



# ЧОМУ СВІТЛО ЛІКУЄ? або ПАРАДОКСИ ЛАЗЕРНОЇ БІОСТИМУЛЯЦІЇ

*У меня от беспорядка  
Закружилась голова.*

## З дитячої пісеньки

Те, що засмагати корисно, знає кожен. Але, ніжачись на сонці, мало хто уявляє, що приймає одну з найдавніших лікувальних процедур. Дійсно, лікування сонячним світлом практикувалося ще в Стародавньому Єгипті, Китаї, Греції, Римі. Для використання цілющої сили Сонця при храмах будували споруди зі спеціально обладнаними дзеркалами — прообрази сучасних соляріїв. Перші спроби наукового обґрунтування світлолікування належать **Гіппократу**, який активно пропагував сонячні ванни для лікування хвороб шкіри, нервової системи, артритів, туберкульозу тощо. Із Середніх віків до нас дійшли відомості про застосування світла для лікування віспи. У кінці XVIII ст. французький лікар **Фор** успішно лікував сонячним світлом відкриті виразки.

У 1889 році датський лікар-дослідник **Нільс Фінзен** (1860-1904 рр.) розробив принципи і методику **фотохромотерапії**, а також, використовуючи новітні досягнення електротехніки, винайшов і сконструював джерела світла з необхідними параметрами. Методика Фінзена з успіхом пройшла клінічні випробування.

Основний принцип, сформульований Н. Фінзеном на ос-

нові своєї багаторічної лікарської практики, звучить надзвичайно просто і привабливо: випромінювання різних ділянок спектру спричиняють різну терапевтичну дію. Найбільш ефективні області червоного та синього світла: *«червоний лікує усе хронічне, синій — усе гостре»*.

Роботи Н. Фінзена отримали визнання вченого світу того часу, і в 1903 році він був удостоєний Нобелівської премії в галузі медицини. Судячи з наукових дискусій в медичних журналах, ефективність методу була досить висока.

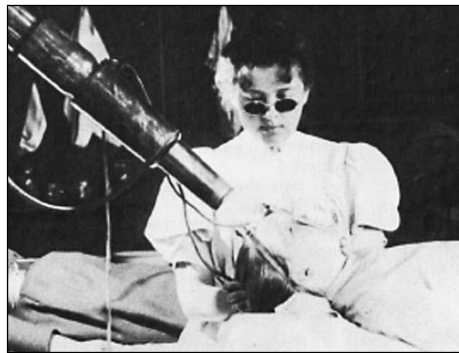


Рис. 1. Процедура фотохромотерапії.  
Фото початку XX століття

Поява принципово нових джерел світла — оптичних квантових генераторів (лазерів) — на початку 60-х років XX ст. стала потужним стимулом для відродження фототерапії в її новій якості — лазеротерапії. Першопрохідцем слід вважати угорського лікаря **Ендре Местера**, який застосував перший серійно випущений лазер для лікування злоякісних утворень.

Нині лазерна медицина міцно увійшла до нашого життя, про що свідчать численні рекламні ролики і строкаті перспективи комерційних клінік і медичних центрів, де пропонують за допомогою лазера поліпшити зір, розгладити на обличчі зморшки і, навіть, знизити вагу. У простої людини складається враження про безмежні можливості лазерних технологій в медицині.

На що ж реально здатний промінь лазера?

Умовно можна виділити **три стратегічних напрями сучасної лазерної медицини**, відмінність між якими визначається потужністю світлового потоку.

Для хірургічного застосування лазерів характерне використання високих потужностей. Наприклад, дія **«лазерного скальпеля»** заснована на прямій механічній дії високоінтенсивного випромінювання, яке дозволяє різати і зварювати тканини. Лазерний скальпель значно гостріший і точніший за свій металевий аналог, а головне — він абсолютно стерильний. Лазерний промінь можна сфокусувати в точку розміром менше за біологічну клітину, а за допомогою систем керування світловим пучком виконати ідеальний безкровний розріз будь-якої форми і складності.

