

Олександр Ніконов

ФІЗИКА НА ПАЛЬЦЯХ

Для дітей і батьків,
які хочуть допомогти дітям

Перекладач Наталія Шайнога

Київ
BookChef
2018

Від доброго автора

8

ЧАСТИНА I. Із чого складається все на світі

Розділ 1. Звідки взялися атоми та яка їхня роль?	13
Розділ 2. Що таке тепло?	41
Розділ 3. З чого складається атом і взагалі цілий світ	51
Розділ 4. Найбільша в світі сила	75
Розділ 5. Чаклуни й учені	85
Розділ 6. Марійка та радіоактивність	97
Розділ 7. Як виготовити атомну бомбу в домашніх умовах	118

ЧАСТИНА II. Окрім речовини

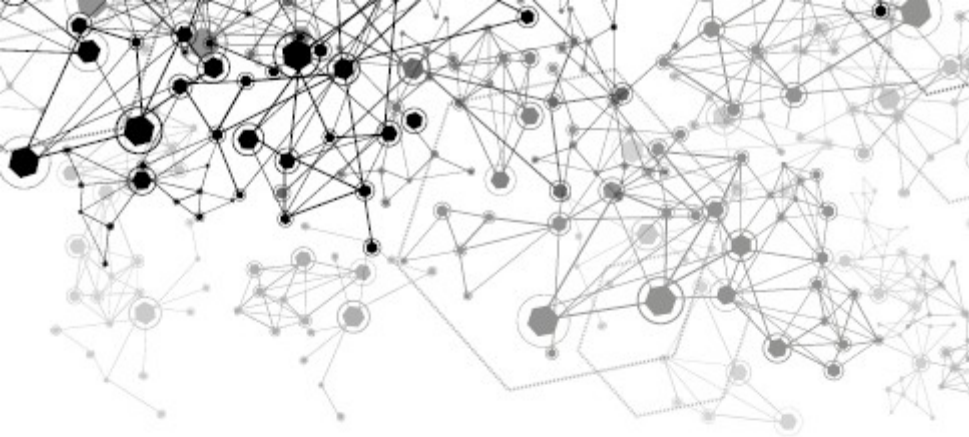
Розділ 8. Дивополе	138
Розділ 9. Суцільне хвилювання	155
Розділ 10. Хвилі-убивці та хвилі видимості	196
Розділ 11. Інше світло	221

ЧАСТИНА III. Божевільна фізика

Розділ 12. Який удар з боку класика!	234
Розділ 13. Мов чорти з табакерки!	251
Розділ 14. Звідки береться час	281
Розділ 15. Ентропія та інформація	296

ДОДАТОК

Елементи світового конструктора



Від доброго автора

Синові мого знайомого років із шість. І ось одного разу тато бадьоро звернувся до нього: «Ну, синку, запитуй у мене, що хочеш дізнатися!».

— Я наївно думав, — розповідав мені потім засмучений товариш, — що він запитає, чому вітер дме або ще якусь дурницю, а я з виглядом старого мудреця повідомлю важливу інформацію. Та син поставив три запитання: «Звідки взявся світ? Звідки взялася наша планета? Звідки взялися на ній люди?». І я зрозумів, що всіх моїх знань замало, аби відповісти бодай на одне з них.

Щоби вам не вибухати на мінах подібних запитань і не червоніти перед своїми дітьми, я й вирішив написати серію книжок з простими відповідями на їхні запитання. Книжка, яку ви тримаєте в руках, присвячена законам фізики.

Найголовніша наука — це фізика, друзі мої!

Усі науки, мов піраміда, спираються на підмурівок фізики, — хімія, біологія, психологія тощо. Адже фізика вивчає основу основ — матерію, тобто певну речовину, з якої зроблено все у світі.

— А як називається вісь піраміди, що поєднує такі різні науки?

Гарне запитання! Вісь піраміди називається еволюцією.

