

Физика и биология – факти

Ефективността на молекулярните мотори

Птица с маса 300 g и размах на крилете 60 cm при летене със скорост 15,1 m/s развива мощност едва 34 W. Това е еквивалентно на разход на енергия, съдържащ се в 0,058 g мазнини на километър. Би ли могла тази птица да прелети до Африка без да се храни?

Оказва се, че молекулярните мотори, които функционират в мускулите, са изключително ефективни. Така например тъмният средиземноморски буревестник (*Puffinus griseus*) – птица, дълга около 45 cm прелита годишно около 74 000 km (без малко две дължини на екватора!), като регистрираният рекорд за дневен полет е 1094 km.

Слонът – със задвижване 4x4

Известно е, че има леки коли с различни задвижвания: при едни водещи колела са предните, при други – задните, а има и по-скъпи модели, при което задвижването е “4x4”, т.е. всяко от четирите колела е водещо. Във всички случаи спирачки има на всяко от колелата.

Как стои този въпрос при четириногите животни? Като правило, “задвижващи” при тях са задните крака, а функцията спиране се поема от предните. С едно единствено изключение – слонът! Оказва се, че действието на краката на това наглед трмаво животно е организирано по системата 4x4: както предните, така и задните крака на слона могат да му придават и ускорение за движение напред, и да го спират. Това, разбира се, не е без връзка с факта, че слонът е единственото животно с четири колена.

Широко разпространено е мнението, че хората с по-добра топлоизолация – пълните хора – по-добре понасят студа. Следва да се има предвид обаче, че мастните тъкани, макар и лоши проводници на топлина, изолират от външните температури вътрешните телесни органи, които са далеч от кожата. Рецепторите за топло и студено обаче се намират на повърхността на тялото, така че един пълен човек може да чувства студа по-силно, отколкото един слаб човек. С други думи трябва да правим разлика между усещането за студ и възможността да настинем.

Биологично оръжие

(или как пчелите използват първия принцип на ТД)

Пчелите унищожават нападащите кошерите им стършелци, като стотици от тях заобикалят в плътно кълбо нашественика. Интензивното трептене на крилата на пчелите дотолкова повишава температурата в центъра на кълбото, че стършелът буквално се изпича. При това самите пчели, като по-издръжливи на високи температури, не страдат.

Така пчелите, които едва ли имат представа за първия принцип на термодинамиката, успешно го използват за защита: извършената от крилата им работа увеличава вътрешната енергия на въздуха.

Впечатляващ пример за броя на атомите в човешкото тяло

Популярната литература изобилства с примери, които илюстрират колко невъобразимо голям е броят на атомите в макротелата. Ето един от тях.

Известно е, че атомите, които изграждат молекулите в човешкия организъм, непрекъснато се обновяват: един конкретен въглероден атом се изхвърля, замества се с друг, същото става и с атомите на останалите елементи, които изграждат нашето тяло.

Може да се каже, че в преклонната си възраст на атомно равнище ние сме напълно “рециклирани”: атомите, от които сме изградени, са съвсем различни от онези, които са ни изграждали на младини. А количеството им е толкова голямо и те така бързо се разнасят в природата, че по време на живота на един съвременник през тялото му минават поне милиард атоми, които някога са “принадлежали” на Шекспир, друг милиард е бил в тялото на Буда, трети – на Чингиз Хан и т. н. (Тук, разбира се, става дума само за личности, живели отдавна, защото на атомите е необходимо известно време, за да се разпространят навсякъде. Не може да се надявате например, че непременно у вас присъстват атоми, принадлежали някога на Айнщайн.)

Брой на клетките в човешкото тяло – $10^{15\pm 1}$.

Брой на бактериите, живеещи в човешкото тяло – $10^{16\pm 1}!!!$

Брой на капилярите в човешкото тяло

Броят на капилярните съдове в кръвоносната система на човек може да се оцени, като се има предвид, че сърцето напумпва в тази система кръвта със скорост $v = 0,1$ l/s, типичният капиляр има диаметър, приблизително колкото едно кръвно телце – $d = 7$ μm , а скоростта на кръвта в капилярите е около $u = 0,5$ mm/s. При това положение търсеният брой N е:

$$N = \frac{v}{\frac{\pi}{4}d^2u} \approx \frac{0,0001\text{m}^3/\text{s}}{(0,000007\text{m})^2 0,0005\text{m}/\text{s}} \sim 4 \cdot 10^9.$$

Всъщност броят на капилярните съдове е по-голям, защото във всеки един момент известна част от тях са затворени.

Чудовищното чувствителност на ухото

Ухото е орган с чудовищно голяма чувствителност! Човешкото ухо може да регистрира промени на налягането от само 20 $\mu\text{Pa}!!!$ Това означава, че то е способно да възприеме като звук механична вълна с интензитет $I_0 \approx 0,5 \cdot 10^{-16}$ W/cm². За да добиете представа колко нищожна е тази величина, можете сами да пресметнете, че същата големина има потокът на светлинната енергия, която за 1 s преминава през 1 cm², поставена на 1000 km от 10-ватова крушка (разбира се – във вакуум).