Для лазерів середньої потужності яскравим прикладом ефективного застосування мо-

же служити боротьба із злоякісними пухлинами. Так звана фотодинамічна терапія заснована на використанні відкритих ще у 60-і роки *фотосенсибілізаторів* — специфічних речовин, здатних вибірково накопичуватися в клітинах (в основному, ракових). При лазерному опроміненні середньої потужності молекула фотосенсибілізатора, вибірково поглинаючи світлову енергію, переходить в активну форму і викликає цілу низку руйнівних процесів у раковій клітині, що призводять до її швидкої загибелі. Оскільки поглинання світла

відбувається вибірково, лише молекулами фотосенсибілізатора, зовнішні здорові тканини практично не ушкоджуються.

Нарешті, випромінювання низької потужності широко використовується у фізіотерапії для підвищення тону, стійкості до стресів, поліпшення роботи нервової та імунної ендокринної систем, усунення ішемічних процесів, загоєння хронічних виразок, знезараження ран та ін. Власне, саме цей напрям лазерної медицини є природним продовженням класичного світлолікування, що практикується здавна.

У той же час, з'ясувалося, що малопотужне випромінювання лазера позитивно впливає на будь-які біологічні системи різного рівня організації. Опромінене насіння рослин інтенсивніше сходять, оброблені дріжджі швидше ростуть і мають підвищену бродильну активність. Описано навіть випадки ефективного використання лазерів для підвищення відсотка здорових пташенят, що вилупилися з яєць, і збільшення надоїв молока у корів!



Рис. 2. Лазеротерапія на початку XXI ст.

Наукових публікацій, в яких повідомляється про сприятливі результати біомедичного застосування малопотужних лазерів, нараховують тисячі. Існують монографії, в яких узагальнено дані не лише в окремих областях медицини, але і в інших галузях — ветеринарії, сільському господарстві, біотехнологіях тощо.

Щоправда у більшості випадків, кінцевий біологічний ефект дії малопотужного лазерного випромінювання виявляється не надто великим — кількісні показники поліпшуються, у кращому разі, на десятки відсотків. Лазер не відкриває якісь нові можливості, а наче стимулює біосистему — окрему клітину або цілісний організм — ефективніше використовувати внутрішні резерви. Звідси і сучасна назва усього напрямку «лазерна біостимуляція» — ЛБС.

У реальності цього феномену не доводиться сумніватися. Тим більше здивування викликає той факт, що первинні процеси, які лежать в основі лазерної біостимуляції, донині залишаються практично невідомими.

Проблеми фізичних механізмів ЛБС викликають бурхливі дискусії серед фахівців. Причому, коли не висначає аргументів, заснованих на законах фізики, хімії та біології, для більшої переконливості використовують такі поняття, як «біополе», «біоплазма», «енерго-інформаційна дія», до яких, як відомо, сучасна наука ставиться дуже скептично. Автори однієї з останніх книг з цієї тематики небезпідставно стверджують: *«Наявна література по ЛБС і лазерній терапії по виразності пояснення причин*

*ефективності для біосистем лазерної дії нагадує магичні, астрологічні та екстрасенсорні публікації»*.<sup>1</sup>

Спробуємо розібратися, в чому причина. Чому, на відміну від лазерної хірургії і фотодинамічної терапії, лазерна біостимуляція досі не має чіткого наукового обґрунтування?

Оскільки йдеться про взаємодію світла з речовиною, з'ясуємо, які фізичні закономірності притаманні феномену та, зокрема, з яким елементом біологічної системи у першу чергу взаємодіє світло. У відомих фотобіологічних процесах, таких як зір, фотосинтез, утворення засмаги, механізм дії світла наступний. У біологічній системі існує світлочутлива молекула — пігмент, який здатний поглинути квант світла певної енергії і, в результаті, перейти в збуджений стан. Збуджена молекула стає хімічно активною — вона запускає ланцюжок складних біохімічних реакцій, в резуль-

<sup>1</sup> Малов А., Выговский Ю. Физика лазерной биостимуляции. — Иркутск, 2002.

