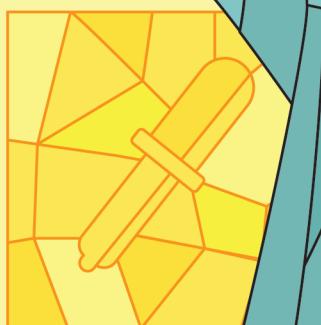
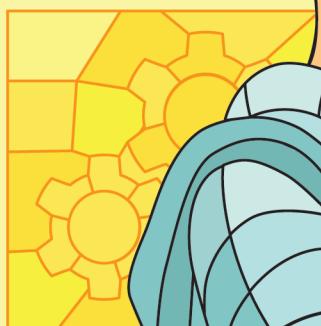
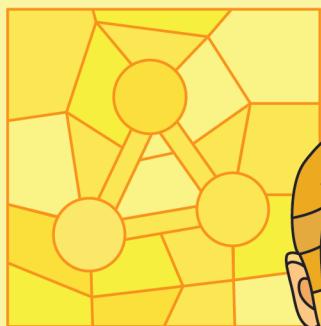
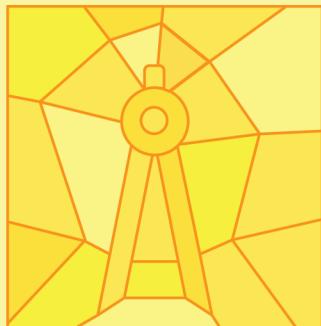


РАМУЧКА



МАТЭМАТЫКА

748 станаў машины
Т'юрынга

ФІЗІКА

Вынаходніцтва
маятнікавага гадзінніка

ФІЗІКА

Светлае мінулае,
сучаснасць і будучыня

ФІЗІКА

Лазернае кіраванне
маланкамі

БІЯЛОГІЯ

А ўсё-такі яны
аднаўляюцца!

БІЯЛОГІЯ

Мідыхларыяны як ёсць.
Эпізод I «Квашаная капуста
і цэльназерневы хлеб»

АСТРАНОМІЯ

Чалавецтва збіраецца
вярнуцца на Месяц

АРХЕАЛОГІЯ

Чым ёсць археалогія і
чым не ёсць

ПАЛЕАНТАЛОГІЯ

Дыназауры. З чаго ўсё
пачалося

МАСТАЦТВА

Што такое чырвонае і
сініе зрушэнны?

РАМҮЛКА

Вітаем цябе, чытачу!

Гэта другі нумар РАМҮЛКА ZIN!

Мы вельмі цешымся, што да каманды стваральнікаў далучаюцца новыя навукоўцы, мастакі і фатографы! І мы будзем радыя кожнаму новаму ўдзельніку!

Гэты нумар мы прысвячаем Юру Адамаву, які цяпер за кратамі ў Беларусі. Ён палітычны вязень. І як вы ведаце, такіх як ён вельмі шмат. Мы падтрымліваем Юру, бо ён наш сябар і сустваральнік зіну. І сваім прыкладам заахвочваем кожнага з вас падтрымліваць палітычных вязняў, людзей за кратамі, якія змагаюцца і пакутуюць за сваю ды нашую волю і аўтаномію.

Юра – класны чалавек і выбітны адмысловец. І каб вы ацанілі ягоны ўзровень ведаў, распавядаем. Вучыўся тэарэтычнай фізіцы ў БДУ, пасля атрымаў PhD ва ўніверсітэце Ўорыку (Англія) у кірунку «фізіка кандэнсаваных станаў». Рабіў Postdoctoral-даследаванне ў Брукгэйвенскай нацыянальнай лабараторыі (штат Нью-Ёрк, ЗША) аб удасканаленні лікавага мадэлявання для молчна карэляваных сістэм. І яшчэ адно Postdoctoral-даследаванне – у тэорыі фізікі кандэнсаваных станаў у Тэхаскім універсітэце А&М (ЗША). І пры гэтым Юра пастановіў жыць у Менску і падтрымліваў шмат грамадскіх ініцыятываў: ад роварных арганізацый да гакерспэйсаў!

Свабоду Юру Адамаву і ўсім палітзняволеным!

Над зінам працавалі:

МЕНЕДЖАРКА СУПОЛЬНАСЦІ
Света Волчак

ПЕРАКЛАДНІЦА, РЭДАКТАРКА
Настасься Кахан

ДЫЗАЙН, ВЁРСТКА
Паліна Лістапад

РАМҮЛКА • НАДРУКАВАНА Ў ПОЛЬШЧЫ • 2023

Ідэя і аўтарства ілюстрацыі на вокладцы:
Аляксандра Давыдзенка

Наконт усіх пытанняў пісаць на
ratyulka.zin@gmail.com

ЗМЕСТ

• МАТЭМАТЫКА	
748 станаў машыны Т'юрынг'a	4
• ФІЗІКА	
Вынаходніцтва маятнікавага гадзінніка	11
• ФІЗІКА	
Светлае мінулае, сучаснасць і будучыня	20
• ФІЗІКА	
Лазернае кіраванне маланкамі	23
• БІЯЛОГІЯ	
А ўсё-такі яны аднаўляюцца!	27
• БІЯЛОГІЯ	
Мідыхларыяны як ёсць. Эпізод I «Квашаная капуста і цэльназерневы хлеб».....	33
• АСТРАНОМІЯ	
Чалавецтва збіраецца вярнуцца на Месяц	37
• АРХЕАЛОГІЯ	
Чым ёсць археалогія і чым не ёсць	42
• ПАЛЕАНТАЛОГІЯ	
Дыназауры. З чаго ўсё пачалося	45
• МАСТАЦТВА	
Што такое чырвонае і сініе зрушэнні?	51



748 СТАНАЎ МАШЫНЫ Т'ЮРЫНГА

Юры Адамаў

ІДЕЯ І АЎТАРСТВА ФАТАГРАФІЙ: Косця НЕЛАКУ



АЎТАРА ГЭТАГА АРТЫКУЛУ, СЯБРА И
СУСТВАРЛЬНІКА РАМЫЛКА ЗІН ЮРУ
АДАМАВА ЗАТРЫМАЛІ 10.03.2023.
На момант выдання другога нумару зіну ЮРУ застасеца ў зняволені.
Але, калі быў на волі, ён сам пісаў
взнямі пра фізічныя і матэматычныя
цікавінкі! Нашая рэдакцыя алічбавала
адзіны артыкул, які мы мелі,
дзякуючы таму, што ЮРУ қалісці
даслаў нам фота свайго ліста.

Атрымайце асалоду ад чытання і
цяпер у сваю чаргу напішыце ЮРУ:
СІЗА-1, ВАЛАДАРСКАГА 2, 220030,
МЕНСК
ЮРЮ Уладзіміравічу Адамаву

Ліст №3

Таня, прывітанне!

Нешта я вельмі шмат пракрыстанаваў перад тым, каб напісаць Вам ліст. Усё хацелася зрабіць цікавы тэкст пра вялікія лікі. Напэўна, трэба ўсё ж пісаць так, як атрымліваецца, а то я так ніколі не напішу. Выбачайце, працягваю пісаць па-беларуску, часткова таму, што я тут выкладаю ідэі з англоўных тэкстаў, у якіх яшчэ няма дастаткова вядомай расейскамоўнай тэрміналогіі (хутчэй за ўсё, няма вядомай мне, я ўсё ж не прафесійны матэматык). А галоўным чынам таму, што мне больш падабаецца пераклад *busy beaver* як «працавіты бабёр» і не вельмі падабаецца «работающий бобр» альбо «усердный бобр». Не ведаю яшчэ, ці атрымаеца гэта ўсё выкладасці ў адным лісце.

Пачну з гісторыі. Якія ідэі былі ў чалавецтва для запісу вялікіх лікаў? Ці наагул лікаў? Напэўна, першая ідэя, якую прыдумалі, – гэта пазначаць колькасць прадметаў колькасцю палачак: колькі прадметаў – столькі і палачак. Матэматык, напэўна, скажаў бы – выкарыстанне натуральнага *ізамарфізму** паміж мнóstvamі з аднолькаў каардынальнасцю :) Вядома, калі лік дасягае нават адной сотні, запісаць, а тым больш прачытаць яго, калі ён запісаны палачкамі, вельмі складана. Далей можна было пайсці па шляху рымлянаў, выдумляючы ўсё новыя сімвалы для большых і большых лікаў (V – 5, X – 10, L – 50, C – 100, M – 1000...). Але сістэма была нязручнай і складанай, і

рэвалюцыйную ідэю прыдумалі індусы: запісваць лікі толькі дзесяццю сімваламі (лічбамі), але вартасць сімвалу ў паслядоўнасці залежыць ад яго пазіцыі ў запісе. Апошняя лічба лічыць колькасць адзінак, перадапошня – дзясятак і г. д. Можна прыкладна ўявіць, як гэта можна прыдумаць. Першы чалавек лічыць на пальцах да дзесяці, наступны чалавек лічыць, колькі раз першы далічыў да дзесяці, і г. д. Гэта быў першы прарыў у запісе вялікіх лікаў. Нават калі мы падлічым дакладную колькасць людзей на Зямлі, гэты лік будзе запісаны з дапамогай усяго толькі дзесяці сімвалаў 8,026,621,738 (на дзень 9 красавіка 2023 году 16:11 UTC +2)



**ізамарфізм*: ад грэцкага ̄σος «роўны, аднолькавы, подобны» + морфі «форма». Аб'екты, паміж якімі існуе ізамарфізм, аднолькава упараткованы ў гэтай структуры.

Некаторыя фізічныя альбо інжынерныя падлікі патрабуюць даволі вялікіх лікаў, такіх, што ўжо нават з дапамогаю пазіцыйнае сістэмы злічэння іх запісваць цяжка. Напрыклад, калі б мы маглі падлічыць дакладную колькасць атамаў у чалавечым арганізме, атрымаўся б запіс з прыкладна $27\text{-}28$ сімваламі. Вядома ж, нам не вельмі патрэбна ведаць колькасць атамаў з дакладнасцю да апошняй лічбы. Значна зручней запісаць гэты лік з дапамогай інжынернае натацыі: $\sim 10^{27}$. Гэта значна карацей. Дарэчы, тут я прыкінуў колькасць атамаў у чалавеку вельмі недакладна: як кажуць фізікі, з дакладнасцю да парадку велічыні. Напэўна, гэта $\sim 10^{27}$, вылічаецца прыкладна з такіх назіранняў: чалавек у асноўным складаецца з вады і падобных лёгкіх атамаў, важыць каля 80 кг, сярэдняя вага атому — $\sim 10\text{-}20$ грамаў на моль, то бок $10\text{-}20$ грамаў на $6 \cdot 10^{23}$ атамаў. $80 \sim 10^2$, $10^2 / 0,01 \sim 10^4$ атрымліваецца $\sim 10^{27}$ атамаў. Вельмі недакладна, але, згадзіцеся, без гэтага разражання мы не ведалі, гэта будзе 10^{10} , 10^{27} альбо 10^{100} . У фізіцы існуе вялікая культура такіх задачаў на прыблізную ацэнку, напэўна, пра іх трэба будзе напісаць асобны тэкст.

З дапамогай інжынернае натацыі няцяжка прыблізна запісаць нават колькасць атамаў на планете Зямля ($\sim 10^{50}$), колькасць атамаў у Сонечнай сістэме ($\sim 10^{56}$) і нават у бачным Сусвеце (тут не вельмі дакладна, але нешта накшталт 10^{80}).

Са з'яўленнем камп'ютараў у нашым жыцці пачалі даволі натуральным чынам з'яўляцца лікі, значна большыя за колькасць атамаў у Сусвеце. Гэтыя лікі з'яўляюцца, калі мы паспрабуем падлічыць агульную колькасць розных даных (розных варыянтаў даных, якія адразніваюцца паміж сабою прынамсі на адзін біт). Якую можна запісаць на





флэшку 10 ГБ, гэта будзе $2^{10^{10}} \approx 10^{3 \times 10^9}$ розных варыянтаў. Гэта істотна болей, чымся атамаў у Сусвеце. Цікава, дарэчы адзначыць, што ўсякая праграма для лічбавай машыны, а таксама любы тып алічбаваных даных: тэкст, выява, алічбаваныя вынікі вымірэння – гэта ўсё проста вельмі вялікі натуральны лік. Таму праграмісты альбо нават фатографы на лічбавую камеру гандлююць проста вялікімі натуральнымі лікамі. Праўда, гроши яны атрымліваюць за тое, што з усяго мноства вялікіх натуральных лікаў выбіраюць дастаткова цікавыя. Калі мы возьмем лік $10^{10^{80}}$, гэта больш-менш максімальны лік, які можа спатрэбіцца нам практычна – колькасць запісаў на камп'ютары памерам з Сусвет.

Але ж, вядома, матэматычна не толькі пра тое, што можа спатрэбіцца практычна. Таму прыдумалі спосаб запісваць і значна большыя лікі. Я ўжо першы крок на гэтым шляху паказаў, калі напісаў $2^{10^{10}}$. Нецяжка бачыць, што калі дабавіць паверхаў у гэтую натацыю, можна запісаць ужо значна, значна большыя лікі: напрыклад, $10^{10^{10^{10}}}$. Можна абагульніць гэты падыход: гэта, напрыклад, зрабіў Доналд Кнут (Donald Knuth), жывая легенда камп'ютарнай науکі (ён, аднак, матэматаיק з адукцыі).

**Кажуць, што жыве на свеце Доналд Кнут.
Доктар Кнут, паверце, дзеци, – проста цуд.
Не пра гэта піша ён, ды ўсё адно
Пяты том яго чакаем мы даўно.**

Пераклад Яніны Голуб
вершу Віктара Вагнера

Ён пасярод не менш цікавых заняткаў прыдумаў стрэлку Кнута (Knuth's up-arrow notation). Яна вызначаеца наступным чынам:

$$a \uparrow b = a^b = \underbrace{a \times a \times \cdots \times a}_b \quad a \uparrow^n b = a \underbrace{\uparrow \uparrow \dots \uparrow}_n b = a \uparrow^{n-1} (a \uparrow^n (b-1))$$

$$a \uparrow^0 b = a \times b$$

$$a \uparrow^n 0 = 1$$

Напрыклад:

$$2 \uparrow\uparrow 2 = 2^2 = 4$$

$$2 \uparrow\uparrow 3 = {}^3 2 = \underbrace{2^{2^2}}_3 = \underbrace{2 \uparrow (2 \uparrow 2)}_3 = 2^4 = 16$$

$$2 \uparrow\uparrow\uparrow 4 = 2 \uparrow\uparrow 2 \uparrow\uparrow 2 \uparrow\uparrow 2 = \underbrace{2^{2^2}}_{\frac{2^{2^{2^2}}}{2}} = \underbrace{2^{2^2}}_{2^{16}} = \underbrace{2^{2^2}}_{65536} \left. \right\} 4$$

Вядома ж, нават $3 \uparrow\uparrow\uparrow 3$ – лік настолькі вялікі, што для яго запісу не хопіць Сусвету, нават для запісу яго парадку велічыні не хопіць Сусвету.

Можам мы вызначыць яшчэ большыя лікі, чымся з дапамогаю стрэлкі Кнута? Вядома, можам: тут у нас лімітаваная аперацыя – запіс колькасці стрэлак. На дапамогу нам прыходзіць, вядома ж, рэкурсія. Напрыклад, адзін з самых вялікіх лікаў, якія сустракаюцца ў матэматычных тэорыях (не звязаных менавіта з вывучэннем вельмі вялікіх лікаў), – лік Грэяма (Graham number). Ён сустракаецца ў адной з задачаў тэорыі графаў. Лік Грэяма вызначаецца праз стрэлку Кнута і 64 ступенямі рэкурсіі:

$$g_0 = 4$$

$$g_1 = 3 \uparrow\uparrow\uparrow 3$$

$$g_n = 3 \uparrow^{g_{n-1}} 3$$

$$G = g_{64}$$

$$G = \left. \begin{array}{c} 3 \uparrow\uparrow \dots \uparrow 3 \\ 3 \uparrow\uparrow \dots \uparrow 3 \\ \vdots \\ 3 \uparrow\uparrow \dots \uparrow 3 \\ 3 \uparrow\uparrow\uparrow\uparrow 3 \end{array} \right\} 64$$

Далейшае абагульненне тэорыі запісу вялікіх лікаў – функцыя «працавітага бабра» (*busy beaver function*). Тут ідэя такая: мы вось началі запісваць лікі з дапамогаю невялікай колькасці сімвалуў. Любы такі запіс можна разглядаць як праграму для некаторага камп'ютара, які на ўваходзе возьме запіс ліку гэтымі сімваламі, а на выхадзе выдастъ колькасць палачак (адзінак), роўную гэтаму ліку. Напрыклад, лікі накшталт 2^n будуць апрацоўвацца рэкурсіўна функцыяй:

Выводзіць $2_n(n)$:

Калі $n = 0$ вывесці адну палку

Калі $n > 0$ вывесці $2_{n-1}(n-1)$ "+" вывесці $2_n(n-1)$

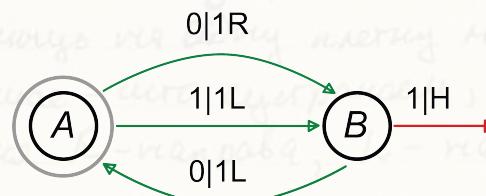
Калі паразважаць, можна напісаць такую праграму для выводу палачак па дзесятковай парадкавай натацыі, можна таксама і па стрэлцы Кнута, можна нават даволі лёгка напісаць праграму, якая выведзе G (калі б у нас была прастора яго запісаць).

Вядома ж, панятак алгарытму тут я выклай вельмі нефармальна, і трэба шмат намаганняў, каб яго абагульніць. Звычайна ў матэматыцы алгарытмы вызначаюцца з дапамогай абстрактнай машины Т'юрынга (*Turing machine*). Больш-менш дастаткова, здаецца, для запісу амаль адвольнага алгарытму мець машину, якая складаецца з бясконцай у абодва бакі стужкі, размежаванай на клетачкі, у кожную клетачку запісаны альбо нулік, альбо адзінка:

0	0	0	1	0	0	1	0
			H				

Машина ў любы момант часу месціцца ў адной з клетачак. У яе ёсьць некаторы набор унутраных станаў: $a, b, c \dots$ У залежнасці ад сімвалу ў клетачцы, у залежнасці ад яе стану, машина рухаецца на адну клетачку ўправа альбо на адну клетачку ўлева, мяняе альбо не мяняе сімвалу ў клетачцы на супрацьлеглы ці спыняецца. Тая паслядоўнасць нулікаў і адзінак, якая была на стужцы першапачаткова, – гэта ўваход алгарытму. Тая, якая апинілася на стужцы пасля спынення машины, – гэта яго выхад. Можна паказаць, што пры адпаведнай інтэрпрэтацыі паслядоўнасці нулікаў і адзінак такая машина можа выкананы любы алгарытм, які можа выкананы любая іншая лічбавая машина.

Прыклад машины з двумя станамі:



Гэта значыць, машина пачынае праца ваць у стане А (абведзены падвойным кальцом).

Калі ў першапачатковым стане яна сустрэла нулік у клетачцы, яна запісвае адзінку і рушыць на адну клетку ўправа (гэта пазначаецца $0|1R$: першае, што субтракаем пасля рысы, – што запісваєм, і другое – куды рухаемся: R – направа, L – налева, H – спыненне). Прыклад працы машины на стужцы з адных нулікаў:

1)

0	0	0	0	0	0	0

 A

2)

0	0	0	1	0	0	0

 B

3)

0	0	0	1	1	0	0

 A

4)...

5)...

6)

0	1	1	1	1	0	0

 H

Можаш пасправабаваць намаляваць крокі 4) і 5) самастойна. Прыведзеная вышэй машина Т'юрынга выдае найбольшую паслядоўнасць адзінак сярод усіх машинаў Т'юрынга з двумя станамі.

Вызначэнне: «працавітым ба бром» $BB(n)$ называецца машина Т'юрынга з n станамі, якая спыняеца (увогуле спыняеца, большасць

машынаў Т'юрынг'a не спыняеца (ніколі) і пры гэтым выдае найбольш доўгую паслядоўнасць адзінак сярод усіх машынаў Т'юрынг'a з n станамі. Вышэй быў прыклад «працавітага бабра» з двумя станамі. Функцыяя «працавітага бабра» $f(BB(n))$ называеца функцыяя, якая выдае колькасць адзінак, якую выдае «працавіты бабёр» з n станамі.

Тут важна зразумець, што цяжкасць не ў тым, каб пералічыць усе машыны з n станамі: іх не вельмі шмат, усяго толькі $(4n+1)^{2n}$. Цяжкасці ў тым, каб зразумець, ці спыняеца вызначаная машына. Большаясць з гэтых $(4n+1)^{2n}$ будуць працаваць бясконца.

