енергията, която се съдържа в него, се определя от промяната, която би настъпила при мисленото окончателно спиране на това движение.

5. Промените вътре във всеки отделен цикъл на периодичните движения не са свързани с поглъщане или отдаване на енергия. От значение са само промените на движението като цяло.

Да се появява, да се променя или да се разсейва енергия е необходимо само да се променя някакъв вид движение, защото енергия е „промяната на движение“.

Като се започне от промени на постъпателни, въртеливи движения на елементарните частици, тяхното взаимодействие или преходи от едни частици в други частици и се достигне до всевъзможни промени на движенията в атомите и молекулите, в планетите, слънцата, галактиките и в целия космос, всичко това е енергия.

Когато промяната на движението вече е извършено или сега се извършва – това наричаме енергия, а когато промяната на движението е само възможна, но не се извършва в момента, то това е виртуална (възможна

или понякога, според мен не много удачно, потенциална) енергия.

За да се добие по-ясна представа за това що е енергия, ще приведем един пример.

Свободното падане на телата върху земята е дълго и подробно изучавано. Всяко тяло с маса m , намиращо се на разстояние L от повърхността на земята, се привлича от нея със сила F . Обикновено силата F не се изчислява, защото това е силата на тежестта и тя лесно се измерва в килограм-сила на везни. Ако премахнем опората, която задържа тялото неподвижно, то тялото веднага ще полети към земята под действие на силата на тежестта. Тази сила действа върху тялото и по време на падането и затова то се движи равноускорително. В случая земята променя движението на тялото от неподвижно спрямо нея в равноускорително. Тялото се движи под действието на постоянната сила на тежестта F и изменява разстоянието до повърхността на земята L , а произведението от силата по пътя е работа A , респ. енергия E :

$$A = E = FL = m_0gL \text{ в единици } \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2. \quad (10)$$

Както се вижда, земята извършва работа, защото предава движение на тялото и в същото време се появява кинетична енергия, защото се извършва промяна на движението на тялото, в случая от състояние неподвижно спрямо земята до равноускорително движение.

Повтаряме: работа е предаване на движение между два обекта, а енергия е всяка промяна на каквото и да е движение, независимо в един или множество обекти. Затова всяка работа е свързана с изразходване на равното количество енергия, но не всяка енергия е едновременно и работа. Например, слънцата се образуват когато огромни, колосални облаци от водород се свиват, под действие на собствената си гравитация, при това температурата им се повишава, докато започне термоядрен синтез. В случая нямаме работа между две тела, но се появяват нови движения в облака от водород, като започват ядрени процеси и затова се отделя енергия.

Втори пример: при радиоактивните разпадания нямаме работа между две тела, но се появяват нови частици с нови движения и се отделя енергия.

Исак Нютон пръв е разбрал значението на движението на телата (на веществата) като неотменима част от материята. Той въвежда нова физическа величина „количество движение“ (или „импулс“):

$$P = m_0v. \quad (11)$$

Измерва се в $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$, където P е „количеството движение“, m_0 е масата на частицата и v е скоростта ѝ. Тъй като скоростта е вектор, то и импулсът е векторна величина. Както се вижда от формулата, масата и скоростта са равностойни и затова масата може да се

заменя със скорост и обратното, понякога дори без да се променя модулът на импулса. Масата характеризира веществото, скоростта – движението, а двете заедно показват постоянната, неизчезващата материя. Затова „количеството движение“ на всяка затворена система е постоянна величина и за нея действа „Закон за съхранение на импулса“.

Интересна е връзката на модула на импулса с енергията. По дефиниция импулсът е „количество движение“, а по нашето определение енергия е промяната на „количеството движение“. Интересно е математическото съвпадение: импулсът P , умножен по скорост (v , m/s), прави енергия:

$$E = P \cdot v = P \cdot m/s = \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2. \quad (12)$$

Странното е, че съвременни физици използват импулса за математически пресмятания и тогава, когато приемат, че масата е $m_0 = 0$, например за светлината. Ако заменим, обаче, импулса в уравнението с неговата първична, дефиниционна величина (11), а именно в случая „ $0 \cdot v$ “, ще видим, че се умножава, дели и т.н. с „ 0 “, а се приема крайният математически резултат за коректен! Ако пък крайният резултат съвпада с експерименталните данни, то това означава, че светлината има, макар и малка, маса. Повтаряме, тя няма гравитационна, но има инерционна маса! Нали за неутриното, което се движи със скоростта на светлината, физиците твърдят, че не може да има маса, а след това дадоха нобелова награда на Артър Макдоналд от Канада и на Такаки Канта от Япония през 2015 г., които установиха, че то има маса, въпреки скоростта си!

Векове наред енергията се е изучавала преди всичко като работоспособност на телата (на веществата). Затова по традиция енергията се измерва в единици, с които се измерва и работата

$$E = A = FL = m_0aL = NL = J \quad (13)$$

в мерни единици $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$, където E е енергията, A е работата, F е силата, L е изминатия път, m_0 е масата на веществото, а е ускорението му, N е силата в нютони и J е джаул – единицата за работа и за енергия. Когато масата, ускорението и пътят са единици, то енергията е един джаул, респ. когато силата и пътят са единици енергията е един джаул.

Освен джаул се използват още старата, но много изразителна мярка килограмометър = 9.81 J , ерг (erg) = 10^{-7} J , калория (cal) = 4.18 J , електронволт (eV) $\approx 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, мегаелектронволт (MeV) = 10^6 eV , гигаелектронволт (GeV) = 10^9 eV .

Както се вижда, само килограмометърът и калорията са съизмерими числа с джаула, останалите са нищожно малки части от джаула и по-трудно се разбират и възприемат, особено когато се разглежда енергията в макросвета. Във физиката на микросвета се използва

уравнението на Поанкаре-Айнщайн за измерване масата на частиците в енергия, но без да я делят на квадрата от скоростта на светлината – обикновено MeV/c^2 или GeV/c^2 . По този начин се избягват безкрайно малките маси на частиците.

За пълнота ще отбележим, че мощността на един енергоизточник (респ. консуматор) се измерва във ватове W като $W = J/s$ $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$ или $J = W\cdot s$. Мощността е един ват, когато се подава (респ. изразходва) един джаул за секунда. Мощността на „конска сила“ е 746 W .

Дефицит-маса (mass defect, rest mass, massless)

През 1879 г. Антоан-Анри Бекерел (Antoine Henri Becquerel, 1852–1908) откри радиоактивното разпадане на атомите, което освен научната си стойност разгорещи и научните спорове. При радиоактивното разпадане на атомите част от веществото изчезва, а вместо него се поражда голямо количество енергия. Този факт показва, че двата основни закони: на химията „Закон за съхранение на масите“ и на физиката „Закон за съхранение на енергията“ не са валидни за конкретния случай в техния класически вид. И така е във всяка АЕЦ.

Семейство Мария Склодовска-Кюри (Marie Skłodowska-Curie, 1867–1934) и Пиер Кюри (Pierre Curie), лауреати на нобелова премия по физика за 1903 година, а Мария – на втора нобелова премия, но по химия за 1911 година, показаха, че един грам от химичния елемент радий „ражда“ непрекъснато по около 100 калории топлина на час в продължение на много години! Затова температурата на радия и на неговите съединения е винаги по-висока от температурата на околната среда. При това промяната на масата им е толкова малка, че не може да се улови и от най-модерните везни! Радиоактивните елементи и техните съединения непрекъснато „произвеждат“ топлинна енергия! Така е с торий, уран-235, полоний, плутоний и т.н. Нещо повече, някои от тях, например полоний и торийят произвеждат толкова много енергия, че светят непрекъснато! Плутонийят пък отделя толкова много топлина, че ако не се охлажда се самостопява! Намалението на масата им при това е неизмеримо малко, поради което в началото се е приемало, че тази енергия не е свързана с масата на веществото. Интересно е, в началото са допускали, че радиоактивните елементи привличат и задържат топлина от околната среда.