І науки нанизуються на цю вісь за ступенем ускладнення речовини, яку вони вивчають, із просуванням від неживої матерії (речовини) до мозку й інтелекту. Внизу — фізика. Вище — хімія. Потім — органічна хімія. Далі — біохімія. Ще вище — біологія. І довершують піраміду науки, що вивчають вищу нервову діяльність, — нейрофізіологія та психологія... Але в основі всього лежить фізика, позаяк усе зроблено з речовини, а фізика вивчає саме її. Тому я і назвав фізику найголовнішою наукою.

Однак і найстрашніша наука — теж фізика! Багато людей бояться її як вогню, вважаючи складною. Проте розуміння залежить від способу викладу. Дуже шкода, що я в дитинстві не мав такої книжки, як ця: прочитавши її, ходив би до школи з радістю, щодня дізнаватися про щось цікаве, а не відбувати 10-річний термін.

Гадаю, мою книжку читатимуть не стільки дорослі, скільки діти, тому звертатимуся до них, бо діти важливіші за дорослих. Однак раджу й дорослим

хоч би потай теж її переглянути, щоб не втрапити в халепу й не виявитися безпорадними перед несподіваним запитанням дитини, яка раптово порозумнішала.

Моя книжка допоможе дітям не боятися фізики і легко розуміти цей предмет, а дорослим додасть знань про те, чого вони не отримали в дитинстві, активно опираючись науці. Крім того, дорослим ця книжка дасть змогу трохи інакше поглянути на світ. Утім, таку особливість мають усі мої книжки.

Вирушаймо!



Із чого складається все на світі

Що таке світло? Чому не завжди шкідлива радіація? Чому небо синє, а захід сонця червоний? Як виникає блискавка, і що таке вогонь? Чому все, що далеко, здається дрібним, а наближаючись, мовби виростає? Чому світять зірки? Що таке час? Чим порядок відрізняється від безладу? Звідки береться тепло? Чому річ, залишена без уваги, рано чи пізно руйнується? Що таке тепла смерть?.. На всі ці запитання відповідає фізика.

Зазвичай вивчати фізику починають з механіки. Мабуть, тому, що так історично склалося, адже людину оточує світ твердих тіл. З них вона й почала шлях пізнання, дорогою набиваючи гупі об ті тверді предмети.

Але ми з вами почнемо з елементарних частинок. Тобто від самого початку — із найдрібніших часточок, які складають будь-яку речовину. Звісно, якщо ви не проти...



Розділ 1

**Звідки взялися
атоми та яка
їхня роль?**

Атоми придумали стародавні греки. Так склалося, ніхто не винен. Уперше думку про те, ніби всі речовини складаються з найдрібніших неподільних частинок, висловили саме мешканці Стародавньої Греції. І я вам по секрету скажу: аби дійти цієї думки, великого розуму й не треба! Стародавня Греція — дитинство людства. А будь-яка дитина може замислитися:

Що буде, коли я це ділитиму та подрібнюватиму без кінця?

Ну, наприклад, шматочок цукру або крейди? Невже процес подрібнення справді нескінченний? Якщо все на світі можна ділити до безмежно малих розмірів, то речовина складається з порожнечі? Чи все-таки колись я отримаю найменшу часточку, яку не можна ділити далі?

Але що це значить: неподільна частка? А якщо по ній щосили вдарити? Може, тоді вона й поділиться, але вже не матиме властивостей речовини, яку ми мали до поділу — ось про що йдеться.

? До речі, а що таке властивості? І якими вони бувають?

Різних речовин у світі багато. Є камінь, скло, вода, залізо, дерево, пластмаса... І у всіх речовин різні властивості: твердість, колір, щільність, або густина,

крихкість, здатність проводити електричний струм, нагріватися тощо.

Дерево плаває, а залізо тоне. Дерево горить, а залізо — ні. Залізо проводить електрику, а дерево — ні. У заліза висока теплопровідність: спробуйте запхати цвях у вогонь — він дуже швидко нагріється так, що в руці не втримаєте. А ось запалену дерев'яну паличку (скажімо, сірник) можна тримати в руках довго — поки вогонь не дістанеться до пальців. Це тому, що в дерева теплопровідність дуже низька, надто слабко воно проводить тепло. А залізо й усі інші метали — просто чудово!

