

“СУЧАСНІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ В НАУЦІ”

Лектор доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри
ЕКТ

Опанасюк Анатолій Сергійович

<http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/37999>

<http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/38000>

<http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/37998>

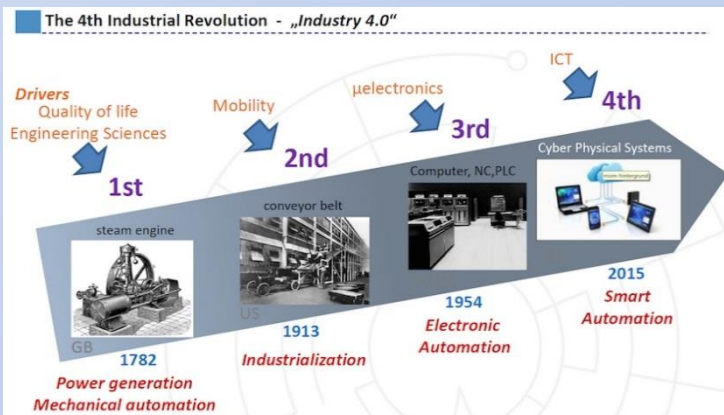
ІНДУСТРІАЛЬНІ РЕВОЛЮЦІЇ

• **Перша індустріальна (промислова) революція** була обумовлена появою **парових машин**. Вона облутала світ **інфраструктурою залізниць**. Революційний процес йшов досить довго, винахід **парових машин** було зроблено в XVII столітті але революція продовжувалася в деяких країнах і в XVIII, XIX століттях.

• **Друга індустріальна революція** була пов'язана з появою **конвеєра і електрики**. Вона створила **масове виробництво та мережу шосе і кабелів у всьому світі**. Класичний приклад - це заводи "Форда".

• **Третя революція** - середина XX століття, пов'язана з **появою електроніки та інформаційних технологій, що автоматизували виробництво**. Ця революція в значній мірі була пов'язана з **цифровою революцією і створенням інтернету**. За прогнозами **Дж. Ріфкіна**, найближчим часом логіка інтернету буде перенесена на енергетику та інші сфери життя. **Третя індустріальна революція - це мільярди малих джерел енергії від вітру, сонця, води, геотермії, теплових насосів, біомаси**. Кожна країна завдяки їм зможе стати енергетично самодостатньою за умови, що ці розпорошені джерела виявляться пов'язаними між собою і взаємно доповнюватися в межах континентальних мереж.

• **Четверта революція** - впровадження **кіберфізичних систем і персоналізованого виробництва**. Вона поєднує засоби виробництва і власне продукцію. Якщо зараз всі процеси виробництва контролює людина через комп'ютер, то у **четвертій промисловій революції продукт, який виробляється, сам може взаємодіяти з верстатом, з конвеєром, з споживачем, а сам споживач може на це впливати**. Один з елементів четвертої промислової революції - **кастомізація, можливість виготовляти продукт, необхідний конкретно вам, з тими побажаннями, які ви хочете врахувати, і робити це максимально простим способом, взаємодіючи безпосередньо з виробництвом, з конвеєром**. Це перекреслює все XX століття, епоху масового виробництва, масового штампування: **людство переходить від масового виробництва до індивідуального**. Тут же мова йде про те, що ви, наприклад, **просканувавши свою ногу, можете зробити черевик саме тільки для себе**.



ТРЕТЯ ІНДУСТРІАЛЬНА РЕВОЛЮЦІЯ

- Починаючи з 2010 р. почався новий етап *третьої індустріальної революції* (Third Industrial Revolution).
- Третя індустріальна революція* - це комплексна, глибока трансформація систем, структур, інститутів, відносин і технологій, які радикально змінюють способи, механізми, зміст того, як люди організують виробництво, обмін, споживання, навчання, комунікації та відпочинок (*Джеремі Ріфкін, Jeremy Rifkin*).
- Третя індустріальна революція формується поєднанням наступних факторів:*
 - 1) переходом на поновлювані джерела енергії (сонце, вітер, водні потоки, геотермальні джерела);



- 2) перетворенням існуючих і нових будівель (як промислових, так і житлових) в міні-заводи з виробництва енергії (за рахунок обладнання їх з сонячними батареями, міні- вітряками, теплов. насосами);

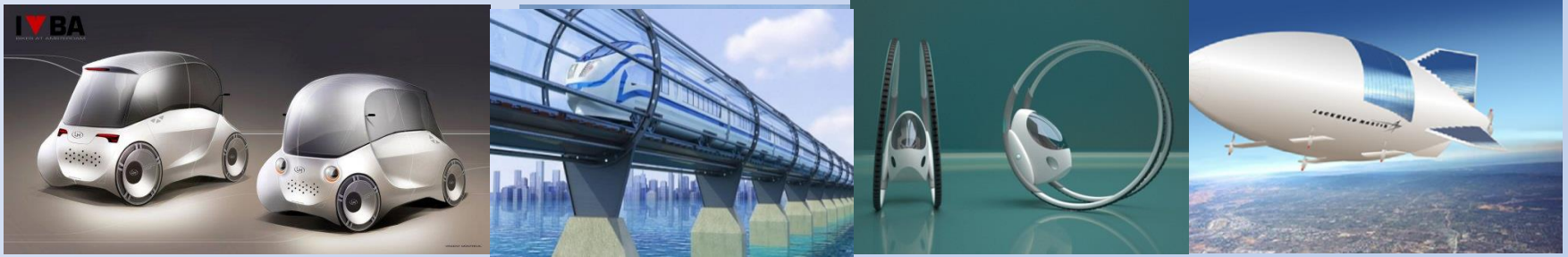


- 3) розвитком і впровадженням технологій енерго-, ресурсозбереження (як виробничого, так і «домашнього») - повною утилізацією залишкових потоків і втрат електроенергії, пари, води, будь-якого тепла, промислових і побутових відходів та інших;

В 2010 р. *Джеремі Ріфкін* опублікував бестселер "*Третя індустріальна революція*". Він негайно був прийнятий Обамою, включений в комісію з індустріалізації Америки. До неї увійшли співробітники Білого дому, керівники DARPA (*Агентство перспективних дослідницьких проєктів у сфері оборони*), IARPA, розвідки, найбільших корпорацій. Прочитав цей твір прем'єр Китаю Лі Кецянь розпорядився терміново видати 250 тисяч примірників і розіслати керівникам різних рівнів, запросив Ріфкіна в Пекін, призначив своїм консультантом. Серед клієнтів Ріфкіна - Ангела Меркель, інші європейські лідери.