Къде е тук законът за съхранение на енергията?! Ще кажете: да се върнем към създаването на тези атоми при взривяването на свръхнови звезди, когато се образуват тежките радиоактивни атоми. Тогава под действието на свръхналягането и свръхтемпературата част от енергията се превръща във вещество. Тази енергия сега се освобождава от радиоактивните елементи, значи остава постоянна.

Добре, а термоядреният синтез на водородната бомба? При това, от водорода, най-широко разпрос-

транения атом във вселената, се получава огромно количество енергия, защото част от веществото му се превръща в енергия. Но, за да е енергията постоянна, ще измислим Голям или Велик взрив и ще решим, че дядо Господ е поставил за нас точно толкова енергия във водорода, колкото е необходимо за да твърдим, че енергията в него остава постоянна! Не е ли по-просто и по-точно да приемем, че част от веществото, респективно от масата, се превръща в енергия, а е възможно и обратното, за което пръв се е досетил Айнщайн?!

Да вземем по-простия пример с тротила – единица за отделяне на енергия при взривяване. Той се взривява при удар. Отделя се огромно количество енергия. Може да се докаже, че част от веществото се превръща в енергия. Кое в случая е константа!? Веществото, енергията или нашето упорство, че трябва да ги приемаме за постоянни, преди и след взрива!

В такива случаи обикновено говорят, че във веществото има „химическа енергия“. Да има! Всъщност само една част от веществото има структура, която може да се превърне в енергия при разрушаването ѝ! Например тротилът е тринитротолуен, аналогичен е на трихлоротолуен. Имат еднакъв строеж, близки молекулни маси, еднакви топлинни молекулни движения. Трихлоротолуенът, обаче, не се взривява, той е стабилен. Къде е скрита химическата енергия? В тротила тя е в нитро групите, т.е. в част от веществото, което при взрива се превръща в енергия. Масата на крайните продукти е по-малка от тази на невзривилия се тротил. Причината за взрива не е важна, важното е че част от веществото се превръща в енергия! Не цялото вещество, а само много малка част от него е обратима, трансформируема в енергия!

Радиоактивните процеси са първите случаи, при които човекът се сблъсква с явления от микросвета, т.е. от света на елементарните частици. Свят, в който законите от макросвета, в който ние живеем, не винаги са валидни. В случая същността се състои в това, че при образуване на атомните ядра, например в слънцата, част от масата на протоните и неутроните, които изграждат атомните ядра „изчезва“. На нейно място, противно на двата закона, се „ражда“ огромно количество енергия. Затова масата не е константа, а енергия се „ражда“ чрез трансформиране на намалената част от веществото в енергия, съгласно уравнението на Поанкаре-Айнщайн.

Някои физици се опитват да не разглеждат промяната на масата в случая, заменят я само с промяна на своята „свята“ енергия. Затова те дори избягват да дадат име на тази част от масата, която е обратимо превръщаема в енергия. Засега това намаление на масата при образуване на атомните ядра физиците по-често наричат „обща енергия за свързване на нуклоните“ (от нукло, ядро). Намалява се масата на частиците, а пък я наричат „обща енергия“! Не виждат, че цялата атомна енергетика изчислява добитата енергия въз основа

на използваното „гориво“ в килограми и тонове, а не в „обща енергия за свързване на нуклоните“!

По-правилно е това намаление на масата да се казва „дефицит-маса“. На английски език се среща в два варианта „rest-mass“ и „massless“, а на руски език е „дефект-масс“.

Както е общоизвестно в химията, а след това и във физиката, масата на атомите, молекулите и на техните елементарни градивни частици се измерва често с така наречената „единица за атомна маса“ (u). Както отбелязахме тя е 1/12 от въглерод-12 ($6m_n + 6m_p + 6m_e$), което в килограми е $1.660\,539\,010(20) \times 10^{-27}$ kg. Тази мерна единица, за разлика от килограма, не е измислена от човека, тя е природна даденост. Тя би трябвало да е равна на 1/2 от сумата от масите на протона, неутрона и електрона, която по-точно е $1.674\,229\,933 \times 10^{-27}$ kg. Протонът и електронът са единствените две елементарни частици, които са стабилни: не се саморазпадат с течение на времето и поради това са уникални. Ако говорим за Сътворението на природата трябва да започваме с електрона и протона. Към тях някои автори отнасят неутрино и фотона, които обаче имат предимно вълнов характер и чиято стабилност е по-различна, а специално при фотона тя е съмнителна!

Всъщност, ако забелязахте, 1/12 от атома на изотопа въглерод-12 (u) е по-малка от 1/2 от сумата на масите от протона и електрона, защото при образуване на въглеродния атом в слънцата част от масата на протона, заедно с част от масата на неутрона, се отделят като се превръщат в енергия. В случая разликата между масите на протона и неутрона в свободно състояние и масите им в ядрото на въглеродния атом е „дефицит-масата“. Именно този дефицит от маса се превръща в енергия на слънцата, лежи в основата на ядрената енергетика и е основна цел на термоядрения синтез.

Ако искаме да превърнем една атомна единица за маса изцяло (напълно) в енергия, съгласно формулата на Поанкаре-Айнщайн тя ще бъде:

$$E_{1u} = 1.660\,539\,010 \times 10^{-27} \text{ kg} = (3 \times 10^{-8})^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 14.94 \times 10^{-11} \text{ J} \approx 931.5016 \text{ MeV}.$$

Това е огромна енергия, която се равнява на нищожно малката атомна единица за маса! Обърнете внимание, от нищожно количество вещество се получава огромно количество енергия.

Има данни в литературата, че енергията на един килограм маса се равнява на енергията на 20 килотона тротилова еквивалент, т.е. 20 000 тона тротил. Невероятно количество енергия! Това са 10 железопътни композиции, всяка от които по 100 вагона, всеки от които е натъпкан с 20 тона тротил. Тротилът е взривно вещество, което съдържа най-голямо количество „химическа енергия“ в себе си. Терористите го използват за направа на бомби от няколкокостотин грама до няколко килограма, а тук става въпрос за хиляди тонове!

Има и досега учени, които се опитват да омаловажават формулата на Поанкаре-Айнщайн. Ето защо за сведение поясняваме, че всички изчисления в областта на ядрената енергетика се правят въз основа на тази формула. Вече в стотици атомни централи инженерните и технологични разчети се основават на това превръщане на веществото в енергия и се определя мощността на атомните централи.

Естествено, възниква въпросът как ще изглежда измерването и на веществата и на енергията в единици за маса? Съображенията на Айнщайн са били, че енергията, измерена като маса, ще се изразява с много малки числа. Впрочем след това физиците намериха по принцип решение: изразяват масата на частиците чрез единици за енергия, но без да ги делят на скоростта на светлината на квадрат: $m = eV/c^2$. По-нататък в текста всички стойности за маса на елементарните частици се дават по този начин. Фактически масата им е $m = eV/9 \times 10^{16}$.

Както отбелязахме по-горе, на една атомна единица за маса (u) отговарят 931.5016 MeV, които биха се получили ако тази маса се трансформира в енергия. Това означава и обратното – ако това количество енергия се трансформира във вещество, ще се получи една атомна единица за маса или 1.66×10^{-27} kg. За единица енергия пък масата ще бъде:

$$m_{1\text{MeV}} = 1/931.5016 \text{ u} = 0.001073 \text{ u} = 1.78 \times 10^{-30} \text{ kg}.$$

На единицата за енергия 1 MeV съответства нищожно малка маса!

