

## В царството на числата<sup>1</sup>

### Общи

Спътниковите наблюдения показват, че Африка и Южна Америка се раздалечат със скорост около 1,5 сантиметра годишно. Това е скоростта, с която растат ноктите на пръстите...

Всеки знае, че годината има 365 дни. Но дали сте обръщали внимание, че  
 $365 = 10^2 + 11^2 + 12^2 = 13^2 + 14^2$  !?!

### Причина за объркването – разлика във формулите

Всеки е забелязвал примери за погрешно именуване числа, особено когато става дума за преводи от английски. Журналистите, които не винаги са наясно със ситуацията, често объркват милиарди, билиони, трилиони и т.н. Причината е, че в англоезичните страни се използва една формула за именуване на различните степени на 10, а във френско-, немско-говорещите и в много други страни – друга.

Имената на степените на 10 в англо-говорещите страни се дават в съответствие с формулата  $10^{3(n+1)}$  при цели стойности на  $n$ :

при $n = 1$	$10^{3(1+1)} = 10^6$	– милион
при $n = 2$	$10^{3(2+1)} = 10^9$	– билион (би- две)
при $n = 3$	$10^{3(3+1)} = 10^{12}$	– трилион и т.н.

В другите европейски езици имената на степените на 10 се дават в съответствие с формулата  $10^{6n}$ :

при $n = 1$	$10^{6 \cdot 1} = 10^6$	– милион
при $n = 2$	$10^{6 \cdot 2} = 10^{12}$	– билион
при $n = 3$	$10^{6 \cdot 3} = 10^{18}$	– трилион и т.н.

За  $10^9$ , което не се вмести в схемата, използвана у нас, защото за него  $n = 1,5$  не е цяло число, използваме думата милиард, която не се среща при англо-езичните.

Сега вече е ясно защо нашият билион е 1000 пъти по-голям от американския, а нашият трилион – милион пъти по-голям от американския.

### Колко е 1 Y?

Не толкова често използваният (не само в българския език!) израз “Не се отместа и на йота!” означава, че нещо не се е отместило ни най-малко. Йота е всъщност буква от гръцката азбука. Звучи парадоксално, но “йота-“ е представката за най-голямото (за днес) именувано число. Означава се с Y пред единицата за съответната величина. Така например  $1 \text{ Ym} = 10^{24} \text{ m}$ .

За да дадем представа за порядъка на това число, ще покажем, че за годините, през които в България се правят метеорологични наблюдения, броят на водните капки, паднали с дъждовете над територията ни, е по-малък от 1 Y. (за простота ще броим една снежинка за една капка.)

Понеже ни интересуват само порядъци, за територията на страната ще приемем малко занижена стойност –  $S = 100\,000 \text{ km}^2 = 10^{11} \text{ m}^2$ . В замяна на това пък за средно-годишната стойност на валежите ще вземем явно завишеното число  $1000 \text{ l/m}^2$ , т.е. масата на водата, паднала за година върху квадратен метър е  $\mu = 10^3 \text{ kg/m}^2$ . Ако приемем, че метеорологични наблюдения у нас се правят кръгло от  $t = 100$  у, т.е. от 100 години, общото количество вода, изляла се над България за това време, по порядък е:

<sup>1</sup> *В царството на числата* е книга с автор Т.А.Томов, издадена у нас през 30-те години на 20. век. Този алманах на научните знания ми попадна в ръцете някъде към 1948 г. Тази книга, заедно с двутомника на Азаря Поликарфов *От атома до Вселената* са книгите, които оформиха моите интереси.

$$M = S_{\text{ут}} = 10^{16} \text{ kg.}$$

Ако допуснем, че броят на дъждовните капки е една йота, т.е.  $10^{24}$ , масата на една капка би била  $10^{16}/10^{24} \text{ kg} = 10^{-8} \text{ kg} = 10^{-5} \text{ g}$ . Очевидно е, че това е твърде малка стойност както за масата на една дъждовна капка, така и за масата на снежинка (абсурд е обем  $1 \text{ cm}^3$  да побере 100 000 капки!). Следователно броят на дъждовните капки, паднали над България за 100 години, е много по-малък от 1 Y.

### Най-прочутите равенства

Според мненията на доста голям брой участници в една анкета, на едно от първите места сред най-прочутите равенства е посочено **уравнението на Ойлер**:

$$e^{i\pi} + 1 = 0.$$

Тази изумително проста връзка обединява нулата и единицата – първите две от реалните числа, имагинерната единица, плюс двете най-известни трансцендентни числа – основата на естествените логаритми  $e$  и Лудолфовото число  $\pi$ . И само тях!

На второ място е класирана връзката между маса и енергия – формулата на Айнщайн  $E = mc^2$ .

### Разни

1. Когато бълхата подскача, ускорението ѝ е 20 пъти по-голямо, отколкото ускорението при изстрелване на космическата совалка.
2. Ако звездите от Млечния път имаха размерите на зрънце сол, те биха запълнили обема на плувен басейн с олимпийски размери.
3. До днес 12 астронавти са се разхождали по лунната повърхност и са донесли оттам 382 кг. Скали, камъчета, пясък и прах.
4. Китовете разговарят помежду си, като издават силни цъкащи звуци. Звуковата вълна се разпространява отлично под водата, така че те могат да се чуват един друг дори на разстояние 180 км.
5. За 1 сек. на телевизионния екран се сменят 24 кадъра. Тъй като дребните насекоми виждат по 200 изображения в секунда, гледайки телевизия, те виждат поредица от неподвижни картини, разделени с тъмни екрани между тях.
6. Котките виждат ясно дори когато интензитетът на светлината е 6 пъти по-слаб от минималния интензитет, който може да регистрира човешкото око. Тази им способност се дължи на специален слой клетки, разположени зад ретината, който слой действа като огледало, което отразява светлината обратно към клетките на ретината.
7. През 1936 г., след претърпяна катастрофа, на проф. А. Гейдън е направена операция на очите. Когато прогледнал, той установил, че може да вижда ултравиолетовата светлина, която е зад границата на спектъра, видим за хората. Това помогнало на работата му като физик, но разстроило възприемането на останалите цветове.
8. Вследствие на температурното разширение Айфеловата кула през лятото е с 15 см по-висока.
9. Някои хора, които имат две или повече пломби на зъбите от различни материали, могат да чуват мощни радиостанции, използващи амплитудна модулация, когато се намират на стотина метра от излъчващата антена. В тези случаи радиовълните действат на пломбите така, че електромагнитните трептения се преобразуват в механични трептения в главата на човека, а последните се възприемат като звук.