таті яких і відбувається деяка біологічна подія — зорове сприйняття, потемніння шкіри, виділення кисню.

Молекула пігменту виступає в ролі первинного рецептора або, іншими словами, мішені для кванта світла. Кожен пігмент має свою специфічну спектральну смугу поглинання. Ідентифікувати пігмент можна, порівнявши спектр поглинання ізольованої молекули і спектр біологічної дії — залежність біологічної реакції цілісної системи від довжини хвилі світла. Існування структурованого спектру біологічної дії може вважатися доказом наявності первинного рецептора.

У цьому контексті пригадується теза Н. Фінзена щодо різної біологічної дії світла різних спектральних діапазонів. Чи працює цей принцип у випадку ЛБС?

При аналізі наукової літератури з'ясовується цікавий факт. Виявляється, що на початку лазерної ери переважна більшість біомедичних експериментів виконувалися з використанням одного типу лазера, а саме, гелій-неонового, який випромінював у червоній області спектру на довжині хвилі  $\lambda = 633$  нм. Лазери, що працювали в інших діапазонах видимого спектру, в наслідок своєї високої вартості і складності обслуговування, у відповідних дослідженнях застосовувалися вкрай рідко. Тому, виникло стійке (але, очевидно, помилкове) переконання, що *«найбільш біологічно ефективним слід вважати випромінювання червоної області спектру»* (типова цитата з оглядів наукової періодики 60-80-х рр. XX ст.). Звідси — численні (і безуспішні) спроби відшукати універсальну молекулу, яка б мала бути присутньою в усіх без винятку живих організмах і відповідала б за ефект ЛБС.

Проте, пізніше, коли стали доступними напівпровідникові лазери, що перекривають увесь видимий діапазон, стало ясно, що біологічна дія лазерного випромінювання майже не залежить від довжини хвилі, якщо взагалі залежить. Тобто, ключове припущення Н. Фінзена у випадку ЛБС не знайшло підтвердження.

Узагальнення численних даних про застосування напівпровідникових лазерів для ЛБС висвітило ще одну проблему. Виявляється, випромінювання напівпровідникового лазера приблизно тієї ж довжини хвилі і потужності, що і у гелій-неонового, все ж, менш ефективне. А світло від потужної лампи, пропущене через червоний фільтр, взагалі не спричиняє ніякої дії ані на насіння, ані на мікроорганізми.

Який же параметр електромагнітної хвилі, якою є і світло, відповідає за біологічні ефекти?

Випромінювання лазера відрізняється від випромінювання лампи високою когерентністю. Це проявляється, зокрема, в тому, що в гелій-неоновому лазері уся потужність світлового потоку сконцентрована в надзвичайно малому діапазоні довжин хвиль  $\Delta\lambda$ . Відносна ширина лінії випромінювання  $\lambda/\Delta\lambda$  досягає значень  $10^{11}$ - $10^{12}$ . У напівпровідникових лазерів ця величина не перевищує  $10^5$ . Світло від лампи розжарювання, пропущене через вузькосмутовий фільтр, характеризується відносною шириною лінії випромінювання ще на 1-2 порядки меншої. Отже, уся справа в когерентності? Неодноразово висловлювалося і таке припущення відносно фізичної природи ЛБС. На жаль, воно не є конструктивним, оскільки за красивим терміном *«когерентність»*, як правило, не пропонується жодної реальної моделі.

Зрештою, до наукового вжитку увійшов розпливчатий вираз *«неспецифічна дія»* лазера на біологічні системи. Для фахівців цей термін означає, що, по-перше, єдиного універсального молекулярного рецептора, швидше за все, не існує, а по-друге — питання про первинні процеси залишається відкритим.