Ако вие изразходвате годишно средно 1000 kWh, т.е. 3 600 000 000 J, електроенергия за семейни нужди, то тази енергия, измерена в маса, е приблизително 0.4 g. Само 0.4 g, превърнато в енергия, ще задоволяват годишните ви семейни нужди! Това е едно грахово зърно!!! Тук обаче става дума за вещество, което изцяло може да се превърне в енергия!

Обърнете внимание на последното уравнение – един мегаелектронволт, измерен в маса, е приблизително една милиатомна единица, съкратено m_u или $1 \text{ m}_u \approx 1 \text{ MeV}$.

Като че ли природата ни предлага да преинемем към измерване на енергията с природно обосновани мерни единици! Например, вместо с MeV можем да измерваме в m_u .

При измерване на енергията в килограм-маса се получават нищожно малки стойности и въпреки това те са по-лесно разбираеми, отколкото сега използваните различни величини за оразмеряване на енергията. Освен това, те ни принуждават да възприемем колко малка е енергията, която ни заобикаля и която използваме, в сравнение с енергията, включена във веществата около нас. Каква ли невъобразима енергия би се получила ако целият космос се превърне в енергия, както се предполага, че е било при Големия взрив!

Стана вече дума за един много важен въпрос. Енергията, която получаваме от слънцето и от атомните централи, се получава само от трансформирането на част от дефицит-масата в енергия. Тя е само няколко процента от общата маса на реагиращото вещество – винаги под 9%. А останалата по-голяма част от веществото може ли да се трансформира в енергия?! При какви условия? Дали по формулата $E = m_0c^2$ цялата маса на веществата може да се превръща в енергия или това е възможно само за една „обратима“ част от масата на веществата, в която влиза и дефицит-масата? Досега никой не е поставял този въпрос и няма дори предположения за това какво трябва да очакваме в макросвета. Резултатите в микросвета за пълно превръщана маса в енергия и обратно само заблуждава изследователите.

За отделните атоми „дефицит-масата“ е различна величина, нещо повече, тя е различна дори за изотопите на един и същи атом. Не е някаква константа, нейната величина вероятно зависи от условията, при които се образуват атомите, т.е. условията в слънцата!

От уравнението на Поанкаре-Айнщайн възниква още един много важен въпрос. Понастоящем физиците приемат, че енергията няма маса. Тогава, къде отива масата респ. веществото при радиоактивното му разпадане?

Фактически първи експерименти в това отношение прави Макс Планк (Max Karl Ernst Ludwig Planck, 1858–1947), който определя енергията на малки части от светлината като функция от честотата на светлинната вълна. С прословутите си опити той въвежда в науката за първи път понятието „квант“. Разглежда светлината като съставена от порции, кратни на най-малката от тях, която той нарича квант. Енергията на един квант Планк описва с формулата, носеща неговото име:

$$E = hv, \quad (14)$$

където E е енергията на един квант, h – константа, носеща името на Макс Планк и е $6.626\ 076 \times 10^{-34}$ J.s, а v , чете се „ни“ от гръцката азбука, е честотата на лъчението. Често се използва $h/2\pi = 1.054\ 571\ 628\ (53) \times 10^{-34}$ J.s.

Тази формула е толкова значима за физиката, че самият Макс Планк при първото ѝ съобщаване през 1900 година пред Германското общество на физиците изказва известно колебание към валидността ѝ. По-късно понятието „квант“ придоби по-общо значение, а най-малката порция от светлината бе наречена от Айнщайн „фотон“ и по-късно това понятие беше общоприето. След като константата на Макс Планк бе многократно потвърдена, окончателно осмислена и възприета, той получава за нея нобелова премия чак през 1918 г.

Във всички университетски учебници по физика се описва начина за измерване на масата на електрона

като се използва формулата на Поанкаре-Айнщайн и формулата на Макс Планк. Масата на електрона може да се определи от уравнението, което се получава при приравняване на двете енергии.

За първи път френският принц Луи Виктор Пиер Раймонд дьо Бройл (Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie, 1892–1987) в своята докторска дисертация през 1923 година описва корпускулната проява на материята с уравнението на Поанкаре-Айнщайн, а вълновата проява – с уравнението на Планк. Той пръв приема, че при светлината имаме корпускулно-вълнов дуализъм и затова обединява двете уравнения.

Съгласно Поанкаре-Айнщайн $E = mc^2$ (у-ние 6) и Макс Планк $E = hv$ (у-ние 14) следва:

$$m_0c^2 = hv \text{ или } m_0 = hv/c^2 = h/c \cdot \lambda \text{ и } m_0c = h/\lambda = P \text{ или } \lambda = h/P, \quad (15)$$

където λ е дължина на вълната на частицата, а P е импулсът ѝ, а v е честотата на вълната. Крайните уравнения за импулса P и за дължината на вълната λ носят името на дьо Бройл.

Въз основа на представата за корпускулно-вълнов дуализъм на електрона дьо Бройл предлага най-точен модел за атомните електронни обвивки и получава нобелова премия за това през 1929 година.

По същия начин един българин – Пенчо Бинев в книгата си „Нови теоретични представи за материалния свят“ [2], се осмели, за разлика от много физици, да изчисли масите на отделните „лъчи“ (!) в целия спектър на лъчистата енергия. С това, макар и в неявен вид, той изказва мнение, че „лъчите“ трябва да имат маса, която е от порядъка на 10^{-20} до 10^{-48} g. Вместо „лъчи“, обаче, трябва да се разбират „фотони“, защото лъчите са непрекъснат поток от фотони. Това очаква своето експериментално потвърждаване от младите физици.

Дали масата на енергията е реално съществуваща или е виртуална ще покажат физически експерименти. Някои физици твърдят, че светлинната енергия, например, не може да има маса, защото обикновено се подразбирала масата на телата в покой, а фотоните не съществуват в покой. След откриването на Хигс бозона (H^0) физиците теоретици приемат, че в цялото пространство на Вселената има Хигсово поле. Когато през това поле във вакуум преминават безмасови елементарни частици, те придобиват маса! А светлината?

Всъщност отникъде не следва, че светлинните фотони нямат маса, въпреки че не съществуват в покой. Известен е фактът, че светлината, преминавайки близо до много големи космически тела, изкривява своя път или, според Айнщайн, върви по кривото пространство!). Това е пряко доказателство, че тя проявява и свойства характерни за тела, които имат маса. Известно е, че светлината оказва натиск върху повърхностите, върху които пада. Ако нямат маса фотоните не

могат да имат и импулс: P ще бъде $0.v$ (нали е $mv!$). Тогава няма какво да създаде натиск върху повърхността.

Енергия и енергетика

Енергията, като понятие и същност, стои не само в основите на физиката, но и като количество в основата на съвременното стопанство. Затова енергетиката, която се занимава с производство, разпространение и приложение на енергия, е най-важния клон от стопанската дейност на хората. Основна нейна задача е непрекъснатото повишаване на количеството произвеждана и използвана енергия. За съжаление по-голямата част от тази енергия, след като е извършила полезната за човека работа, се превръща в образно казано „отпадъчна енергия“, т.е. в топлина, която се разсейва по повърхността на земята. Пръв Рудолф Клаузиус нарича тази енергия ентропия и постулира, че тя е необратимо загубена. „В затворена система“ тя наистина се оказва повторно неизползваема. Но какво се случва „в отворената система“, каквата е нашата планета? В резултат на отпадъчната енергия температурата на земята и по-специално на моретата и океаните се повишава. Под действие на слънчевите лъчи се изпарява вода, като при незначително повишение температурата на океаните многократно нараства изпарената вода. Количеството изпарена вода е пропорционално на температурата на океаните в четвърта степен! Това следва от уравнението на Стефан-Болцман и константата (St-B):

$$St-B = 5.670\ 32\ (71) \times 10^{-8}\ W \cdot 0K^4/m^2,$$

където W/m^2 е мощността на енергията, изисквана за изпаряване на вода от $1\ m^2$ водна повърхност.