10. Энергията на слънчевата светлина, която достига земната повърхност за определен интервал време, е 6000 пъти повече от енергията, употребявана днес от цялото човечество за същия интервал. Общото количество енергия, добита от органични вещества от началото на цивилизацията до днес, е по-малко от месечното количество слънчева енергия, достигнало Земята.

### За точността на измерванията

Величините в природата, които се измерват с най-голяма точност, са честотите на някои милисекундни пулсари, честотата на определени тесни атомни преходи и константата на Ридберг за *атомния* водород. Те могат да бъдат измерени с точността, с която е дефинирана секундата. Преходът в цезиевия атом, който дефинира секундата, има крайна широчина и тя ограничава достижимата точност: границата е около 14 значещи цифри.

Често *промените* на една величина може да се измерят с по-голяма точност, отколкото самата величина. Така например в детекторите на гравитационни вълни през 1992 г. за дължини от порядъка на метър е постигната чувствителност  $\frac{\Delta l}{l} = 3 \cdot 10^{-19}$ . Това означава, че за метален куб с ребро 1 m е възможно да се измерят промени в размерите, които са около 3000 пъти по-малки от радиуса на протона. Днес вече рекордът е надминат: конструирани са интерферометри, които позволяват измерване на относителни разлики в честотите от  $10^{-21}$ , като и тези резултати са в процес на подобряване.

### Какво наричат “разходка на Планк”

На Макс Планк дължим и системата от единици, носеща неговото име. В нея основните единици са дефинирани с помощта на фундаменталните физични константи: скоростта на светлината  $c$ , константата на Планк  $\hbar$  и гравитационната константа  $G$ .

Планкова дължина: 
$$l_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,6160(12) \cdot 10^{-35} \text{ m.}$$

Вълната на де Бройл ( $\lambda_B = \frac{h}{mv}$ ) за човек с маса 80 kg, който се разхожда със скорост 0,5 m/s е колкото Планковата дължина. По тази причина подобно движение понякога се нарича *разходка на Планк*.

Планкова маса: 
$$m_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 21,767(16) \text{ } \mu\text{g.}$$

Планковата маса е равна на масата на около  $10^{19}$  протона. Приблизително такава е и масата на десетдневен човешки ембрион.

Планково време: 
$$t_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,39124(27) \cdot 10^{-44} \text{ s.}$$

Планковото време е времето, необходимо на светлината да измине разстояние, равно на Планковата дължина. Смята се, че това е най-малкият възможен времеви интервал.

## Механика

Терминът *движение* (movement) е твърде нов. В английския език преминава от стария френски и придобива популярност едва през 17. век. Шекспир не е употребил тази дума нито веднъж!

От гледна точка на физиката скърцането в пантите на не смазана врата и земетресенията се различават само по мащаби (най-вече – енергийни).

### Отново за опитите на Галилей

След като американските астронавти през 1969 г. демонстрираха по телевизионните екрани, че едно леко и едно тежко тяло падат с еднакво ускорение върху повърхността на Луната, през 2004 г. опитите, за които се твърди, че е правил Галилей от наклонената кула в Пиза, бяха повторени с отделни атоми. Резултатът е очакван: отделните атоми падат като камъни. По специално, атоми с различна маса падат с едно и също ускорение, като експерименталната точност, с която това е потвърдено, е една част в 6 милиона. Тези резултати са публикувани в:

**S. Fray, C. Alvarez Diez, T.W. Hansch & Martin Weitz** Atomic interferometer with amplitude gratings of light and its applications to atom based tests of the equivalence principle, *Physical Review Letters* **93**, p. 240404, 2004.

Вие, разбира се знаете, че ако пренебрегнем съпротивлението на въздуха, **далечината на полета**, на тяло, хвърлено под ъгъл спрямо хоризонта, е максимална, когато началната скорост сключва с хоризонта ъгъл  $45^\circ$ . А знаете ли, че **дължината на траекторията** е максимална, когато този ъгъл е  $56,46^\circ$ ? (Колко подозрително близък да един *радиан* е този ъгъл!?) Опитайте се да получите този резултат – ще трябва да използвате апарата на интегралното смятане. Същият този апарат може да ви помогне и да докажете, че **площта, заградена от траекторията и от земната повърхност** е максимална, когато ъгълът между началната скорост и хоризонта е  $60^\circ$ .

### Точността на втория закон на Нютон

Едно съобщение (*Phys. Rev. Lett.* 98 150 801 – 2007 г.) съдържа резултати от опитната проверка на справедливостта на втория закон на Нютон ( $F = ma$ ) за малки стойности на ускорението. Чрез наблюдения върху люлеенята на торзионно махало с извънредно дълъг период американски учени са установили, че законът е валиден и за ускорение, равно на  $5 \cdot 10^{-14} \text{ m/s}^2$ ! Представа за това, колко малка е тази величина, дава твърдението, че ако по време на измирането на динозаврите едно тяло е започнало да се движи с такова ускорение, днес скоростта му би била калката скоростта на пешеходец.

Авторите на изследването се надяват този резултат да може да се използва в подкрепа на съществуването на тъмна материя.

### Точността на равенството $m_{\text{ин.}} = m_{\text{гр.}}$

Проблемът за равенството между инерчната маса  $m_{\text{ин.}}$  на едно тяло и неговата гравитационна маса  $m_{\text{гр.}}$  е проблем експериментален. Поради това неговото решение е известно винаги само в границите на определена точност. Огромното принципно значение на това решение (цялата Айнщайнова обща теория на относителността почива върху предположението, че двете маси са равни **точно**) е причина опитите за повишаване на точността, с която знаем отношението  $m_{\text{ин.}}/m_{\text{гр.}}$  да продължават непрекъснато. Последните данни от изследванията във Вашингтонския университет показват, че поне за тела от берилий, алуминий и мед  $m_{\text{ин.}}/m_{\text{гр.}} = 1$  с точност  $10^{-11}$ . (1995г.)

### Как човек променя въртенето на Земята

Разнообразната човешка дейност има най-неочакван последици. Строителството на голям брой водохранилища с голям обем води до прехвърляне на огромни водни

маси (над 10 трилиона тона) от екваториалните области към по-високи географски ширини, което означава – по-близо до земната ос. Инерчният момент на планетата намалява и по закона за запазване на момента на импулса околоосното въртене на Земята се ускорява. Твърди се, че за 40 години (до 1997 г.) по тази причина денонощието се е скъсило с 8 микросекунди.