ТРЕТЯ ІНДУСТРІАЛЬНА РЕВОЛЮЦІЯ

•4) переведенням всього автомобільного (легкового та вантажного) і всього громадського транспорту на електротягу на основі водневої енергетики, а також розвитком нових економічних видів вантажного транспорту, таких як дирижаблі, hyperloop, наземний та підземний пневмотранспорт та ін.;



•5) переходом від промислового до локального і навіть «домашнього» виробництва більшості побутових товарів за допомогою розвитку технології 3D - принтерів;



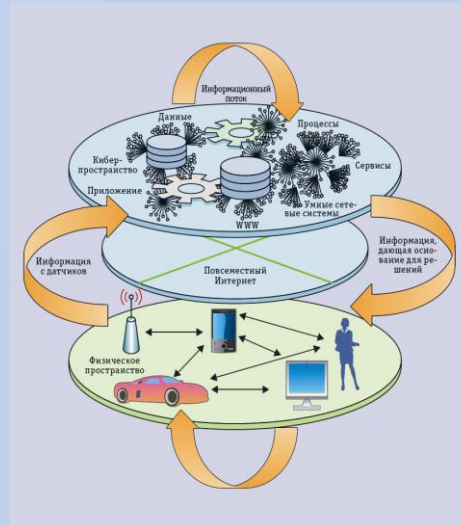
•6) переходом від металургії до композитним матеріалам (особливо нано- матеріалів) на основі вуглецю, а також заміною металургії на технологію 3D-друку на основі селективної лазерної плавки (SLM - Selective Laser Melting);

•7) відмовою від тваринництва, переходом до виробництва «штучного м'яса» з клітин тварин з використанням 3D - біопринтерів;

•8) переведенням частини сільського господарства в міста на базі технології «вертикальних ферм» (Vertical Farm).

ІНДУСТРІЯ 4.0

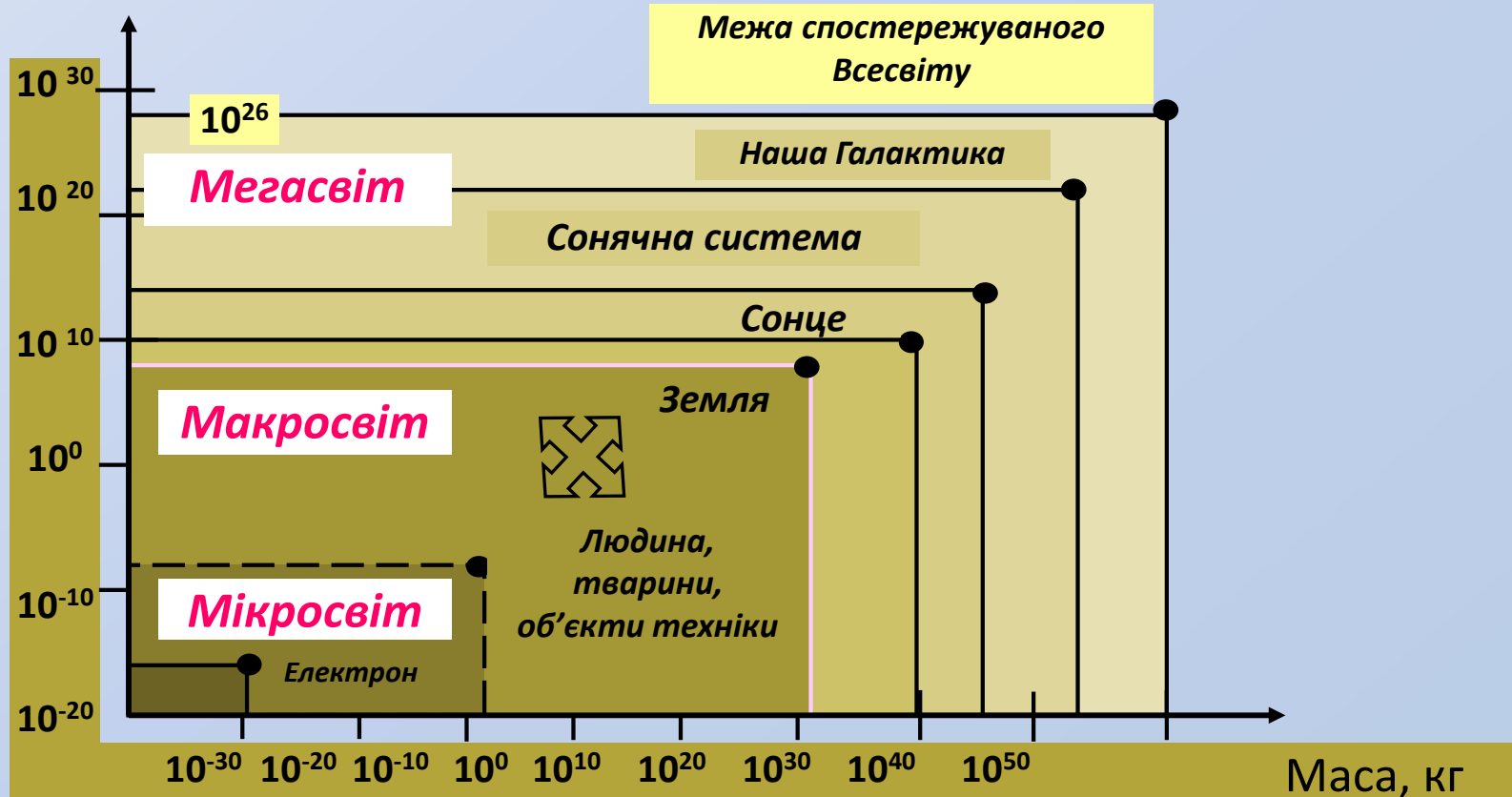
• Вперше концепцію **Четвертої промислової революції**, або «**Індустрії 4.0**», сформулювали на **Гановерській виставці в 2011 році** (**Клаус Шваб**, засновник і голова Всесвітнього економічного форуму), визначивши її як **засіб підвищення конкурентоспроможності обробної промисловості Німеччини** через посилену інтеграцію «**кіберфізичних систем**», або **CPS**, в заводські процеси. Концепція представлена світовому загалу у **Давосі на економічному форумі 20.01.2016 р.** Її основою стала стаття Клауса Швабе в журналі *Foreign Affairs*, найбільш авторитетному журналі політичного і економічного істеблішменту США. «**Кіберфізичні системи**» це комплекси, що складаються з природних об'єктів, штучних підсистем і контролерів. Поняття введено у 2006 р. директором з вбудованих і гібридних систем Національного наукового фонду США **Хелен Джилл**. Передбачається, що ці системи будуть об'єднуватися в одну мережу, зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу, самоналаштовуватися вчитися новим моделям поведінки. Такі мережі зможуть вибудовувати виробництво з меншою кількістю помилок, взаємодіяти з виробленими товарами і при необхідності адаптуватися під нові потреби споживачів. Наприклад, **виріб в процесі випуску зможе сам визначити обладнання, здатне зробити його, автомобіль, отримавши і обробивши інформацію про знос гальмівних дисків, зможе самостійно проінформувати завод-постачальник про необхідну заміну.** І все це **в повністю автономному режимі без участі людини.** Таким чином, якщо автоматизація виробництва, що почалася в середині ХХ століття, мала **вузьку спеціалізацію**, при якій системи управління розроблялися для кожної сфери і підприємства окремо і не масштабувалися, то **в основі нової технологічної революції буде лежати розвиток глобальних промислових мереж.**



Потік інформації між кібернетичним і фізичним світами. Дані, які генеруються в фізичному світі, переносяться в кіберпростір для інтерпретації, результати якої, в свою чергу, впливають на фізичне середовище