Водните пари са по-леки от въздуха (един мол вода = 18, един мол въздух = 29), поради което се издигат нагоре в атмосферата като се превръщат в облаци. Всички сме свидетели на това, което следва от многото облаци – урагани, порой, снегонавявания и т.н. За хилядолетия земята е достигнала своето топлинно равновесие. Днес тя просто не може да се освободи от нашата „отпадъчна топлина“. Бурите ѝ ще свирепстват, докато не се намери някакъв изход, дано той да не е прекалено драматичен за нас! Клаузиус е предвиждал друг път на ентропията! Той предполага „ентропийна смърт“ на Вселената, когато цялата ѝ енергия се превърне в отпадъчна, неизползваема! Но има един философски „закон“, според който „натрупването на количество води до ново качество“. Не се ли потвърждава това на нашата планета! Вместо отмиране наблюдаваме буйстване на отпадналата енергия!

Много се говори и пише за веществените отпадъци. В краен случай ще ги изхвърлим в космоса или по-добре на слънцето, но какво ще правим с „отпадъците енергия“? За произвеждането на всеки нов гигават енергия енергетиката трябва да разработи и метод за

изхвърляне извън Земята на остатъците от нея. Като хипотеза това е възможно, ако ненужната енергия се превръща например във вещество. За да видим възможно ли е това по принцип, трябва тематично за малко да се отклоним.

Астрофизиците твърдят, че вселената се ражда от невъобразим по мащаби Голям (Велик) взрив. От него най-напред се появява огромно количество енергия със свръхвисока температура. При разширяването си в пространството (или по-точно заедно с него!) от енергията са се образували вещество и антивещество, въз основа на математическия „закон“ за суперсиметрията (SUSY). Възниква въпросът: това, което сега виждаме в космоса (в макросвета!), е условно наречено вещество респ. материя, но защо в космоса няма антиматерия, няма антивещество, няма и антиенергия? И въпреки това някои теоретици ни уверяват, че „законът“ за симетрията бил основополагащ, защото се извеждал „математически“!

Обяснението на астрофизиците е, че не се е нарушил законът за симетрията като на милиард частици антивещество са се получавали милиард и една частици вещество! (Според тях това закон ли е?!). Частиците на веществото и частиците на антивеществото аниhilирали, но оставала една частица вещество. И от тази една частица, получавана и аниhilирана многократно, се е образувала нашата вселена!? Драги читателю, трябва да не забелязваме, че в ускорителите на елементарни частици от енергия се образуват само електрони и позитрони, а само от електрони, атоми или молекули не могат да се образуват!

Всъщност заблудението идва от факта, че, когато в ускорителите на елементарни частици фотоните се превръщат в заредени частици, те винаги са електрон (вещество) и позитрон (антивещество) по закона за запазване на масата и заряда. В ускорителите се достига само до сравнително нискоенергийни фотони и затова се получават само малките маси на електрон и позитрон. В резултат на Големия взрив енергията вероятно би била достатъчна за да се образуват не само електрон и позитрон, но така също протон и антипротон, спазвайки закона за барионните маси и заряди, а от първите от тях се образува водород, който и сега преобладава в космоса и от който са се образували останалите атоми. Тази схема няма своето теоретично, а още по-малко практично, доказателство. Тогава как енергията на Големия взрив се е превърнала само в материя, но без антиматерия? Или „законът“ по онова време не е работил?!

Към това трябва да добавим, че навярно формулата на Поанкаре-Айнщайн дава отговор на въпроса за материя и антиматерия. От нея не следва, че когато енергия се превръща във вещество задължително трябва да се образува и антивещество! Тогава може да се търси възможност за превръщане на излишната ни отпадъчна енергия във вещество.

Въз основа на явленията в микросвета, математици и физици теоретици упорито твърдят, че и в макросвета съществува суперсиметрия и всичко има своето анти! Веднага възникват въпросите: а има ли „антиенергия“, а има ли „антимаса“?! Ако въпросите ви се виждат абсурдни, то напомняме в този дух на мисли, че има квазичастица „майорана“, която едновременно е материя и антиматерия?! Италианецът Еторе Майорана (Ettore Majorana, 1906–1938) я предсказва през 1933 година като възможна частица от атомните ядра. Твърди се, че Али Ваздани от Принстънския университет опитно е доказал съществуването на частицата!

Всъщност антиматерията, като понятие и като същност, бе въведена през 1931 г. от английския математик Пол Дирак (Paul Adrien Maurice Dirac). Преглеждайки „преобразуванията на Лоренц“ той забелязва, че те са от втори порядък и следователно имат две решения, което означава, че когато се образува отрицателният електрон трябва да се образува и „положителен електрон“. Така той предсказа „положителния електрон“ и му предложи име – позитрон, а след откриването му в космическите лъчи през 1932 г. получава нобелова награда за 1933 година. Позитронът е първата известна частица от така наречената „антиматерия“.

Астрофизиците приемат Големия взрив като начало на Сътворението въз основа на две „доказателства“ (!): на ускореното разширяване на вселената и на реликтовото лъчение.

По първото „доказателство“ пръв Весто Слайфер още през 1912 година разглежда червеното отместване на светлината, идваща от далечните галактики, като доплеров ефект. Впоследствие Едуин Хъбъл (Edwin Hubble) наблюдава множество звезди и галактики и въз основа на червеното отместване описва скоростта на разбягващите се галактики V в km/s с уравнението:

$$V = H L, \quad (16)$$

където H е константа на Хъбъл в $\text{km.s}^{-1}.\text{Mpc}$, а L е разстояние в мегапарсека (Mpc). По-късни измервания показват, че константата H непрекъснато намалява поради разширяване на пространството на Вселената.

Е. Хъбъл установява, че колкото небесните тела са по-далече от нас, толкова по-бързо се отдалечават. Така бе създаден „Модел на разширяваща се вселена“, а уравнението беше наречено закон на Хъбъл. За потвърдено разширение на Вселената през 2011 г. с нобелова премия бяха наградени Сол Пърлмутър от САЩ, Адам Райс от САЩ и Брайън Шмидт от Австралия.

Когато става дума за разширяващата се вселена астрофизиците премълчават, че не всички галактики се разбягват. Така например, огромната Андромеда и около 40 други по-малки галактики с бясна скорост се приближават към Млечния път, т.е. към нас. Освен това напоследък стана ясно, че голям брой галактики са образуващи общи много големи сгрупвания помежду си,

наречени клъстери (clusters). С течение на времето те не само не са се разбягвали, а са се събирали. През последните години се откриха и неимоверно големи „воиди“ (voids) – огромни пространства, с размерите на хиляди светлинни години, без звезди и галактики.

Независимо че тези наблюдения не показват равномерно разширяваща се вселена, чрез екстраполиране обратно на посоката, по която се разбягват някои галактики, се достига до заключение, че преди 13.77 милиарда години всички те са тръгнали от една точка. Така се ражда екстравагантната представа, че това е станало като резултат от един Голям (Велик) взрив, на английски език Big Bang. Това име е въведено от Фред Хойл (Fred Hoyle, 1915–2001), който го използва за да критикува тази представа. Прието е като подходящо за начало на вселената и затова се изписва с главна буква!

Пенчо Бинев [2] обосновано отрича определянето на скоростта на небесните тела чрез разглеждане на червеното отместване като доплеров ефект, а следователно отрича разширяващата се вселена и Големия взрив. Той приема, че светлината, движейки се в междувездното пространство, губи част от енергията си, в резултат на което се наблюдава червено отместване в спектъра. От това става ясно, че колкото са по-далечни галактиките и по-дълго пътува светлината до нас, толкова по-голямо червено отместване ще има и това няма връзка с моментното движение на галактиките!