Тъй като водохранилищата не са разположени симетрично спрямо земната ос, друга последица от преместването на водните маси е преместването на полюсите – за въпросните 40 г. Северният полюс се е преместил с 60 cm по посока на Канада. Това преместване може да се оцени като значително, тъй като представлява 5 % от естественото изместване на земната ос за последните 100 години.

### Просветения монарх

През 1885 г. крал Оскар II на Швеция и Норвегия предлага голяма награда за онзи, който намери решение на проблема за движение на  $N$  материални точки под действието на гравитационните сили, решение във вид на сходящи редове, включващи познати функции. Когато прави това, той въобще не си задава въпроса дали това е възможно. Необходим бе геният на Анри Пуанкаре, който разруши надеждата за намиране на гладки аналитични решения на всички механични проблеми, показвайки, че детерминистичният хаос разваля картината в задачите с повече от две тела, така че, най-общо казано, сходящи редове не съществуват. Разбира се,  $N$ -те тела имат своите траектории, но хаотичната нестабилност прави описанието на тяхното движение ужасно нерегулярно, объркано и неопределено.

### Защо самолетите са по-бързи от птиците, а подводниците – по-бавни от рибите?

Шеговитият отговор на този въпрос е: защото самолетите не са строени от военни инженери, както подводниците.

Вероятно никой не знае колко точно е рекордната скорост на подводно плуване – това е военна тайна. Всъщност, въпросът би следвало да се детайлизира. Публично известната най-голяма скорост на снаряд под водата, който всъщност плува, заобиколен от газов мехур, е 1550 m/s, което е повече от скоростта на звука във вода. Тази скорост е постигната през 1990 г. във военна лаборатория и е развита на разстояние от няколко метра. Най-бързият снабден с двигател апарат, който също се движи основно в газов мехур, е торпедо, което развива скорост от над 120 m/s, т.е. – повече от автомобилите във Формула 1. Точната скорост е по-голяма и е секретна. (Начинът за заграждане на тялото под водата с газова обвивка, наречен *суперкавитация*, е основна изследователско област за военните инженери по света.)

Скоростта на най-бързата риба, рибата меч *Istiophorus platypterus*, е 22 m/s, но съществува подозрение, че може да достигне и 30 m/s. Най-бързите подводни апарати, в които има хора, са военните подводници, чиито скорости са тайна, но предполагаемо са до 21 m/s, т.е. не могат да достигнат скоростта на рибата меч.

Няма регистриран човешки рекорд за плуване под вода. Известно е, че скоростта при плуване под вода е по-голяма, отколкото при плуването в стиловете бруст, по гръб или делфин. Поради тази причина при състезания в тези стилове на плувците е забранено да плуват на големи разстояния под вода. Не е известно обаче дали рекордните скорости при стила кроул са по-големи или по-малки от най-бързото плуване под вода.

### Рекордни ускорения

Какви ускорения може да понесе човек зависи от продължителността им. Смята се, че за десети части от секундата човек може да остане жив и при ускорение  $30g = 300 \text{ m/s}^2$ . От този порядък е ускорението при катапултиране на пилот от аварирал самолет. (Изглежда, че рекордното ускорение, при което е оживявал човек е около  $80g = 800 \text{ m/s}^2$ .) Обикновено се смята, че ускорения от  $15g = 150 \text{ m/s}^2$  са фатални.

Най-големите *микроскопични* ускорения се наблюдават при ударите на елементарни частици, където стойностите им достигат  $10^{35} \text{ m/s}^2$ . Най-голямото макроскопично ускорение се наблюдава вероятно в колапсиращата вътрешност на една свръхнова – експлодираща звезда, която може да бъде толкова ярка, че да бъде видима на фона на дневното небе. При земни условия кандидат за рекордьор е вътрешността на колапсиращи мехурчета в течност – явлението *кавитация*. Наблюдава се лесно, когато въздушни мехурчета във вода се разширяват и свиват под въздействието на подводни високоговорители при честота на излъчения звук от около 30 kHz. При определен граничен интензитет радиусът на мехурчето се изменя със скорост 1500 m/s до няколко микрометра, което прави ускорение от няколко  $10^{11} \text{ m/s}^2$ .

Ускоренията (положителни и отрицателни) на стандартните автомобили не са много по-големи от  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . По-големи ускорения постигат състезателните мотоциклети и автомобили, в които се използват окачвания, увеличаващи натоварването на осите на задвижващите колела и спойлери, така че колата се притиска към настилката със сила, превишаваща теглото ѝ. Съвременните спойлери са толкова ефективни, че един състезателен автомобил може да се движи без да пада по тавана на тунел. Чрез използване на специални гуми тези действащи надолу сили се трансформират в статично триене (триене при покой). Съвременните гуми на състезателните автомобили позволяват ускорения напред, назад и встрани (необходими за бързо увеличаване на скоростта, спиране и движение в остри завои), които са от 1,1 до 1,3 пъти по-големи от тези, постигнати от теглото на колата. Най-големите ускорения от около  $4g$  се достигат, като се използват специални гуми, част от които се стапя и прилепва към пътната настилка.

Интересно е, че ако за придвижване се използват не колела, а крака, лесно се постигат значително по-големи ускорения. При състезания на висок скок атлетите постигат максимални ускорения от 2 до  $4g$ , леопардът – повече от  $3g$ , едно малко, подобно на маймуна африканско нощно животно (bush-baby) –  $13g$ , скакалците – около  $18g$ , бълхите – около  $135g$ . Рекордът за максимално ускорение, достигано от животно, принадлежи на едно малко насекомо и възлиза на  $200g$  – почти толкова, колкото на куршума в цевта на въздушна пушка.

Тези числа показват, че като средство за придаване на ускорение краката са много по-ефективни от колелата: един леопард лесно би изпреварил на старта всеки автомобил или мотоциклет. Може да смятаме, че еволюцията е развила крака, а не колела, за да увеличи шансовете на едно животно, което е в опасност, да се спаси. (Други недостатъци на колелата е проявяват при движение в пресечена местност и при преодоляване на препятствия. Да не говорим за това, че живо същество, придвижващо се на колела е по принцип невъзможно, защото тяло с колело не може да бъде **едносвързано** – необходимо условие за снабдяване с кръв.)