Некаторую ацэнку $f(BB(n))$ можна, вядома, атрымаць, калі нейкім чынам перакласці нефармальнае вызначэнне алгарытму, напрыклад, для стрэлкі Кнута на мову машынаў Т'юрынг'a. Гэта будзе некаторая машына, якая выдае вельмі вялікую колькасць палачак, і ў яе будзе нейкая колькасць станаў. Але ж нават пры вельмі вялікім n маюцца малыя шанцы, што існуе машына, якая выдае значна больш адзінак, чымся наш прыклад. Таму магчыма толькі ацэнка знізу. Тут яшчэ трэба дадаць, што не можа існаваць алгарытм, які б вызначаў, ці спыняеца некаторая машына Т'юрынг'a. Гэта даволі проста даказваецца: будуеца машына, якая спыняеца, калі на яе ўваход прыходзіць апісанне бясконцай машыны і яна выконвае бясконцы цыкл, калі да яе прыходзіць апісанне машыны, што спыняеца. Потым мы падаем апісанне гэтай машыны на ўваход ёй самой – і вуаля, маем супярэчанне. Таму можа аказацца, што пачынаючы з нейкага n , $f(BB(n))$ нават немагчыма вылічыць.

Функцыяя «працавітага бабра» – у некаторым сэнсе найвышэйшы спосаб запісу функцыяў, што хутка растуць. Вакол яе шмат даследаванняў. Усё гэта, дарэчы, звязана з вядо-

маю тэарэмай Гёдэля (*Kurt Gödel*) пра непаўнату класічнай арыфметыкі. Давайце я прыкладна пакажу, як гэта працуе. Ідэя доказу тэарэмы Гёдэля вельмі падобная на ідэю доказу таго, што немагчыма алгарытмічна вызначыць, ці спыняеца машына Т'юрынг'a. Там будуеца запіс аксіёмаў арыфметыкі з дапамогаю толькі лікаў (памятаце пра гандаль натуральнымі лікамі?) – у некаторым сэнсе нам, дзесяцям лічбавага веку, гэта лёгка зразумець. Любое сцвярджэнне арыфметыкі можна запісаць у выглядзе тэксту. Тэкст – гэта вялікі натуральны лік, такім чынам любое сцвярджэнне пра тэкст – гэта сцвярджэнне пра натуральны лік, які яго рэпрэзентуе. Вядома, Гёдэль рабіў значна больш фармальну і значна больш кампактную канструкцыю. Ідэя Гёдэля закадаваць усе сцвярджэнні ў выглядзе лікаў вельмі захапляе даследнікаў функцыі «працавітага бабра». Рэч у тым, што адвольнае сцвярджэнне з матэматыкі можна таксама закадаваць як машыну Т'юрынг'a з пэўнаю (часам не вельмі вялікаю) колькасцю станаў, якая спыняеца, толькі калі сцвярджэнне вернае. Напрыклад, несупярэчлівасць сістэмы аксіёмаў Цэрмэлё – Фрэнкеля (*Zermelo–Fraenkel set theory*), якую немагчыма вызначыць у межах саміх гэтых аксіёмаў, можна закадаваць з дапамогаю машыны з 748 станамі. Такім чынам увесе матэматычны апарат, заснаваны на гэтай сістэме аксіёмаў, не можа вызначыць $f(BB(748))$.

Ну вось такая ёсць матэматычная цікавінка. Не ведаю, ці пройдзе яна таварыша маёра, я спадзяюся, мае вызначэнні дастаткова простыя, каб бачыць, што з імі ўсё ў парадку.

Ну, напэўна, хопіць ужо на гэты раз.

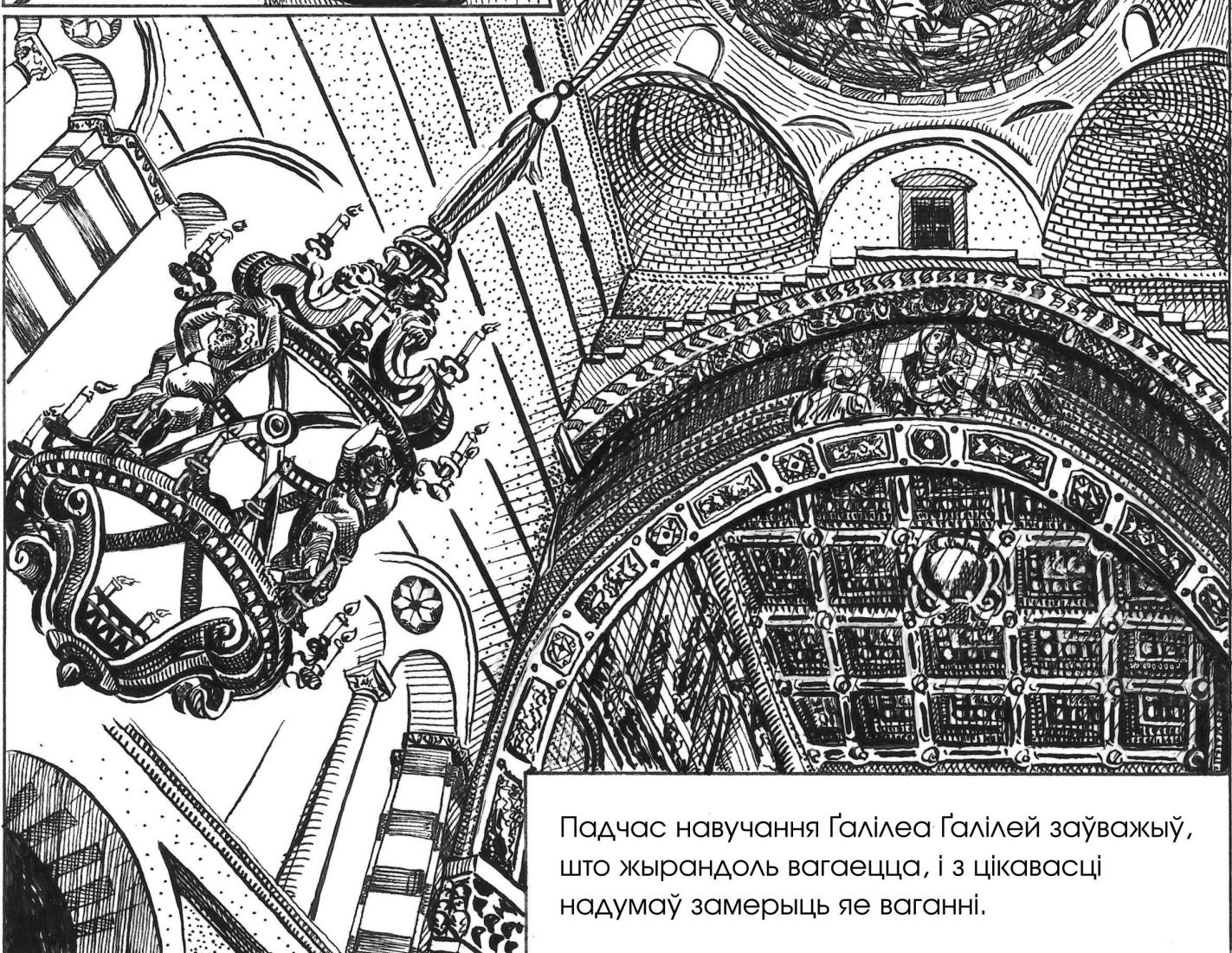
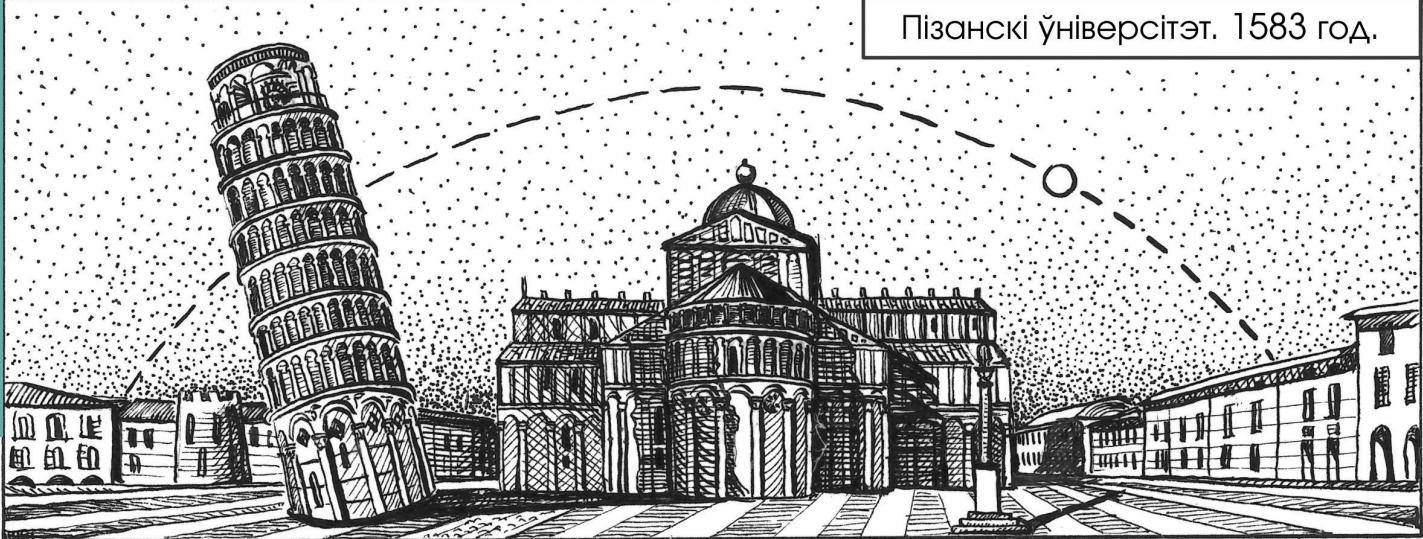
Юре Адамаў

ВЫНАХОДНІЦТВА МАЯТНІКА ВАГА ГАДЗІННІКА

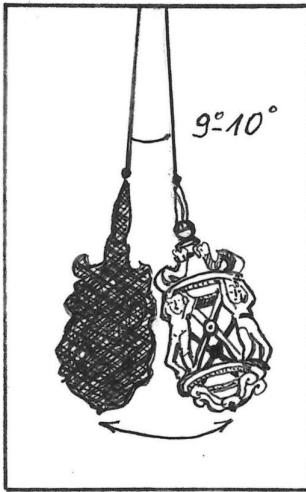
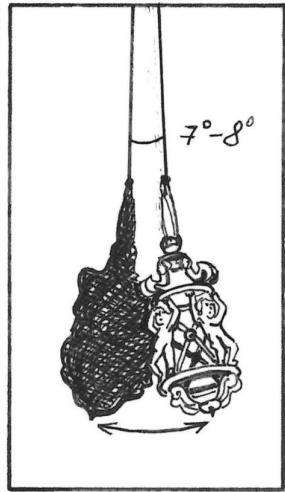
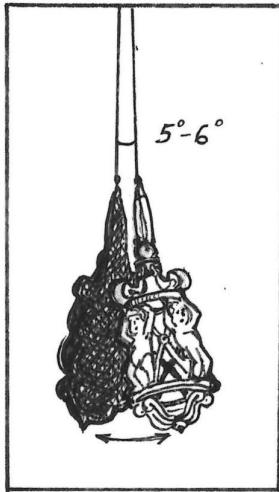
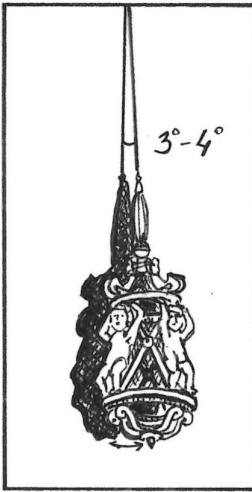
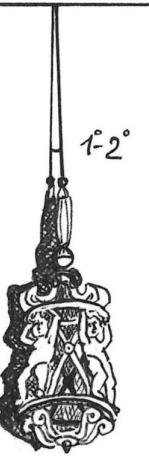
ІДЕЯ І АУТАРСТВА КОМІКСУ: СВЕТА ВОЛЧАК



Пізанські універсітет. 1583 год.



Падчас навучання Галілеа Галілей зауважыў, што жырандоль вагаецца, і з цікавасці надумаў замерыць яе ваганні.



Я магу скарыстаць
біццё свайго сэрца, каб
памераць перыяды
часу ваганняў.
12 удараў сэрца,

11 удараў,

13 удараў,

11 удараў,

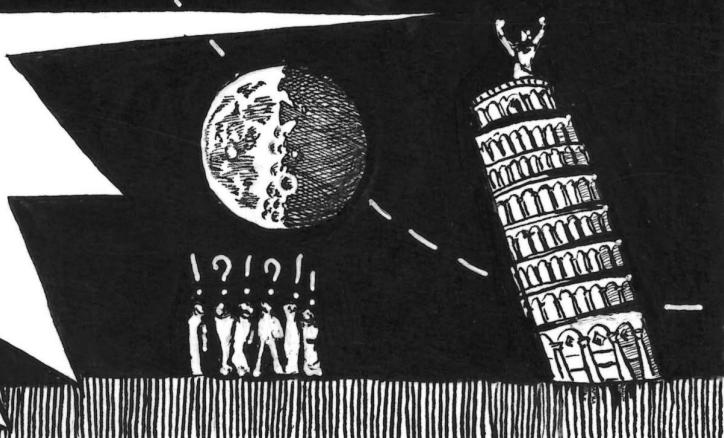


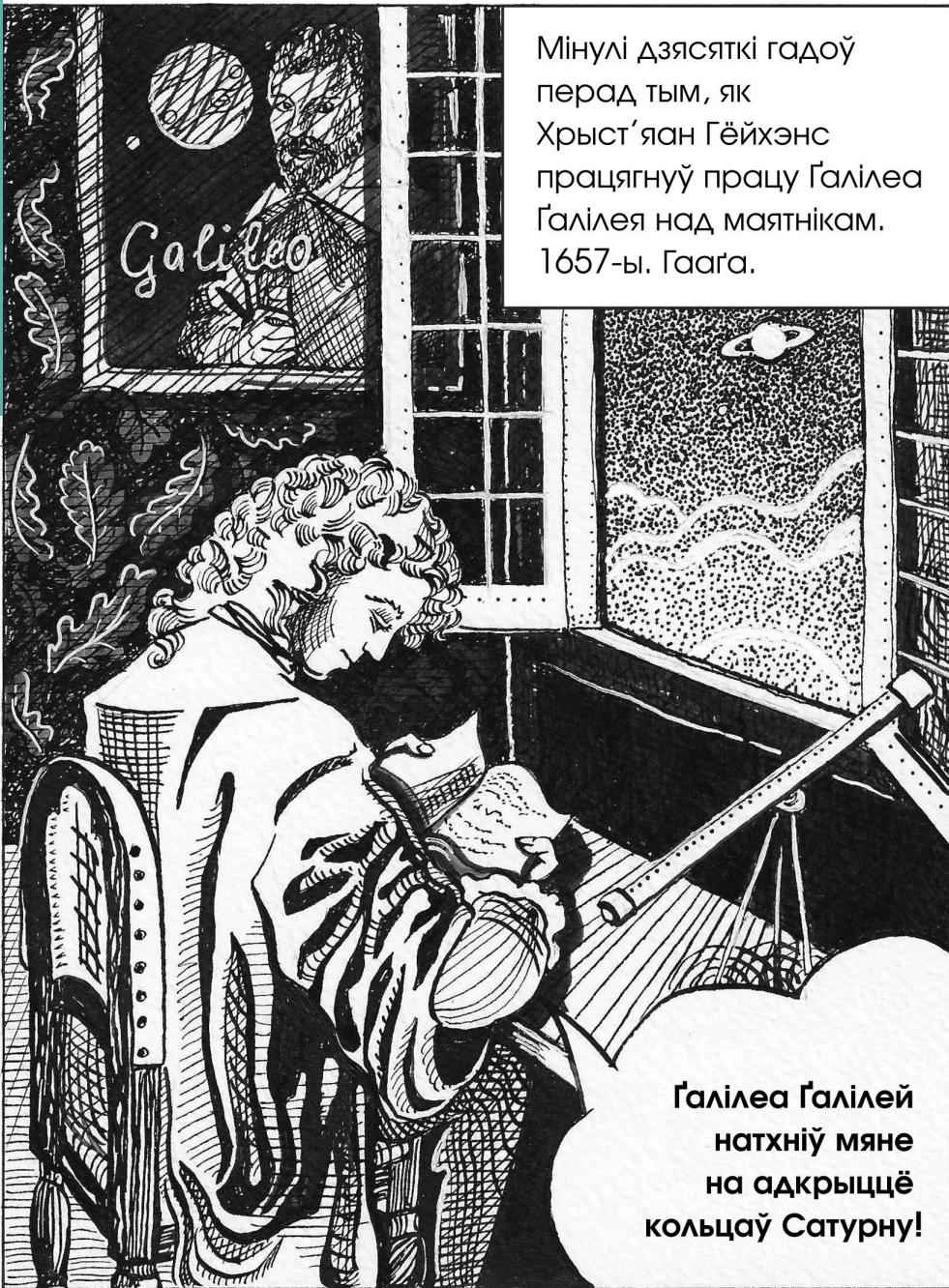
12 удараў.

Перыяд жырандолі і захронны.

Гэта значыць...

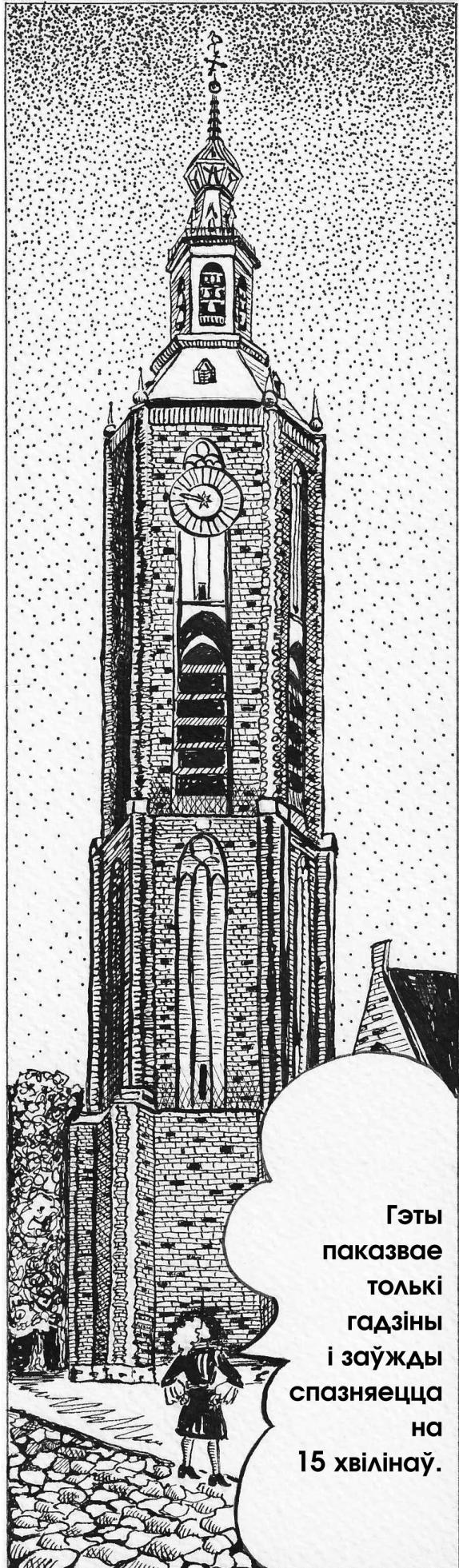
...перыяд не залежыць
ад амплітуды ваганняў.
Я назаву такую
вагальну сістэму
маятнікам!