МАСШТАБИ МІКРО-, МАКРО- ТА МЕГАСВІТІВ

Характерний розмір, м



ЧОРНІ ДІРКИ



SIZE COMPARISON:
THE M87 BLACK HOLE
AND
OUR SOLAR SYSTEM

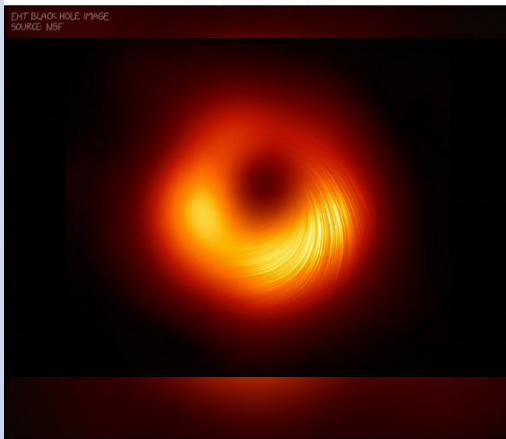
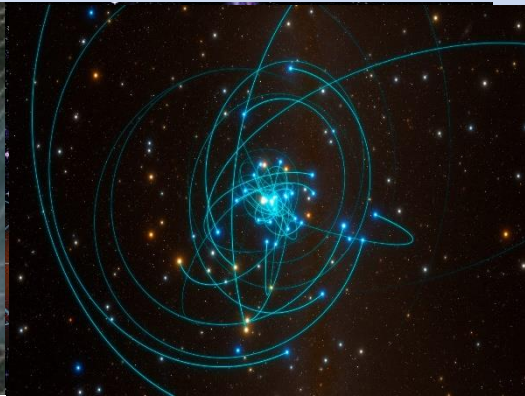


Фото чорної дірки в центрі галактики M87 масою 6,5 млрд S

*Был этот мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон,
Но Сатана недолго ждал реванша,
Пришел Эйнштейн, – и стало все как
раньше*

С.Я. Маршак

*Здоровий глузд - це забобони, які
складаються у віці до вісімнадцяти років
А. Ейнштейн*

Існування ЧД впливає із ЗТВ, зокрема із розв'язку Шварцшильда

$$F = mg = G \frac{Mm}{r^2 \sqrt{1 - \frac{R_g}{r}}}$$

Гравітаційний радіус (радіус Шварцшильда)

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}$$

З рівняння випливає, що жодна сила в природі за цим радіусом не може компенсувати гравітаційну. **В результаті тіло стискається до дуже малих розмірів, а його густина досягає неймовірних значень.** Такий об'єкт називають ЧД оскільки випромінювання від нього до спостерігача не надходить.

$$v = \sqrt{Rg} > c$$

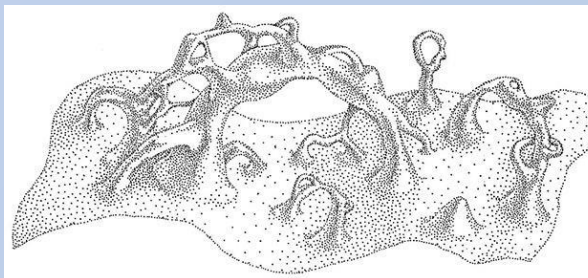
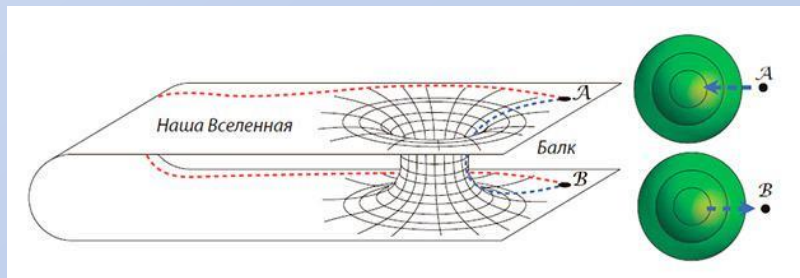
Графічна ілюстрація **викривлення простору - часу** під дією матеріальних тіл одне з основних передбачень **загальної теорії відносності**. Зліва - невеличка воронка, яка утворилася під дією Сонця; в центрі - викривлений простір-час більш масивної нейтронної зірки; справа - глибока воронка без дна – **чорна дірка**. **Надмасивні чорні дірки знаходяться у центрі всіх галактик**

КРОТЯЧІ НОРИ

«**Кротяча нора (червоточина)**» - це розв'язок рівнянь поля в загальній теорії відносності Альберта Ейнштейна, яке **нагадує тунель між двома чорними дірками або іншими точками в просторі-часі**. Такий тунель забезпечив би найкоротший шлях між його кінцевими точками.

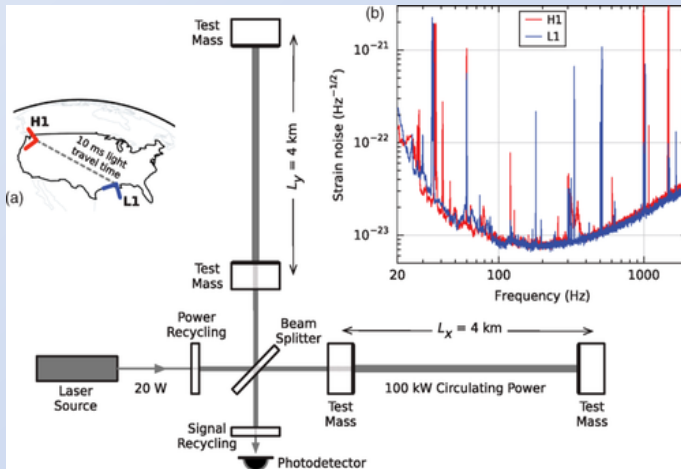
ЗТВ свідчить, що для існування прохідною «кротячої нори» необхідно, щоб вона була заповнена **екзотичною матерією з негативною густиною енергії**, що створює сильне гравітаційне відштовхування і перешкоджає схлопуванню нори. Розв'язок типу «кротячих нор» виникає у різних варіантах **квантової гравітації**, хоча до повного дослідження питання ще дуже далеко. Область поблизу самої вузької ділянки кротовини називається «**горловиною**». «Кротячі нори» діляться на «**внутрішньосвітові**» (англ. Intra-universe) і «**міжсвітові**» (англ. Inter-universe). Розрізняють також прохідні (англ. Traversable) і непрохідні кротовини. До останніх відносяться ті тунелі, які колапсують занадто швидко для того, щоб спостерігач або сигнал (що мають швидкість не вище світлової) встигли дістатися від одного входу до іншого. Класичний приклад непрохідною кротовини - **міст Ейнштейна - Розена** в максимально розширеному просторі Шварцшильда, а прохідною - **кротовини Морріса - Торна**.

Прохідна внутрішньосвітова «кротяча нора» **дає гіпотетичну можливість подорожей у часі**. Машина часу, яка використовує прохідну червоточину, гіпотетично буде працювати наступним чином: один кінець червоточини прискорюється до швидкості близької до світлової, можливо, за допомогою якоїсь просунутої установки, а потім повертається у вихідну точку. Інший спосіб полягає в тому, щоб взяти один вхід в червоточину і перемістити його в гравітаційне поле об'єкта з більшою гравітацією, ніж другий вхід, а потім повернути його в положення поруч з другим входом. Для обох цих методів уповільнення часу приводить до того, що для зовнішнього спостерігача кінець червоточини що переміщується старішає менше або стає "молодший" нерухомого кінця. **Машина часу на основі червоточини є теоретичним мостом між паралельними всесвітами у багатосвітовій інтерпретації квантової механіки**. Також «кротячі нори» гіпотетично можуть створювати можливість для міжзоряних подорожей як всередині нашого всесвіту так і за його межі.