## Електромагнетизъм

Когато в студен зимен ден въздухът е много сух, крачейки по килима може да се наелектризирате така, че напрежението между вас и килима да достигне 35 000 V!!!

Дотолкова сме свикнали с твърдението, че зарядът  $q$  на фотона е нула, че често забравяме произхода му. Резултатът  $q = 0$  е **експериментален** и затова подлежи на проверка с все по-голяма точност, като никой не може да изключи възможността в един момент да се окаже, че  $q \neq 0$ . Според данни от 1988 г. отношението  $q/e$  не надминава  $10^{-31,7}!!!$

По данни на G. Cocconi, Phys. Lett. B 206, 1988, p. 705.

### Защо изкуствените спътници се зареждат с отрицателни заряди

Йоносферата представлява плазма – в нея концентрациите на свободните електрони и на положителните йони са равни. Въпреки това, когато преминава през йоносферата, един изкуствен спътник се зарежда с отрицателни заряди – върху него се оказва излишък от електрони. Причината е в по-голямата средна скорост на леките електрони в сравнение с тази на многократно по-тежките йони при положение, че температурата е обща. Ето защо вероятността за нееластичен удар в спътника е много по-голяма за електроните, отколкото за йоните.

Така, при навлизане в йоносферата спътникът започва да се зарежда отрицателно и този процес продължава дотогава, докато електричното поле на спътника, което отблъсква йоносферните електрони, стане достатъчно силно и зарядът престане да расте.

### Резонансна честота на йоносферата

Йоносферата има резонансна честота от 7 Hz. Ето защо всеки уред, който измерва ниски честоти, регистрира силен сигнал при на честота. Причината се крие във факта, че електромагнитните вълни правят 7 обиколки около Земята за една секунда.

### Съпротивление на атом?!?

Наскоро било измерено електричното съпротивление **на отделни атоми!** Оказало се, че за атомите на ксенона то е 105  $\Omega$ . Оказало се освен това, че атомите на оловото имат 10 пъти по-малко съпротивление от атомите на златото.

Лично аз, като човек, свикнал да разглежда омовото съпротивление като *макроscopicна* величина, не мога да си представя в какъв смисъл може да се говори за съпротивление на отделен атом. За тези, които може да се заинтересуват от проблема, мога да посоча източници (до които, за съжаление, нямам достъп):

1. **A. Yazdani, D. M. Eigler & N. D. Lang**, Off-resonance conduction through atomic wires, *Science* **272**, pp. 1921–1924, 28 June 1996.
2. **Elke Scheer**, The signature of chemical valence in the electric conduction through a single-atom contact, *Nature* **394**, pp. 154–157, 9 July 1998.

### За опасността от електромагнитните вълни

Въпросите за опасностите, които крият за човека електромагнитните вълни, особено от диапазоните, използвани от мобилните оператори и в микровълновите фурни, са широко обсъждани. Електромагнитните вълни обаче може да се окажат опасни и в съвсем други ситуации. Така например, през 1997 г. в Холандия се случва следното произшествие. В тихо и ясно време един въздушен балон се приближава до антената на радиопредавател. Няколко минути след като пребивава около антената, гондолата на балона внезапно се откъсва от него и целият екипаж загива.

Оказва се, че причината за нещастieto е следната. В съвременните балони гондолата е окачена към балона с висококачествени найлонови въжета. За да се предотвратя-

тят опасностите от страна на мълнии и от проблемите, свързани с електростатични заряди, в тези найлонови възжета има тънки метални жици, които образуват голяма екивипотенциална повърхност около целия балон. За нещастие, в близост до предавателната антена в тези жици се индуцират токове, които ги нагриват до червено, а високата температура стопява найлона.

### **50 Hz в средата на Сахара?!**

Телевизионен екип правел опити да записва звуци насред Сахара. Захранването на апаратурата било акумулаторно. Операторите забелязали обаче, че щом дължината на жицата, свързваща микрофона и записващата апаратура станела от порядъка на няколко десетки метра, се появявал шум с честота 50 Hz – въпреки че най-близките източници на електроенергия били на хиляди километри разстояние. Изследването показало, че високоволтните електропроводи в Европа губят значително количество енергия чрез излъчване. Получените 50-херцови вълни се отразяват от околземната йоносфера и тъкмо те смущават записите насред пустинята.

### **Оптика**

При стайна температура лъчението на едно тяло има максимум при дължина на вълната 9,89  $\mu\text{m}$ , т.е. кръгло 0,01 mm. Този максимум е в инфрачервената област на електромагнитния спектър.

### **Рекорд за черно**

Материал, направен от свързани помежду си въглеродни нанотръбички е обявен за най-черното вещество на света (към 2008 г.). Разработен е от изследователи в САЩ, които казват, че неговата необикновено голяма неспособност да отразява светлина се дължи както на високата му поръозност, така и на факта, че структурата на повърхността му е хаотична. Материалът отразява само 0,045 % отпадналата върху него светлина, с което чупи предишния рекорд от 0,16 %, принадлежащ на една никелово-фосфорна сплав. Високата абсорбционна способност на материала означава, че той би могъл да се използва за повишаване коефициента на полезно действие на слънчевите панели. (*Nano Lett.* 8 446)

### **Максуел – автор и на първата цветна фотография**

Вие, които въобще не се впечатлявате да наблюдавате милионите цветове, които възпроизвежда дисплеят на вашия компютър или мобилен телефон, знаете ли, че първата цветна фотография е направена от Максвел в Лондон още през 1861 г., т.е. по-малко от четири десетилетия след първата фотография, направена от Ниепс.

“Това той постига като фотографира обектите трикратно – в червена, в зелена и в синя светлина. След това от негативите прави три черно-бели позитива, които проектира върху бял екран съответно през червен, зелен и син филтър. Наслагването на трите образа възпроизвежда оригиналните цветове.”