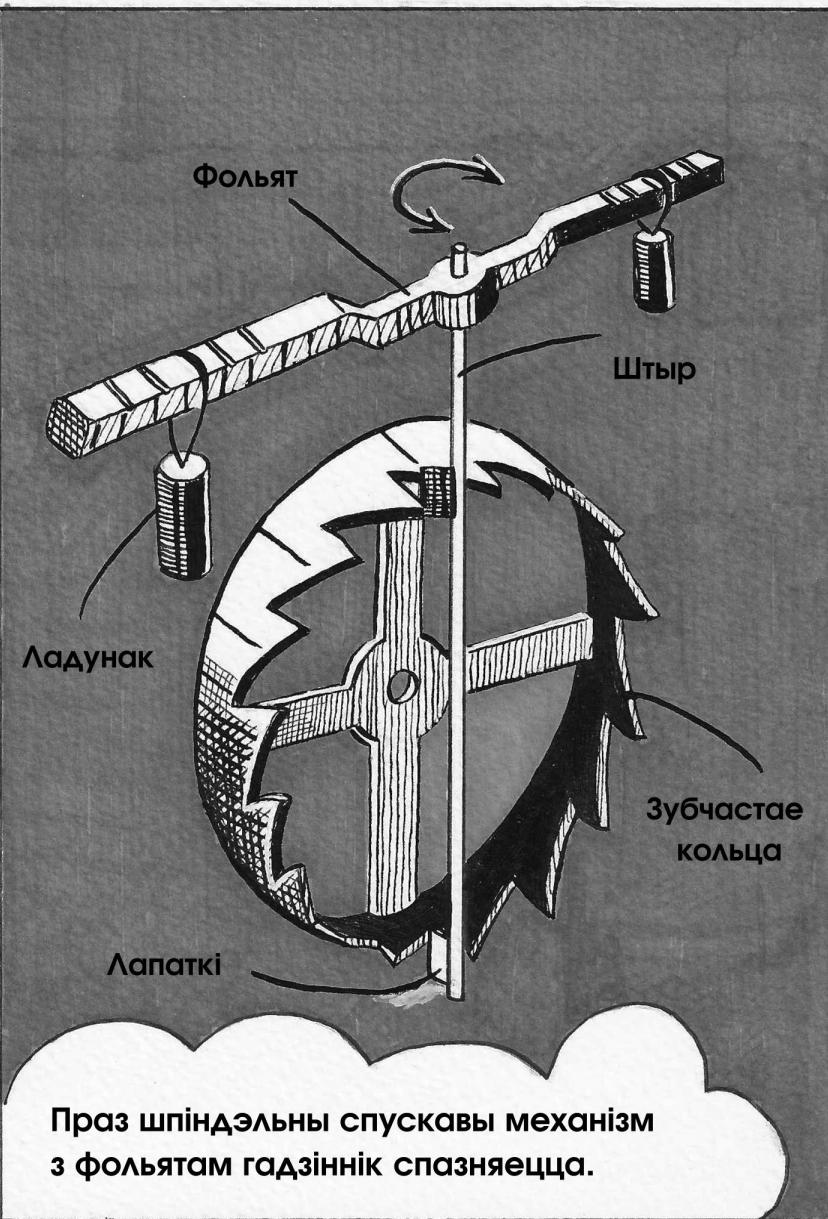


Галілеа Галілей
натхніў мяне
на адкрыццё
кольцаў Сатурну!

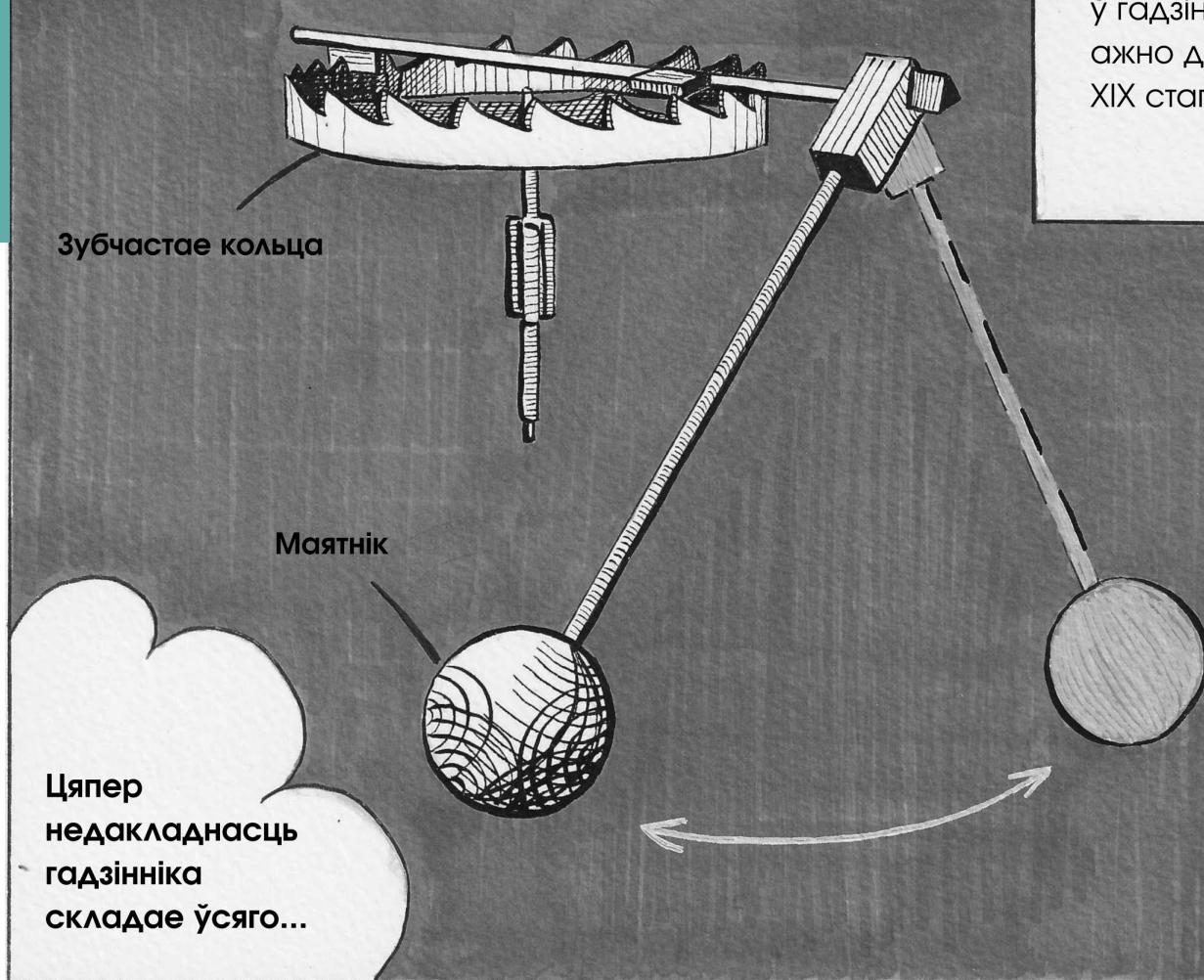




У царкве Святога Якуба быў гадзіннік, выраблены Гэйнрыкам Валеры. Выкарыстоўваўся з 1541 да 1689 году.



Шпіндэльны спускавы механізм быў павернуты Хрыст'янам Гёйхэнсам на 90° такім чынам, што цяпер зубчастае кольца глядзела наверх.



Гэты механізм выкарыстоўвалі ў гадзінніках ажно да XIX стагоддзя.

...10 секундаў за содні!

Але ці магчыма
пераадолець
і гэтае спазненне,
Готфрыдзе
Ляйбніцу?

Мы мусім выкарыстаць
дыферэнцыяне ды інтэгральнае вылічэнне.

Ляйбніц быў студэнтам Гёйхэнса. Ён вынайшаў дыферэнцыяне ды інтэгральнае вылічэнне.

Хрыст'ян Гёйхэнс першы вывеў формулу перыяду ваганняў ідэальнага матэматычнага маятніка.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{F}{g}}$$

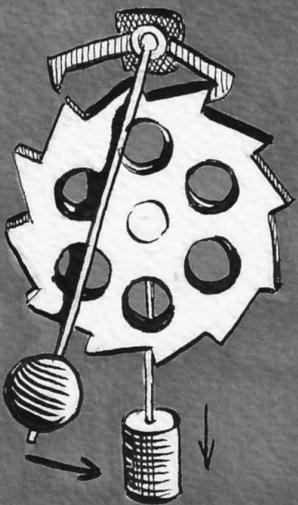
Час
ізахронны толькі
для малой амплітуды
ваганняў, $4-6^\circ$.
Але мы маєм каля 90° ...

Лондан. 1680-ы. Карабеўскае таварыства. Яго заснавалі ў 1660 годзе, каб аб'яднаць асноўныя навуковыя розумы свайго часу.

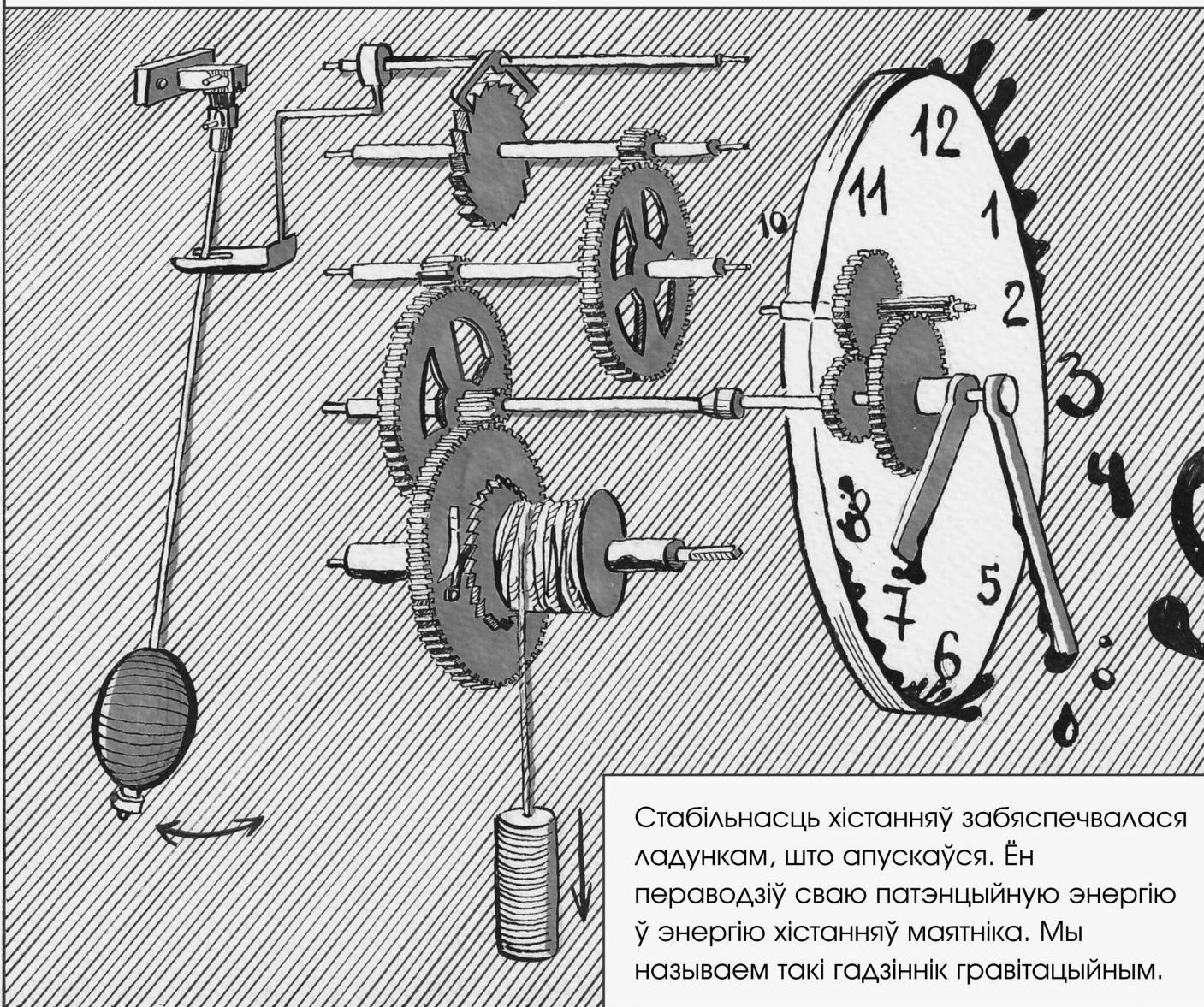




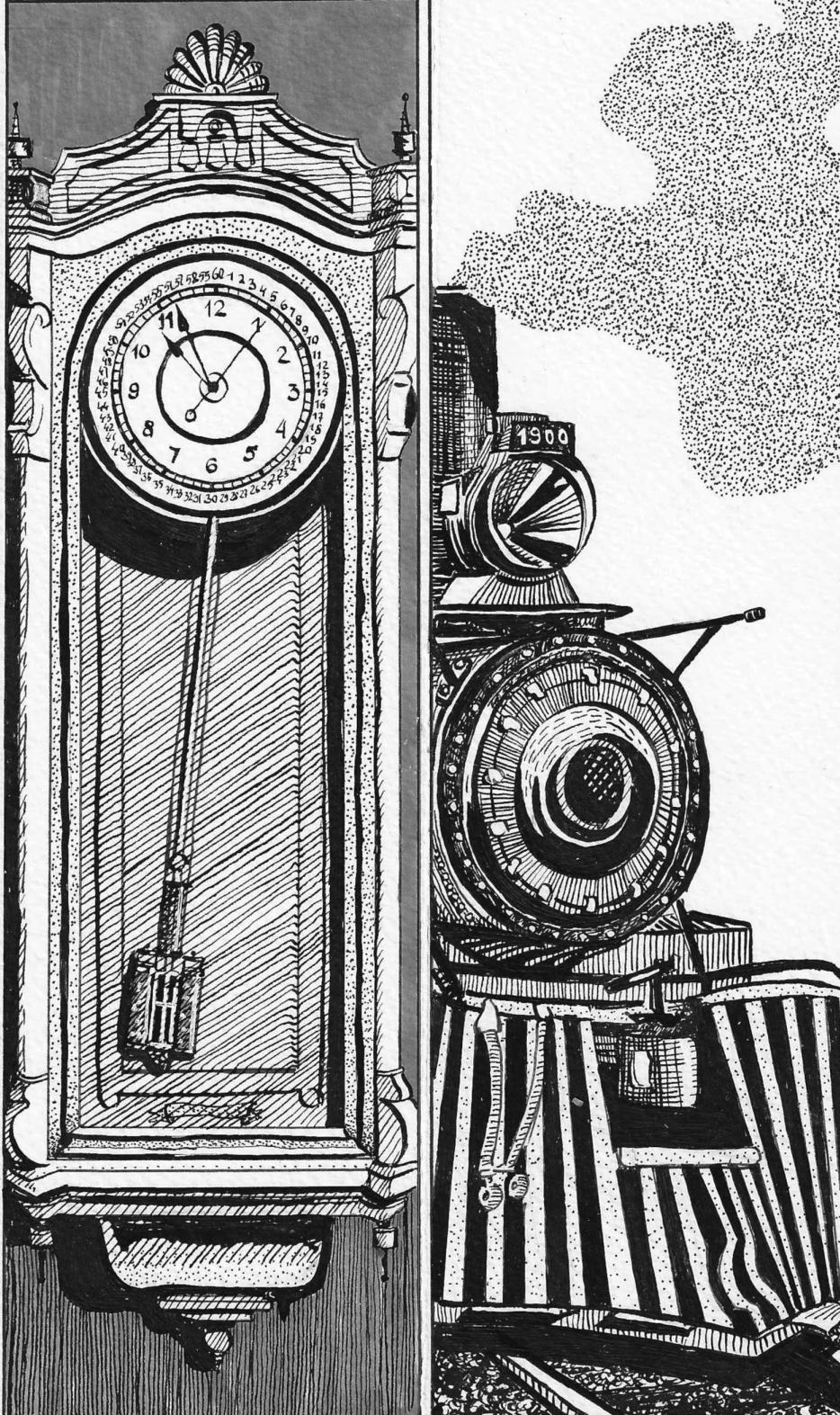
Анкерны спуск



Робэрт Гук зрабіў важны крок у паляпшэнні маятнікаўага гадзінніка. Ён замяніў шпіндэльны спусковы механізм на анкерны. Хібнасць гадзінніка зменшылася да некалькіх секундаў за содні.



Гадзіннікі з маятнікам і анкерным спускам ужываліся ажно да 1930 году. Пасля вынайшлі квартавы гадзіннік.



1900-ы. Індустрыйная рэвалюцыя была магчымая дзякуючы вынаходжанню дакладнага гадзінніка.

Крыніца інфармацыі: Wikipedia. Комікс быў распрацаваны на майстар-класе Алекса Сіманза ад American Center Minsk.



СВЕТЛАЕ МІНУЛАЕ, СУЧАСНАСЦЬ і БУДУЧЫНЯ

БАРБАРА ЧЭМЛОК

ІДЭЯ І АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫИ: КСЕНІЯ ПЕСЕНКА

У гэтым тэксьце я пралью съвято на тое, як працы віцяблініна прывялі да стварэнья яркіх съятлодыёдаў, што асьвятляюць нашае жыцьцё ўдзень і ўначы.

Гаворка пра Жарэса Алфёрава, які ў 2000 годзе атрымаў Нобэлеўскую прэмію ў галіне фізыкі за «распрацоўванье паўправадніковых гетэраструктураў і стварэнье хуткіх аптычных і мікраэлектронных кампанэнтаў». Не зважаючи на вельмі складаную фармулёўку (імі славіцца Нобэлеўскі камітэт), сутнасць працы навукоўца простая: ён падабраў два рэчывы (слова «гетэраструктура» якраз і гаворыць пра два ці болей матэрыялаў) і паспрабаваў іх злучыць гэтак, каб на іх аснове можна было стварыць яркія, танныя і невялікія съятлодыёды (вось гэта і называецца аптычна-электроннымі кампанэнтамі). За аснову ён узяў паўправаднікі, і вось на гэтым тэрміне варта спыніцца падрабязней.

У фізыцы і хіміі вылучаюць трывідны рэчываў – на аснове таго, праводзяць яны электрычны ток ці не. Мэталы – як алюміній ці медзь – ток праводзяць вельмі добра, гэта прараднікі. Немэталы – як гума, пенапласт ці плястык – току цалкам не праводзяць, гэта ізолятары (зь іх складаецца аплётка правадоў, каб нікога выпадкова ня ўдарыла токам). Аднак быў вынайдзены і трэці від рэчываў, што ў звычайных умовах падобныя да ізолятараў, а пры награваньні ці асьвятленыні пачынаюць добра праводзіць электрычны ток. Першым такім рэчывам быў крэмні, і да сярэдзіны XX стагодзьдзя на яго аснове пачалі ствараць сонечныя батарэі (на іх працуецца і цацкі, і марсаходы) ды іншыя прылады, дзеяньне якіх залежыць ад таго, ці падае на іх съвято. Гэта было першым крокам да экалягічна чыстай энэргіі ды энэргіі для космасу (ідэя браць з сабою тоны вугалю для працы на міжнароднай касьмічнай стан-

цыі нават гучыць бязглазда, а ўбудаваць некалькі квадратных мэтраў сонечных батарэяў або ўзяць з сабою кавалак радыяактыўнага плутонію, то бок РІТЭГ – радыяізатопны тэрмалектрычны ізолятар, практычна і значна прасцей). Як і для ўсяго ў нашым жыцьці, хутка з'явіліся як абмежаваныні (большая частка сонечнай энэргіі ўсё адно страчвалася), гэтак і новыя выкарыстаныні. Калі рэчыва можа праводзіць і быць крыніцю току пры асьвятленыні, ці здолее яно съяціцца пры праходжанні току? Адказ знайшоўся неўзабаве. Так, можа. Съячэнье паўправадніка пры працяканыні ў ім электрычнага току назіралі яшчэ ў пачатку ХХ стагодзьдзя, аднак дастаткова моцным для ўжываньня яно робіцца толькі на мяжы двух розных паўправаднікоў (на межах рэчываў адбываецца вялізная колькасць розных працэсаў, шмат зь якіх дасюль ня вывучаныя). Паказаў гэта ў 1923 годзе савецкі навуковец Лосеў. Сіла гэтага съячэння вельмі моцна залежыць ад таго, якія менавіта два матэрыялы выкарыстоўваюцца і як менавіта злучаныя (яны могуць быць праста прыціснутыя, адно можа быць скіраванае на другое, контакт можа быць гладкім ці шурпатым). Акром таго, неабходнасць выкарыстаныня надзвычай чыстых рэчываў прыводзіла да вялізнага кошту такіх крыніцаў съяцла. Адзінай іх вартасць для тэхнікі – адносна невялікі памер і магчымасць вылучаць съято з зададзеным колерам. Белае сонечнае съято насамрэч – сумесь розных колераў (вясёлка – самае вядомае пацверджаныне гэтага факту). Съято ж ад контакту двух паўправаднікоў заўжды мае пэўны колер – сіні, зялёны, жоўты, чырвоны. У выпадку неабходнасці можна стварыць нават «нябачныя» съятлодыёды – яны будуць вылучаць съято, якое немагчыма ўбачыць чалавечаму воку. Асноўную проблему заставаўся кошт съятлодыёдаў. Да 1970-х ён сягаў 200 даляраў за штуку.

Гэтую, як мне здаецца, самую важную проблему удалось развязаць народзінцу Віцебску Жарэсу Алфёраву. Менавіта ён здолеў знайсьці два рэчывы (справядліва будзе іх указаць: гэта злучэніні аршэніку (*Arsenicum*) з алюмініем і аршэніку з галіем): яны, дастаткова танныя ў вытворчасці, вельмі добра між сабою спалучаліся. Ну і, вядома, гэтае адкрыцьцё – цудоўны прыклад таго, як патэнцыйна атрутныя рэчывы служаць вельмі добрую службу чалавечству.