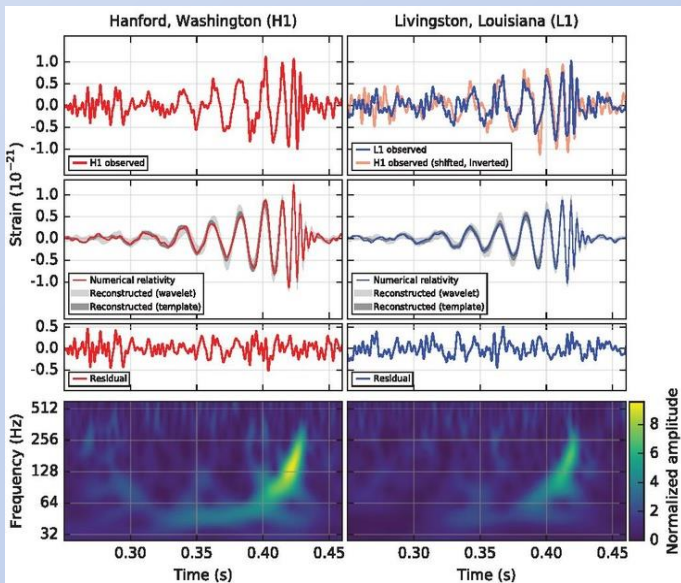


Якщо існує квантова піна в ній можливе самовільне виникнення червоточин

ГРАВІТАЦІЙНІ ХВИЛІ



Принцип детектування



Перший зафіксований гравітаційно-хвильовий сигнал

Існування *гравітаційних хвиль* вперше було передбачено в 1916 р. А. Ейнштейном на підставі загальної теорії відносності (ЗТВ). Ці хвилі є коливаннями простору, що поширюються в часі зі швидкістю світла. *Гравітаційні хвилі* були зареєстровані з використанням *інтерферометра Майкельсон*. При цьому *проблема* виходу на оптимальний рівень *чутливості*, використання плечей у сотні кілометрів *вдалося вирішити* введенням в кожне плече *детектування резонаторів Фабрі - Перо*, які примножують довжину пробігу променів і дозволяють вкоротити плечі. Найбільш чутливими побудованими детекторами були установки колаборацій **LIGO** (два інтерферометри з плечима по 4 км, США) і **VIRGO** (один інтерферометр з плечима по 3 км, Італія).

Подвійні системи масивних об'єктів, наприклад нейтронних зірок або чорних дір, постійно випромінюють гравітаційні хвилі. Випромінювання поступово скорочує їх орбіти і в кінцевому рахунку приводить до їх *злиття*, що породжує в цей момент *особливо потужну гравітаційну хвилю*, яку *здатні зареєструвати детектори гравітаційних хвиль*. Сигнал злиття двох чорних дірок був зареєстрований 14 вересня 2015 р. в 9:50:45 двома детекторами LIGO: спочатку в Лівінгстоні, а через 7 мс - в Хенфорді, в області максимальної амплітуди сигналу (0,2 секунди) комбіноване відношення сигнал-шум склало 24:1. Подія отримала позначення GW150914. Форма сигналу співпадає з прогнозами ЗТВ для злиття двох чорних дірок масами 36 ± 5 і 29 ± 4 сонячних. Чорна дірка, що виникла, має масу 62 ± 4 маси Сонця. Енергія, що виділилася в процесі злиття еквівалентна $3 \pm 0,5$ сонячних мас. **Про відкриття було оголошено 11 лютого 2016 р.** За експериментальне виявлення гравітаційних хвиль в 2017 р. була присуджена **Нобелівська премія з фізики**. В цілому на цей час LIGO і Virgo детектували вже **16 гравітаційних хвиль**: джерелами 13 з них були злиття чорних дірок, джерелами двох - злиття нейтронних зірок, і однією, можливо, **злиття чорної дірки і нейтронної зірки** (26.04.2019 г.).

КВАНТОВА ФІЗИКА

Ви дійсно вважаєте, що Місяць існує тільки коли ви на нього дивитесь?

А. Енштейн

• *На мікрорівня світ описує квантова фізика.*

• **Квантова фізика** - розділ теоретичної фізики, в якому вивчаються квантово-механічні та квантово-польові системи і закони їх руху. Основні закони квантової фізики вивчаються в рамках квантової механіки і квантової теорії поля і застосовуються в інших розділах фізики. **Всі сучасні космологічні теорії** також спираються на квантову механіку, яка описує поведінку атомних і субатомних частинок. **Квантова фізика зосереджена тільки на математичному описі процесів спостереження і вимірювання.**

• Основними поняттями квантової кінематики є поняття спостережності і стану. **Основні рівняння квантової динаміки - рівняння Шредінгера, рівняння фон Неймана, рівняння Ліндблада, рівняння Гейзенберга і рівняння Паулі.**

• **Існує кілька різних еквівалентних математичних описів (подань) квантової механіки:**

• **За допомогою рівняння Шредінгера;** За допомогою операторних рівнянь фон Неймана і рівнянь Ліндблада; За допомогою операторних рівнянь Гейзенберга; За допомогою методу вторинного квантування; За допомогою інтеграла за траєкторіями; За допомогою операторних алгебр; За допомогою квантової логіки.

• Згідно з припущенням де Бройля, **мікрооб'єкти мають як корпускулярні так і хвильові властивості.**

• Рівняння Шредінгера призначене для опису особливостей руху квантових об'єктів в полях зовнішніх сил. Найчастіше частинка пересувається крізь силове поле, яке не залежить від часу. Для цього випадку записується стаціонарне рівняння Шредінгера:

• **Розв'язання цього рівняння і є основне завдання квантової механіки. Стан будь-якого квантового об'єкта є суперпозицією всіх можливих станів.**

• На цей час в досліджах Юнга вчені досягли квантової суперпозиції молекули, яка складається з 2000 атомів. Ця молекула називається «оліготетрафенілпорфірін, збагачений фторалкілсульфанільними ланцюгами».

https://nv.ua/ukr/techno/popscience/kvantova-mehanika-vcheni-proanalizuyut-nezvichayni-vlastivosti-chastinok-kvarcu-50068714.html?fbclid=IwAR36MAWfRjH21RhSLUaO6ZeaNfkmzfYQf13GT9Z_Ig1PrePuHN4nlmxML-A

<http://ru.solverbook.com/spravochnik/uravneniya-po-fizike/stacionarnoe-uravnenie-shredingera/>

ІНТЕРПРЕТАЦІЇ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ

Інтерпретації квантової механіки - різні філософські погляди на сутність квантової механіки як фізичної теорії, що описує матеріальний світ. Вони вирішують такі філософські проблеми, як питання *про природу фізичної реальності і способі її пізнання, про характер детермінізму і причинності, про сутність і місце статистики в квантовій механіці*. Квантова механіка вважається «найбільш перевіреною і найбільш успішною теорією в історії науки», але консенсусу в розумінні «її глибинного сенсу» все ще немає.