А крім теплопровідності, є ще така властивість, як теплоємність. Це здатність речовини накопичувати тепло. Візьміть тонну води й тонну золота, нагрійте градусів до 50 за Цельсієм. Вода потім ще довго-довго залишатиметься теплою, а золото дуже швидко вистигне. Не тримає воно тепла. Низька в золота теплова ємність.

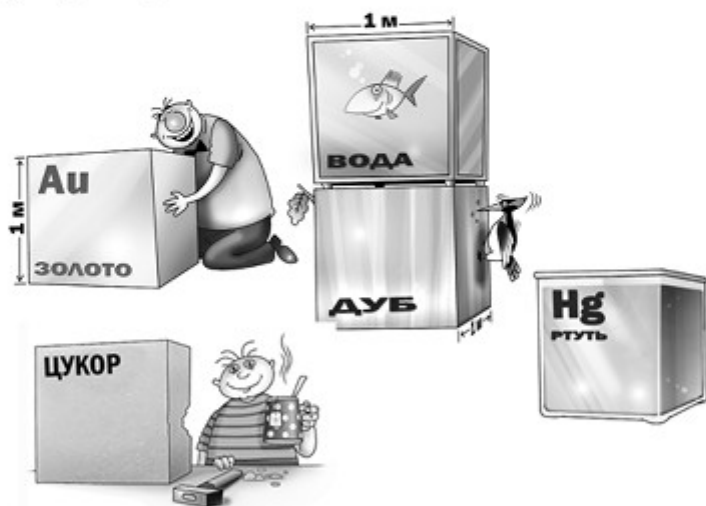
Зате воно значно щільніше за воду! Уявіть два однакові кубики із золота й води... Не знаєте, як зробити кубик з води? Ну, запитайте у тата, він допоможе — наллє води

Одна й та
сама речовина
може мати
різний стан

у спеціальну форму, схожу на вафлю, поставить у морозильну камеру, потім дістане заморожену воду у вигляді кубиків, погладить вас по голівці й один кубик віддасть вам, а решту вкине собі в склянку із соком. А коли тато буде в доброму гуморі, попросить у нього ще такий самий кубик золота. І коли тато дістане його з кишені, візьміть обидва кубики та мерщій біжіть зважувати, поки крижаний кубик зовсім не розтанув.

Результат зважування покаже, що золотий кубик приблизно у 20 разів важчий за крижаний. Двадцять крижаних кубиків урівноважили б на вагах один золотий. Це значить, що золото щільніше. Фізики кажуть так: у золота вища щільність. Щільність, або густина — це кількість речовини у певному її обсязі. Наприклад, у одній склянці, у кубічному сантиметрі або в кубічному метрі. Один кубічний метр води важить одну тону, а кубометр золота майже 20 тонн. Не кожен підніме!

Однакові кубики різних речовин мають різну масу.



золото — 19300 кг
 ртуть — 13600 кг
 свинець — 11300 кг
 сталь — 7800 кг
 алюміній — 2700 кг
 скло — 2500 кг
 цукор — 1600 кг
 вода — 1000 кг

лід — 900 кг
 дуб — 900 кг
 соняшникова олія — 900 кг
 сосна — 400 кг
 повітря — 1,3 кг
 водяна пара — 600 г
 водень — 90 г

І якщо вже говорити відверто, я вам більше скажу, друзі мої! Даремно ми потурбували тата й заморозили воду, аби вона перейшла до твердого стану. Адже щільність твердої води (льоду) відрізняється від щільності води в рідкому стані. Щільність льоду трохи менша за щільність води, тому тверда вода в рідкій воді плаває, немов дерево, — ви самі сто разів бачили, як пливе річкою крига. Дерево плаває у воді з тієї самої причини — його щільність менша за щільність води.

До речі, ось і ще одна характерна властивість речовини — температура замерзання.