Уласна з гэтага пачалася сэрыйная вытворчасць съятлодыёдаў. Наступным заданнем было атрымаць сіні съятлодыёд (бальшыня рэчываў, што вылучалі сіняе съятло, вельмі неэфектыўная). За яе развязанье далі Нобэлеўскую прэмію ў галіне фізыкі ў 2014 годзе.

Я адзначала, што ў съятлодыёдаў заўжды зададзены колер і што ў гэтым яны супрацьлеглыя беламу съятлу (і ў тым ліку звычайнім лямпачкам напальвання). Тады пытаньне: адкуль бяруцца белыя съятлодыёды ў сучасных лямпачках? Існуюць два спосабы атрымаць белыя съятловылучальнікі. У адну вялікую капсулу зъмяшчаюцца трох малень-

кія съятлодыёды – зялёны, чырвоны і сіні. Падборам інтэнсіўнасці вылучэння (гэта таксама няпроста) можна стварыць белае съятло. Другі варыянт болей распаўсюджаны: на сіні ці фіялетавы съятлодыёд наносяць сумесь рэчываў, што могуць паглынаць частку съятла і пераводзіць яе ў зялёны, чырвоны ці жоўты (гэта званыя люмінафоры). Атрыманая сумесь колераў і будзе белым съятлом. У залежнасці ад складу люмінафору можна атрымаць цёплае ці халоднае съятло.

Акром таго, дасьледаваньні Жарэса Алфёрава запачатковалі ў тым ліку і выкарыстаныне аптычнага валакна (так, без яго не было б коцікаў у высакахуткасным сецыве і мэмасікаў).

Спадзяюся, я праліла съятло на гэту тэму, вы больш не блукаеце ў цемры сваіх ведаў, а вашыя съветлыя галовы папоўніліся ведамі і вы ўбачылі съятло ў канцы тунэлю.

Крыніца: https://be-tarask.wikipedia.org/wiki/Жарэс_Алфёраў

ЛАЗЕРНАЕ КІРАВАННЕ МАЛАНКАМІ

Соня КАРУСЕЙЧЫК

АҮТАР ГАЛОЙНАЙ ФАТАГРАФІИ: Косця НЕЛАКУ



Маланка – захапляльная, хоць і разбуральна з'ява прыроды. У сярэднім штогод ад удараў маланкі гінуць 6000–24 000 асобаў ува ўсім свеце. Маланка – яшчэ і прычына адлучэння электраэнергіі, лясных пажараў, яна шкодзіць электроніцы ды інфраструктуры. Нельга не згадаць напужаных коцікаў і ўзмацнення веры ў надзвычайнае праз маланкі. А таксама яны назіраюцца і на іншых планетах – Венеры, Юпітэры, Сатурне, Уране. Усё гэта робіць маланкі сур'ёзнаю проблемай, якая патрабуе сучасных развязанняў.

Ішло ХХІ стагоддзе, штучныя інтэлекты стваралі новыя штучныя інтэлекты, Tesla скарала нябесныя прасторы, але найбольш распаўсюджанай абаронай ад маланак былі жалезныя калы, дакладней – стрыжні Фрэнкліна (Benjamin Franklin).



Аўтар: Michael Chuisd / Крыніца: flickr.com

Такія металічныя громадводы забяспечваюць маланцы самы прости шлях да зямлі. Маланка – гэта моцны іскравы разрад, накшталт таго,

што мы атрымліваем, пацёршыся аб дыван, а потым ухапіўшыся за батарэю ці ручку дзвярэй. У гэтым выпадку металічныя ручка ці батарэя і ёсць громадводам. Безумоўна, геаметрыя і фізіка громадводаў з часам развіваліся. Але гэта не ўніверсальнае аптымальнае развязанне. Напрыклад, ахова самалётаў ці касмічных караблёў немагчыма такім шляхам. Ці існуе альтэрнатыва?



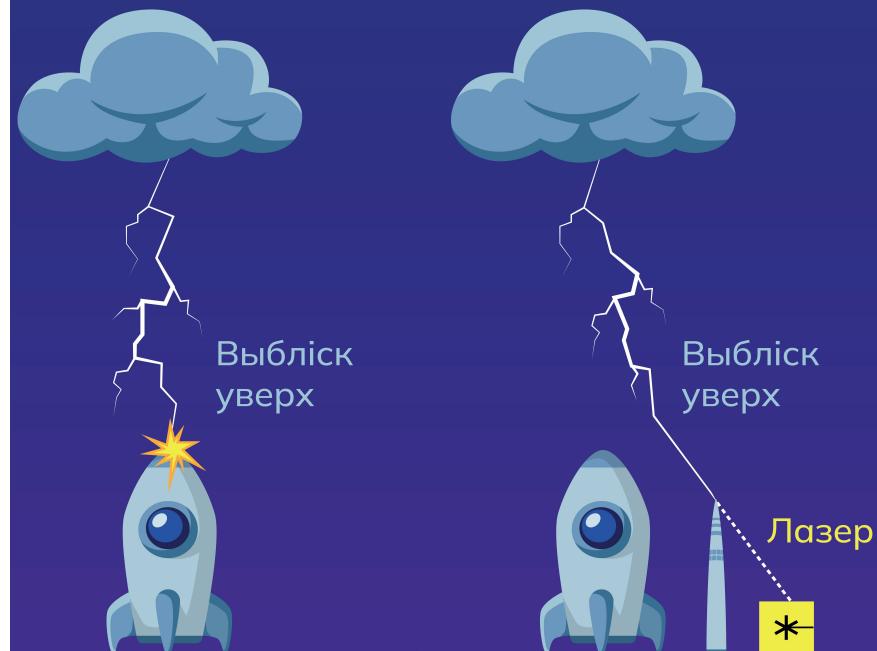
Аўтарка: Аляксандра Давыдзенка

ЛАЗЕР

Ідэя насамрэч прыйшла з развіццём тэхналогіі (Leonard M. Ball, 1974). Кіраванне маланкамі пры дапамозе вельмі моцных лазерных прамянёў – адна з самых яркіх абаронных тэхналогій. Галоўны прынцып – перахоп маланкі плазменным каналам і адвядзенне да бяспечнай паверхні. Але ці ўсё так проста?

Слова «плазма» ўжо даволі добра знаёмае нашаму чытачу. Гэтаму іанізаванаму газу ўласцівая вельмі добрая электрычнае праводнасць. Каналы ў атмасферы, па якіх распаўсюджваецца электрычны заряд, які

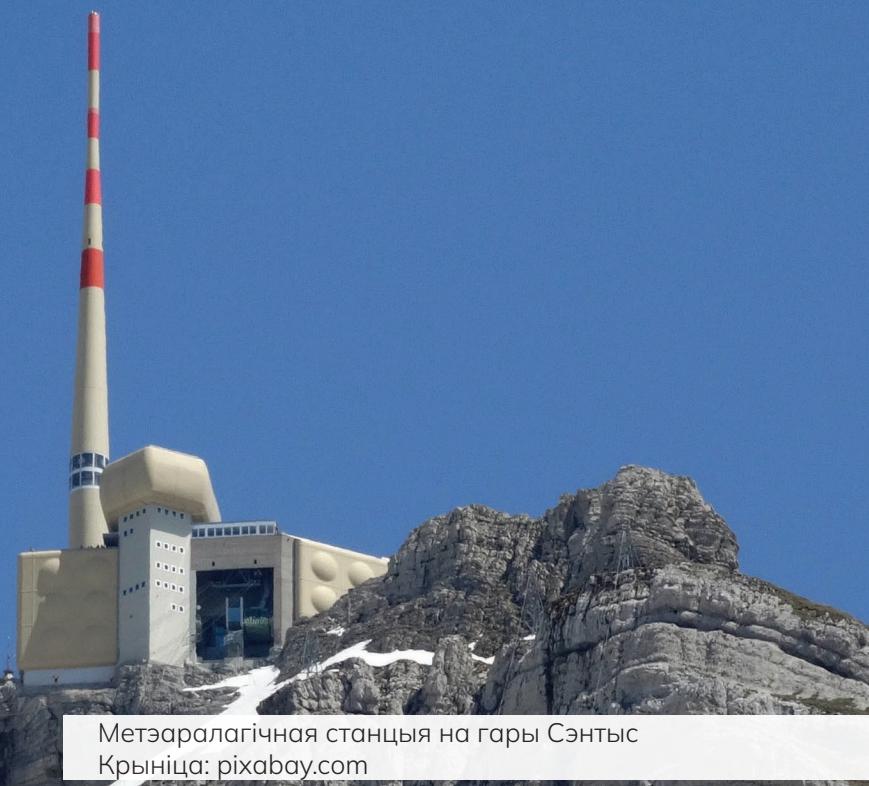
мы называем маланкаю, – натуральна, прыродна ўтвораная пазма. Чым даўжэйшы канал, тым складней яго ўтварыць. Вельмі моцным лазерам (10^{12} Вт) атрымліваецца ствараць каналы даўжынёю сотні метраў пры адлегласці ад лазера на кіламетры. Але як захапіць у іх маланку?



Аўтарка ілюстрацыі: Аліса Каліна

МАЛАНКА

Знайсці маланку для эксперыменту на дварэ не так проста. Райскае месца для эксперыменту знайшлі ў Швейцарыі на аснове метэаралагічнай станцыі на гары Сэнтыс (Säntis). У Альпах на вышыні 2500 метраў. Гэта адно з месцаў у Еўропе, дзе найчасцей удараюць маланкі. Кожны год тут фіксуюць каля 100 маланак і звязаных працэсаў з іх утварэннем. Ідэальнае месца для даследавання! Хоць і выглядае трошкі небяспечным.



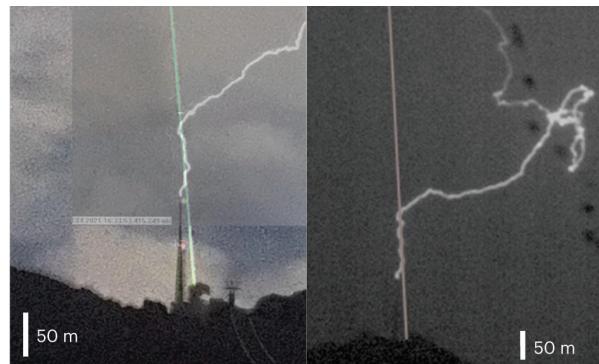
Метэаралагічная станцыя на гары Сэнтыс
Крыніца: pixabay.com

Шпіль на фота – гэта 124-метровая вежа з датчыкамі для рэгістрацыі ў звышшырокім дыяпазоне (ад радыёхвалаў да гама-прамянёў). Лазерны прамень інфрачырвонага дыяпазону з дапамогаю тэлескопа фармуеца ў прамень дыяметрам 25 см, распаўсюджваючыся пад невялікім кутом да вежы (7°). Факусаваннем настройваецца пача-

так каналу пераходу маланкі, каб дадаць магчымасць пераходу на рознай адлегласці ад вежы. І – бабах! Паглядзіце, як добра адбыўся пераход, на фотаздымках з розных бакоў (Выява 1, ст. 26). Больш за 50 метраў маланка распаўсюджвалася па пазменным канале, утвораным лазерам.

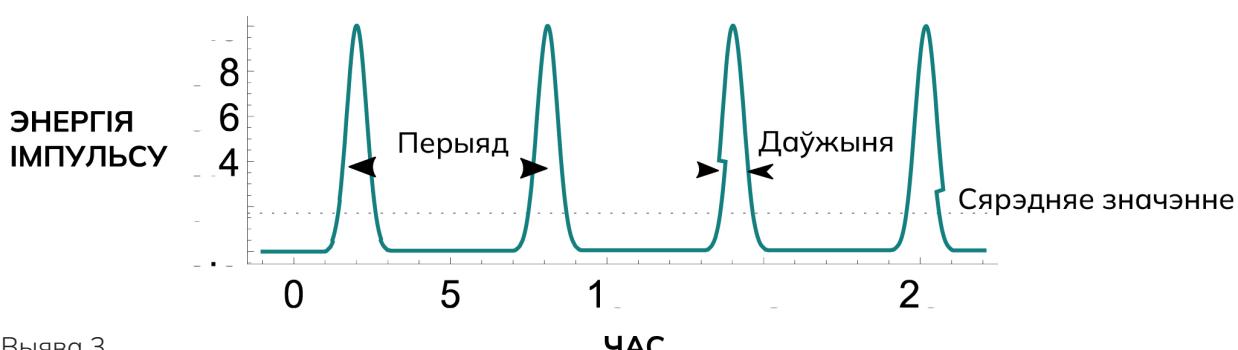
Зялёны прамень на здымках (Выява 2) – насамрэч другая кампанента (гармоніка) інфрачырвонага лазера: зялёнай хваля (515 нм) удвая карацейшай за інфрачырвоную (1030 нм) і нясе ўдвая больш энергіі. З інфрачырвоным выпраменяньванием мы сустракаемся кожны дзень, але не заўважаем вокам. Менавіта яно адказвае за валаконны інтэрнэт і за сістэмы навігацыі ў робата-пыласоса альбо за распазнаванне твару ў некаторых сучасных смартфонах.

Зялёнай ж кампанента з'яўляецца падчас складанага працэсу ўзмацнення энергіі выпраменяньня (чыпавання). Трэба адзначыць, што магутнасць лазера – 10^{12} Вт – вялізарная, гэта толькі крыху менш за магутнасць усіх электрастанцыяў планеты. Таму відавочна такі лазер можа ствараць толькі вельмі кароткія імпульсы, даўжынёю некалькі соцень фемтасекундаў, ці $10^{(-13)}$ секундаў.



Выява 2

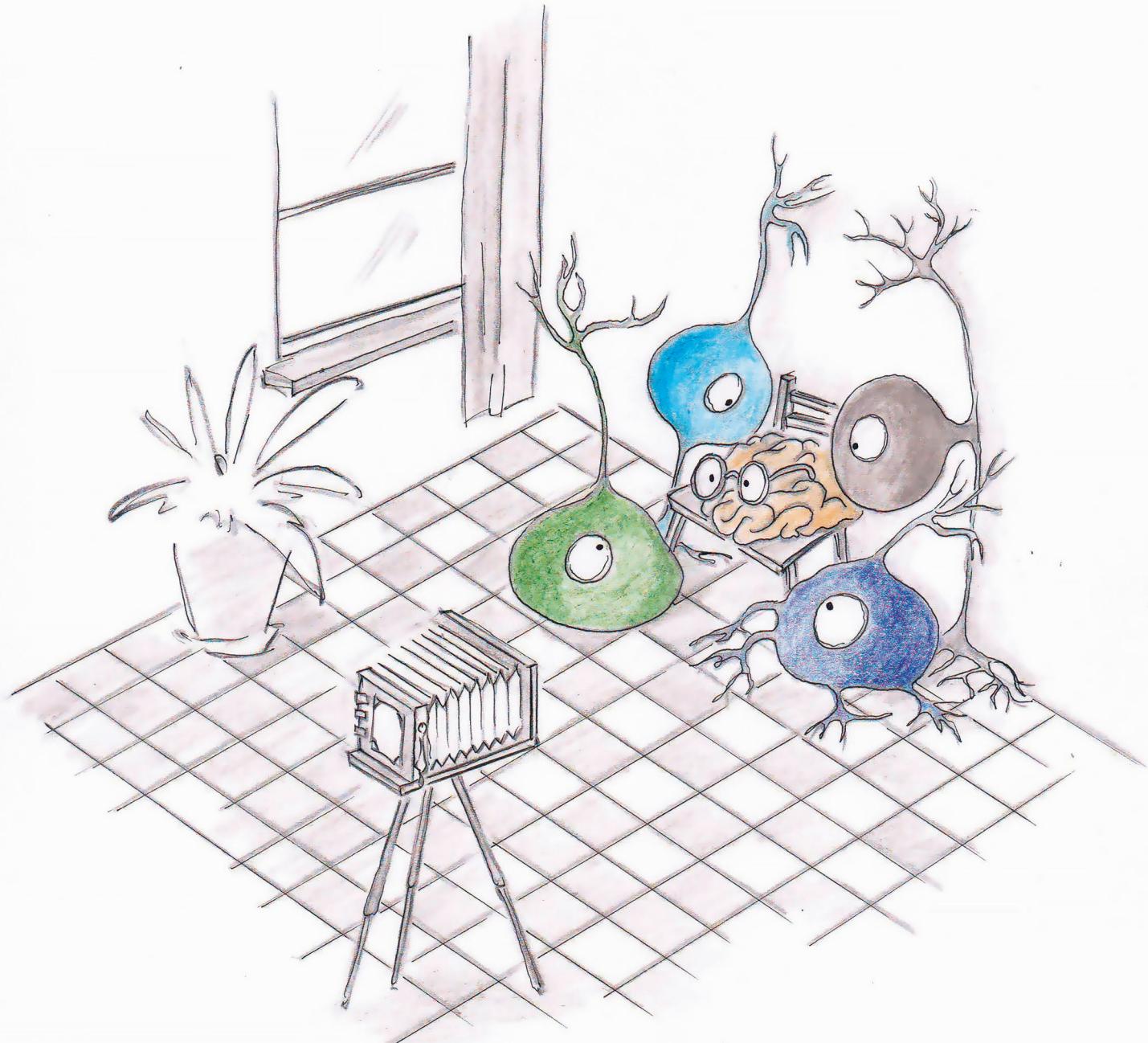
За гэты час святое пралацца адлегласць, меншую за таўшчыню чалавечага воласа. Але лазер робіць такія імпульсы тысячу разоў за секунду (1 кГц), таму для нас прамень выглядае бесперапынным. Сярэдняе значэнне магутнасці ў такім імпульсным рэжыме працы складае ўсяго некалькі ватаў. Дарэчы, гэтую тэхналогію ў 2018 годзе адзначылі Нобэлеўскую прэміяй.



Выява 3

Перахопліваючы маланкі, даследнікі заўважылі, што ў момант захопу здараецца рух зарадаў – і ў бок маланкі, і наадварот! Такім чынам, лазер не толькі можна ўжываць для стварэння каналаў захопу, але ён можа быць і маланкаваю крыніцай у будучыні.

Арыгінальны артыкул: Houard, A., Walch, P., Produt, T. et al. Laser-guided lightning. Nat. Photon. 17, 231–235 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41566-022-01139-z>



А ЎСЁ-ТАКІ ЯНЫ АДНАУЛЯЮЦА!

ДР. Святлана Кабанава

ІДЕЯ І АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫЙ: Алена Эпштэйн

Цэфалічны (галаўны) мозг чалавека – гэта ўнікальны механізм, шматгранны вынік мільёнаў гадоў эвалюцыі. Ён падзелены на зоны, што кіруюць усімі жыццёвымі функцыямі: памяцю, органамі пачуццяў, унутранымі органамі, маўлением, рухам.



Калі мы слухаем спеў птушак, цешымся пералівамі музычных мелодыяў ці сочым за выступамі спартовцаў на Алімпіядзе – нервовыя клеткі (нейроны) слыхавой зоны фармуюць ланцужкі з калегамі зрокавай зоны.

Калі мы ідэнтыфікуем пачутае і ўбачанае – нейронавы дуэт слыхавой і зрокавай зонаў адпраўляе запыт у аналітычную зону. Калі нам баліць галава – адчувальныя клеткі месца болю б'юць у званы (передаюць электрохімічны сігнал) у зону распазнання болю. Калі мы праходзім паўз булачную і да нас даносіцца водар свежаспечанага хлеба – нейроны



нюхальнай зоны злучаюцца з зонай успрымання, якая здабывае са сваіх вочак і дэмантруе нашай свядомасці яркія малюнкі выпечкі. Бачыце іх?

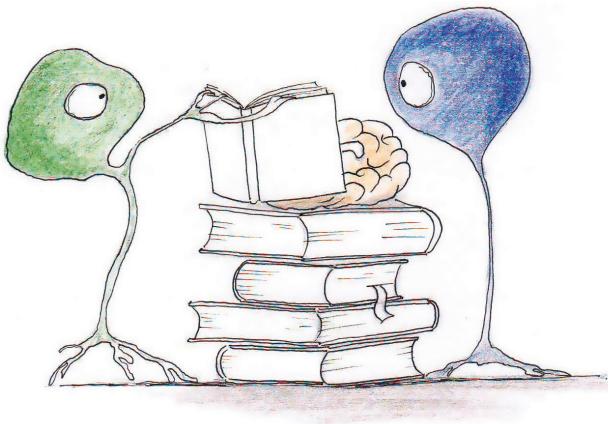
Пасля гэтага ўжо нядоўга да вылучэння сліны. Зрэшты, зоны імкнунца абіраць найкарацейшы шлях, што ў нашым прыкладзе азначае простае злучэнне ланцужкоў нюх – вылучэнне сліны. Вынятак, напэўна, складаюць шляхі перадачы электрахімічных сігналаў у выпадку, калі мы адчуваєм моцныя эмоцыі. Тут ужо не да логікі ці лёгкай дарогі! Калі некаму нехта падабаецца, то... Але ў кожным разе ў выніку ствараецца шырокая сетка нервовых клетак, якія «тримаюцца за рукі».