Існує кілька інтерпретацій квантової механіки. Найбільш поширеними з них є:
«Ніяка» інтерпретація (Як висловився Девід Мермін: «Заткнись і рахуй!»)
Копенгагенська інтерпретація (підтримують 13% вчених)

Теорія де Бройля - Бома (4%)

Існують також малопоширені інтерпретації

Інтерпретація Блохінцева

Об'єктивна редукція

Транзакційна інтерпретація

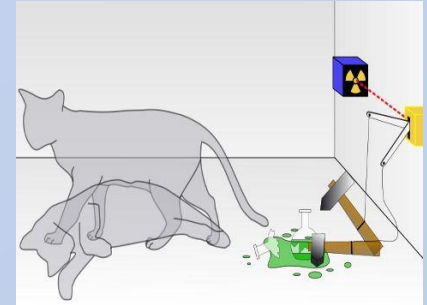
Інтерпретація Фока

Реляційна квантова механіка

Згідно з [Копенгагенською інтерпретацією](#) квантової механіки, одним з авторів якої був той же Бор, квантовий стан об'єкта (у цьому випадку — [корпускулярно-хвильовий дуалізм](#)) порушується, коли він взаємодіє з атомами вимірювального приладу. Простіше кажучи, спостерігач зупиняє суперпозицію, лясаючи по руці однієї з двох сторін монети, яка постійно обертається у повітрі. Найяскравіший приклад спостерігача — відкриття коробки з котом Шредингера, після чого ми можемо дізнатися, живий кіт або мертвий, адже до цього уявна тварина перебуває у стані невизначеності або суперпозиції.

•Неповнота Копенгагенської інтерпретації проявляється у тому, що її **автори не змогли пояснити, що саме можна назвати процесом вимірювання і як конкретно спостерігач порушує квантову систему.**

•Заповнити цю прогалину в теорії Бора в середині 1980-х спробували італійські фізики Джанкарло Гірарді, Альберто Ріміні і Тулліо Вебер, які описали свою **теорію об'єктивного колапсу хвильової функції (теорія ГРВ)**. Згідно ГРВ, **суперпозиція квантового об'єкта порушується спонтанно, і факт вимірювання тут не має ніякого значення**. Вчені припустили, що ймовірність колапсу суперпозиції буде збільшуватися при переході до макроскопічних систем. Тобто чим більший об'єкт - тим більш ймовірно, що він буде перебувати у суперпозиції дуже короткий час, і відразу ж перейде до однозначного стану. Ось чому люди та інші великі об'єкти перебувають лише в одному стані у будь-який час, а елементарні частинки можуть проявляти описану вище суперпозицію. Перевірити теорію ГРВ збираються вчені з TEQ (Testing the large-scale limit of quantum mechanics: міжнародна група вчених під керівництвом фізиків з Університетського коледжу Лондона яка працює над пристроєм, який дозволить дізнатися, чому порушується суперпозиція елементарних частинок і де розташована межа між квантовим світом і світом зі звичними нам законами фізики), вимірюючи колапс хвильової функції в «макроскопічному експериментальному пристрою». «Якщо фізики зможуть виміряти цей колапс в дії - це означає, що модель правильна. Можна сказати, що **на цьому моменті закінчується квантова механіка і почнеться класична механіка.**



КВАНТОВА ЗАПЛУТАНІСТЬ

• *Квантова заплутаність - це 2 частинки, які з'явилися в результаті однієї події, і, перебуваючи на будь-якій відстані одна від одної, мають взаємопов'язані властивості таким чином, що зміни будь-якого параметра одного члена заплутаної пари дуже швидко впливають на цей же параметр іншого фотона, навіть, якщо він знаходиться на іншому краю всесвіту. Сучасні експерименти свідчать, що ця швидкість принаймі у 100 000 разів швидша за швидкість світла!!!* Щоб створити заплутану пару фотонів, *фотон пропускається через кристал бета-бората барію (ВВО), який перетворює одиничний фотон в пару заплутаних фотонів зниженої частоти, сигнальний і холостий, які летять в різні боки.*

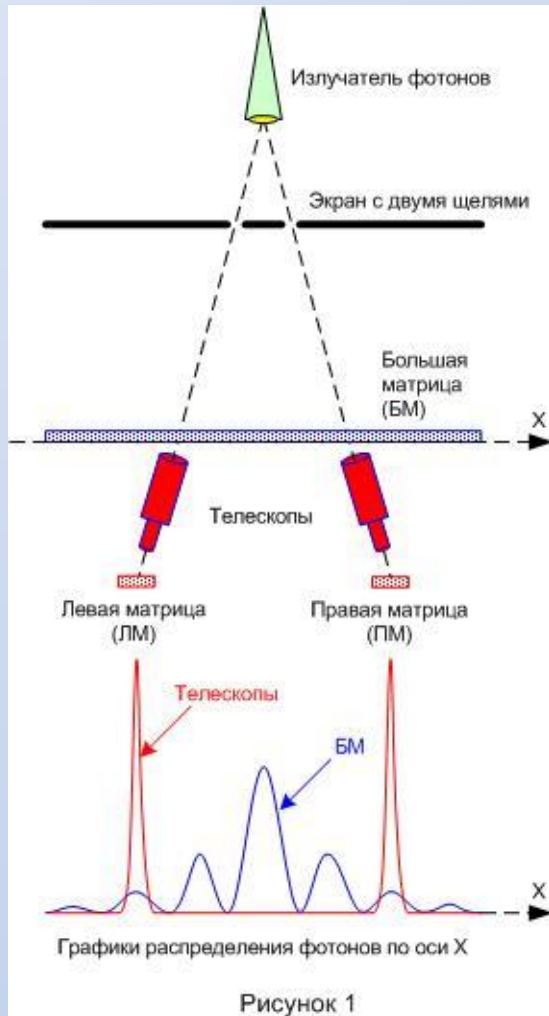
• Коли було відкрито існування таких пов'язаних між собою пар частинок, з'явилася можливість для *експерименту з відкладеним вибором*. Одна частинка залишає слід на екрані, (вона називається "сигнальна частинка"), а інша продовжує летіти в іншому напрямі в сторону датчика-показчика щілини, через яку летить частинка. Це називається «холоста частинка». *Якщо датчик буде включений, то, в експериментах завжди виявлялося, що сигнальна частинка залишила слід на екрані як слід від частинки, а не від хвилі. А якщо він не був включений, то, на екрані був слід хвилі.*

• Нагадуємо, що до *екрану частинка долітає раніше ніж до датчика. Але, долетівши до екрану в лабораторії на Землі, вона вже "знає" буде включений датчик, навіть якщо він стоїть на Місяці. У цьому полягає містичний елемент.*

• На початку польоту частинки її позначають певним чином. Тобто, замість датчика, на шляху польоту частинок встановлюється постановник міток на частинку (або "маркування"). І тоді, *будучи поміченою, вона залишає на екрані точковий слід, як частинка. А, якщо на шляху польоту до екрану з цієї ж частинки зняти вже поставлену мітку (стерти "квантовим ластиком"), після чого можна визначити, через яку щілину пролетів сигнальний фотон, то, ця частинка залишить на екрані слід, як хвиля (інтерференційна картина).* Дані стираються квантовим методом. Це називається "*Експеримент квантової гумки*". А тепер найцікавіше. *У цього експерименту є варіант з можливістю видалити інформацію "після того як", після того як фотон досягне екран. З'ясувалося, що якщо мітку стерти вже "після того як", то, це стирання впливає на слід на екрані, залишений раніше! Тобто, майбутня дія вплинула на минулу подію.* Цей варіант експерименту називається "*Експеримент квантового гумки з відкладеним вибором*".