Як відомо будь-якому хлопчикові, дядечкові чи дідусеві, одна й та сама речовина — вода, наприклад, — може мати різний стан. Вона може бути рідкою, коли тепло, й твердіє від холоду. І вона може бути газоподібною або, простіше кажучи, парою. Саме так називається газоподібна вода. Якщо воду налити в каструлю та нагрівати, зрештою вона вся википить, тобто перетвориться на пару. Ну то й що? Води не шкода, наллємо ще з крана.

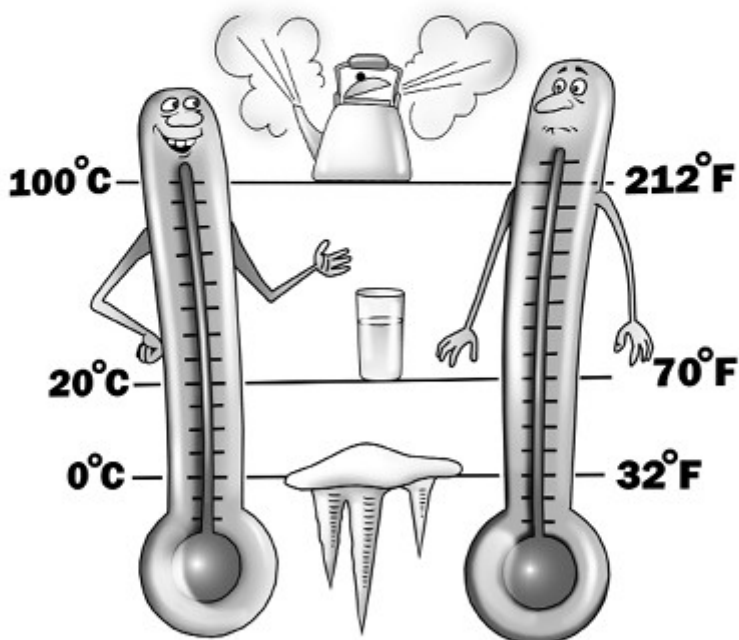
У кожної речовини своя температура замерзання (вона ж — температура плавлення). Температура замерзання/плавлення води — нуль градусів за Цельсієм. Температура кипіння — 100 градусів. Як же так? Що за дивовижний збіг? Чому так рівно — нуль і сто? Ця вода навмисно так поводить, щоб нам було зручніше? Невже сама природа про це подбала?

Звісно, ні. Просто той чоловік на ім'я Цельсій, який придумав градусну шкалу, навмисно прийняв за нуль градусів температуру замерзання, а за

сотню — температуру кипіння води. Тому нам тепер і зручно. А ось інший дядько на ім'я Фаренгейт придумав іншу температурну шкалу, вкрай незручну: за Фаренгейтом, вода замерзає за $+32^{\circ}$, а кипить за $+212^{\circ}$.

Як на мене, це доволі незручно, однак шкалою Фаренгейта успішно користуються в Америці. Там усе трохи інакше.

? Два термометри — Цельсія та Фаренгейта. Який вам більше подобається?



То чому ж Фаренгейт придумав саме таку шкалу? Я вам відповім. Замість води він заморожував суміш води, нашатирю та солі. А за сто градусів прийняв... гадаєте, температуру кипіння цієї

суміші? Ні! Температуру людського тіла. Причому цікаво, що він використовував для досліджень тіло власної дружини. На той час у неї була підвищена температура, бо жінка хворіла. Дуже непростий був цей Фаренгейт!

Загалом, температурних шкал є чимало, і всі названі на честь фізиків, які їх придумали: шкала Реомюра, шкала Кельвіна, шкала Деліля, шкала Ранкіна... Але ми з вами у побуті користуємося тільки шкалою Цельсія. Вона дуже зручна. Влітку температура за Цельсієм плюсова, взимку мінусова, все просто й звично. На вулиці мінус двадцять? Мороз! Плюс тридцять? Спека!.. А під пахвою? У здорової людини 36,6 градуса. Вище — захворів. Нижче — помер.

У різних речовин безліч найрізноманітніших властивостей. А речовин у світі ще більше. І кожна речовина характеризується своїм набором властивостей.