Второто доказателство, че е имало Голям взрив са радиовълните, които запълват междувездното пространство. Наричат се „реликтов лъчение“, защото се смята, че първоначалното високоенергийно лъчение, съпровождащо Големия взрив, движейки се 13.77 милиарда години в междувездното пространство е загубило голяма част от своята енергия и се е превърнало в радиовълни. Добре, лъчите от Големия взрив: гама-лъчи, рентгенови, светлинни и други лъчи, съпроводили взрива, за 13.77 милиарда години губят при движението си в междувездното пространство по-голямата част от своята енергия и се превръщат в радиовълни с температура 2.7 К. Защо, тогава, с телескопа „Хъбъл“ ние виждаме светлинни и гама-лъчи, които най-отдалечените от нас звезди и галактики са изпратили от преди 13.40 милиарда години, например от звездата „Мафусаил HD 140 283“? Защо техните лъчи не са се превърнали в радиовълни? Кое от двете не е вярно?!

И още един въпрос, свързан със Сътворението и с енергията. Нашето слънце е вторично. Първичното слънце е изразходвало своето „гориво“ водорода. Не се отделяла достатъчно енергия, за да противодейства на гравитационните сили. Слънцето започнало да се свива, при което температурата му се повишавала, докато се взривило и станало „свърхнова“ звезда. От останките на първичното слънце се образувала нашата слънчева система. Красиво, увлекателно като приказка!

Но нали на първичното слънце му е свършило „горивото“ – водородът, от къде се е взел водород за

нашето вторично слънце?! Нашето слънце и големите планети се състоят предимно от водород и по маса са около милион пъти повече от останалата част на слънчевата система! Защо при толкова много водород се взривило първичното слънце?! Едва през 2021 година става ясно, че и други изследователи поставят същия въпрос.

А може би, при взрива с образуването на свръхнова звезда, от огромното количество енергия да протичат и обратните процеси: атомите да се разграждат до елементарни частици, а те да образуват водород, т.е. да се извършва умален Голям взрив! Това би обяснило не само образуването на вторичните слънца, но и вечността на вселената като един вечен цикъл за превръщане на енергия във вещество и обратно!

Елементарни частици

„Квантовата механика обяснява на човека това, което той не може да си представи. Ако някой твърди, че владее квантовата механика, значи нищо не е разбрал“.
Ландау

Още в древна Гърция са смятали, че веществата са изградени от атоми, които са неделими. Тази идея е развита в края на 17-ти и началото на 18-ти век. Както вече отбелязахме, през 1879 година Антоан Анри Бекерел установява, че разбирането за неделимост на атомите не е вярно. Започват интензивни изследвания в областта на радиоактивните разпадания на атомите. Особено големи заслуги в тази област има Ърнест Ръдърфорд (Ernest Rutherford), който установява същността на трите вида лъчи при естествената радиоактивност.

Първи модел за строеж на атомите предлага англичанинът Уилям Томсън (William Thomson) Той ги представя като пудинг от положителна маса, в която са разпределени електроните. Особена негова заслуга е, че той определя заряда на електрона като елементарен: $q_e = 1.6 \times 10^{-19}$ C (кулона) и масата му: $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg = 5.49×10^{-4} u = 0.511 MeV/c².

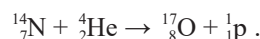
Впоследствие масата на електрона се уточнява на $9.109\ 383\ 7015(28) \times 10^{-31}$ kg. В периода 1909–1911 г. Робърт Миликан (Robert Andrews Millikan) построява апаратура, която позволява много точно да се определи най-малкият електрически заряд. Със своя прочут „опит на Миликан-Йоффе“ той намира, че зарядът не може да бъде по-малък от 1.6×10^{-19} C (кулона). Оттогава зарядът на електрона се възприема като най-малкият възможен и неделим заряд! Както ще видим по-нататък, някои физици теоретици поставят под съмнение неговата неделимост като заряд.

Последва един от най-знаменитите експерименти, извършени от нобеловия лауреат по химия за 1908 година Ърнест Ръдърфорд и неговите ученици в периода

1908–1911 година. Те пропускат α частици (положително заредени ядра на хелия) през златно фолио и установяват, че по-голямата част от частиците преминават спокойно през златото. Малък брой се отклоняват на големи ъгли от първоначалното си движение, а съвсем малка част се връщат в обратна посока на първоначалното си движение. Налага се логичното обяснение, че атомите не са плътни, съгласно модела на Томсън. Съставени са от положително заредено малко ядро и голям обем около ядрото, зает от отрицателни частици, за да направят атома неутрален. Тази представа довежда до модела на атома, който е наречен планетен. По количеството преминали α частици, отклонени от първоначалната посока и върнати обратно, е изчислено, че диаметърът на ядрото е от порядъка на 10^{-14} m, а диаметърът на атома – от порядъка на 10^{-10} m. По-късно е установено, че радиусът на ядрото може да се изчислява по формулата: $R = R_0 \cdot A^{1/3}$, където $R_0 = 1.3 \times 10^{-15}$ m, а A е масовото число на атома в u единици.

Това означава, че атомът е 10 000 пъти по-голям от ядрото си. Образно атомът е ядро като футболна топка в средата на футболното поле, съответстващо на атома.

През 1919 година Ръдърфорд провежда първата ядрена реакция, за която ще стане дума и в следващите редове. Той бомбардира атоми на азота с алфа-частици, при което се получават кислородни атоми и се отделят непознати дотогава частици. Те се оказват протони (от протос, първи):



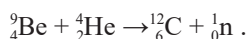
При тези изследвания са определени зарядът на протона и масата му (m_p), приблизително равна на една атомна елементарна единица за маса (1 u):

$$q_p = 1.6 \times 10^{-19}$$
 C (кулона) и $m_p \sim 1$ u = 1.6582×10^{-27} kg .

Впоследствие масата на протона е уточнена на $1.672\ 621\ 577 \times 10^{-27}$ kg. Още тя е:

$$m_p = 1.00728$$
 u = 1836.1 m_e = 938.26 MeV/c² .

По подобен начин Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, лауреати на нобелова премия по химия за 1935 г., бомбардират през 1929 г. плочка от берилий с алфа-частици. Те установяват, че от другата страна на плочката се отделят неизвестни лъчи. През същата година Ръдърфорд изказва предположение, че, освен известните дотогава електрони и протони, в ядрата на атомите трябва да участват и неутрални по заряд частици. Неговият ученик Джеймс Чедуик през 1932 г. повтаря експериментите на Жолио-Кюри и установява, че лъчите, отделящи се от берилия, са лъчи от незаредени частици. Те са наречени неутрони (от неутрални). За тези изследвания Чедуик получава нобелова награда само след две години – през 1934 година. Реакцията е:



Неутроните имат маса (m_n):

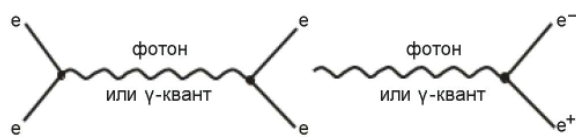
$$m_n = 1.674\,927\,351 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.008\,665\,012(\pm 37) \text{ u} = 1838.6 m_e = 939.55 \text{ MeV}/c^2.$$

През 1930 година Волфганг Паули (Wolfgang Ernst Pauli, 1900–1958) изказва предположение, че съществува още една елементарна частица, която съпровожда така нареченото бета-разпадане на радиоактивните елементи. През 1934 година италианецът Енрико Ферми (Enrico Fermi, 1901–1954) разработва в САЩ теория на бета-разпадането, за което получава нобелова премия през 1938 година. В нея той възприема предсказаната от Паули частица и я нарича „неутрино“ (детето неутрон). Хипотетичната частица веднага била приета от физиците, защото обяснява спазването на закона за енергията и импулса при бета-разпадането. Експериментално неутрино е доказано едва през 1956 година от Фредерик Рейнс (Frederick Reines) и Клайд Коуен (Clyde Lorrain Cowan, Jr.), за което те получават нобелова премия през 1995 година.