«Триманне за рукі» ў нейронавай сетцы азначае не толькі ўзаемазвязанасць, але і аўтаўзнаўленне. Вы добра зразумелі: нервовыя клеткі аднаўляюцца! Пагадзіўшыся з гэтаю тэзаю, мы з вамі пасправляем забіць асіnavы кол у распаўсюджаную думку, што цэфалічны мозг чалавека фармуеца ў дзяцінстве, застаецца нязменным і не здольны да рэгенерацыі.

Не хочаце скласці мне кампанію і пастаяць на людным скрыжаванні Сусвету з плакатам «Патрабуем падтримаць нервовыя клеткі!»? Што кажаце? Не трэба? Так, не абавязкова. Давайце лепш даведаемся болей пра нашыя нейроны і гэтак падтримаем іх.

Навукоўцы давялі, што не толькі ў дзяцей, але і ў сталых асабаў могуць з'яўляцца новыя нервовыя клеткі. У старых таксама. Нават у сталым веку ў чалавечым мозгу ўтвараюцца тысячи новых нейронаў [1-3].



Чаму ж тады адбываецца зніжэнне разумовых здольнасцяў?* Перш як адказаць на гэтае пытанне, уявім сабе, што нехта дзень за днём па некалькі гадзінай запар выконвае адныя і тыя ж манатонныя дзеянні. У выніку гэты чалавек можа дасягнуць высокага ўзроўню прафесіяналізму, але калі ў ягоным жыцці не будзе разнастайнасці, гэта пагражае сур'ёзнымі наступствамі: пагаршэннем увагі і ўспрымання, паслабленнем памяці. Інакш кажучы – стратаю пластычнасці мозгу (нейрапластычнасці).

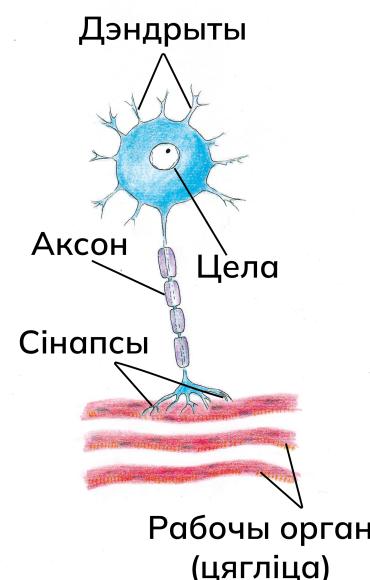
Што такое **нейрапластычнасць**? Нейрапластика – гэта адно з самых дзіўных і шматспадзеўных адкрыццяў апошніх гадоў. Гэта ўласцівасць мозгу змяніць структуру пад уплывам вонкавых умоваў, назапашанага досведу, трэнаванняў і мыслення. Нейрапластычнасць – гарант паспяховага навучання і самаразвіцця. Дзякуючы ёй забяспечваецца аднаўленне мозгу пасля інсультаў і траўмаў. Чым забяспечваецца аднаўленне мозгу? Сінтэзам новых нейронаў і наступным утворэннем новых нейронавых сувязяў і ланцугоў.

Як ён выглядае, наш аднаўляльны працаўнік? **Нейрон** уяўляе сабою «сонца разуму»: клетку (**цела**) з адросткамі – **дэндритамі і аксонам**.

Цела паказвае на ядро нейрона. У ядры нейрона (або іншай клеткі) месціцца «урад» у выглядзе генаў. «Урад» у выглядзе генаў – гэта добры і адэкватны «урад». Падрабязна пра гэта паговорым іншым разам.

Дэндриты – гэта кароткія адросткі, падобныя да галінкі. Яны выконваюць функцыю прыймачоў, якія ловяць уваходныя імпульсы ад іншых нервовых клетак і перадаюць целу нейрона.

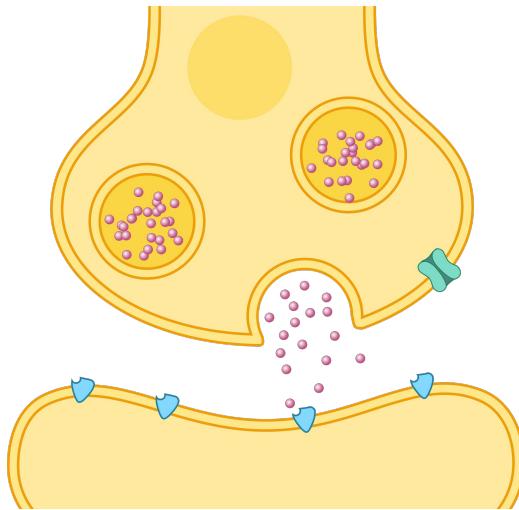
Аксон у нейрона бывае найчасцей адзін. Ён істотна даўжэйшы за дэндрыт, мае форму провада з невялікім разгалінаваннемі на канцы. Аксону адведзеная роля перадавальніка сігналаў ад цела нейрона да дэндрытаў іншых нейронаў або ад нейрона да выканаўчага органа (напрыклад, цягліцы). Аксон фарсіць у элегантных цыліндрыках з моднай тканінай – міеліну. Як вы думаеце, для чаго? Вядома, для электраізалаціі. Міелінавае «паліто» – гэта каркас, абарона і нават крыніца энергіі.



Будова нейрона

Сінапсы – гэта месцы сутыкнення перадавальніка – аксона і прыимачоў – дэндрытаў**. Эвалюцыя паступіла мудра і не стала наглуха прыляпляць вонкавыя абалонкі (мембрany) нейронавых адросткаў адно да аднаго. Інакш атрымаўся б трывалы стык, а нам патрэбная свобода дзеяння.

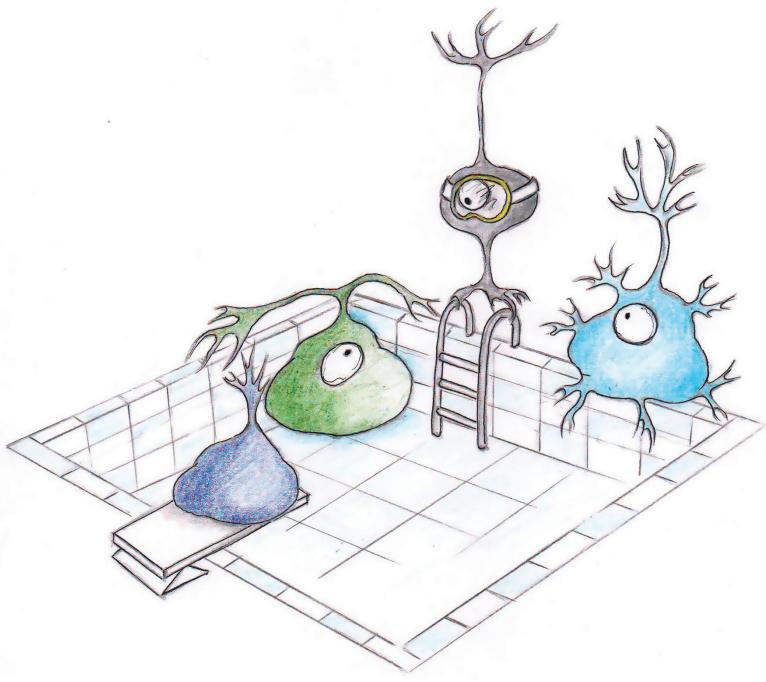
Зірніце на гэтыя перавернутыя «колбы»! Як дзіўна яны размешчаныя! «Колбы» быццам бы спрабуюць стукнуцца адна аб адну дном, але не ўдаецца.



Аўтар: Carolina Hrejsa / Крыніца: pixabay.com

Сапраўды, ліку прыродных вынаходстваў няма мяжы! «Колбы» – гэта канцы аксона і дэндрыта. У аксона (зверху) гэтыя «колбы» нашпігаваны бурбалкамі. Але не мыльнымі. У дэндрыту (знізу) бурбалак няма, але ён таксама «з разыначкамі»

Прастору паміж аксонам і дэндрытам запаўняе невялікі «басейн» (сінаптычная шчыліна). Электрычны сігнал, што паступае з аксона, падахвочвае бурбалкі высыпаць у «басейн» хлё... Не, не хлёркавую вапну, а нейрамедыятары. У парадку таго, як нейрамедыятары (ліловыя шарыкі) да яго падплываюць, дэндрит захапляе іх блакітнымі «разыначкамі». Бачыце? Да адной «разыначкі» ўжо падплывае нейрамедыятар!



Нейрамедыятары служаць пасярэднікамі («паромшчыкамі» і «пасажырамі» адначасна) для перадачы інфармацыі пра нервовыя імпульсы па «хвалях басейну». Мембрана дэндрыта атрымлівае ад нейрамедыятараў біяхімічны код пра тое, які нібыта нервовы імпульс аксон хоча перадаць дэндрыту. Пасля гэтага дэндрыты вырабляюць неймаверныя трукі для ператварэння ўваходнага коду ў электрычны сігнал для далейшай транспартацыі.

Тонкае вывучэнне апісаных механізмаў – доля профільных адмыслоўцаў. Мы ж адзначым, што хуткасць правядзення нервовых імпульсаў у арганізме чалавека складае 3–120 м/с, што адпавядае прыблізна 10–430 км/г. Хуткі працэс!

Назаву самы вядомы з нейрамедыятараў. Гэта кароль стрэсу – адрэналін. Наш арганізм сінтэзуе яго ў экстэрмальных сітуацыях. Таму вялікі выкід у кроў адрэналіну асобам, якія рыхтуюцца скочыць з парашутам, гарантаваны.

Яго калега, дафамін, адказвае за рухальную актыўнасць і дорыць нам радасць захаплення і задавальнення. Спадзяюся, што чытанне гэтага артыкулу прынясе вам задавальненне і адзначыцца сінтэзам дастатковая колькасці дафаміну.



Аўтар: Wayhomestudio / Крыніца: freepik.com

Калі мы спазнаём нешта новае, нейроны пачынаюць узмоцнена мяняцца міжсобку атрыманай інфармацияй і адсылаць больш запытанаў да розных зонаў. Павышаная актыўнасць нервовых клетак можа пацягнуць за сабой усплёск іх сінтэзу de novo***, фармаванне дадатковых аксонаў, дэндрытаў і ўтворэнне новых ланцугоў. Гэта азначае, што сігналы пачнуць больш эфектыўна перадавацца і апрацоўвацца на працягу ўсяго шляху. Наш мозг падбадзёрваецца, і працэс спазнання адбываецца хутчэй! Давайце трэнаваць наш мозг! Падборам разнапланавых практикаванняў для стыму-

ляцыі працы цэфалічнага мозгу займаецца нейробіка (англ: neurobiics). Нейробіка – гэта волны палёт думак, пошук разнастайнасці, нестандартных развязкаў і дзіўных адкрыццяў! Пра яе мы паговорым наступным разам.

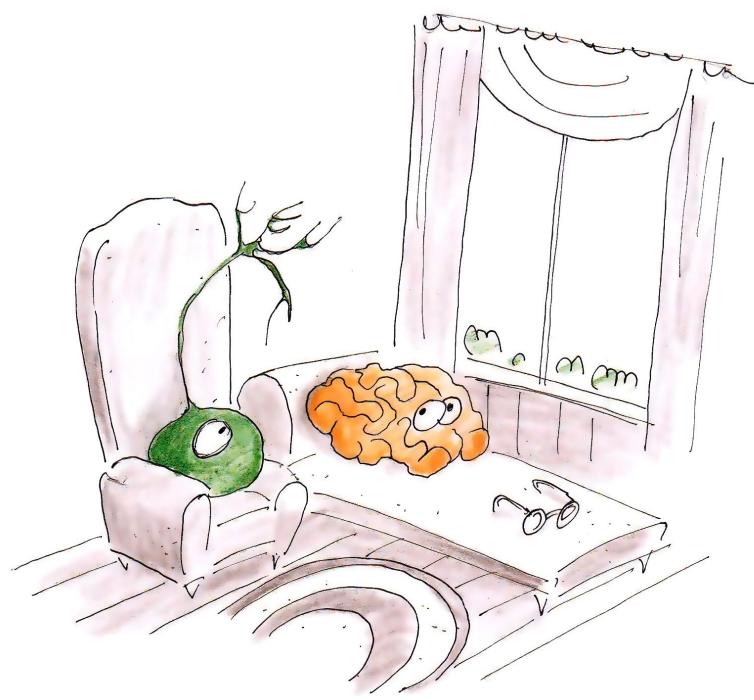
*Эфектыўнасць працы мозгу можа таксама зніжацца праз хваробы, траўмы, псіхічныя разлады, стрэс ды іншыя фактары, аблекаванне якіх выходзіць за межы гэтага артыкулу.

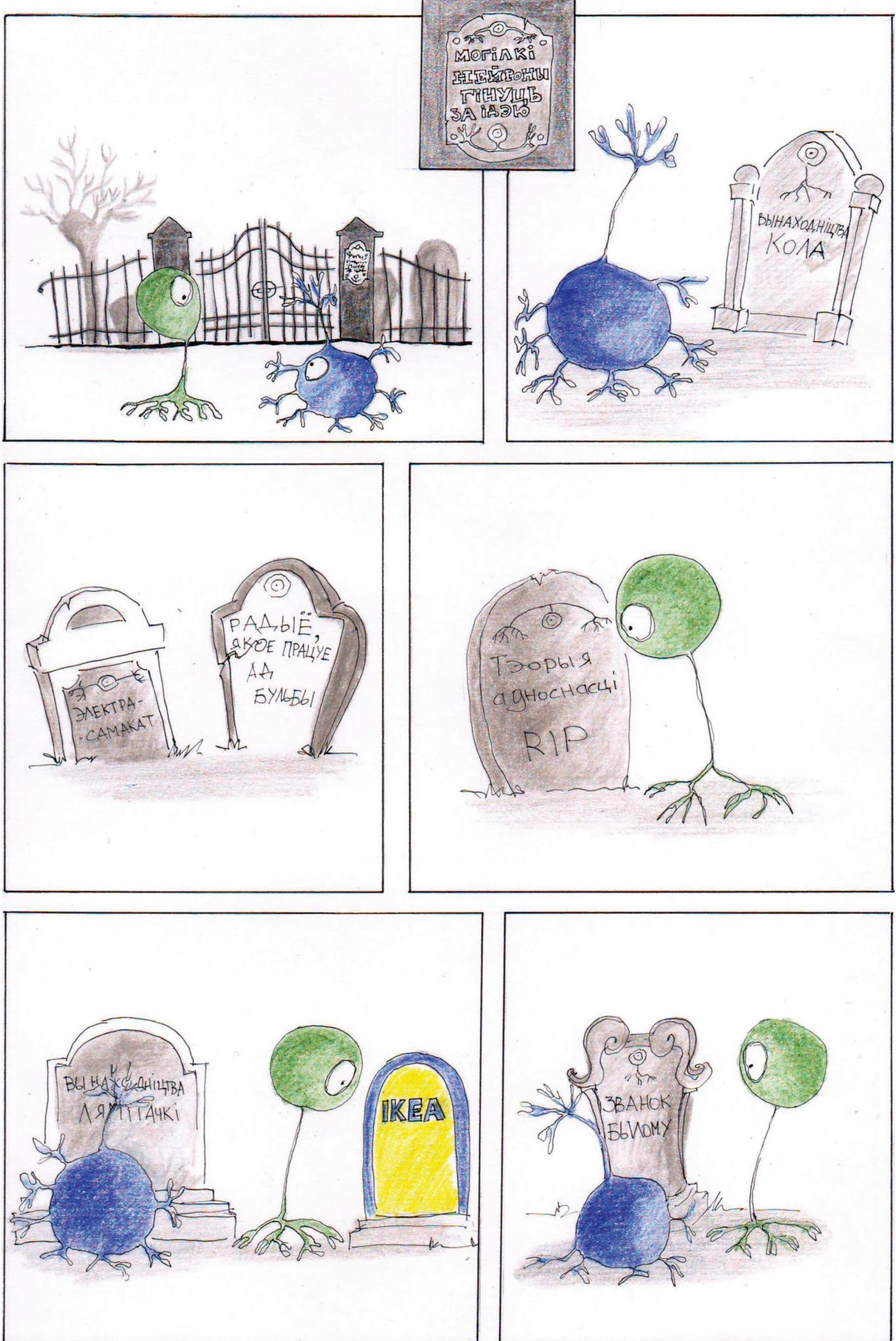
**У артыкуле прыведзены класічны (трокі спрошчаны) прыклад сінапсу. Варыянты злучэння нейронаў міжсобку могуць быць розныя.

***Наноў.

Спіс літаратуры:

1. Olaf Bergmann, Kirsty L. Spalding and Jonas Frisén. Adult Neurogenesis in Humans. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. January 10. 2019. 1-15.
2. Knoth R, Singec I, Ditter M, Pantazis G, Capetian P, Meyer RP, Horvat V, Volk B, Kempermann G. Murine features of neurogenesis in the human hippocampus across the lifespan from 0 to 100 years. *PLoS ONE* 5: e8809. 2010. CrossRefMedlineGoogle Scholar.
3. Maura Boldrini et al. Human Hippocampal Neurogenesis Persists throughout Aging. *Cell Stem Cell*. April 05, 2018 Vol.22, ISSUE 4, P589-599.





ІДЕЯ І АЎТАРСТВА КОМІКСУ: АЛЕНА ЭПШТЕЙН

МІДЫХЛАРЫЯНЫ ЯК ЁСЦЬ. ЭПІЗОД I. КВАШАНАЯ КАПУСТА і ЦЭЛЬНАЗЕРНЕВЫ ХЛЕБ

Алесь Спіцын

ІДЕЯ І АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫЙ: Аліса Салдатава

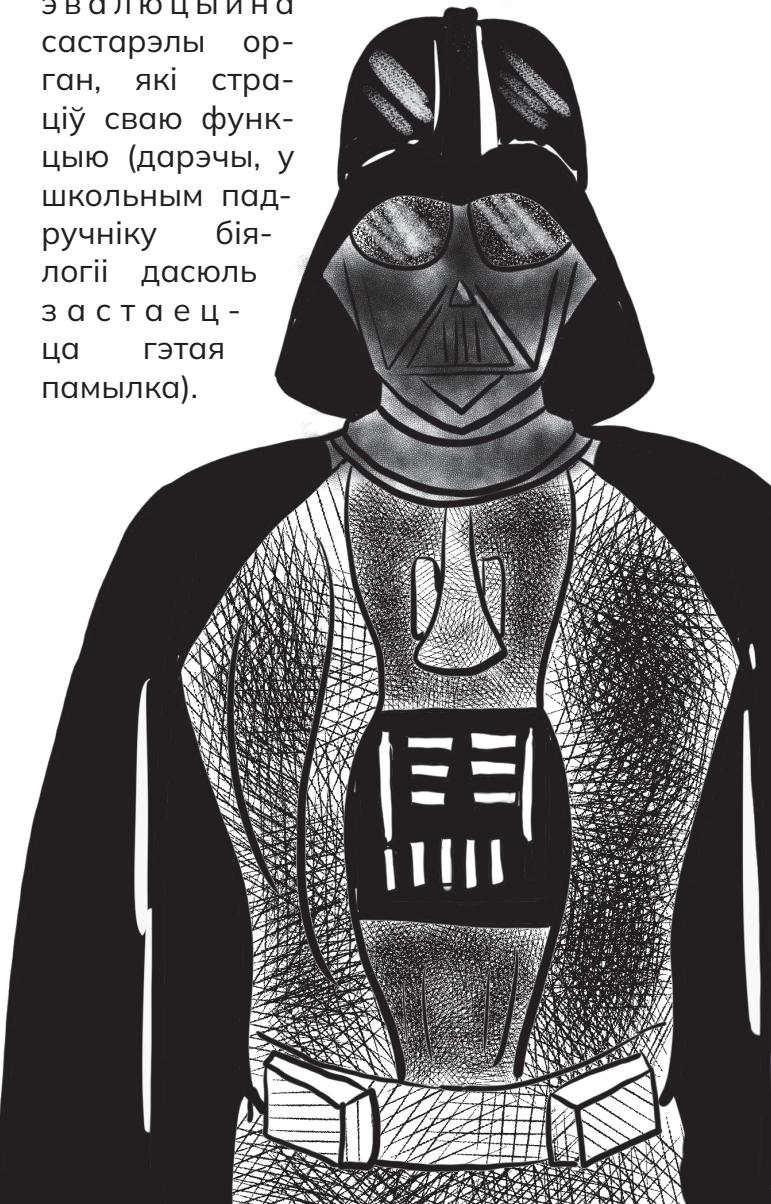


Калі вядомы пісьменнік і кінарэжысёр Джордж Лукас (George Lucas) увёў у сагу пра зорныя войны мікрасапічных істотаў – мідыхларыянаў, якія жывуць у крыві джэдаяў і дапамагаюць ім адчуваць сілу, шмат якія старыя фаны ўспрынялі гэта ледзьве не як абрэз. Асабліва ўгнявіліся рэлігійныя джэдаісты і заявілі, што галоўны прарок іхнае веры ўпаў у ерась. Гэта і зразумела. Раней джэдаем мог стацца кожны пры ўмове рэгулярных трэнаванняў і медытацыяў (альбо нават праста пры наяўнасці моцнага жадання). Цяпер жа чалавека было неабходна тэставаць на наяўнасць нейкіх там сімбіёнтаў, якія не вядома, ці ёсць у нашай Галактыцы наагул. Гэтак, фанскае асяроддзе, асабліва яго рэлігійная частка, распалася на два лагеры – олдфагаў і ньюфагаў, першыя з якіх мідыхларыянаў не прызнавалі (а задно і новай трэлогіі фільмаў), а другія прызнавалі і адно, і другое.