Пошуки фізичних механізмів феномену ЛБС тривають, щоправда, з меншим, ніж раніше, ентузіазмом. Нині вважається, що різних фізичних і хімічних механізмів перетворення енергії лазерного випромінювання, що впливають на функціональний стан живих систем, може бути багато, і далеко не всі з них відомі. Висловлюється навіть побоювання, що ланцюжок «відкриттів» усе нових і нових часткових явищ, відхід в «глибину» проблеми, може послужити погану службу для лікарської практики.

А чи так вже необхідно «глибоко копати»? Чи не можна до проблеми ЛБС підійти не з позицій біологічного мікросвіту, а якийсь по-іншому?

Давайте спробуємо змінити точку відліку. Для цього повернемося до аналізу незвичайних властивостей ЛБС. У переважній кількості публікацій відзначаються суто позитивні для біологічної системи наслідки дії малопотужного лазерного випромінювання. Наприклад, опромінення лазерним світлом рани, сприяє її швидкому загоєнню. Можна було б припустити, що світло лазера має бактерицидну дію на кшталт кварцових ультрафіолетових ламп. Проте, опромінення ізольованих хвороботворних бактерій у кращому разі не пригнічує їх зростання, а частіше, навпаки, також діє на них сприятливо. Як вирішити це протиріччя?

Виявляється, що незалежно від первинного механізму взає-

модії, ЛБС стимулює широке коло регуляторних і компенсаторних процесів, які сприяють «загоєнню» і оптимізації параметрів організму, зокрема і активізації вироблення антитіл, що пригнічують зростання хвороботворних бактерій. Чим вище рівень організації біосистеми, тим більш злагоджено функціонують її складові. Позитивна дія лазера на багатоклітинний організм багаторазово перебиває таку ж дію на ізольовану клітину.

Ще одна особливість ЛБС полягає в тому, що статистично достовірний біологічний ефект лазерного випромінювання малої потужності виникає лише за цілком певної дози. Доза дорівнює енергії випромінювання, яку поглинула одиниця маси біологічної тканини. Вона пропорційна добутку інтенсивності на час опромінення. При зменшенні або збільшенні дози ефект зменшується або пропадає зовсім (рис.3).

У цьому принципова відмінність ЛБС від фотобіологічних явищ, де залежність від дози носить накопичувальний характер. Наприклад, чим довша дія сонячного світла або вища його інтенсивність, тим інтенсивніший фотосинтез і більше виробляється рослинної маси. Крива з явно вираженим максимумом ефекту свідчить про існування в системі деякого механізму контролю і регулювання її взаємин з довкіллям.

Зазначені особливості ЛБС неминуче підводять до думки про те, що лазерне випромінювання взаємодіє з високоорганізованою, відкритою системою, в якій є складна мережа взаємодій і зворотних зв'язків, що підтримують її в стаціонарному стані. Фундаментальний принцип функціонування живих систем — самоконтроль свого стану і самокорекція параметрів у разі його порушення або збою. Таку здатність біоло-



Рис. 3. Узагальнена залежність величини біологічного ефекту лазерного випромінювання від дози

ги називають *гомеостазом*. Отже, спроби розібратися у фізичній суті ЛБС приводять нас до необхідності використовувати закони функціонування складних систем, перейти від мікро- до макрооб'єктів.

Підійдемо до вирішення цієї непрості проблеми з де-що несподіваної сторони. Полишимо на деякий час лазери, молекули і фотохімічні перетворення, а спробуємо відповісти на питання: навіщо ми їмо?

Зазвичай, передбачається два варіанти відповіді.

**По-перше** — з їжею в організм потрапляє необхідний будівельний матеріал. Наші тіла, що здаються такими цілісними, безперервно оновлюються. Одні клітини помирають, їм на зміну з'являються нові. Швидкість відновлення залежить від виду клітин і загальної інтенсивності обмінних процесів. У середньому наша плоть майже повністю оновлюється за 4-5 років. І м'язи, і шкіра, і кістки — усе, за винятком нервових клітин. Одні тканини швидше, інші повільніше.