През 1932 година Карл Дейвид Андерсън (Carl David Anderson) открива в космическите лъчи позитрон – „положителния електрон“ – първата частица на антивещество, за което той получава нобелова премия през 1936 година.

По същото време американският физик Р. Фейнман развива нова теория, наречена „Квантова електродинамика“. Според нея, най-общо казано, взаимодействието между частици, които имат заряд, се основава на взаимодействие между техните полета или на обмен на фотони или гама-кванти.

Фейнман смята, че при елементарните частици, със и без заряд, действа вторият механизъм. Една частица може да изпраща енергия и импулс чрез фотон към друга частица. Една най-проста схема за взаимодействие между два електрона се изразява по следния начин:



Такива схеми се наричат „диаграми на Фейнман“ и се използват нашироко за нагледна илюстрация на взаимодействието между елементарните частици.

Основен въпрос, свързан с атомните ядра, е въпросът как едноименно заредените протони в ядрото не се разбягват? Явно там съществуват други мощни сили, които ги задържат в ядрото. През 1935 г. японският физик Хидеки Юкава (Hideki Yukawa, 1907–1981) предсказва, че съществува неизвестна дотогава частица, която се обменя между нуклоните (частиците в ядрото) и по този начин осъществява между тях така нареченото „силно взаимодействие“. Юкава предсказва, че

тази частица е с маса $130 \text{ MeV}/c^2$, т.е. между масата на електрона и протона и затова е наречена „мезон“, което означава междинен. С това Юкава поставя началото на съвременната физика на елементарните частици.

През 1937 година в космическите лъчи е открита частица с маса $106 \text{ MeV}/c^2$, близка по маса до мезон и затова е наречена „μ-мезон“ или съкратено „мюон“. Оказва се, че тя слабо взаимодейства с материята и поради това не може да бъде „преносител“ на енергията и импулса в ядрата. Едва през 1947 година в космическите лъчи, а по-късно и в ускорителите, е открита предсказаната от Юкава частица, която е наречена „π-мезон“ или съкратено „пион“. Пионът може да бъде без заряд, с маса $135.0 \text{ MeV}/c^2$, а може да бъде с „+“ или „-“ заряд, но с маса $139.6 \text{ MeV}/c^2$ (табл. 1).

По-късно са открити и други мезони с различни маси, за което Сесил Франк Поуел (Cecil Frank Powell) от Англия получава нобелова премия през 1950 година. Новите мезони, обаче, не предизвикват голям интерес, защото става теоретически ясно(!), че преносители на силното взаимодействие в ядрата може да са друг вид частици, а именно „глюони“-те (от англ. glue, лепило).

През 1963 година Мъри Гел-Ман (Murray Gell-Mann) и Георг Цвайг (George Zweig), независимо един от друг, изказват предположение, че барионите (протоните и неутроните) са съставни частици, състоящи се от по три по-малки фундаментални точкови частици. За това те получават нобелова премия през 1969 година. В един роман на Джеймс Джоунс Гел-Ман намира стихотворение със заглавие „Три кварки за сборен знак“ и предлага тези, вече фундаментални точкови частици, да се наричат „кварки“ и да са по три в адроните!

През 1984 година Карло Рубиа (Carlo Rubbia) от Италия и Симон ван дер Меер (Simon van der Meer) от Нидерландия получават нобелова премия за откриване на W-бозоните и Z-бозоните.

Успоредно се провеждат изследвания чрез бомбардиране на ядрата на различни атоми. В специални съоръжения, наречени за краткост „ускорители“, се ускоряват различни елементарни частици, които след като придобият определена скорост, респективно енергия, се удрят в мишена, съдържаща изследваното атомно ядро. Целта е при сблъскването да се отделят извън ядрото изграждащите го частици. В зависимост от вида на бомбардиращите частици реакциите са протонни, неутронни, деутронни, с алфа-частици и с гама-лъчи. Обикновено в резултат се получава така наречената звезда. От сблъскването се разпръскват звездообразно във всички посоки два вида частици: различни отломки от ядрата и частици, които се образуват от превръщането на енергията на бомбардиращата частица във вещество. Колкото е по-голяма тази енергия, толкова повече нови и по-енергийни частици се образуват, но са все по-нетрайни, все по-бързо се саморазрушават, като се превръщат в други по стабилни частици.

Таблица 1. Част от откритите през последните години елементарни частици, подредени по маса спрямо електрона

Група	Име	Символ		Маса	Ел. заряд	Спин	Време, s
		частица	античастица				
фотони	фотон	γ		0	0	1	стабилен
лептони	ел. неутрино	ν_e	$\bar{\nu}_e$	4.3×10^{-6}	0, 0	1/2	стабилен
лептони	мю. неутрино	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0.3	0, 0	1/2	стабилен
лептони	тау неутрино	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	30.3	0, 0	1/2	стабилен
лептони	електрон	e^-	e^+	1	-1, 1	1/2	стабилен
лептони	мюон	μ^-	μ^+	206.8	-1, 1	1/2	2.2×10^{-6}
лептони	тау лептон	τ^-	τ^+	3477.5	-1, 1	1/2	2.9×10^{-13}
мезони	пи-мезони	π^0		264.1	0	0	0.87×10^{-16}
мезони	пи-мезони	π^+	π^-	273.1	1, -1	0	2.6×10^{-8}
мезони	К-мезони	K^+	K^-	966.4	1, -1	0	1.24×10^{-8}
мезони	К-мезони	K^0	\bar{K}^0	974.1	0, 0	0	$\approx 10^{-10} - 10^{-8}$
мезони	ета-нула-мезон	η^0		1074	0	0	$\approx 10^{-18s}$
	протон	p	\bar{p}	1836.1	1, -1	1/2	стабилен
	неутрон	n	\bar{n}	1838.6	0, 0	1/2	898
адрони	лямбда хиперон	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183.1	0, 0	1/2	2.63×10^{-10}
бариони	сигма хиперони	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	2327.6	1, -1	1/2	0.8×10^{-10}
бариони	сигма хиперони	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333.6	0, 0	1/2	7.4×10^{-20}
бариони	сигма хиперони	Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	2343.1	-1, 1	1/2	1.48×10^{-10}
бариони	кси хиперони	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572.8	0, 0	1/2	2.9×10^{-10}
бариони	кси хиперони	Ξ^-	$\bar{\Xi}^+$	2585.6	-1, 1	1/2	1.64×10^{-10}
бариони	омега-минус хиперон	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1, 1	1/2	0.82×10^{-11}

По този начин е доказано, че неутроните и протоните са съставни, т.е. съставени от други по-малки елементарни частици. Само електронът от атомите се оказва наистина неделима елементарна частица, но не и като заряд (табл. 2). Обикновено такива частици се наричат фундаментално елементарни или само фундаментални.

Има учени, които се съмняват в достоверността на получените резултати. Няма, обаче, друг подход за да се установи какво има в атомното ядро. Единствен начин си остава то да бъде разбито и да се търсят най-малките частици, които се получават от ядрото. Отначало, в средата на миналия век, са получени голям брой и разнообразни частици, повече от 700, които не са фундаментално елементарни (първични). Обикновено те се означават с гръцки букви. Става ясно, че повечето от тях са просто отломки от ядрата на атомите, но не са частици, които участват в изграждането на атомните ядра. В таблица 1 са дадени като пример случайно избрани частици.

Натрупаните данни за голям брой елементарни частици, които участват в изграждането на атомните ядра или участват в ядрените сили, е изисквало те да бъдат класифицирани по някакъв начин. Първото им подреждане е по тяхната маса.