Ухото се отличава не само със своята чувствителност. Известно е, че ние чуваме звуци с дължина на вълната от 17 m (20 Hz) до 17 mm (20 kHz), т.е. един обхват от 10 октави. В този интервал със своите от 16 000 до 20 000 клетки-власинки във вътрешното ухо ние можем да различим по височина най-малко 1500 тона. Тъй като в 1 октава има 7 интервала между тоновете, 10 октави съдържат около 700 интервала, а това означава, че различаваме най-малкото полутоновете. В областта на най-добрата си чувствителност обаче, използвайки специален механизъм, ухото е в състояние да долови разликата във височините на два тона с честоти съответно 400 Hz и 401 Hz.

Високата чувствителност на ухото може да се използва за *слушане* на светлината. За целта вземете празно бурканче от лютеница с обем около 750 ml. Като го държите така, че оста му да бъде хоризонтална, с помощта на горяща свещ почернете вътрешната горна половина на стъклото, като оставите долната прозрачна. Затворете бурканчето с капачката и пробийте в нея отвор с диаметър 2–3 mm. Доближете ухото си до отвора, а отдолу осветете обърнатото с почернената стена нагоре бурканче с 50 ватова крушка. Ще чуете звук с честота 100 Hz. Той се дължи на фотоакустичния ефект: минималните периодични флукуации на интензитета на светлината предизвикват периодично нагряване на въздуха около почернената повърхност, а това поражда звук. Опитът е описан в:

M. Euler Kann man Licht horen?, *Physik in unserer Zeit* **32**, pp. 180–182, 2001.

Най-гръмогласното животно

Най-гръмогласното животно в природата е синият кит, *Balaenoptera musculus*. Неговите звуци се чуват на разстояние от стотици километри!

За зрението при човека и другите животни

От всички бозайници само приматите притежават *цветно зрение*. Биковете, например, нямат такава – те не различават червено от синьо. От друга страна най-добро цветно зрение измежду животните имат птиците. В ретината си те имат цветни рецептори за червен, син, зелен, ултравиолетов и, в зависимост от птицата, за до още три групи от цветове. Очите на някои птици (но не на много) притежават и по-добра разделителна способност, отколкото очите на човека. Няколко птици имат и по-бърза времева разделителна способност: човек възприема непрекъснато движение, когато образите се сменят с честота, по-голяма от 30 до 70 Hz (в зависимост от съдържанието на картината). Някои насекоми възприемат като отделни картини образи, които се сменят с честота до 300 Hz.

Хората са *единствените* примати с *бели* очи. Всички човекоподобни маймуни имат *кафяви* очи, така че по положението на очите не е възможно да се определи накъде е насочен погледът им. Маймуните усилено използват това обстоятелство: те често обръщат главата си в една посока, правейки се, че гледат нанякъде, но всъщност извъртат очите си в друга посока. С други думи кафявите очи са подходящи за въвеждане на противника в заблуда. Същия ефект хората постигат чрез използване на тъмни очила. Така че ако видите човек с тъмни очила когато няма слънчева светлина, знайте, че той се държи като маймуна.

Още веднъж за бактериите в човешкото тяло

Когато стане дума за бактерии в съзнанието ни обикновено изниква образ на врагове на човека. Всъщност, ние имаме нужда от бактериите, за да живеем. По днешни оценки около 90% от бактериите, които живеят в устата на човек, не са изучени. За сега са изолирани около 500 вида. Тези полезни бактерии подпомагат защитата ни срещу по-опасни разновидности. Бактерии също подпомагат храносмилането и ни защитават от болести. И ако броят на клетките в човешкото тяло се оценява от 10^{13} до $5 \cdot 10^{13}$, то броят на бактериите в човешкото тяло се оценява на 10^{14} . (Малко по-горе бяха приведени малко по-големи числа, но при същото съотношение между брой бактерии и брой клетки.) Т.е. в човешкото тяло има повече бактерии, отколкото човешки клетки! Въпреки това, оценката за общата маса на бактериите в човешкото тяло е само около 1 kg, тъй като средно една бактерия е много по-малка от една клетка.

По *Motion Mountain*

Окото

В ретината има около 126 милиона отделни детектора на фотони. Повърхнинната им плътност е възможно най-високата, която има смисъл при дадения диаметър на очната леща. Тази плътност осигурява разделителна способност от $1'$ и способност да регистрира само по 60 фотона, *попадащи* в него за интервал от 0,15 s, което прави 4 *погълнати* фотона за същия времеви интервал.

Окото съдържа 120 милиона високочувствителни общи детектори за интензитета на светлината – *пръчиците*. Именно те са отговорни за споменатата висока чувствителност. Пръчиците не различават цветовете. Преди края на 20. век направените от човека детектори с подобна чувствителност можеха да действат само при температура на теч-

ния хелий, тъй като технологиите не позволяваха направата на детектор, чувствителен колкото човешкото око при стайна температура.