Што датычыць мяне, то я гляджу на самую знаную космаоперу выключна з маствацкага пункту гледжання і зусім не збіраюся заігryваць з джэдаізмам як з неакультам. Класічная трэлогія мне сапрауды падабаецца больш за ўсё – як рэжысурою, гэтак і маральнаю каштоўнасцю. І ўсё ж у гэтым артыкуле я паспрабую давесці, што чалавек мае сваіх сімбіёнтаў, якія калі і не ўспрымаюць за яго містычную сілу, то прынамсі моцна ўплываюць на настрой для гэтага ўспрымання.

Сталых сужыхароў – сімбіёнтаў – у любога чалавека вельмі шмат, таму я спадзяюся, што гэты эпізод першы, але не апошні. Некаторыя біёлагі нават мяркуюць, што чалавекам у поўным сэнсе слова можна назваць толькі голабіятычны (шматкампанентавы) арганізм, а не толькі арганізм сисуна. І зараз мы паговорым пра адну з найважнейшых экасістэм, якая існуе ў нашым целе, – бактэрый тойстага кішачніка.

Гаворка пра гэтую мікрабіёту нашых мідыхларыянаў пачну з чорнага гумару. Калісъці знаны расейскі фізіёлаг, першаадкрыўальнік фагацытозу ды імунітэту Ілля Мечнікаў казаў, што смерць пачынаецца ў тоўстай кішцы. Прычынаю гэтаму ён бачыў прысутных там гніласных бактэрый. На гэтай падставе барадаты нобэлеўскі лаўрэат прапаноўваў выдаляць гэты адзел стрававальнай сістэмы. Дзякую Богу, нам не вядома, каб людзі рабілі над сабою настолькі радыкальныя эксперыменты. Хаця, на жаль, блізкая духам памылка была зробленая ў канцы XX стагоддзя шмат якімі медыкамі, калі без патрэбы выдаляўся апендыкс. Лічылася, што гэта рудымент, то бок эвалюцыйна састарэлы орган, які страціў сваю функцыю (дарэчы, у школьнім падручніку біялогіі дасюль застаецца гэтая памылка).



Балазе Іллю Мечнікаву (заслуг якога мы не прыніжаем, безумоўна) запярэчыў іншы нобэлеўскі лаўрэат – Іван Паўлаў, які настойваў на тым, што ў чалавека лішніх органаў няма.

Сёння нам добра вядома, што працэсы браджэння (нічога шкоднага – проста разбурэння цукраў) і гніення (нічога страшнага – разбурэння бялку) мікраарганізмамі ў тоўстым кішачніку маюць для нашага жыцця крытычную важнасць. Настолькі крытычную, што,

калі б мы не мелі тых мікраарганізмаў, якія іх ажыццяўляюць, мы аказаліся б на парозе смерці.

Нашыя кішачныя мідыхларыяны ў сённяшній навуцы атрымалі некалькі назваў, якія, зрешты, маюць свае адценні. Давайце разбірацца. Калі гавораць пра сукупнасць геномаў мікраарганізмаў, гэта называюць мікрабіёмам, калі прагены – метагеномам. Калі трэба сказаць пра сукупнасць жывых арганізмаў, кажуць «мікрабіёта» ці «мікрабіяцэноз», а калі пра віды – «мікрафлора». У паўсядзённай гаворцы і нават у медычнай практицы гэтыя паняткі часта блытаюць нават спецыялісты, так што не вельмі засмучайцеся, калі вам не ўдалося запомніць усёй гэтай розніцы.

Усяго наш тоўсты кішачнік насяляюць больш за 10 000 відаў археяў, бактэрыяў, мікраскапічных грыбоў, пратыстаў і бактэрыяфагаў (вірусаў бактэрыяў). У норме ўсе яны існуюць у балансе паміж сабой і прыносяць карысць чалавеку. Больш за тое. Яны моцна ўплываюць на тое, што чалавек адчувае і як ён пачуваецца.

Такім чынам, прыйшоў час раскрыць, чаму мы рызыкнулі параніцаць усю гэту размаітую брацю з фантастычнымі мідыхларыянамі. Як памятаем, паводле сагі пра зорныя войны, мідыхларыяны дапамагалі джэдаям кантроліраваць сілу, адчуваць яе, падаўжаць жыццё.

Як паказваюць сучасныя даследванні, мікрафлора кішачніка абумоўлівае фармаванне нашага імунітэту, здаровай канстытуцыі цела, упłyвае на развіццё нервовай сістэмы і нават кагнітыўных здольнасцяў і псіхалагічных асаблівасцяў. Безумоўна, фактар мікрабіёты не адзіны, і чалавека



нельга ўяўляць як мех з бактэрыямі. Але чым далей, тым больш значнаю падаецца роля мікраарганізмаў-сімбіёntаў у нашым жыцці.

Аказваеца, некаторыя з іх адказваюць за правільнае фармаванне імуннай сістэмы чалавека, то бок устойлівасці да захворванняў. Сённяшняя эпідэмія алергіі – захворвання, выкліканага няправільнаю працай імуннае сістэмы, – не ў апошнюю чаргу звязаная з фактарамі, якія не даюць сфермаваца правільнай мікрабіёце.

Найбольш значнымі сярод гэтых фактараў варта лічыць вялікую колькасць аператывных родав (кесарава сячэнне), пры якіх засяленне кішачніка немаўляці адбываеца пазней за патрэбны тэрмін і з неналежных крыніцаў, шырокое ўжыванне антыбіётыкаў, асабліва ў першыя два гады жыцця, няправільная дыета з высокім утрыманнем рафінаванага цукру і нізкім утрыманнем харчовых валокнаў, якія часта абагульняюць паняткам «абалоніна» (або клятчатка).

Дысбіёз – няправільны склад мікрафлоры, які ўзнікае пад уздзеяннем гэтых фактараў, – можа прыводзіць і да іншых непрыемных наступстваў. У раннім веку ўсё часцей развіваюцца разлады аўтыстыстычнага спектру, а ў дарослым – атлусценне, гіпертэнзія, зніжаная адчувальнасць да інсуліну (дыябет другога тыпу), біяхімічная дыпрэсія і нейрадэгенератывныя хваробы – сіндром Паркінсана і Альцгаймера (тое, што раней называлася старэчым размам).

Такія непрыемныя наступствы дэманструюць нам, на сколькі важныя для нас мікраарганізмы тоўстага кішачніка.

На сёння асаблівае зацікаўленне фізіёлагаў чалавека – гэтак званая вось мікрабіёта – кішачнік – мозг. То бок наш мозг упłyвае на мікрабіёту, а мікрабіёта, у сваю чаргу, упłyвае на працу мозга.

Якім жа чынам мы можам паспрыяць нашым сімбіёntам, каб яны паспрыялі нам?

Шмат у чым тут могуць дапамагчы сінбіётыкі – стравы і біядабаўкі, якія ўтрымліваюць адначасова жывыя карысныя мікраарганізмы, або прабіётыкі (біфідабактэрыі, лактабацилы), і неабходнае для іх харчаванне, або прэбіётыкі (харчовыя валокны, малочныя цукры ды іх вытворныя).

Натуральныя сімбіётыкі – кашаная капуста, хатні квас, ёгурты (асабліва прыгатаваныя на біяразнастайных заквасках). Карысная падкормка для правільных бактэрыяў – таксама цэльназерневы хлеб, садавіна, гародніна, прыгатаваная клятчатка і пектыны.



Станьма сябрамі нашым сімбіёntам – і яны аддзячаць нам.

Крыніцы:
<https://be-tarask.m.wikipedia.org/>
 Мідыхлярыяны
<https://be.m.wikipedia.org/wiki/Мітахондрыя>



ЧАЛАВЕЦТВА ЗБІРАЕЦЦА ВЯРНУЦЦА НА МЕСЯЦ

Цімафей Яўсееў

Аўтар галоўнай фатаграфіі: Дзмітры Канановіч



МЕСЯЦ НАД ГАРЫЗОНТАМ ЗЯМЛІ

Месяц на сходзе над гарызонтам Зямлі,
калі Міжнародная касмічная станцыя
пралятае на вышыні 418 кіламетраў над
Атлантычным акіянам ля ўзбярэжжа
паўднёвой Аргентыны.

Аўтар фота: *NASA Johnson* / Крыніца: [flickr.com](#)

З моманту, калі Ніл Армстронг (*Neil Armstrong*) упершыню ступіў на Месяц, у 1969 годзе, касмічныя даследаванні сталіся асноўным элементам чалавечага дзейнасці. Пасля больш як паўвекавога перапынку, звязанага са спыненнем праграмы *Apollo* ў 1972-м, вяртанне на Месяц сталася мэтаю шмат якіх касмічных агенцтваў па ўсім свеце.

Сёння мы зноў гатовыя выправіцца туды і прынесці новую эру ў даследаванні нашага найбліжэйшага касмічнага суседа. Дзякуючы місіям *Artemis* і кітайскім планам эпоха вывучэння Месяца можа аднавіцца.

Місія *Artemis* – ініцыятыва NASA, скіраваная на стварэнне ўстойлівай прысутнасці чалавека на Месяцы да 2025 году. У межах гэтага місіі будуць праведзеныя трох асноўных этапы: *Artemis 1*, *Artemis 2* і *Artemis 3*.

Назва праграмы паходзіць ад імя Артэміды, грэцкае багіні Месяца і сястры Апалона, чыя аднайменная праграма ўпершыню даставіла астранаўтаў на наш спадарожнік 20 ліпеня 1969 году.

Першы этап, *Artemis 1*, адбыўся 16 лістапада 2022 году з дапамogaю ракеты-носібіта *Space Launch System (SLS)* і касмічнага карабля *Orion*.

Асноўная мэта місіі *Artemis 1* – тэставанне сістэмы *SLS* і *Orion* у рэальных умовах палёту на арбіце Месяца. Пры гэтым палёт адбываўся без экіпажу. Касмічны карабель праішоў вакол Месяца, каб праверыць працу ўсіх сістэм і правесці неабходныя выпрабаванні. Затым паспяхова вярнуўся на Зямлю.

Другі этап, *Artemis 2*, запланаваны на лістапад 2024-га. Гэта будзе першы палёт з экіпажам вакол Месяца на касмічным караблі

Orion. Мэта місіі – праверыць магчымасці новае касмічнае сістэмы на максімальны адрэглесці ад Зямлі разам з экіпажам.

Трэці этап, *Artemis 3*, запланавалі на снежань 2025-га. Гэта палёт з экіпажам з наступным выхадам на паверхню Месяца. Плануецца выкарыстанне новых месячавых модуляў. Акрамя таго, будзе разгорнутая база, што можа прывесці да больш працяглынавуковых даследаванняў Месяца, а таксама даць магчымасць выкарыстоўваць базу як адпраўны пункт для місіі на Марс і далей.

ARTEMIS 1. Запуск

Ракета NASA – Space Launch System – з касмічным караблём *Orion* падчас лётнага выпрабавання *Artemis 1* у сераду, 16 лістапада 2022 году.

Акрамя таго, *Artemis* не адзінай місіі на Месяц найбліжэйшымі гадамі. Кітай таксама запусціў сваю праграму касмічных даследаванняў і плануе адправіць сваю першую місію без экіпажу на Месяц у 2025 годзе, а затым пілатаваную – у 2030-м. Яны таксама плануюць устанавіць сваю базу на Месяцы.

Для дасягнення гэтае мэты Кітай запусціў серыю касмічных місіяў.





Аўтар фота: CNSA/CLEP/Cygni_18
Крыніца: flickr.com

Панарама пасадачнай пляцоўкі
Chang'e-5, 2 снежня 2020 году.

Адну з такіх місіяў, *Chang'e-5*, запусцілі ў лістападзе 2020 году, якая даставіла ўзоры месяцавай глебы на Зямлю ў снежні 2020-га. Гэтая місія была першай за апошнія 40 гадоў, якая даставіла ўзоры месяцавага грунту на Зямлю. Кітай стаўся трэцяю краінай у свеце, якая гэта зрабіла: пасля ЗША і СССР.

Таксама Кітай запусціць серыю місіяў *Chang'e* для даследавання Месяца і запланаваў высадку чалавека на Месяц да 2030 году. Сярод запланаваных місіяў – *Chang'e-6*, *Chang'e-7* і *Chang'e-8*.

Chang'e-6 запланавалі на 2025 год і прысвецяць вывучэнню ўзораў паверхні Месяца. Місія прадугледжвае збор пробаў грунту і горных пародаў, а таксама назіранне за радыяцыйным і электромагнітным палямі Месяца.

Chang'e-7 запланавалі на 2026 год. Місія даследуе паўднёвы полюс Месяца ды будзе ўлучаць

модулі для збору ўзораў з паверхні і паветра.

Chang'e-8 запланавалі на 2028 год. Місія даследуе рэсурсы Месяца, магчымасці іх выкарыстання для будучых місіяў ды будзе ўлучаць модулі для збору ўзораў і эксперыментаў для вытворчасці кіслароду.

Адным з галоўных дасягненняў місіі *Chang'e-8* можа стацца паспяховая дэманстрацыя тэхнологіі аўтаматичнай пасадкі на Месяц, якія ў будучыні могуць быць выкарыстаныя пры высадцы кітайскіх касманаўтаў на яго паверхні.

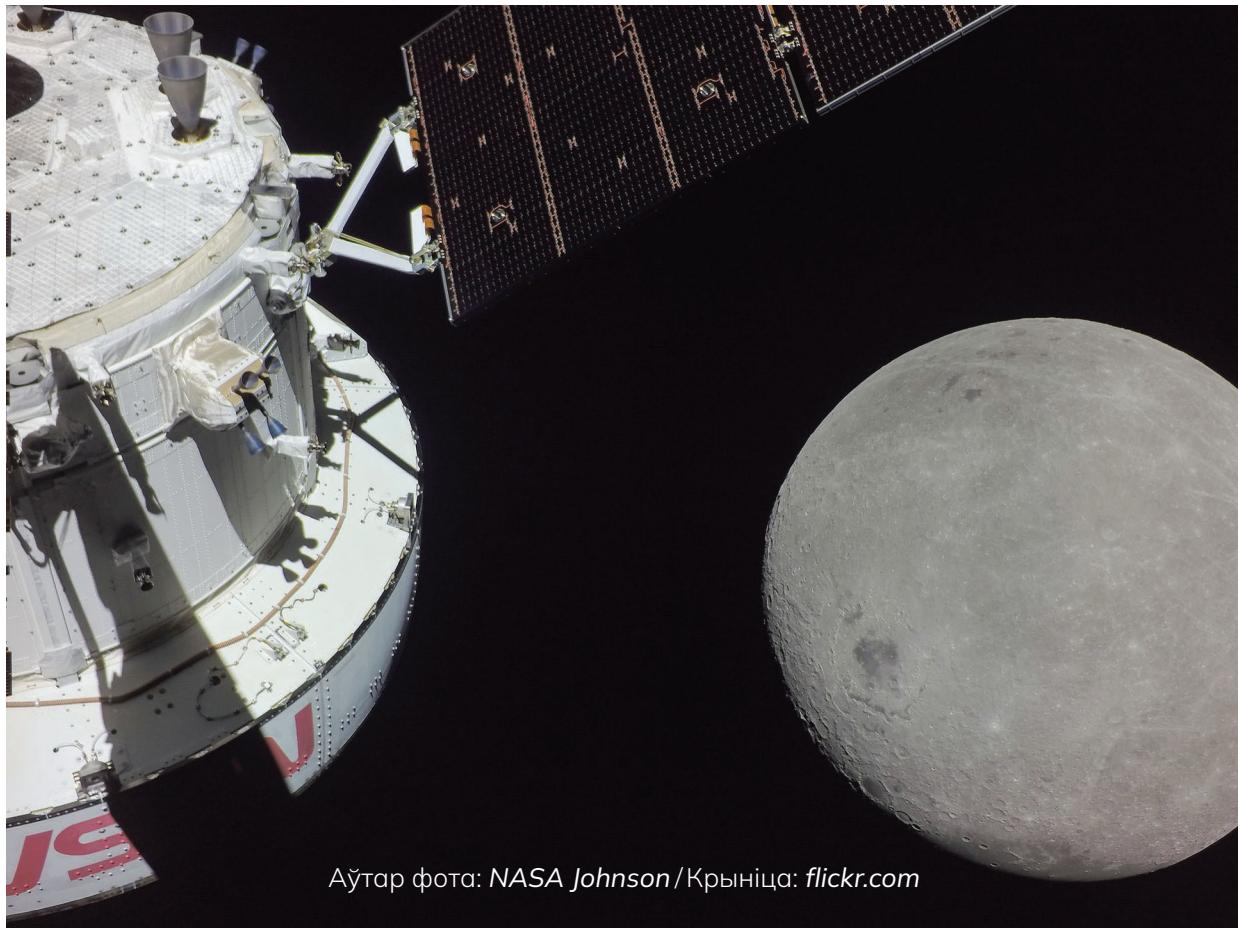
Адна з галоўных прычынаў, чаму Кітай гэтак актыўна развівае сваю касмічную праграму, – імкненне лідараваць у міжнароднай касмічнай гонцы ды стварыць уласную інфраструктуру, здольную забяспечваць яе інтарэсы як у космасе, гэтак і на Зямлі.

Аднак, як і ў любой касмічнай праграме, у Кітаю ёсць свае хібы. Адна з галоўных у тым, што Кітай сутыкнуўся з абмежаваннямі на перадачу тэхналогіяў праз міжнародныя санкцыі. Гэта можа ўскладніць развіццё кітайскае касмічнае праграмы ў будучыні.

У абедзвюх праграмах, *Artemis* і *Chang'e*, важна выкарыстоўваць найноўшыя тэхналогіі для запэўнівання бяспекі ды поспеху місіяў. Акрамя таго, высокатэхналагічныя спадарожнікі і робаты могуць выкарыстоўвацца для вывучэння

паверхні Месяца ды збору звестак для навуковых даследаванняў.

Высадка чалавека на Месяц – складаная задача, якая патрабуе вялікіх затратаў і тэхнічных магчымасцяў. Не зважаючы на значны прагрэс у касмічных тэхналогіях, шмат якія праблемы ўсё яшчэ застаюцца неразвязанымі. Адна з асноўных праблемаў – бяспека экіпажа і забеспячэнне іх жыцця-дзейнасці ва ўмовах, калі чалавек застаецца на значнай адлегласці ад Зямлі.



Аўтар фота: NASA Johnson/Крыніца: flickr.com

Сэлфі з МЕСЯЦАМ

На гэтым здымку, зробленым на шосты дзень місіі *Artemis 1* камераю на канцы адной з сонечных батарэй *Orion*, відаць частка адваротнага боку Месяца. 21 лістапада 2022 году.

Крыніцы:
<https://www.nasa.gov>
<https://www.space.com>



ЧЫМ ЁСЦЬ АРХЕАЛОГІЯ І ЧЫМ НЕ ЁСЦЬ

ВЕРА ГАПОНАВА

АЎТАРКА ГАЛОЎНАЙ ІЛЮСТРАЦЫИ: ЯНЯ ЗАЙЧАНКА



Першае, што трэба ведаць пра археалогію, – гэта тое, што яна не палеанталогія. Бо калі вы пройдзенце марудны і цяжкі шлях бясконцай бюракратыі, сумневаў у сабе і выпрабаванняў, каб, скажам, паступіць ва ўніверсітэт на адпаведную спецыяльнасць, будзе ўжо не так проста выйсці з аудыторыі, бразнуўшы дзвярыма, калі на першай лекцыі ўводзінаў у археалогію вы пачуецце, што дыназаўраў не будзе. Не паўтарайце чужых памылак. Археалогія – гэта гуманітарная навука. Яна вывучае мінулае чалавека праз ягоныя матэрыяльныя рэшткі. Усё, што было да з'яўлення чалавека, выпадае са сферы яе інтерэсаў. Таму ў дыназаўраў няма шанцаў.