Мертві клітини утилізуються. Це дає якусь енергію і частину матеріалу (передусім білків) для нових клітин. Деяка кількість білків синтезується мікрофлорою кишечника з неперетравлених сполук. В особливих умовах (при голодуванні, наприклад, або під час спеціальних дихальних вправ) білки мо-

жуть утворюватися і в звичайних клітинах з вуглекислоти, води і азоту. Але, в основному, будівельний матеріал надходить з їжею. З нею ж постачаються і «допоміжні» сполуки — мікроелементи, що забезпечують перебіг багатьох реакцій, впливають на імунітет та інші функції.

**По-друге** — для людей їжа служить головним джерелом енергії. Органічні речовини продуктів, окислюючись, вивільняють свої приховані сили — хімічну енергію. За її рахунок ми підтримуємо температуру тіла, рухаємось, синтезуємо необхідні речовини, одним словом, живемо.

Енергія в органічних сполуках з'явилася не сама собою. Рослини отримали її від Сонця завдяки фотосинтезу, коли з неорганічних речовин виробляються білки, жири і вуглеводи. Тварини «наростили м'ясо», поїдаючи рослини або інших тварин. Таким чином, уся наша їжа, в певному розумінні, вироблена Сонцем.



Ервін Шредінгер (1887-1961)

Ще один, **третій** варіант відповіді запропонував **Ервін Шредінгер** (1887-1961) — видатний вчений ХХ століття, лауреат Нобелівської премії з фізики, один із засновників квантової механіки. У 50-і роки він написав невелику книжку «Що

**таке життя? З погляду фізики»,** яка стала значною подією, знаменною віхою в розвитку науки про Живе. Серед інших тем, вчений порушив питання термодинамічних основ життя.

Такий підхід є цілком закономірним, оскільки живий організм — це, передусім, енергетична система, де діють ті ж закони термодинаміки, що і в неживій природі. Для того, аби краще зрозуміти суть міркувань знаменитого фізика, необхідно згадати, про що говорить друге начало термодинаміки, і що таке *ентропія*.

Історично відкриття другого начала термодинаміки пов'язане з вивченням питання про максимальний коефіцієнт корисної дії теплових машин, чим займався французький вчений **Саді Карно**. Пізніше **Р. Клаузіус** та **У. Томсон (лорд Кельвін)** запропонували різні за формою, але еквівалентні формулювання другого начала термодинаміки. Згідно з формулюванням Клаузіуса, це *неможливий процес, єдиним результатом якого був би перехід теплоти від тіла з нижчою температурою до тіла з вищою температурою*.

Томсон сформулював друге начало термодинаміки таким чином: *неможливий періодичний процес, єдиним кінцевим результатом якого було б здійснення роботи за рахунок теплоти, узятій від одного якогось тіла*. Іншими словами, *кінетична енергія теплового руху молекул не може бути повністю перетворена в корисну роботу*.

Друге начало термодинаміки пов'язане безпосередньо з незворотністю реальних теплових процесів. Енергія теплового руху молекул відрізняється від усіх інших видів енергії — механічної, електричної, хімічної тощо. Енергія будь-якого виду, окрім енергії теплового руху молекул, може повністю

перетворитися на будь-який інший вид енергії, зокрема і в енергію теплового руху. В той же час, зворотне перетворення може бути лише частковим. Тому будь-який фізичний процес, в якому відбувається перетворення певного виду енергії на тепло, є незворотнім.

Загальною властивістю усіх незворотніх процесів є те, що вони протікають у термодинамічно нерівноважній системі, і в результаті цих процесів замкнена система наближається до стану термодинамічної рівноваги. При цьому частина вільної енергії системи (тобто тієї енергії, за рахунок якої може здійснюватися робота при постійній температурі) втрачається як тепло. Наприклад, якщо виконується механічна робота, то частина витраченої на неї вільної енергії втрачається при терті. Для означення цієї непродуктивної частини внутрішньої енергії, яка розсіялася, деградувала в тепловій формі і не може вже бути використана для здійснення роботи, ввели спеціальну термодинамічну функцію — **ентропію** (від грец. *ἔντροπία* — поворот, перетворення).