D. Malin, *Sci. Am.*, Aug. 1993, p. 76.

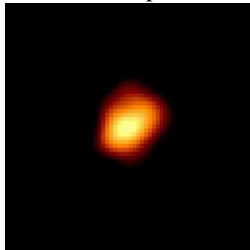
### **Точкови обекти**

Съществуват ли в ежедневието точкови обекти, т.е. обекти, по-малки от всичко, което е измеримо? Отговорът е и да, и не. Най-забележим пример са звездите. Понастоящем границата на точността, която поставят атмосферните флукутации, е 2  $\mu\text{rad}$  – и най-големите наземни телескопи не могат да разграничат два обекта, ако ъгловото им



отстояние един от друг е по-малко от това число. За телескопа Хъбл, който наблюдава звездите извън земната атмосфера, ограничението на разделителната способност се налага само от диаметъра на телескопа (т.нар. дифракционна граница) и е от порядъка на около 10 grad. На практика ъгловите размери на всички видими от Земята звезди са по-малки от тази стойност и поради това ефективно те са *точкови*, дори когато се наблюдават с най-мощните телескопи.

Изключение от това общо правило са някои близки звезди – обикновено от типа на червени гиганти, чиито размери може да се измерят със специални инструменти. Към тях принадлежат Бетелхайзе (по-високото от двете “рамена” на Орион), Мира от Кит, Антарес в Скорпион, Алдебаран (“окото” на Бика) и Сириус в Голямото куче. Разстоянията до всички тях не надминават по порядък няколко стотици светлинни години.



Снимка на Мира, направена с телескопа Хъбл.

### Пряко доказателство, че светлината е електромагнитна вълна

Много експерименти показват, че светлината се разпространява със скоростта на електромагнитните вълни. Логически погледнато, това не е достатъчно, за да се твърди, че светлината е електромагнитна вълна. Пряко доказателство за това би било, ако се повторят опитите на Херц, но за светлинните вълни. В опитите на Херц приемникът представлява отворен трептящ кръг – когато до него достигне електромагнитна вълна, нейното променливо магнитно поле индуцира в кръга токове и между краищата му прескача искра. През 2009 г. изследователите от групата на Kobus Kuipers успяват да проведат експеримент, в който постигат почти немислима миниатюризация на детайлите: те успяват да направят метални трептящи кръгове с размери, много по малки от микрометър и да повторят опитите на Херц със светлина. Те успяват също така да разграничат ясно минимумите от максимумите на вълната, както и да определят нейната поляризация. По този начин те доказват, че светлината е точно такава електромагнитна вълна, каквито са откритите от Херц радиовълни.

### Маса и заряд на фотоните

Твърденията, че масата и заряда на фотоните са нула, са резултат от експерименти и като такива винаги ще бъдат подлагани на съмнения и проверки (докато не се окажат следствия от някаква по-обща теория, чиято достоверност е установена достатъчно добре). Наличието на неизбежни експериментални грешки никога няма да позволи да твърдим с абсолютна увереност, че масата и заряда на фотоните са **точно** нула, но постоянното усъвършенстване на експерименталната техника и методология за сега непрекъснато намалява горните граници на стойностите, в които може да се вмести тези величини.

Днес можем да твърдим само, че масата в покой на фотона е по-малка от  $10^{-52}$  kg, а зарядът му – по-малък от  $5 \cdot 10^{-30} e$ , където  $e$  е елементарният електричен заряд. Тези граници са толкова малки, че е **почти** безопасно да твърдим, че стойностите и на двете величини са нула.

Тъй като става дума за резултати, които с течение на времето се променят, коректността изисква да посочим и източника, от който са взети. Това е:

**E. Fischbach, H. Kloor, R. A. Langel, A. T. Y. Lui & M. Peredo**, New geomagnetic limit on the photon mass and on long-range forces coexisting with electromagnetism, *Physical Review Letters* **73**, pp. 514–517, 1994.

### Газове – течности – твърди тела

В изолирана водна молекула Н-О-Н ъгълът между посоките от ядрото на кислорода към двата водородни атома е  $104,5^\circ$ . В леда всяка водна молекула образува водородни връзки с четири най-близки съседни в тетраедрична поддръжка. Геометрията на тетраедъра обяснява сравнително ниската плътност на леда (т.е. – защо водата се разширява при замръзване. В леда споменатият ъгъл е почти същия, както идеалния тетраедричен ъгъл –  $109,5^\circ$ .

Обикновено в чаша вода може да се разтворят пет чаши захар. Молекулите на захарта могат да се вмъкнат в празните пространства между водните молекули, така че всъщност те не заемат ново пространство. Водата образува нещо като отворена решетка, в която водните молекули са свързани хлабаво, така че в “дупките” между тях може да се поберат голям брой други молекули. Молекулите на захарта образуват временни водородни връзки с водните молекули, като тези връзки се разкъсват и променят непрекъснато. Разбира се, молекулите на захарта са твърде големи, така че броят на молекулите в чаша захар е примерно 25 пъти по-малък от броя на водните молекули в една чаша. Така че на всяка молекула захар в разтвора се падат голям брой водни молекули. *Wolke, R. L. What Einstein Told His Cook: Kitchen Science Explained. New York: W. W. Norton, 2002.*

Охлаждането на водата нощем чрез изпарение и лъчеизпускане е било усъвършенствано от хората в Египет и Индия, а някои от древните култури отчасти са изследвали и способността на солите да понижават температурата на замръзване на водата. Както древните гърци, така и римляните са знаели, че вода, която предварително е вряла, се охлажда по-бързо от вода, която не е достигала точка на кипене. Те обаче не са знаели причината за това: при врене въглеродният диоксид и другите газове напускат водата, а тъкмо те забавят понижаването на водната температура.

От TOM SHACHTMAN, *ABSOLUTE ZERO AND THE CONQUEST OF COLD*

Известно е, че съществуват само шест различни фази на твърдия кислород. Те се различават помежду си по структурата на кристалната решетка, по електричните и магнитните си свойства, а също така по своя цвят. За една от тях, така наречената  $\delta$ -, или оранжева (наречена така заради характерния си цвят) фаза, която съществува в областта от налягания 6–8 Гпа и температури 20–240 К, нямаше яснота относно магнитното подреждане на молекулите на твърдия кислород. Група учени от Франция, Швейцария и САЩ по експериментален път установи, че оранжевият кислород съдържа три различни структури, всяко от които е антиферромагнитна.

Желаещите могат да намерят подробна информация относно това откритие на адрес <http://elementy.ru/news/431323>.

### Втвърдяване при нагряване

Отдавна са известни течности, в които при нагряване протичат определени химични реакции (напр. полимеризация), водещи до втвърдяването им. Тези процеси обаче са необратими и след охлаждане веществото остава в твърдо състояние.