Далі стежте за думкою давніх греків — як вони додумалися до атомів.

Кілограм однієї й тієї самої речовини має такі самі властивості, як і півкілограма, що зрозуміло: і велике віконне скло пропускає світло, і маленьке має властивість прозорості. І короткий шматок мідного дроту пропускає електричний струм, і довгий також має електропровідність. І маленький шматок дерева плаває у воді, й великий. Властивості не залежать від розмірів.

Але чи справді не залежать?

Чи є гранично мала частинка речовини, що зберігає її властивості, але втрачає їх після дроблення, коли ми отримуємо щось інше?

Є, — вирішили греки і назвали її атомом! Мені здається, до цієї думки привели такі міркування.

Ось дивіться... З двох різних речовин можна зробити третю — з іншими властивостями, яких не мають перші дві. Ну, до прикладу, можна в розплавлену мідь додати інший метал — олово. І вийде сплав, що називається бронзою. Він має особливу твердість, якої нема ні в міді, ні в олова окремо. Бронза твердіша за мідь і твердіша за олово. Значить, якщо ми довго ділитимемо бронзу на частинки, зрештою залишиться найменша часточка, яка вже під час поділу розпадеться на мідь і олово. А бронзи вже не буде.

Логічно?

Але звідси один крок до наступної ідеї: а може, всі речовини в світі теж складаються з простіших елементів? І, можливо, елементів цих не так уже й багато? Як за допомогою кольорової мозаїки або кількох фарб можна створити безліч картин, як із нечисленних літер складаються сотні тисяч слів і мільйони різних книг, так і з обмеженого числа цих елементів складається нескінченна безліч речовин?

Цікава ідея.

Стародавня Греція — це, як я вже сказав, дитинство людства. Жодних наук у нашому розумінні цього слова тоді ще не було. Греки практично нічого не знали про будову речовини, зате багато фантазували, намагаючись силою думки проникнути в саму сутність речей. І придумали таку картину світу...

Вони вирішили, що всі найрізноманітніші речовини у світі насправді складаються з чотирьох простих елементів: землі, води, вогню та повітря. Чарівні, кумедні греки! Певна річ, вони помилялися, та їхня помилка виявилася геніальною. Греки зробили великий крок уперед — відмовилися від міфо-

логічних, релігійних пояснень і застосували до пізнання світу науковий принцип аналізу, почали говорити про речовини, що можуть взаємно перетворювати одна одну. Напрямок їхньої думки виявився правильним, і в подальшому наука підтвердила: справді, все розмаїття світу створене з найпростіших речовин, які так і називали «елементарними», або просто «хімічними елементами».

? Скільки ж існує елементарних речовин?

Не мучитиму вас, відповім одразу — близько сотні. Не так уже й мало. Багато з них ви знаєте. Золото, наприклад. Залізо. Свинець. І взагалі всі відомі метали — це хімічні елементи, тобто найпростіші речовини.

І багато газів.

А сталь? Сталь — це сплав двох елементів: заліза і вуглецю. У чистому вигляді залізо ніде не використовується, тому що воно м'яке. Вуглець же ви чудово собі уявляєте, він є основою вугілля (тому так і називається — «вуглець», тобто «народжує вугілля»). Поєднання заліза й вуглецю дає нам сталь або чавун (залежно від кількості доданого в залізо вуглецю: якщо мало вуглецю, — сталь, багато — чавун).

А повітря? Повітря, яким ми дихаємо, — теж «сплав», точніше, суміш різних газів, серед яких кисень, азот і вуглекислий газ.

Кисень і азот — хімічні елементи, тобто найпростіші речовини. А ось вуглекислий газ — речовина, що складається з двох простих елементів — кисню та вуглецю. Одна частинка вуглекислого газу — це одна частинка вуглецю та дві частинки кисню. На малюнку це добре видно.

Хіміки записують
вуглекислий газ короткою
формулою — CO_2 .
Зрозуміти формулу
просто: один атом
вуглецю (C) і два атоми
кисню (O).