Подреждането започва с фотоните като елементарни частици от ядрата на атомите, за които все още се смята, че нямат маса, но могат да имат енергия. Те участват само в „електромагнитното взаимодействие“ на частиците в ядрата.

Следват „лептоните“ (от лептос, леки). Това са фундаментално елементарни частици, които не са съставени от други по-малки частици. Тук влизат електрон, мюон, τ -лептон, електронно неутрино, μ -но неутрино и τ -лептонно неутрино (табл. 2). Те могат да участват както в електромагнитното, така също в „слабото взаимодействие“ и в още по-слабото „гравитационно взаимодействие“ между частиците в ядрата.

Първоначално това подреждане завършва с „нуклони“ (или „нуклеони“, от нукло – ядро). Така се наричат частиците, които изграждат атомните ядра, но самите те са съставни, т.е. състоят се от други по-малки частици. Тези от тях, които участват в „силното взаимодействие“ в ядрото се наричат „адрони“ (от адронос, здрави, яки). Те се делят на три подгрупи:

а) „бариони“ (от барионос, тежки) – неутрони и протони, съставени от по три кварки; б) „мезони“ (от мезос, междинни) от по два кварка; в) „глюони“ (от glue, лепило) от по два кварка.

Впоследствие, през 1955 година, се откриват и най-тежките частици „хиперони“ (от хипер, свръх), които са много по-тежки от неутроните (табл. 1).

Отделна група са π -мезоните с маса $139.6 \text{ MeV}/c^2$ – 280 пъти по-висока от тази на електрона. Както отбелязахме вече, те могат да имат положителен или отрицателен заряд, а също така могат да бъдат беззарядни. Предполага се, че те участват във взаимодействието между адроните в ядрата на атомите. Открити са най-напред в космическите лъчи. Във въздуха те са нетрайни и предизвикват многократно превръщане на

Таблица 2. Стандартен модел на фундаменталните частици

	Кварки				
	Първо поколение	Второ поколение	Трето поколение		
символ	u	c	t		
маса	2.3 MeV/c ²	1.275 GeV/c ²	173.07 GeV/c ²		
заряд	2/3	2/3 (1974 г.)	2/3 (1995 г.)		
спин	1/2	1/2	1/2		
	горен (up)	чаровен (charm)	истински (top)		
символ	d	s	b		
маса	4.8 MeV/c ²	95 MeV/c ²	4.18 GeV/c ²		
заряд	-1/3	-1/3 (1947 г.)	-1/3 (1977 г.)		
спин	1/2	1/2	1/2		
	долен (down)	странен (strange)	дънен (bottom)		
	Лептони				
	Първо поколение	Второ поколение	Трето поколение		
символ	e	μ	τ		
маса	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²		
заряд	-1 (1895 г.)	-1 (1936 г.)	-1 (1975 г.)		
спин	1/2	1/2	1/2		
	електрон (electron)	мюон (muon)	тау (tau)		
символ	ν _e	ν _μ	ν _τ		
маса	2.2 MeV/c ²	0.17 MeV/c ²	15.5 GeV/c ²		
заряд	0 (1956 г.)	0 (1963 г.)	0 (2000 г.)		
спин	1/2	1/2	1/2		
	ел. неутрино	мю. неутрино	тау неутрино		
Силоносители					
символ	g	γ	Z	W	H
маса	0	0	91.2 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	126 GeV/c ²
заряд	0 (1979 г.)	0 (1956 г.)	0 (1983 г.)	±1 (1983 г.)	0 (2012 г.)
спин	1	1	1	1	0
	глюон	фотон	Z-бозон	W-бозон	Хигс бозон

вещество в енергия и обратно, което е известно като „фотонно-електронно-позитронна лавина“. Превръщането на частиците от едно състояние в друго става за време до 10^{-17} s, толкова бързо, като че ли фотоните и електрон-позитронните двойки са в резонанс, намирайки се едновременно в двете състояния. Затова тези двойки се наричат резонансни.

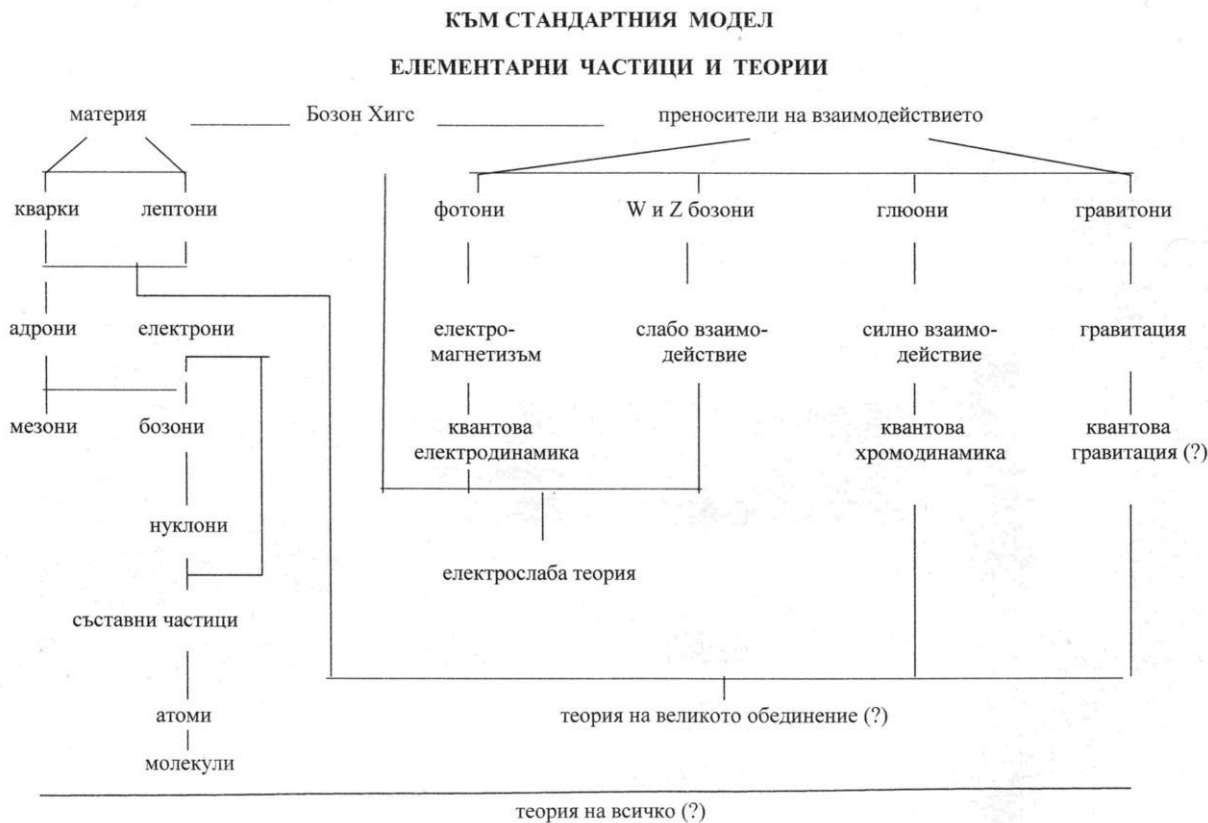
Всички елементарни частици, които имат $\frac{1}{2}$ спин се наричат „фермиони“, по името на италианския физик Енрико Ферми (Enrico Fermi, 1901–1954), а всички елементарни частици, които имат цяло число спин се наричат „бозони“, по името на индуския физик работещ в Белгия Сатиендра Нат Бозе (Satyendra Nath Bose).