Френски учени за пръв път са получили вещество, което при нагряване се втвърдява обратимо, т.е. след охлаждане отново преминава в течно състояние. Това вещество представлява воден разтвор на циклодекстрин и 4-метилпиридин. Течният разтвор е прозрачен и при нагряване се превръща в твърдо бяло вещество. Оказва се, че при нагряването между молекулите на двете органични вещество възникват допълнителни електронни връзки, които се разрушават при охлаждане.

От <http://physicsweb.org> (2006)

### Рекорди за чистота и скорост

Постигнати са в Института Вайцман (Израел), където е получен свръхчист кристал от галиев арсенид: в него на 5 милиарда молекули от това вещество се пада един страничен атом. Оказва се, че в този свръхчист кристал електроните се движат със скорост 144 km/h. За получаване на такъв кристал е създадена вакуумна камера с необикновено ниско налягане – едва  $10^{-16}$  atm. (Това е 7 пъти по-ниско от досегашния рекорд за ниски налягания.)

Работите по израстване на свръхчисти кристали от галиев арсенид са особено перспективни за електрониката, тъй като този материал постепенно измества силиция заради по-голямата скорост, с която работят микросхемите на галиев арсенид и заради по-голямата им устойчивост към радиационни въздействия.

(1999 г.)

### Защо казваме, че водата има уникални свойства

*Първото* рядко срещано свойство на водата е известната нейна аномалия – при нагряване в интервала  $0\text{ }^{\circ}\text{C} - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  вместо да се разширява, тя се свива. Известна е само още една течност, която притежава това свойство – течният хелий в интервала  $1,15\text{ K} < T < 2,18\text{ K}$ . Броят на твърдите тела, чиито обемен температурен коефициент на разширение в определен интервал е отрицателен също е много малък.

*Второто* рядко срещано свойство на водата е това, че плътността на твърдата ѝ фаза – на леда, е по-малка от плътността на течната фаза при температурата на топене. Подобно свойство имат само още няколко вещества – антимон, бисмут, галий, германий, чугун и диборният триоксид  $\text{B}_2\text{O}_3$ .

Уникалността на водата се състои в това, че тя е *единственото* измежду известните вещества, което притежава едновременно и двете рядко срещани свойства. А, както е известно, и двете имат изключително важно значение за живота на Земята.

### Рекорд на издръжливост

Регистрираната най-висока температура на въздуха, в която е престоял човек продължително време, е  $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Това се случило в Лондон през 1775 г. – секретарят на Кралското дружество Чарлз Благден, заедно с няколко приятели престояли 45 минути в стая при тази температура. Парчето сурово месо, което взели със себе си при влизане в стаята, накрая, при излизането им се оказало добре изпечено. Всичко това е могло да се случи само при условие, че въздухът е извънредно сух.

### Водата НЕ кипи при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ !

Още при първото запознаване с температурните скали ние казваме, че целзиевиет градус се дефинира, като температурата на топене на леда се фиксира  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а точката на кипене –  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а след това интервалът между тях се раздели на 100 равни части. (Разбира се, всичко това при стандартни условия.)

Дефиницията за термодинамична температура обаче, дадена от Десетата генерална конференция на Международния комитет за мерки и теглилки през 1954 г. изби-

ра като основна постоянна точка трайната точка на водата и ѝ приписва температура 273,16 К. От друга страна целзиевата стойност абсолютната нула също е фиксирана по дефиниция:  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Е, ясно е, че три точки – абсолютната нула, тройната точка на водата и точката на кипене не могат идеално точно да се разположат върху една права. И наистина, при тези дефиниции водата кипи не при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при **99,975**  $^{\circ}\text{C}$  (понякога се сочи стойност 99,974  $^{\circ}\text{C}$ ). Погледнато в исторически план, температурата на тройната точка не е избрана добре.

### Температурата като белег на цивилизациите

Достигнатата от една цивилизация температура може да се използва като мярка за нейните технологични постижения. Така бронзовият век (3500 г.пр.Хр.) може да се характеризира като ера, в която човечеството е достигнало и използвало температура 1,1 kK, железния век (1000 г.пр.Хр.) – като ерата, в която човечеството овладява температури до 1,8 kK, векът на електричеството (от 1880 г. насам) – 3 kK и векът на атома (след 1944 г.) – няколко МК. Ако се отчетат и постиженията в областта на ниските температури, от 1908 г. може да се говори за квантов век (4 К).

Какво би се случило, ако внезапно Слънцето спре да излъчва? За няколко часа температурата би паднала с десетки градуси. Биха завалели дъждове и след това водата би замръзнала. След четири–пет дни животинският свят би престанал да съществува. За няколко седмици биха замръзнали океаните, а след няколко месеца въздухът би се втечил.

### Странни материали

Пример за такива са т.нар. *аерогели* – изключително порьозни твърди тела като показаното на фигурата. Плътноста на аерогелите е от порядъка на няколко g/L, т.е. няколко стотин пъти по-малка от тази на водата и само няколко пъти по-голяма от плътността на въздуха. Като всеки порьозен материал, аерогелите са добри изолатори, но лесно се разрушават и затова за сега нямат важни приложения.



Снимка на аерогел

### Космос – астрофизика

Грубо казано, всяка секунда в земната атмосфера навлиза една субатомна частица, имаща енергия колкото един хвърлен камък. Този факт показва, че някъде във Вселената има сили, които са в състояние да придадат на един протон енергия, 100 милиона пъти по-голяма от енергията, която можем да достигнем на нашите земни ускорители.

JAMES W. CRONIN, THOMAS K. GAISSER, AND SIMON P. SWORDY,  
 “COSMIC RAYS AT THE ENERGY FRONTIER,” *SCIENTIFIC AMERICAN* (JANUARY  
 1997)

Макар че ние съвсем нямаме представа за тяхното присъствие, във всеки кубичен сантиметър има средно по 400 микровълнови фотона, останали от времето на Големия взрив.

Чувствителността на един от строящите се в момента радиотелескопи (Very Large Array radio telescope) е толкова голяма, че с него би могъл да се регистрира сигнал от мобилен телефон, намиращ се на Юпитер!

През март, 2004 г. физици от Калтех, Пасадена пресметнали, че ако са правилни днешните ни представи за фантомната “тъмна енергия”, която кара Вселената да се разширява ускорено, след 22 милиарда години тя, Вселената, ще се разкъса напълно. Отблъскването, което се дължи на тъмната енергия, ще нарасне дотолкова, че ще разруши **всички** свързани системи: първо ще се разрушат куповете от галактики, след тях – самите галактики и по-нататък всичко, което стои на следващите стъпала на организация на веществото: звезди, планети – до атоми. Кореспондентът на *New Scientist*, който описва тази апокалиптична картина, стига само до атомите и пропуска да ни каже каква ще бъде съдбата на фундаменталните частици.