? А вода складна речовина
чи елементарна?

Вода — речовина складна. У її складі два
елементарні гази — водень і кисень: одна частинка
води містить дві частинки водню й одну частинку
кисню. Найменшу частинку води називають
молекулою. І не тільки води, до речі. Так називають
найменшу часточку будь-якої складної речовини.
А найменшу частинку елементарної речовини
називають атомом. Молекули побудовані з атомів.

Так, молекула води складається з двох атомів
водню саме тому, що він народжує воду.

Молекула води —
 H_2O , тобто два
атоми водню (H)
і один атом
кисню (O).



Воду не можна дробити на крапельки
нескінченно — у підсумку в нас залишиться
найменша її частинка — молекула. І якщо розділити

молекулу води, вона розпадеться на кисень і водень. Тобто на атоми.

Ще раз: молекули зроблені з атомів. Атоми — найпростіші неподільні частинки елементарної речовини, а молекули — частинки складні, складені.

Що ж у нас виходить?

Виходить, що атоми — це дрібні деталі конструктора, з яких збирають різні речовини. Деталей досить багато, близько сотні, але все ж таки обмежена кількість. Однак із них можна зібрати тисячі, мільйони різних конструкцій!

Найскладніші молекули містяться в нашому тілі.

Вони можуть складатися з мільйонів атомів!

А як визначити, що перед нами, — елементарна речовина, чи складна? Зрозуміло: якщо йдеться про живу речовину, вона є не просто складною, а дуже, як то мовиться, «ускладненою»! А якщо ми говоримо про неживу речовину? Вода, золото, сіль, срібло, светр, гума, майонез, папір — як дізнатися, складні ці речовини, чи елементарні?

Та дуже просто! Взяти й подивитися у спеціальну табличку. Там усі деталі світового «конструктора» записані. Це дуже знаменита табличка! Її склав один розумний російський дядько на прізвище Менделєєв. Відтоді вона так і називається — таблиця Менделєєва.

Дмитро Іванович Менделєєв дуже любив займатися хімією. Крім хімії, він мав ще одне захоплення — дуже любив робити валізи.

Я взагалі рекомендую вам, якщо ви батько, купити дитині разом із географічною мапою світу таку само велику таблицю Менделєєва та повісити в дитячій кімнаті.

А якщо ви дитина, найближчої суботи рішуче візьміть тата-маму за палець, відведіть до великої книжкової крамниці та вимагайте негайно придбати таблицю Менделєєва з подальшим розміщенням її на вашій улюбленій стіні — поряд із картою світу. До таблиці потрібно час від часу підходити, уважно її розглядати, вишукувати певний елемент і читати про нього в додатку, що наприкінці нашої книжки. А потім розповідати мамі, вражаючи її неймовірними знаннями. А далі, ніби між іншим, попросіть трохи грошей на кишенькові витрати. Знання мають приносити користь!

І ще... Нехай вас не бентежить той факт, що в цій книжці про фізику ми трішки літер і часу приділимо хімії. Адже хімія має право називатися одним із розділів фізики — навіть так!

Ну, а поки у вас на стіні ще нема великої таблиці, подивіться на неї тут. Таблиця красива — ніби мозаїка. Це хімічна палітра. Це фарби, якими написано картину світу. На цифри й літери, що позначають елементи, поки не зважайте, просто, якщо цікаво, почитайте назви хімічних елементів, з яких складається цілий наш світ, — мільйони різних речовин, зірки, планети, ми. Пошукайте вже знайомі речовини. Знайдіть золото. Знайдіть свинець, срібло, залізо. Пошукайте кисень, необхідний нам для дихання.

(Хімічні елементи в таблиці скорочено позначаються літерами латинського алфавіту; це прості скорочення латинських слів. Наприклад, золото на латині «аурум», воно так і позначається — Au від латинського *aurum*. Свинець латиною «плюмбум» — Pb. Срібло — Ag від латинського «аргентум». І так далі. Запам'ятовувати не треба! Вони самі потім запам'ятаються так, що вже не зможете забути.)