Важливо підкреслити, що неупорядкованість теплового руху молекул з часом тільки збільшується. Замкнена система може розвиватися тільки у бік збільшення безладу. Тому ентропію називають мірою безладу, а друге начало термодинаміки часто формулюють так: *у замкненій системі ентропія з часом збільшується*.

Важливість поняття ентропії особливо чітко проявляється при розгляді застосовності другого начала термодинаміки до проблеми Життя. Жива система значну частину життя ускладнює свою організацію. У багатьох її процесах енергія переходить з нижчого на вищий рівень. Так, наприклад, відбувається при фотосинтезі, де з про-

тих, бідних енергією сполук вуглекислоти і води за участю квантів світла синтезуються речовини (наприклад, вуглеводи), що містять значний запас вільної енергії. Ентропія в таких процесах, очевидно, зменшується.

З іншого боку, жива система виділяє в навколишній простір тепло, тобто, як будь-яке нагріте тіло прагне до рівноважного стану з тілами, що оточують його. А термодинамічна рівновага — це смерть.

Як здолати це протиріччя?

Е. Шредінгер з цього приводу пише:

*«Саме тому, що організм уникає швидкого переходу в інертний стан «рівноваги», він здається загадковим. Настільки загадковим, що з прадавніх часів людська думка припускала дію в організмі особливої, не фізичної, а надприродної сили.*

*Яким чином живий організм уникає переходу до рівноваги?*

*Відповідь досить проста: завдяки тому, що він живиться, дихає і асимілює (рослини). Для цього є спеціальний термін — метаболізм (грецьке слово *μεταβολή* означає «обмін»). Обмін чого? Спочатку, без сумніву, йшлося про обмін речовин. Але представляється безглуздістю, що головним був саме обмін речовин. Будь-який атом азоту, кисню, сірки такий же гарний, як і будь-який інший атом того ж елемента.*

*Що ж досягається їх обміном? Одночасно наша цікавість задовольнялася твердженням, що ми живимось енергією. Годі і говорити, що це теж безглуздість, бо в дорослому організмі вміст енергії сталий, як і вміст матерії. Кожна калорія, звичайно, має ту ж цінність, що і будь-яка інша, тому не можна зрозуміти, чим може допомогти простий обмін цих калорій. Що ж тоді складає те дорого-*

цінне щось, таке, що міститься в нашій їжі, що оберігає нас від смерті?

Кожен процес, явище, подія — усе, що відбувається в Природі, означає збільшення ентропії в тій частині Всесвіту, де цей процес, явище, подія має місце. Так і живий організм безперервно збільшує свою ентропію, або, інакше, виробляє позитивну ентропію і, таким чином, наближається до небезпечного стану максимальної ентропії, що представляє собою смерть. Він може уникнути цього стану, тобто залишатися живим, тільки постійно витягаючи з довкілля негативну ентропію. Негативна ентропія — це те, чим організм живиться.

Негативна ентропія є сама по собі міра впорядкованості. Насправді, у вищих тварин ми добре знаємо той вид впорядкованості, яким вони живляться, а саме: високовпорядкований стан матерії у складних органічних сполуках служить їм їжею. Після використання тварини повертають ці речовини в дуже деградованій формі, проте не цілком деградованій, оскільки їх ще можуть споживати рослини».

Отже, за Е. Шредінгером, організм підтримує себе на постійно високому рівні структурної і функціональної впорядкованості завдяки витяганняю впорядкованості з довкілля. Це твердження не слід тлумачити буквально. Правильніше сказати: організм самостійно формує порядок усередині себе, отримуючи ззовні «будівельний матеріал» потрібної міри впорядкованості, що, власне, і закладено в терміні «негативна ентропія».