• Лінійний поляризатор встановлюється на шляху першого заплутаного фотона з пари, надаючи йому діагональну поляризацію (див. Рис. 2). Заплутаність гарантує додаткову діагональну поляризацію у другого фотона, який проходить через двохщілинну пластину. Це нівелює вплив кругових поляризаторів: кожен фотон буде давати суміш світла, поляризованого за годинниковою стрілкою і проти неї. Отже, другий детектор не може визначити, який саме шлях був обраний, і інтерференційна картина відновлюється.

ЕКСПЕРИМЕНТИ З ВІДКЛАДЕНИМ ВИБОРОМ



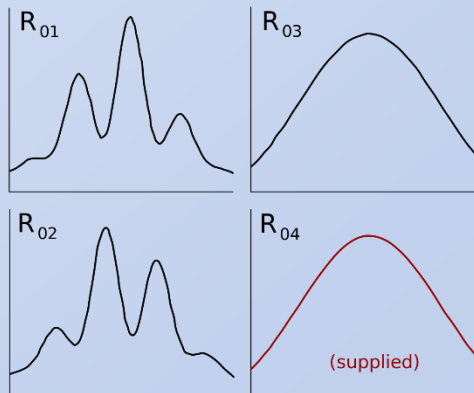
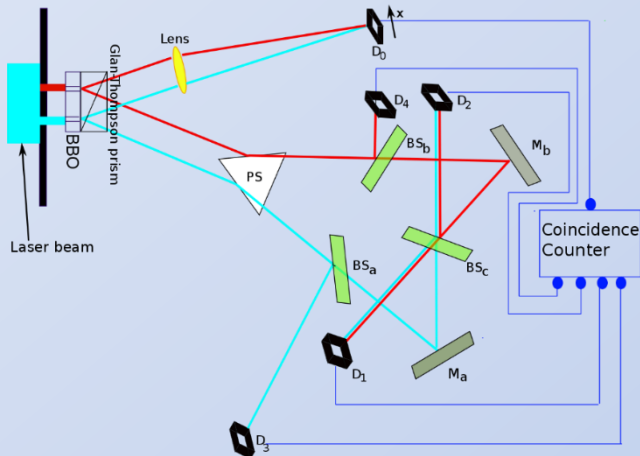
• **Експеримент квантової гумки** - це інтерференційний експеримент, який демонструє деякі фундаментальні аспекти квантової механіки, включаючи **квантову запутаність і принцип додатковості**. Експеримент квантового гумки на двох щілинах має три стадії:

1. Експериментатор відтворює дослід Юнга, обстрілюючи фотонами пластину з двома щілинами і реєструючи інтерференційну картину на екрані детектора.
2. Експериментатор спостерігає, через яку щілину проходить кожен фотон і демонструє, що після цього інтерференційна картина зруйнована. Ця стадія показує, що **наявність детекторів викликає руйнування інтерференційної картини**.

Тобто **якщо ми спробуємо зрозуміти, через яку щілину проходить частинка, то при спробі встановити цей факт фотони миттєво починають вести себе, як частинки і перестають інтерферувати самі з собою**. Частинки практично «відчувають» наявність детектора у щілин, тобто **факт спостереження змінював властивості фізичної системи!!!!** При цьому, інтерференція відбувається не тільки з фотонами або електронами, а навіть з досить великими за квантовими мірками частинками. Для **руйнування когерентності станів і зникнення інтерференційної картини має значення виключно принципова наявність інформації, через яку з щілин пройшла частинка - а хто її отримає, і чи отримає, вже не важливо**. Важливо тільки, що таку інформацію принципово можливо отримати. **Якщо інформація про обраний шлях слідування фотонів «зтирається» (фотон чи електрон якимось чином помічаються а потім ця мітка знімається), інтерференційна картина відновлюється**. (Замість видалення або відкату всіх змін, внесених в фотони або їх шлях, в цих експериментах зазвичай виробляють ще одну зміну, яка приховує вироблені раніше).

Основний результат експерименту полягає в тому, що **не має значення, був процес стирання виконаний до або після того, як фотони досягли екрану детектора**.

ЕКСПЕРИМЕНТИ З ВІДКЛАДЕНИМ ВИБОРОМ

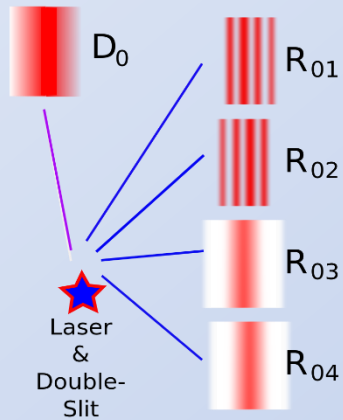


Вісь X: положення D0. Ось y: об'єднана частота виявлення між D0 та D1, D2, D3, D4 (R01, R02, R03, R04). R04 не вказано у статті Кіма та постачається відповідно до їх усного опису

• На рис. зображена експериментальна установка, докладно описана Кімом і його співавторами Юу, Куликом, Ши, Марланом і Скаллі. Аргонний лазер генерує окремі 351,1 нм фотони, які проходять через двохщільну установку. Окремий фотон проходить через одну (або обидві) з двох щілин. На ілюстрації траєкторії фотонів мають позначення кольором у вигляді червоних або світло-блакитних ліній, щоб вказати, через яку щілину пройшов фотон (червоний колір позначає щілину А, світло-синій - щілину В). Поки що експеримент схожий на звичайний експеримент з двома щілинами. Однак після щілин використовується спонтанне параметричне перетворення з пониженням частоти (SPDC) для підготовки заплутаного двухфотонного стану. Це робиться за допомогою нелінійного оптичного кристала ВВО (бета-бората барію), який перетворює фотон (з будь-якої щілини) в два ідентичних, ортогонально поляризованих заплутаних фотона з половиною частотою вихідного фотона. Шляхи, якими йдуть ці ортогонально поляризовані фотони, визначаються призмою Глана-Томпсона. Один з цих 702,2 нм фотонів, названий «сигнальним» фотоном (див червоні і світло-блакитні лінії, що йдуть вгору від призми Глана-Томпсона), продовжує рухатися до цільового детектора під назвою D0. Під час експерименту детектор D0 сканується уздовж своєї осі x, його рух контролюється кроковим двигуном. Можна вивчити графік кількості «сигнальних» фотонів, виявлених детектором D0 щодо x для визначення, чи формує інтерференційну картину сукупний сигнал. Інший заплутаний фотон, названий «холостим» фотоном (див червоні і блакитні лінії, що йдуть вниз від призми Глана-Томпсона), відхиляється призмою PS, яка направляє його по розбіжним шляхах в залежності від того, з якої щілини (А або В) він прийшов. Десь після поділу, холості фотони потрапляють в світоподільник BSa, BSb і BSc, кожен з яких має 50% ймовірність пропускання холостого фотона і 50% ймовірність його відбивання. Ma і Mb є дзеркалами. Світоподільник і дзеркала направляють холості фотони до детекторів, позначених D1, D2, D3 і D4. Зверніть увагу, що: Якщо на детекторі D3 реєструється холостий фотон, він може поступити тільки з щілини В. Якщо на детекторі D4 реєструється холостий фотон, він може поступити тільки з щілини А. Якщо на детекторі D1 або D2 виявлений холостий фотон, він міг зробити хтось із щілини А або В. Довжина оптичного шляху, виміряна від щілини до D1, D2, D3 і D4, на 2,5 м довший оптичного шляху від щілини до D0.