По думите на Карл Сейгън, енергията на всички сигнали, приети от радиотелескопите по Земята от началото на радионаблюденията на Вселената (1951 г.), е по-малка от кинетичната енергия на една падаща върху земната повърхност снежинка. А представете си какво огромно количество информация е извлечено от тези сигнали!!!

### За значението на фундаменталните константи

Откритието, че в действителността, описвана със закони за промяна и инвариантност, съществуват фундаментални константи, дава възможност да формулираме стандарти, с чиято помощ да съдим дали нещата са големи или малки, млади или стари, тежки или леки, горещи или студени. Когато кажем например, че разширяването на Вселената продължава 13 милиарда години, означава ли това, че тя е *стара*? Тя изглежда много стара спрямо мимолетната продължителност на човешкия живот, или когато я сравняваме с денонощието или годината, които се определят от движенията на Земята. От друга страна обаче Вселената би могла да се разширява още не милиарди, а трилиони години и дори – вечно. От тази гледна точка тя е млада. Фундаменталните константи ни показват, че в един добре дефиниран смисъл Вселената е много стара, защото възрастта ѝ е около  $10^{60}$  Планкови времена<sup>2</sup>. Животът на Земята се е появил

<sup>2</sup> Планковото време е една от трите естествени единици (за дължина, за време и за маса), които се дефинират с помощта на трите фундаментални константи: скоростта на светлината  $c$ , константата на Планк  $h$  и гравитационната константа  $G$ . По определение Планковото време е равно на времето, необходимо на един фотон за изминаване на една Планкова дължина. Стойността на Планковата единица за време се

определя от формулата  $\sqrt{\frac{Gh}{2\pi c^5}}$  и има стойност  $1,708\ 63 \cdot 10^{-43}$  s. В Планковата система единици и трите споменати фундаментални константи имат една и съща стойност – единица. (Бел. прев.)

едва, когато възрастта на Вселената е била  $10^{59}$  Планкови времена, така че може да се каже, че ние сме съвсем новопристигнали в този свят.

### Знаете ли, че ...

Ако атомите, които населяват видимата част на Вселената, се разпръснат равномерно, на всеки кубически метър от нея би се паднало по малко повече от един атом. Подобна “плътност” е недостижима за днешните технологии – най- високият вакуум, който можем да създадем в лабораторни условия, съдържа  $10^{12}$  атома във всеки кубически метър (милион атоми в  $1 \text{ cm}^3$ )!

Атомите са само едни от структурните елементи на Вселената. Ако към структурните елементи прибавим планетите, звездите, галактиките и самата Вселена, техните “плътности” ще бъдат съответно:

- 1 атом на  $(1 \text{ m})^3$
- 1 планета на  $(10 \text{ ly})^3$
- 1 звезда на  $(10^3 \text{ ly})^3$
- 1 галактика на  $(10^7 \text{ ly})^3$
- 1 Вселена на  $(10^{10} \text{ ly})^3$

## Квантова физика

### Синхронизация на часовници чрез квантово корелирани фотони

Точността на съвременните атомни часовници е толкова висока, че техните възможности вече се ограничават от несъвършенствата на методиката за синхронизация на отдалечени един от друг часовници с помощта на светлинни или радио-импулси.

В университета в Мериленд е демонстрирана възможността за синхронизация чрез фотони, намиращи се в заплетени (entangled) квантови състояния. Двойка такива фотони се получават при преминаване на фотон през нелинеен кристал. Двата фотона се регистрират от фотодетектори, намиращи се на разстояние 3 km един от друг. След това се провежда аналогичен експеримент, в който фотоните на изхода на кристала си разменят местата. След размяна на информация за моментите на регистриране на фотоните може да се пресметне поправката на времената, необходими за синхронизация на часовниците. По този начин часовниците могат да се синхронизират с точност до  $10^{-12}$  s.

От <http://www.aip.org/physnews/update> (2006)

### Най-тежкия стабилен изотоп

Бисмут-209 обикновено се смята за най-тежкия стабилен изотоп в природата. Според теорията обаче, той би следвало да бъде *метастабилен* и чрез излъчване на  $\alpha$ -частица ядрата му да се превръщат в ядра на талий-205. Установяването на подобен разпад се затруднява от факта, че енергията на излъчените  $\alpha$ -частици е твърде малка, което показва, че подобен разпад е твърде рядко събитие – теорията предсказва време на полуразпад  $4,6 \cdot 10^{19}$  години!

Френски учени от Института по астрофизика в Орсе провеждат опит за регистриране на предсказания  $\alpha$ -разпад на бисмут-209 с помощта на специален болометър, който работи при температура 20 mK. Петдневните измервания върху няколко десетки грама бисмут показват, че разпадът наистина се осъществява и установеното време на полуразпад ( $1,9 \cdot 10^{19}$  години) е в добро съгласие с предсказанието на теорията. Това ре-

кордно дълго време на полуразпад е примерно с десет порядъка по-голямо от възрастта на Вселената (!!!), което означава, че наистина бисмут-209 може да се смята за стабилен изотоп.

### Най-рядко срещаният на Земята химичен елемент

Францият ( $Z = 87$ ) е най-тежкият алкален елемент и най-нестабилният измежду първите 103 химични елемента от Периодичната таблица. Във всеки момент по цялата Земя съществуват **по-малко от 30 грама (!?)** от този елемент, разпръснати в находищата на уран. Той се появява атом по атом при разпадане на по-тежки атоми и изчезва за по-малко от 20 минути, тъй като самият той е радиоактивен.

### Лазери за рентгенови лъчи

Първите лазери за рентгенови лъчи били най-сетне построени. Техните размери обаче са от порядъка на стотици метри и използват ускорители на частици. Конструирането на компактни лазери за рентгенови лъчи е все още проблем на бъдещето, ако въобще е възможно.

### Лазер с един атом

Още през 1994 г. е построен лазер, който съдържа само **един** атом. В него между огледалата се движат средно само единадесет фотона. За повече подробности вж.:

**K. An, J. J. Childs, R. R. Desari & M. S. Field** Microlaser: a laser with one atom in an optical resonator, *Physical Review Letters* **73**, pp. 3375–3378, 19 December 1994.