Не блытаць:



Палеантолаг



Археолаг

Fair use in educational purposes.
Крыніцы: выявы ўзятыя з серыялу «Сябры» і фільму «Індыяна Джоўнз: У пошуках страчанага каўчэга»

Пачуўшы, што я археолаг, наступнае пытанне, якое людзі задаюць пасля таго, ці выкапала я ўжо дыназаўра, – гэта ці выкапала я ўжо золата. Калі ты нармальны чалавек і прагнеш цікаваць і прыемнай размовы, то можна загадкава паведаміць, што так, здаравася. Калі ж ты хочаш выглядаць фрыканутым батанам, можна адказаць кароткаю лекцыяй на тэму «археалогія – гэта навука пра факты, матэрыяльныя рэчы для яе другасныя». Я чамусьці заўсёды выбіраю другі варыянт. Дык вось...

«Археалогія – гэта навука пра факты! – з энтузіазмам цвердзіць мой настаўнік уводзінаў у археалогію, які вельмі любіць цытаваць Індыяну Джоўнза (Indiana Jones), а менавіта: – 70 % археалогіі адбываецца ў бібліятэцы!»

Ува ўсякім разе гэта датычыць сучаснай археалогіі. Але не сумуйце: пачыналася археалогія куды весялей, з сапраўдным паляваннем на аб'екты і цягненнем іх з краіны ў краіну, падчас чаго палова гублялася (глядзі прыклад Дур-Шарукіну). Цяпер жа распячатваць піраміды з дапамogaю дынаміту ці апранаць жонку ў выкапаныя каштоўнасці стала не камільфо, і маладыя інтэлігентныя студэнты закочваюць вочы, абмяркоўваючы таго італьянца, які падрываў піраміды. Калі ў слайным мінулым на нейкім помніку сотні рабочых раскопвалі дзвесце пакояў за год, цяпер купка абранных прафесійных археолагаў адкопвае два пакоі за два гады. Дакладна: атрымліваеца нашмат больш інфармацыі і нашмат менш артэфактаў. Няма таго, што раньш было.

Таму і адказ на наступнае пытанне, якая мая ўлюблёная знайдка, выглядае, здаецца, такім жа расчараўальным, як мой адказ «археалогія – навука пра факты». Бо я пачынаю ўспамінаць кавалак кафлі з яшчэ бачным гербам Радзі-

вілаў – і людзі з вымучанай усмешкай адказваюць: «О, як цікава». Так і ёсць, мне цікава, бы гэта адзіны момант, калі знаходзіш нешта, хоць і не вельмі прывабнае ды падазронна падобнае да тых камякоў гліны, з якіх яно ўзнятае, але што абяцае патэнцыйна крытычную інфармацыю аб прыналежнасці пабудовы, пацвярджае ці зняпраўджвае гіпотэзы. Па чынае здавацца, што я раблю не надта ўдалую рэкламу археалогіі. Але лепей ведаць на што ідзеши, так?

Добра, знайсці золата таксама прышпільна – і тут варта ўявіць сабе чаму (бо забраць яго сабе і пакласці ў банк усё роўна ж нельга). Рэч у тым, што амаль усё выцягнутае з зямлі выглядае падобна да той жа зямлі. Амаль любы артэфакт да ачышчэння ці працы рэстаўратараў (калі там ёсць што рэстаўраваць) – гэта камяк гразі ці іржы, што толькі здалёк нагадвае арыгінальную форму цвіка, ці кавалак спарахнелай невыразнай косткі.

Таму да большасці артэфактаў трэба на ўсю моц падключачы фантазію, каб уявіць, чым яны былі і як (магчыма) прываблівалі вока ў свой час. Толькі золата і праз тысячы гадоў у зямлі выглядае як золата. Сярод спарахнелай гамагенай масы мінульых гадоў залаты пярсцёнак выглядае, быццам хтосьці толькі што нёс яго прапанаваць дзяўчыне (ці хлопцу) і

згубіў. Гэта ўражвае не менш, чым ся знайсці карону, саджаючы кроп у двары. Ну, мабыць, трохі менш.

Падсумоўваючы гэтае разваражнне пра асноўныя памылковыя ўяўленні пра археалогію, з якімі я сутыкалася:

- Археалогія вывучае мінулае чалавека – менавіта чалавека, а калі і займаецца іншымі жывымі і нежывымі з'явамі, то звычайна праз іх сувязь з чалавекам. Дына-заўрам не стае гэтай сувязі, каб стаць прадметам цікавасці археалогіі.
- Хоць археалогія і вывучае мінулае праз матэрыяльныя рэшткі, інфармацыя пра мінулае застасцца мэтай, а парэшткі – сродкам яе дасягнення.
- Прынамсі ў сучаснай археалогіі няшмат прасторы для дынаміту, скакання на кані па раскопе і аздаблення інтэр'еру залатымі знаходкамі па вяртанні з экспедыцыі. Болей часу адводзіцца на чытанне ў бібліятэцы, напісанне справаздачаў і артыкулаў ці сядзенне ў лабараторыі над невыразнымі кавалкамі ці то гразі, ці то аб'ектаў, ці то людзей.



Тыповыя знаходкі археолага выглядаюць як тое, што вы неслі з пясочніцы паказаць маці, калі вам было тры гады

Крыніца: фота з архіву аўтаркі



ДЫНАЗАУРЫ. З ЧАГО ЎСЁ ПАЧАЛОСЯ

Кастусь Зайрэвіч

Ідэя і аўтарства ілюстрацый: Андруш Такінданг

Усе мы ў падлеткавым веку захапляліся дыназаўрамі. Фільмы Спілбэрга, выставы, кнігі з прывабнымі малюнкамі і тэматычныя паркі – усё гэта выклікала захапленне хлапцоў і дзяўчат. Але наколькі рэальныя дыназаўры адпавядаюць кіношным? Што нам вядома пра іх і якім чынам мы праз сотні мільёнаў гадоў можам аднавіць выгляд дыназаўраў ці нават разважаць пра іхныя паводзіны? Гэтым артыкулам мы распачнём цыкл пра гісторыю ўзнікнення, час росквіту і знікнення дыназаўраў, дзе пастаравеся адказаць на ўсе гэтыя пытанні і пацвердзіць ці аспрэчыць міфы пра іх.

Нашая гісторыя пачынаецца прыблізна 251 мільён гадоў таму з Масавага пермска-трыясавага вымірання – самага магутнага ў гісторыі. Гэта мяжва Палеазойскай (541 млн г. т. – 251 млн г. т.) і Мезазойскай (251 млн г. т. – 65 млн г. т.) эраў. Пермскі перыяд (298 млн г. т. – 251 млн г. т.) быў апошнім перыядам Палеазойскай эры. Гэта быў час росквіту флоры і фаўны. Ахаректарызываць яго можна двумя словамі – стабільнасць і сталасць.

Клімат цягам усяго Пермскага перыяду не зазнаваў рэзкіх зменаў ды захоўваўся стабільным. Тэмпература ён быў блізкі да сучаснага. Гэтыя чыннікі і прывялі да росквіту жыцця.

Актыўна раслі лясы, развівалася і ўзбагачалася фаўна. Для інсектаў гэта быў сапраўдны рай, бо дзяканы высокаму ўзроўню кіслороду яны выраслі да рэкордных памераў. Павялічылася колькасць яшчарападобных. Яны таксама раслі памерам і нават пачалі фармаваць статак. Менавіта ў Пермскі перыяд сформаваліся продкі ўсіх сучасных жывёлінаў: дыяпіды (продкі дыназаўраў і птушак) і сінапіды (продкі сысуноў). І менавіта нашыя далёкія продкі-сінапіды лідаравалі і толькі пад канец Пермскага перыяду пачалі саступаць больш прагрэсіўным на той час дыяпідам. Менавіта доўгая стабільнасць клімату зрабіла благую паслугу, бо калі пачаліся кардынальныя змены, фаўна аказалася да іх негатовая і ў большасці сваёй не здолела прыстасавацца.



У канцы Пермскага перыяду пачаў назапашвацца шэраг чыннікаў, што і прывяло да катастрофы. Мацерыкі началі збірацца ў адзіны суперкантынент Пангею (мацерыкі не стаяць на месцы – цягам гісторыі сыходзяцца і зноў разыходзяцца), што паўплывала на акіянічныя цячэнні і клімат тэрыторыяў, якія аказаліся ў глыбіні суперкантыненту. Узніклі Апалачы і Уральскія горы, што паўплывала на ветры ды размеркаванне ападкаў. А самае галоўнае – уznікла надзвычайная вулканічная актыўнасць, якой дасюль не было. У Сібіры адбываліся **трапавыя вывяржэнні*** вулканаў. На тэрыторыі ўсходняй Сібіры на тэрыторыі амаль 2 млн км² працаваў « завод» для вытворчасці парніковых газаў, серы і попелу. З зямлі праз шматлікія расколіны да 5 кіламетраў даўжынёю цягам больш як 500 тысячай гадоў стала выцякала лава. Карціна была падобная да апакаліпсісу: чорнае неба, моры лавы, у

паветра з вулканаў вылятала неймаверная колькасць газаў і тоны попелу, а з неба ліліся кіслотныя дажджы. Спачатку гэтая вулканічная актыўнасць нават прывяла да пахаладання клімату, бо попел дасягаў верхніх слоёў атмасферы і замінаў праходу сонечнага святла. Але так працягвалася нядоўга. Вельмі хутка пачаў упłyваць парніковы эфект ад вулканічных газаў. Доля кіслароду ў атмасферы пачала падаць, вуглякіслага – расці, імкліва павялічвалася колькасць метану: атмасфера пачала імкліва награвацца. Першымі ўдар на сабе адчулі вусякі. Іхняя прымітыўныя дыхальныя сістэмы не далі рады са змяншэннем колькасці кіслароду ў атмасферы.

І калі на зямлі адбываўся апакаліпсіс, то ў акіянах было са-прауднае пекла. Імклівае награванне вады і змяншэнне кіслароду прывяло да вымірання асновы харчовага ланцужка – планктону, што выклікала эфект даміно: 90 % марскіх відаў вымерла. Чым далей, тым горш. Са змяншэннем кіслароду і павелічэннем серы ў акіянах началі развівацца

***Трапавыя вывяржэнні:** ад шведскага *trappa* «лесвіца». Пры іх часе няма выразнага кратара і сталага цэнтра вывяржэння, лава выліваецца з шматлікіх расколінаў.



анаэробныя бактэрый, якія ў працэсе сваёй жыццядзейнасці вылучалі се-равадарод. На дне акіянаў з павелі-чэннем тэмпературы пачалі раскла-дацца гідраты метану (спалучэнні метану з вадою), колькасць метану ў атмасферы павялічылася, што яшчэ больш узмацніла парніковы эффект.

Усе гэтыя чыннікі – вулканічная актыўнасць, глабальнае пацяпленне, памяншэнне кіслароду, змяненне ця-чэння, змяненне структуры ападкаў – адбыліся вельмі хутка. І буйным відам проста забракавала часу пры-стасавацца да вельмі хуткіх зменаў умоваў. Гэтыя імклівыя змены і вык-лікалі самае вялікае ў гісторыі вымі-ранне.

Наступствы катастрофы трывалі паводле разных падлікаў 3–20 мільёнаў гадоў. Але выміранне адных відаў стварыла магчымасці тым, хто азалеў. Не пашэнціла нашым далё

кім продкам – **сінапсідам**.^{*} З усіх рэп-тыліяў яны былі найбольш паспя-ховыя ў Пермскі перыяд, але вымі-ранне страшна ўдарыла па іх. Ім спатрэбіцца яшчэ каля 300 мільёнаў гадоў і яшчэ адное масавае вымі-ранне, каб яны здолелі заняць сваё месца пад сонцам. А сярод тых, хто выйграў у выніку вымірання, аказалася група **дыяпсідаў**^{**} – архазаўры. Іх выжывальніцкаю пера-вагаю сталіся невялікія памеры ды адсутнасць вузкай спецыялізацыі. Навукоўцы спрачаюцца, калі арха-заўры з'явіліся. Дакладней, ці можна адносіць да іх прымітыўных рэптыліяў, якія з'явіліся ў канцы Пермскага перыяду каля экватару і не мелі ўсіх рысаў архазаўраў. Але ўсе пагаджаюцца, што ўжо ў пачатку Трыясу архазаўры дакладна ёсьць і распаўсюджаныя ўва ўсіх шыротах. Архазаўры адразу імкліва пачалі займаць вызваленыя экалагічныя нішы. Але хто ж такія архазаўры?

*Сінапсіды: ад грэцкага συν «разам» + ἄψις «дуга»
> *συναψίδες (*synapsídes*) «злучаныя дугою». Дамінантная група наземных хрыбетных; імаверна, цеплаクロўныя і драпежнікі; продкі сисуноў.

**Дыяпсіды: *diapsida*, даслоўна «дзве дугі». Група паўзуноў, сформаваная каля 300 мільёнаў гадоў таму, існуе да сёння (кракадзілы, дзюбагаловыя, пускаватыя і чарапахі); продкі птушак.

АРХАЗАУР



Гэта група прагрэсіўных рэптыліяў, што характарызуецца наяўнасцю зубоў у адмысловых ячэйках, чацвёртага круцяка на сцегнавой костцы (бугарок для замацавання цягліцаў), аблегчаным за кошт фэнэстраў (перадвочны, на ніжній сківіцы і харктэрны для ўсіх дыяпісідаў два на скроні – для мацавання цягліцаў) чэрапа, а таксама чатырохкамернага сэрца. Архазаўры ўлучаюць дыназаўраў, а таксама птэразаўраў, птушак і кракадзілаў. Архазаўры былі добра прыстасаваны да засушлівага ранняга Трыясавага перыяду. Дзякуючы эфектыўнай сістэме кровазвароту, што паляпшала тэрмарэгуляцыю, а таксама эфектыўнай выводнай сістэме, якая эфектыўна захоўвала ваду (дазваляла выводзіць мачавую кіслату замест мачавіны).

І вось мы дайшлі бесспасярэдне да дыназаўраў. Сярод іншых архазаўраў яны вылучаюцца шэрагам прыкметаў. Па-першае, іхныя тазавыя косткі зрастаютца такім чынам, што ў сярэдзіне застаецца адтуліна. Гэта дазволіла дыназаўрам мець эфектыўны тазасцегнавы сустаў. Па-

другое, фіксаваныя запясці на лапах. Астрагал і пяткавая костка значна паменшыліся, што зрабіла запясці нерухомымі ў бакі, але ж дзякуючы гэтаму дыназаўры набылі хуткасць і спрытнасць у перасоўванні. Вось мы і выветлілі, што дыназаўры – рэптыліі, якія ў працэсе эвалюцыі атрымалі аблегчаны чэрап, чатырохкамернае сэрца, эфектыўныя кровазварот і выводную сістэму, шарнірныя сцегнавыя суставы і фіксаванае запясце. Паводле гэтых прыкметаў палеантологі і адрозніваюць іх ад іншых жывёлінаў. Хаця ў дачыненні першых дыназаўраў адрозненні былі не надта выразныя, і вельмі нярэдкія спрэчкі, каго далучаць да дыназаўраў, а каго не. Але ж хто быў першым дыназаўрам? Першым дыназаўрам лічыцца эаратар (eoraptor – з грэцкае мовы можна перакласці як «ранішні яшчар»), які з'явіўся прыблізна 235 мільёнаў гадоў таму на тэрыторыі сучаснай Паўднёвой Амерыкі.

Гэта была невялікая істота: даўжынёй каля 1 метра, ростам прыблізна 60 см і вагой да 10 кг.



Заднія канцавіны былі прыблізна ўдвая большыя за пярэднія, а пера соўлася яна на дзвюх нагах. Наконт дыёты жывёліны меркаванні навукоўцаў разышліся. Большасць навукоўцаў схіляеца да таго, што ён быў дробным драпежнікам, але ёсць і меркаванні, што эараптар быў інсектаедным. А вядомы аргентынскі палеантолаг Сэбаст'ян Апэстэгія ўвогуле паставіў нашага героя ў шэрагі травядных жывёлінаў на падставе канструкцыі пярэдніх канцавінаў. Працягласць жыцця эараптара ацэньваецца прыблізна на 40 гадоў.

Таксама варта згадаць нъясазаўра (*nyasasaurus* – ад назову возера Нъяса), якога некаторыя навукоўцы лічаць першым дыназаўрам. Мяркуюць, што ён жыў прыблізна 242 мільёны гадоў таму ў Афрыцы, але далучэнне яго да дыназаўраў спрэчнае, бо ў нъясазаўра ёсць асаблівасці не харектэрныя для дыназаўраў. Таму некаторыя навукоўцы ўсё ж адносяць яго да продкаў дыназаўраў. Жывёліна была досыць вялікай для свайго часу. Даўжыня скла-

дала да 3м, вышыня да 1м, а вага ад 20 да 60 кг. На жаль, мы не ведаем харчовыя звычкі нъясазаўра, але мяркуеца, што ён быў усеядным. Рэчаіснасць на дадзены момант такая, што ў нас вельмі мала дадзеных пра гэтую істоту.

Наступным разам мы больш падрабязна спынімся на першых кроках дыназаўраў па зямлі і на кірунках іхнага развіцця.

Крыніца: https://www.youtube.com/@crazy_paleontologist

НЪЯСАЗАЎР



JYRB
INAKULD
ABSVINTA
ITOPAKJ
WXYIZGA
NMHO



ШТО ТАКОЕ ЧЫРВОНАЕ І СІНЯЕ ЗРУШЭНЫ?

Святлана Баева

ІДЭЯ І АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫЙ: Святлана Баева

Святлана Баева

г. Минск

Закончыла Мастацкі каледж імя Глебава (Минск),
Мастацка-прамысловую акадэмію імя Штыгліца
(Санкт-Петербург).



ПРАЦЫ ПРЫСВЕЧАНЫЯ НАВУЦЫ.

Што мяне зачапіла як
мастака? Фізычная зъява
чырвонага і сіняга зрушэньня.

Сувязь між рэальным і
духоўным. Навука і мастацтва.

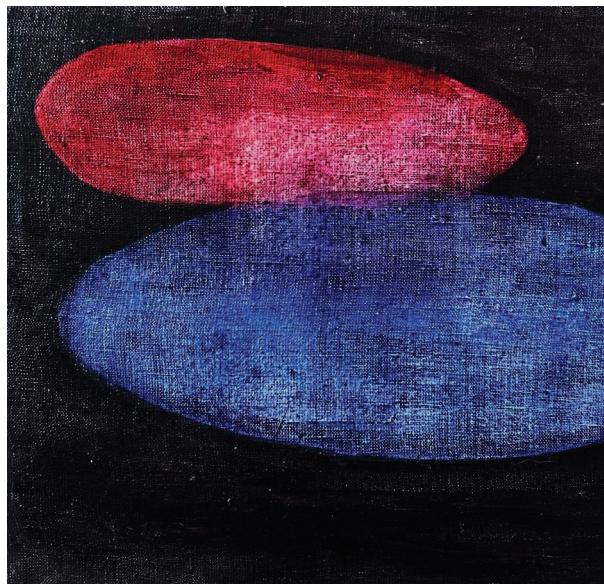
Эксперыментавала з
звычайнімі формамі: пляма,
кропка і лінія. Шукала
ўзаемасувязь колеру і формы.

Сымбалічны і псыхафізычны
ўплывы на чалавека.

ДАВЕДКАВЫ АРТЫКУЛ:

ФАКТЫ ПРА ЧЫРВОНАЕ І СІНЯЕ ЗРУШЭНЬНІ.

Чырвонае і сіняе зрушэньні
апісваюць, як съятло зруш-
ваеца ў бок карацейшых
ці даўжэйшых хваляў, калі
аб'екты ў космасе (як зоркі
ці галіактыкі) прыбліжаюцца
ці аддаляюцца ад нас. Гэтая
канцепцыя – ключ да скла-
даньня мапаў пашырэнья
Сусьвету.





Бачнае съятло – гэта спектар колераў, зразумелы кожнаму, хто глядзеў на вя-
сёлку. Калі аб'ект аддаля-
ецца ад нас, съятло зруш-
ваецца да чырвонага канца
спектру, бо яго даўжыні хва-
ляў робяцца даўжэйшыя.
Калі аб'ект прыбліжаецца,
съятло зрушваецца да сі-
няга канца спектру, бо яго
даўжыні хваляў робяцца
карацейшыя.

Для большай яснасьці
уявіце гук паліцэйскае сырэ-
ны, калі аўтамабіль імчыцца
паўз вас па дарозе.

Усе чулі павышаны гук
паліцэйскай сырэны, што на-
бліжаецца, і рэзкае зыні-
жэньне тону, калі сырэна
праходзіць паўз і аддаля-
ецца. Эфект узынікае, бо гу-
кавыя хвалі сягаюць вуха
слухача бліжэй адно аднаго,
калі крыніца прыбліжаецца,
і далей адно ад аднаго, калі
тая аддаляецца.