Ідеї Шредінгера не лише дозволили вирішити протиріччя між законами еволюції і другим началом термодинаміки. Ентропію стали використовувати як критерій здоров'я організму.

Здоровий стан біологічної системи — людського організму — це стан гомеостазу. Тобто це такий стан, коли найважливіші параметри, які характеризують діяльність людського організму, наприклад, температура, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень (пульс), вміст цукру і холестерину в крові тощо — перебувають в жорстко заданих рамках. Їх перебування в цих рамках визначається складним механізмом зворотних зв'язків біологічної системи. Якщо людина захворіла, то частина цих параметрів виходить за межі гомеостатичних значень. Більша різноманітність значень змінних системи — це односторонньо підвищення ентропії біологічної системи. Отже, ентропія хворого організму вища, ніж у здорового.

У такому разі цілком слушним є питання: чи не можна оздоровити організм, штучно знизивши його ентропію? Наприклад, за допомогою введення в нього негативної ентропії? А якщо можна, то як це ефективніше зробити? Навряд чи з цією метою можна змусити людину з'їсти навіть найякісніших продуктів більше, ніж дозволяє його система травлення.

Тут ми повертаємося до нашої первинної теми. На думку вчених, що вивчають фундаментальні аспекти ЛБС, саме лазерне світло і могло б служити таким інструментом.

Що можна сказати про ентропію лазерного випромінювання?

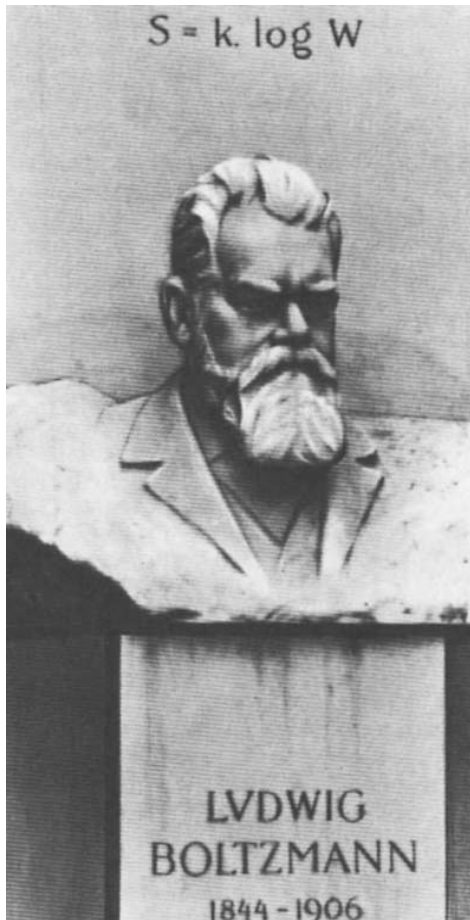
У ентропії, окрім термодинамічного, існує ще одне — інформаційне — тлумачення. Во-



У повсякденному житті термін «ентропія» часто використовується як синонім безладу. (Напис на дверях: «Відділ ентропії»)

но ґрунтується на ідеях Л. Больцмана, який встановив, що зростання ентропії обумовлене переходом системи з менш вірогідного стану у більш вірогідний. Австрійський вчений вивів знамениту формулу, що зв'язує ентропію з вірогідністю:  $S = k \cdot \log \omega$ , тут  $k$  — стала Больцмана,  $\omega$  — «термодинамічна ймовірність» — число способів, якими може бути реалізований стан системи. Ідея Больцмана надихнула вчених використовувати ентропію для опису інформаційних потоків або, простіше, сигналів.

Інформаційну ентропію зазвичай визначають як міру хаотичності інформації. Наприклад, світло лампи розжарювання, якщо його розглядати як деякий умовний сигнал, містить нескінченну кількість складових у видимій та інфрачервоній ділянках спектру електромагнітних хвиль. Фактично, це шум з дуже високою інформаційною ентропією. І, навпаки, когерентне лазерне світло містить лише одну монохроматичну компоненту. Інформаційна ентропія його мінімальна.