### Защо броят на химичните елементи е около 115

С лагранжиана, отчитащ силното взаимодействие между частиците в атомното ядро, може да се опишат произхода и свойствата на днес познатите около 115 химични елемента. Защо елементите не са повече обаче е въпрос, отговорът на който е свързан с електромагнитното взаимодействие. Кратко казано, защото константата на фината връзка, която определя интензивността на електромагнитното взаимодействие, е твърде малка – само  $1/137,036$ . По-подробният отговор гласи следното. Ако зарядът на атомното ядро е много по-голям от 130, електричното поле около ядрото би било толкова силно, че би довело до спонтанно раждане на електрон–позитронни двойки. Електронът от двойката, привлечен към ядрото, бе паднал върху него, превръщайки един протон в неутрон, намалявайки по такъв начин броя на протоните. (озитронът, разбира се, отлита навън.) Ето защо крайният брой на различните химични елементи се определя от електромагнитното взаимодействие.

### Бозонът на Хигс

Обаянието на бозона на Хигс се подчертава и от факта, че ако го открият, той ще бъде единствената фундаментална частица, която носи името на физик. Интересно е, че статията на Питър Хигс, чието име тя носи и в която той изказва хипотезата за съществуването ѝ, има само 79 печатни реда и съдържа само 5 уравнения.

**P.W. Higgs** Broken symmetries, massless particles and gauge fields, *Physics Letters* **12**, pp. 132–133, 1964.

### Кои са най-сложните пресмятания

Най-сложни са пресмятанията, които един компютър трябва да направи, за да получи от лагранжиана в квантовата хромодинамика данни за частиците. Пресмятанията са по-сложни от тези за предсказване на времето, за симулиране на явления във флу-

иди и други с подобна сложност. Не е ясно дали това ще бъде необходимо и в бъдеще: състезанието за намиране по-прост апроксимационен метод за намиране на решения продължава.

Слабото взаимодействие е толкова слабо, че аниhilацията на неутрино и анти-неутрино – възможна само чрез раждане на масивен промеждутъчен  $Z$ -бозон – и до днес не е наблюдавана.

Математиците доказват, че класическата механика на Галилей не може да реши проблема за трите тела, специалната теория на относителността не може да реши проблема за две тела, общата теория на относителността не може да реши проблема за едно тяло, а квантовата теория на полето не може да реши и проблема за вакуума, т.е. т.нар. zero-body problem.

## **Гравитация**

### **Лунните фази и ускорителите**

Точността на измерванията, провеждани на съвременните ускорители на елементарни частици е толкова висока, че даже най-слабите външни въздействия, които по-рано не се вземаха предвид, започват да влияят на резултатите от експериментите. Неотдавна в ЦЕРН на големия електрон-позитронен колайдер (LEP), където снопът частици достига до свръхвисоки енергии, като се движи в пръстена с дължина 27 км, са отбелязани странни модуляции на енергията на потока във времето, докато броят на завъртанията на снопа в пръстена на ускорителя за единица време се поддържа постоянен с голяма точност, достигната с помощта на контролиращи движения на частиците в ускорителя системи. (Това би трябвало да осигурява постоянство на енергията на частиците.)

Природата на явлениято модулация на енергията на частиците е изяснена от специалисти на ЦЕРН в сътрудничество с изследователи от ускорителния център на Станфордския университет (САЩ) и Геофизичния институт на Лозанския университет (Швейцария). Оказало се, че вариациите на енергиите на частиците са свързани с приливните деформации на земната кора, предизвикани от Слънцето и Луната. Периодичните приливни въздействия ту увеличават, ту намаляват размера на пръстена на ускорителя примерно с 1 mm, в резултат на което частиците от снопа в различни моменти от време изминават пътища с различна дължина. За да преминават през детектора с постоянна честота, е необходимо да се ускоряват или забавят, което води до модулация на енергията им.

Сега е ясно, че дори и много слаби гравитационни въздействия могат да предизвикат грешки при най-точните измервания (например при “претегляне” на  $Z$ -бозона) и че за да се получи необходимата точност на експеримента, калибровката на енергията на снопа частици трябва да се направи, като се отчетат фазите на Луната.

### **Порядъка на гравитационните сили**





На диаграмата в наноютони ( $10^{-9}$  N) са показани големините на гравитационните сили, с които едно бебе се привлича от: лекаря, който го преглежда (при разстояние 25 cm между тях), Венера, Марс, Юпитер и Сатурн (в моментите на най-голямото им доближаване до Земята).

Всеки може да си прави изводи за влиянието на планетите върху съдбите ни.

### Отношението на химията към физиката

Разбира се, най-известното твърдение за химията, разпространявано от физици е, че “*химията е част от физиката, и то не най-важната*”. Едно далеч по-коректно твърдение е, че “*Уравнението на Шрьодингер съдържа цялата химия.*”. Оказва се обаче, че то не е съвсем точно. Най-точното би било:

*Уравнението на Дирак съдържа цялата химия.*

Двете уравнения – на Шрьодингер и на Дирак, се различават по това, че първото от тях не отчита релативистичните ефекти. На пръв поглед това като че ли е несъществено – нали тези ефекти се проявяват само при скорости, близки до скоростта на светлината във вакуум. Оказва се обаче, че има химични свойства, които не може да бъдат обяснени без отчитане на релативистични ефекти. Към тях принадлежат жълтия цвят на златото, неспособността му да ръждяса, както и свойството на живака да бъде течен при обикновени температури.

Тези въпроси са разгледани например в:

**P. Pyykko** Relativity, gold, closed-shell interactions, and CsAu.NH<sub>3</sub>, *Angewandte Chemie, International Edition* **41**, pp. 3573–3578, 2002.

**L. J. Norrby** Why is mercury liquid? Or, why do relativistic effects not get into chemistry textbooks?, *Journal of Chemical Education* **68**, pp. 110–113, 1991.

### За отровите

Една от най-удивителните глави в химията е тази за отровите. Познати са над 50 000 отрови, като се започне са водата (която убива обикновено когато се изпие в количества, надминаващи 10 l) и готварската сол (може да убие, ако се погълнат 100 g), и се стигне до полоний-210 (който убива при нищожното количество от 5 ng – много по-малко от частица прах). Повечето държави поддържат общодостъпна база данни за отровите – вж. напр. [www.gsbl.de](http://www.gsbl.de).

(От *Motion Mountain*)