През 1912 година на много физици е било известно, че през вакуумни прибори, които имат електроди (напр. радиолампи) при подаване на електрическо напрежение между електродите през приборите преминава слаб ток. Австрийският физик Виктор Франц Хес (Victor Franz Hess, 1883–1964) установява, че причина за това са космическите лъчи, които йонизират разре-

дения газ в приборите. Така той поставя начало на цял раздел от астрофизиката по изучаване на космическите лъчи.

Основен принос по изучаване на космическите лъчи има и Карл Дейвид Андерсън (Carl David Anderson, 1905–1991) от САЩ, който пуска балони с измерителни прибори на различна надморска височина. Той установява, че лъчите над атмосферата, на височина 25–30 километра, са „първични“ и много интензивни. Навлизайки в атмосферата те стават вече „вторични“, след взаимодействието им с въздуха. В лъчите той открива редица елементарни частици, някои неизвестни дотогава, например позитрона – първата античастица, което се приема за негов голям успех. За приносите си Хес и Андерсън получават нобелова премия през 1936 година.

Резултатите от разбиването на атомните ядра в ускорителите започват да се сравняват със състава от взаимодействието на космическите лъчи с атомните ядра на въздуха. Освен известните дотогава нуклони



и мезони се получават и нови частици – „хиперони“ (от хипер, връх). Мезоните имат маса между тази на електрона и протона, а хипероните – значително по-висока (табл. 2).

Постепенно става ясно, че наистина съществуват най-малки частици, които не могат да се разглеждат като съставени от други по-малки. Данните позволяват на физиците теоретици да съставят един модел на неделимите фундаментално елементарни частици, който е известен като „Стандартен модел“. В таблица 2 са показани установените досега фундаментално елементарни частици, подредени като „Света троица“: в 3 поколения, в 3 хоризонтални редици, имат 3 вида цвят и са по 3 кварки в барионите, а зарядите им са кратни на 1/3, въпреки че Миликан доказва, че зарядът не може да бъде по-малък от 1.6×10^{-19} C (кулона)!?

Частиците от горните две хоризонтални редици се наричат кварки. Името е избрано защото е благозвучно и не означава нищо друго, но попада в науката по странен начин. Частиците от средните две поредици се наричат лептони. Последната най-долна поредица са частиците, които извършват силовите взаимодействия. В микросвета частиците от последната поредица заместват силите, които познаваме от макросвета и осигуряват взаимодействието между кварки и лептони в ядрата на атомите.

Във всяка клетка от таблица 2 е показано името на частицата, буквеният знак, с който тя се означава, годината когато е открита, масата, заряда и спина ѝ.

Необходимо е да се отбележи, че в литературата се срещат и други имена на тези кварки. Физиците обичат да им приписват и екстравагантни имена. Освен това те им придават нова физическа характеристика, която условно се нарича „цвят“ и може да бъде, разбира се, пак 3 вида: червен, зелен или син. Всички частици, независимо от масите им, теоретически са точкови, т.е. разглеждат се като математически точки!

Най-напред – кварките от първо поколение горен (u) и долен (d) образуват двете съставни частици протон и неутрон. Протонът се състои от три uud кварки, а неутронът също от три, но udd кварки. Смята се, че взаимодействията на оформените като протони и неутрони частици се осъществяват в ядрото чрез взаимна размяна на глюони или на пиони (π-мезони).

Вертикално разположените частици от второто и третото поколение не участват в състава на атомните ядра, но ги има в космическите лъчи. Както частиците от първото поколение, те имат същите свойства и може да се предполага, че те са в състояние да изграждат аналози на химичните елементи. Въпреки че това е много смело предположение, засега не е отречено. Къде тези частици се създават и как се появяват в космическите лъчи засега не е ясно!?

Всички елементарни частици от таблица 2, както и всички съставни (досега са известни над 700!), са не-трайни. Много бързо се разпадат чрез превръщането си в енергия или в някои от стабилните частици. Само 4 от елементарните частици са стабилни във времето и

те са електрон, протон, неутрино и може би фотон. Неутронът заема междинно място, защото неговият период на полуразпадане е около 17 min. В атомните ядра се стабилизира поради непрекъснатото си превръщане в протон и обратното си възстановяване. Тези преходи се извършват с помощта на π -мезони или глюони.

Има интересно предположение, че специално неутроните в атомните ядра са по-леки от тези извън ядрата. Поради това те не могат да се разпаднат на протони и електрони и така се оказват стабилни във времето частици. Може би от тук идва „дефицитът на масата“. Това обаче противоречи на факта, че някои радиоактивни атоми, например торий, се разпадат с образуване на празеодим и отделяне на електрони, каквито в ядрата няма! Те могат да се получават само при разделяне на неутроните на протони и електрони.

Елементарните частици са обект на математически теории и даже последните от таблица 2 са предсказани теоретически, а след това са открити. В анекса към таблица 2 обобщено са показани елементарните частици и как, въз основа на групирането им, възникват няколко теории за участието им в строежа на материята.

В една от своите публични лекции Ричард Фейнман твърди, че стандартният модел е най-големият успех на 20 век. Трябва обаче да отбележим, че основната идея на модела (и всичко вътре в него) е като „света троица“. Както беше споменато, името кварки, по 3 в нуклон, физикът теоретик Мърей Гел-Манн намира в един роман на писателя Джеймс Джонс. Та чия е идеята?! А какво е общото между трите поколения: първото е с маси на кварките в единици MeV, второто – в стотици MeV, а третото – в GeV. Вероятно затова от толкова тежки частици атомни ядра няма! А защо в таблицата не са включени хипероните, които са с хиляди MeV? Освен това, защо кварките са с 1/3 заряд след като Миликен доказва експериментално, че най-малкият заряд е този на електрона, който е три пъти по-голям от кварковия? Защо кварките от второто и третото поколение не се получават в свободно състояние? Освен протони и неутрони атомните ядра трябва да имат още мезони или глюони, които са съставени от по два кварка за да осигуряват ядрените сили. Но нали атомните ядра са

по-леки от същите протони и неутрони извън ядрата, а когато изчисляваме масите на ядрата „забравяме“, че там има още мезони и глюони и техните маси трябва да правят ядрата много по-тежки от тези, които ние измерваме! Стандартният модел има повече въпроси, отколкото елементарни частици!

Математическата теория, наречена „Теория на суперсиметрията“ (SUSY), предполага, че съществуват още толкова античастици (колкото са в таблица 1), които се бележат със същите букви, но с една чертичка или тилда върху тях.

Освен това се предполага, че частиците имат свои „сенки“ (shadows) – по-малки спътници, които се приемат като съществуващи и се наричат, според италианеца Енрико Ферми, като деца на елементарните частици: Кварк – съкварк; Електрон – съелектрон; Фотон – фотино; Гравитон – гравитино; Z-бозон – зино; W-бозон – вино; Хигс-бозон – хигсино; Глюон – глюино; Лептон – лептино; Неутрон – неутрино или неутрино.

Освен тези като понятия се използват още: Хронон и хроино – частици на времето; Тахион – частица с отрицателна маса; Екситон – „частица“ във вид на дупка от липсващ електрон; Аксион – възможна частица на тъмното вещество; Майорана – „квазичастица“, едновременно материя и антиматерия; Гравитон и гравитино – очаквани частици, които осигуряват гравитационно взаимодействие; Термофори (топфориди) – частици на топлината; Инфлатон и инфлатино – частица на предполагаемото цифрово физическо поле, което е предизвикало началната инфлация на Вселената. Вимп – най-общо частици на тъмната материя (WIMP, weakly interacting massive particles).

Литература

1. М. Филипова-Байрова, С. Бояджиев, Ел. Машалова, К. Костов, Речник на чуждите думи в българския език, Изд. БАН, София, 1982, 1116 с.
2. П. Бинев, Нови теоретични представи за материалния свят, Ес принт ООД, София, 2013, 422 с., ISBN: 978-954-92754-9-0.