ЕКСПЕРИМЕНТИ З ВІДКЛАДЕНИМ ВИБОРОМ

Simulated results



Розподіл сигнальних фотонів у D0 можна порівняти з розподілом ламп на цифровому рекламному щиті. Коли всі лампочки горять, на рекламному щиті не видно рисунка. Але його можна "відновити", вимкнувши деякі лампочки. Так само інтерференційна картина або її відсутність серед сигнальних фотонів D0 може бути відновлена тільки після «вимкнення» частини сигнальних фотонів. Інформацію про те, які сигнальні фотони слід ігнорувати для відновлення діаграми, можна отримати лише глянувши на відповідні заплутані холості фотони в детекторах D1...D4

•*Це означає, що будь-яка інформація від холостого фотона отримана приблизно на 8 нс пізніше, ніж від заплутаного з ним сигнального фотона.* Виявлення холостого фотона за допомогою D3 або D4 дає відкладену «інформацію про шляхи», що вказує, чи пройшов заплутаний з ним сигнальний фотонний щілину A або B. З іншого боку, виявлення холостого фотона за допомогою D1 або D2 забезпечує відкладену вказівку, що така інформація недоступна для його заплутаного сигналу фотона. Ситуацію, коли інформація про шляхи була раніше потенційно доступна від холостого фотона, називають «відкладеним стиранням» такої інформації. Використовуючи лічильник збігів, експериментатори змогли ізолювати заплутаний сигнал від фотошуму, записавши тільки події, в яких були виявлені як сигнальні, так і неodrжені фотони (після компенсації затримки в 8 нс). Див рис. 3 і 4. коли експериментатори дивилися на сигнальні фотони, заплутані холості пари яких були виявлені в D1 або D2, вони спостерігали інтерференційні картини. Однак, коли вони дивилися на сигнальні фотони, чий заплутані холості пари були виявлені в D3 або D4, вони спостерігали прості дифракційні картини без інтерференції.

•*Цей результат аналогічний експерименту з двома щілинами, оскільки інтерференція спостерігається коли невідомо, з якої щілини приходить фотон, і не спостерігається, коли шлях відомий.* Що робить цей експеримент дивним, так це те, що, на відміну від класичного експерименту з двома щілинами, **вибір збереження або стирання інформації шляху холостого фотона був зроблений тільки через 8 нс після того, як положення сигнального фотона вже зафіксовано за допомогою D0.** Виявлення сигнальних фотонів D0 безпосередньо не дає жодної інформації про шлях. Виявлення холостих фотонів D3 або D4, які надають інформацію про шляхи, означає, що в спільно виявленій підмножині сигнальних фотонів D0 не може спостерігатися ніякої інтерференційної картини. Аналогічним чином, виявлення холостих фотонів D1 або D2, які не надають інформацію про шлях, означає, що інтерференційні картини можуть спостерігатися в спільно виявленому підмножині сигнальних фотонів D0. Іншими словами, навіть якщо холостий фотон не спостерігається доти, поки через короткий оптичний шлях через деякий час його заплутаний сигнальний фотон не досягне D0, інтерференція в D0 визначаються тим, чи виявляється заплутаний з сигнальним фотоном холостий фотон в детекторі, який зберігає інформацію про шлях (D3 або D4), або в детекторі, який стирає інформацію про шлях (D1 або D2). **Деякі інтерпретують цей результат, що означає, що відкладений вибір спостерігати чи не спостерігати шлях холостого фотона змінює результат події у минулому.** Значимим, зокрема, що інтерференційна картина може бути виведена зі спостереження лише після того, як були зафіксовані холості фотони (тобто D1 або D2). Сумарна картина всіх сигнальних фотонів в D0, чий заплутані холості пари пройшли кілька різних детекторів, будь-коли показувати інтерференцію незалежно від цього, що відбувається з холостими фотонами. Можна зрозуміти, як це працює, глянувши на графіки R01, R02, R03 і R04 і помітивши, що вершини R01 збігаються з западинами R02 (тобто між двома інтерференційними смугами існує π -фазовий зсув). R03 показує єдиний максимум, як і R04, який експериментально ідентичний R03. Заплутані фотони, фільтровані за допомогою лічильника збігів, змодельовані на рис.5 для візуального представлення доказів, доступних експерименту. У D0 сума всіх корельованих подій не даватиме інтерференцію. Якби всі фотони, які досягають D0, були б нанесені на один графік, можна було б побачити яскраву центральну смугу.

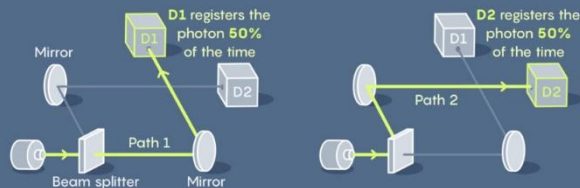
ЕКСПЕРИМЕНТ УИЛЕРА

The Delayed-Choice Experiment Explained

Are quantum objects “real” when they’re not observed? The delayed-choice experiment demonstrates that they can’t be. It shows that an unobserved photon is neither a wave nor a particle.

If the Photon is a Particle

Fire a photon at a beam splitter. The photon acts as an indivisible particle. It takes either path 1 or path 2 and then goes on to hit detector D1 or D2.



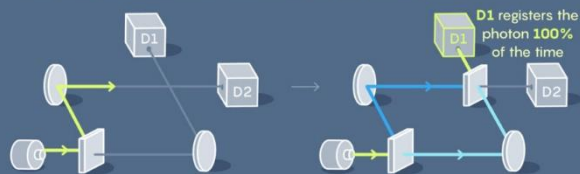
If the Photon is a Wave

Add a second beam splitter. This time the photon acts as a wave. It seemingly splits into two waves at the first beam splitter. The waves recombine at the second. The photon always hits only one of the detectors.



Delayed Choice

Start with only one beam splitter. The photon should act like a particle. At the last moment, add the second beam splitter. The particle then suddenly changes to be wavelike, as if it was always going down both paths.



CONCLUSION: Either the addition of the beam splitter sent a signal backwards in time to influence the photon's initial behavior, or photons do not have definite, intrinsic properties when they are not being observed.

•Констатуючи експериментально спостережуваний корпускулярно-хвильовий дуалізм, Нільс Бор постулював **принцип додатковості**. Він говорить, що **якщо спостерігач вимірює властивості квантового об'єкта як частки, то він поводитися як частинка. Якщо ж вимірюються його хвильові властивості, то для спостерігача він поводитися як хвиля**. Тому для повного опису квантовомеханічних явищ необхідно застосовувати два, здавалося б, суперечать один одному уявлення, які, в результаті, виявляються доповнюють такими, що взаємодоповнюють один одного, що і відображено в назві принципу.