Надгробок на центральному кладовищі Відня.  
Згори — вигравійована формула  
Больцмана

Чи не може впорядковане світло лазера відновити порушений хворобою порядок в організмі?

На думку вчених, така постановка питання цілком правомірна. Але, знову ж таки, не слід розуміти буквально, що «синусоїда» монохроматичної світлової хвилі чинить пряму лікувальну дію. Може йтися про складний ланцюжок пов'язаних фізико-хімічних процесів, за допомогою яких електромагнітна світлова хвиля синхронізує певні біохімічні або клітинні реакції.

Хоча концепція лікування організму «негативною ентропією» дуже далека від остаточної наукової теорії, багато її положень лягли в основу так званої «інформаційної» медицини, до якої відносять гомеопатію, голкотерапію та інші нетрадиційні методи лікування.

*PS. Ідеї Е. Шредінгера допомагають краще усвідомити визначальну роль Сонця у підтримці Життя на Землі. Це джерело не лише тепла і світла, але ще і негативної ентропії. Формально, наше світило — це розжарене до високої температури тіло, яке випромінює електромагнітні хвилі у надзвичайно широкому діапазоні: від радіо- до гамма-випромінювань.*

*У відкритому Космосі випромінювання Сонця характеризується високою інформаційною ентропією. Але земна атмосфера має різну прозорість для різних спектральних складових потоків сонячної енергії. В результаті, земні рослини і тварини сприймають сигнал, інформаційна ентропія якого значно нижча, ніж у відкритому космосі.*

**А.В.Якунов,**

кандидат фізико-математичних наук,  
кафедра оптики фізичного факультету  
Київського національного університету

## ЗАДАЧІ ДЛЯ КМІТЛИВИХ

**Математика** — це наука, в якій стикаються два типи мислення — художнє, образне і точне, логічне.

**Цей неповторний сплав робить математику галуззю, що займає особливе місце в людській культурі.**

**Мабуть, за витонченістю з нею може змагатися тільки музика.**

Відомий математик, що нещодавно пішов з життя,

**І.М. Гельфанд** часто говорив своїм учням:

**«Задачі вчать не менше за правила».**

Йому приписують ще й такий вислів: **«Теорії як приходять, так і йдуть, а задачі залишаються».**

Відшукайте витончені розв'язання наступних завдань.

**9.1.** При множенні на 4 чотиризначного числа, всі цифри якого різні, одержуємо число, записане тими ж цифрами, але в зворотному порядку. Яке ж це число?

**9.2.** До числа 1989 припишіть по цифрі ліворуч і праворуч так, щоб вийшло шестизначне число, яке ділиться на 88.

**9.3.** Набір важків складається з 30 гирьок з масами 1 г, 2 г, 3 г, ..., 30 г. З набору прибрали 10 гирьок, загальна маса яких дорівнює третині загальної маси всіх гирьок.

Чи можна важки, що залишилися, розкласти на дві чашки вагів по 10 штук на кожну так, щоб ваги були в рівновазі.

**9.4.** Розв'яжіть арифметичний ребус (O + C + I + H + Ь) 3 = OCINH. Однаковим буквам відповідають однакові цифри, а різним буквам — різні.

**9.5.** Визначте, чому дорівнює сума чисел у десятому рядку арифметичного трикутника, побудованого за таким принципом: у вершині (перший рядок) стоїть одне число 1, у другому рядку розташована сума двох чисел 2 + 3, у третьому рядку записана сума трьох наступних чисел — (4 + 5 + 6). У четвертому рядку — сума (7 + 8 + 9 + 10). У п'ятому рядку — сума п'яти наступних чисел — (11 + 12 + 13 + 14 + 15) і так далі.

Може ви зумієте визначити і суму чисел у сотому рядку і взагалі в n-му рядку?