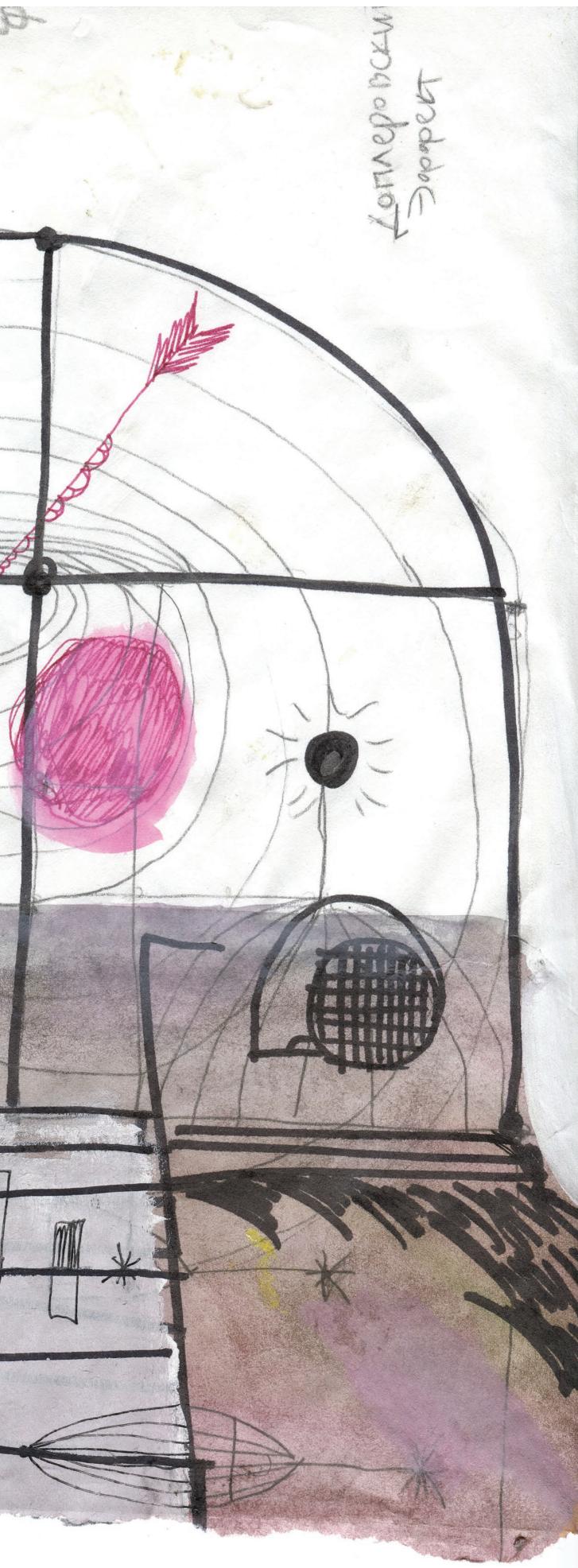
ГУК І СЪЯТЛО

Гэты гукавы эфект быў упершыню апісаны Крыст'янам Андрэасам Доплерам (Christian Andreas Doppler) у 1800-х гадах і называецца эфектам Доплера. Паколькі съятло ві-праменьваецца ў даўжынях хвалаю, гэта значыць, што даўжыні хвалаю могуць расьцягвацца ці сціскацца ў залежнасці ад адноснага разъмашчэння аб'ектаў. Тым ня меней мы не заўважаем яго ў маштабе штодзённага жыцця, бо съятло рухаецца нашмат хутчэй за хуткасць гуку – у мільён разоў хутчэй.

Амэрыканскі астроном Эдуйн Габл (Edwin Hubble), у гонар якога назвалі касьмічны тэлескоп, першы апісаў зьяву чырвонага зрушэння і звязаў яго з Сусветам, што пашыраеца. Ягоныя назіраныні, адкрытыя ў 1929 годзе, паказалі: амаль усе галактыкі, назіраныя ім, аддаляюцца.

Гэтую зьяву назіралі як чырвонае зрушэнне спэктру галактыкі. Чырвонае зрушэнне аказалася большым для слабых,





далейших галактык. Значыць, чым далей галактыка, тым хутчэй яна аддаляецца ад Зямлі.

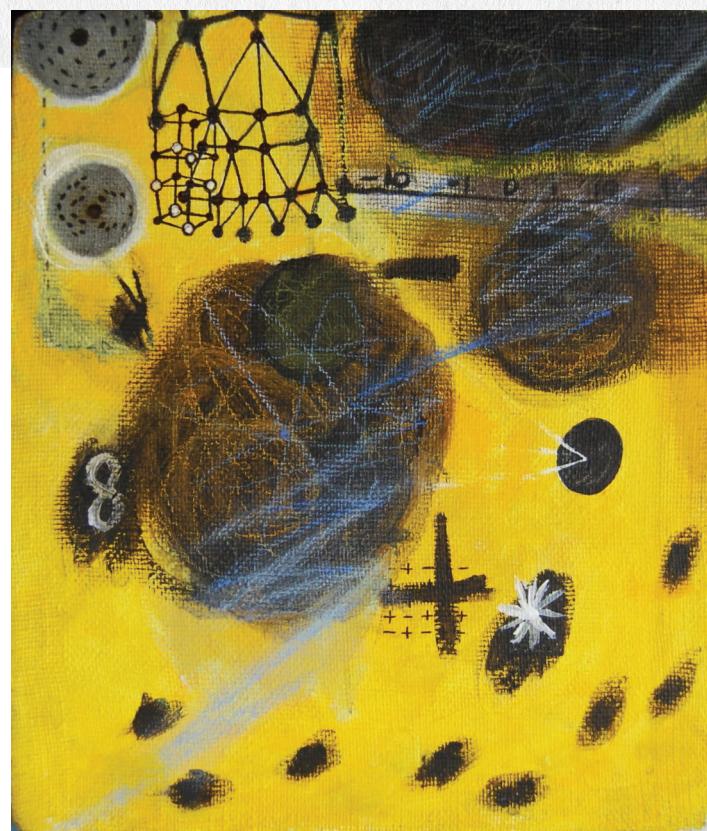
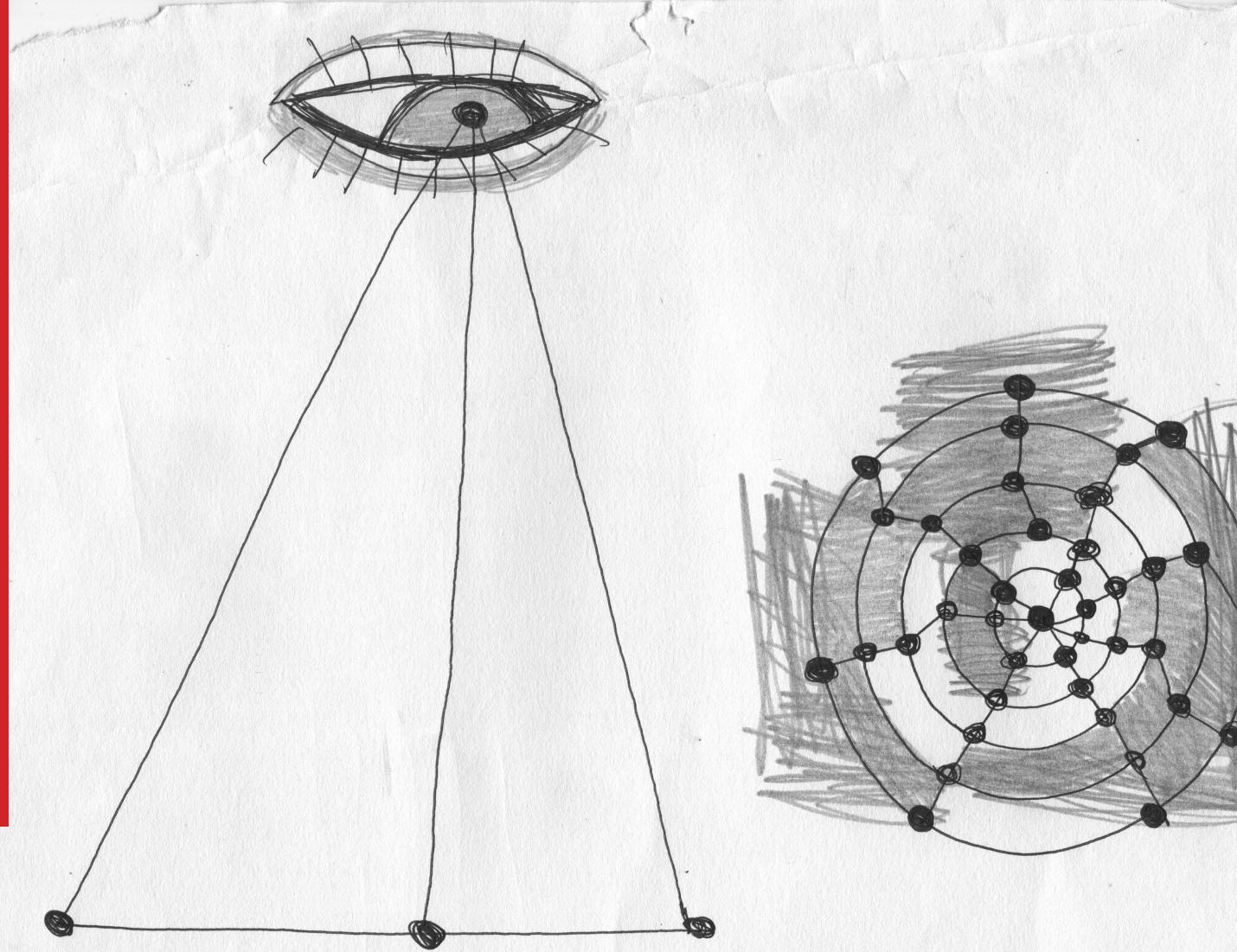
Галактыкі аддаляюцца ад Зямлі, бо прастора пашыраецца. У той час як самыя галактыкі застаюцца ў руху. Напрыклад, галактыка Андрэмэды і Птушыная дарога месцяцца на шляху сутыкнення: існуе агульная зьява чырвонага зрушэння, што адбываецца ў парадку таго, як Сусьвет робіцца большым.

Тэрміны «чырвонае зрушэнье» і «сініе зрушэнье» могуць быць ужытыя да любое часткі электрамагнітнага спектру, у тым ліку радыёхвалі, інфрачырвоная, ультрафіялетавая, рэнтгенаўскія і гама-прамяні.

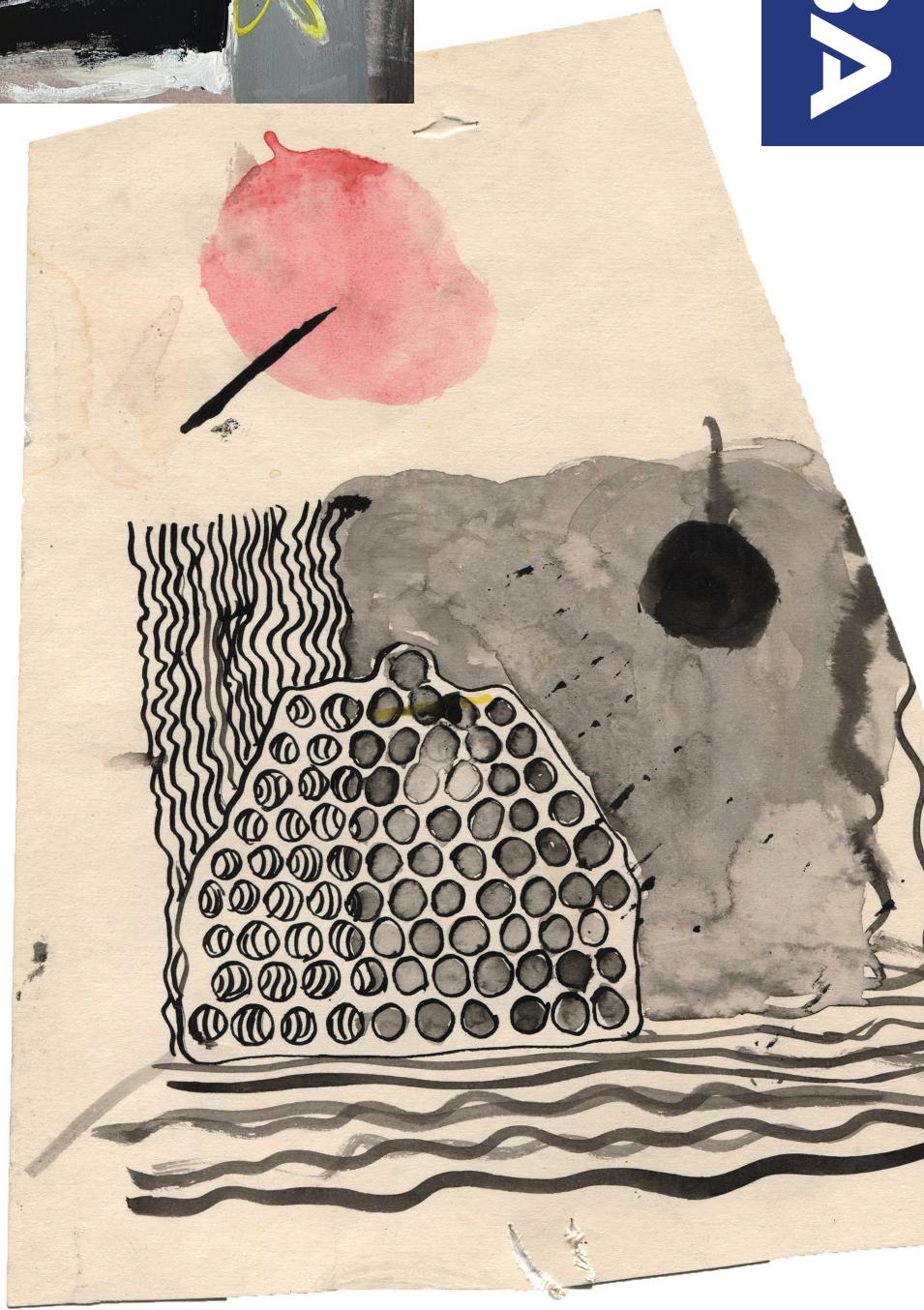
Гэтак, калі радыёхвалі зрушаныя ў ультрафіялетавую частку спектру, яны маюць сініе зрушэнье, ці зрушаныя ў бок больш высокіх частотаў. Гама-прамяні, зрушаныя ў радыёхвалі, азначалі б пераход на больш нізкую частату, ці чырвонае зрушэнье.

Крыніца: <https://www.hawking.org.uk/>

МАСТАЦТВА



МАСТАЦТВА



ГРАВІТАЦЫЙНЫ ЛІХТАР. ЗРОБІМ?!

Падчас напісання артыкулу пра гравітацыйныя ба-
тарэі ў першы нумар «Памылкі» я сустрэўся з цікавым
і, на мой погляд, вельмі актуальным проектам *Gravity
light* – і для нас, і для Украіны.

Gravity light – ліхтар, які пра-
цуе за кошт падвешанага грузу, які
раёнамерна спускаецца з вышыні
ліхтара да зямлі. За кошт канверта-
цыі электрагенератарам патэнцый-
най энергіі грузу ў электрычную энер-
гію ліхтар дае светло цягам 25 хвілі-
наў, пакуль груз не дасягне зямлі. Гэты
праект вынайшла і нейкі час ім займа-
лася каманда стартапу *Deciwatt*.

Я, вядома, захацеў набыць сабе
такую прыладу. Але ў 2019 годзе ін-
жынеры *Deciwatt* пастанавілі спыніць
праект і вынайшлі іншае рашэнне.

Новае рашэнне больш эфек-
тыўнае (свеціць дзве гадзіны), але выка-
рыстоўвае іншыя, больш брудныя тэх-
налогіі: не гравітацыйную энергию, а
хуткаладавальныя літый-іонныя акуму-
лятары. Вядома, я хацеў набыць і новыя
ліхтары, але пакуль іх няма на складзе
і невядома, калі з'явяцца (з ліставання).

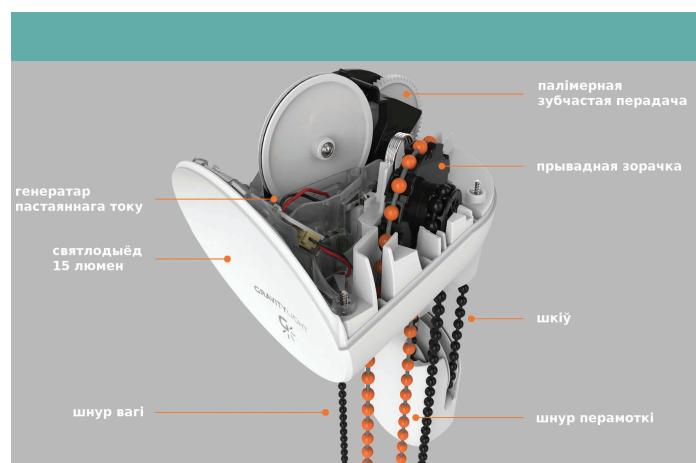
Пасля ў мяне ўзнікла ідэя: а чаму
не вярнуцца да гравітацыйнага ліхтара
і не зрабіць падобныя ліхтары самым?

Я надумаў пашукаць оўпэнсорс-
ныя альтэрнатывы. Не знайшоў неш-
та зручнае і гатовае да выкарыстан-
ня, але знайшоў пратэрмінаваны па-
тэнт на *Gravity light* і дэталёвае апі-
санне прынцыпу працы гэтай пры-
лады.

Што цікава, патэнт, які файліўся
(заяўляўся) ў пачатку 2010-х, цяпер
не падтрымліваецца.

Я пачаў ліставанне з *Deciwatt*.
І... яны вельмі прыязна паставіліся да

рэвэрс-інжынірингу свайго рашэння і
нават скінулі спасылкі на файлы для дру-
кавання дэталяў *Gravity light* на 3D-прин-
тары. Таксама яны напісалі, што гэтага
патэнту больш не будуць падтрымліваць.
Карацей, далі зялёнае светло.



Вам цікава зрэалізаваць гра-
вітацыйны ліхтар? Пішыце! Маг-
чыма, мы зробім рымейк *Gravity light*,
а магчыма, нешта сваё. Нам спатрэ-
бяцца:

- мэйкерспэйс,
- трохі гардўэр-скілоў ды
- інвестыцыяў (*IndieGogo*?).

Я ўпэўнены: задача пад сілу, па-
гатоў стваральнікі вельмі лаяльныя, і я
думаю, што гравітацыйная энергія можа
саслужыць добрую службу людзям.

Міхась Волчак,
мае контакты:



Instagram



Facebook

Таксама вы можаце напісаць нам у
пошту pamylka.zin@gmail.com

ШУКАЕМ РЭЦЭНЗЕНТАЎ!

Нам удалося выпусціць другі нумар навукова-папулярнага часопісу. Да нас звярнуліся новыя аўтары, частка з якіх гатовая публікацыя на сталай аснове. І мы спадзяёмся, што яшчэ больш людзей, якія цікавяцца навукаю, захочуць напісаць для нас цікавыя артыкулы. У любым разе нашае выданне непазбежна імкнецца зрабіцца перыядычным (:

Мы прэтэндуем на навуковую праўду, і таму маем патрэбу ў асобах, якія б дапамагалі спраўджваць артыкулы пра фізіку, хімію, біялогію, матэматыку ды іншыя навукі. Запрашаем адмыслоўцаў у гэтых тэмах вычытваць і рэцэнзіаваць артыкулы зіну.

Сапраўдныя навуковыя выданні заўжды маюць рэцэнзентаў. Аднак сітуацыя ў Беларусі абсалютна ўнікальная тым, што мы не маем навуковае супольнасці. І таму пакуль такіх асобаў няма, яны не сабраліся. І хутка сабрацца таксама не здолеюць.

Зін «Памылка» будзе пунктам збору навукоўцаў!

Для супрацы пішыце нам на мэйл pamylka.zin@gmail.com

Таксама падпісвайцеся на наш Instagram і сачыце за актуальнымі наўнамі:



pamylka.zin

**ЗІН – ПРЫКЛАД КОПІЛЭФТ-ПРАЕКТУ.
Дзяліцца зінам можна і трэба!**

Усе ўласныя матэрыялы распаўсюджваюцца пад ліцэнзіяй **Creative Commons Attribution– Share Alike. Атрыбуцыя (Attribution)** значыць, што калі вы бераце матэрыялы з зіну, вам трэба пазначыць аўтара матэрыялу, такім чынам аддаць яму гонар. **Дзяліцца на тых жа ўмовах (Share Alike)** значыць, што калі вы захочаце ўзяць нейкі матэрыял і перарабіць яго, то вы мусіце зрабіць ваш вытворны твор таксама вольным пад гэтай жа ліцэнзіяй. Такім чынам захоўваецца свабода і пашыраюцца веды.



Падтрымаць зін
PAMYŁKA

**Мы ведаем, что любое научное
открытие – это результат совместной работы;
и наш зін – это только начало дальнейшего
развития белорусской науки!**



**Гэтае выданне зіну падрыхтаванае пры падтрыманні
беларусаў Эстоніі, фонду FRIIDA BELL і ESTDEV -
Estonian Development Cooperation Center**