•Для перевірки цього **Уілер** запропонував використовувати інтерферометр Маха - Цандера. Він складається з чотирьох дзеркал. Перше розщеплює потік світла на два пучка, які потім відбиваються від двох непрозорих дзеркал і зводяться знову разом в четвертому дзеркалі. По двох сторонах від нього стоять детектори. Фотони необхідно випускати по одному. Одиночний фотон як би розщеплюється на два в першому дзеркалі, або, іншими словами, проявляє хвильові властивості. Потім він відбивається від двох ідеальних дзеркал, знову інтерферує сам з собою в четвертому напівпрозорому дзеркалі, і нарешті потрапляє в один з детекторів. Для кожного конкретного фотона спрацьовує тільки один з детекторів, але якщо повторювати дослід багато разів, вийде деякий нетривіальне співвідношення відліків двох детекторів. Це співвідношення показує, що частка, досягнувши четвертого дзеркала, поводитья як хвиля. Якщо ж четверте дзеркало прибрати, то співвідношення між спрацьовуваннями буде 50:50. Це виглядає так, як ніби в момент першого розщеплення частка вже «вирішила», яким шляхом вона піде.

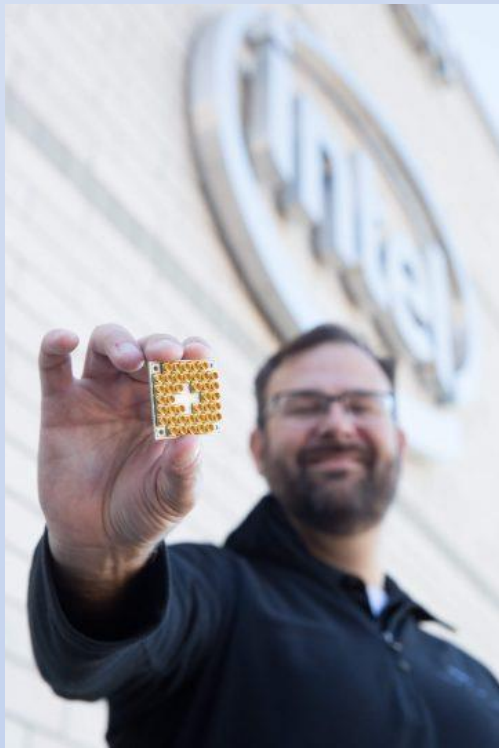
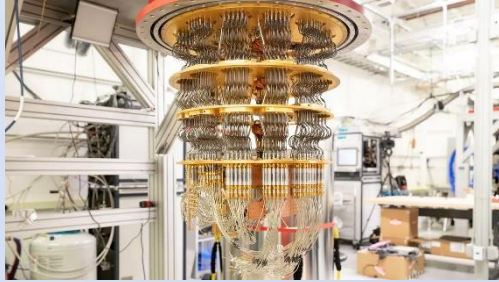
•Ідея Уйлера полягала в тому, щоб поява в схемі четвертого дзеркала вирішувалася за допомогою генератора випадкових чисел вже після того, як фотон увійшов в інтерферометр, але до того, як його поглинув один з детекторів - **так званий відкладений вибір**. Таким чином, експериментатори позбавляли б фотон можливості «дізнатися», чи проводиться спостереження чи ні, і тим самим визначити свою «поведінку» - постати часткою або хвилею. Вперше цю гіпотетичну схему вдалося реалізувати лише в 2007 році.

•З'ясувалося, що результат однаковий для різних видів датчиків, точніше, для різних технологій спостереження та для різних частинок. Тобто, **будь-яке спостереження однаково впливає на поведінку частинки**. Таким чином, підтвердилося припущення Нільса Бора про те, що **не має сенсу приписувати ту чи іншу поведінку частинок - як хвилі або як власне частинки - до того як було зроблено вимір**. Втім, **існує ще одне малоймовірне пояснення, що частинки якимось чином отримують інформацію з майбутнього**. Воно передбачає, що інформація може передаватися швидше за світло, що неможливо з точки зору теорії відносності.

ПАРАДОКС ДРУГА ВІГНЕРА

- «У парадоксі друга Вігнера, сформульованому фізиком Юджином Вігнером, відбувається наступне: припустимо, що замість того щоб самому спостерігати кішку Шрьодінгера, Вігнер просить це зробити свого друга. Його друг відкриває ящик, бачить кішку і потім повідомляє результати свого спостереження Вігнеру. На цьому етапі ми можемо говорити, що Вігнер тільки що актуалізував реальність, яка включає в себе його друга і кішку. Тут є парадокс: чи була кішка жива чи мертва, коли друг Вігнера її спостерігав, але до того, як він повідомив результат спостереження? Говорити, що коли друг Вігнера спостерігав кішку, її стан не колапсував, значить стверджувати, що його друг був у непритомному стані, поки Вігнер його не спитав - тобто свідомість його друга не могла вирішити, жива кішка чи мертва, без спонукання з боку Вігнера».
- Але в 2018 році, фізики помітили, що останні досягнення в області квантових технологій дозволили відтворити тест друга Вігнера в реальному експерименті. Іншими словами, з'явилася можливість створювати різні реальності і порівнювати їх в лабораторії.
- Массімільано Пройетті з Університету Хериот-Ватт в Единбурзі і кілька його колег заявили, що вперше провели цей експеримент: створили різні реальності і порівняли їх. І прийшли до висновку, що Вігнер мав рацію: *ці реальності можуть бути непримиренними наскільки, що неможливо прийти до єдиної думки про об'єктивні факти в експерименті.*
- Спочатку уявний експеримент Вігнера починався з одного поляризованого фотона, який при вимірюванні може мати горизонтальну або вертикальну поляризацію. Але перед вимірюванням, відповідно до законів квантової механіки, фотон існує в обох станах поляризації одночасно - так звана суперпозиція. Вігнер уявив собі друга в іншій лабораторії, який вимірює стан цього фотона і зберігає результат, тоді як Вігнер спостерігає здалеку. Вігнер не має інформації про вимірювання свого друга і тому змушений припустити, що фотон і його вимір знаходяться в суперпозиції всіх можливих результатів експерименту. Вігнер може навіть провести експеримент, щоб визначити, чи існує ця суперпозиція чи ні. Свого роду інтерференційний експеримент, який покаже, що фотон і вимір дійсно знаходяться в суперпозиції. З точки зору Вігнера, це «факт» - суперпозиція існує. І цей факт свідчить про те, що вимірювання не могло бути проведене. Але його друг з цим не погодиться, оскільки він виміряв поляризацію фотона і записав її. Друг може навіть подзвонити Вігнеру і сказати, що вимір було зроблено (за умови, що результат не розкрито).
- Дві реальності суперечать одна одній. «Це ставить під сумнів об'єктивний статус фактів, встановлених двома спостерігачами». В 2018 р Каслав Брукнер з Віденського університету знайшов спосіб відтворити «вігнеровського друга» в лабораторії за допомогою методів, що включають заплутування безлічі частинок одночасно. Пройетті виконав цей експеримент реально. Вони реалізували розширений сценарій «друга Вігнера» в сучасному експерименті з шістьма фотонами. Шість фотонів були заплутані, щоб створити дві альтернативні реальності - одну, що представляє Вігнера, а другу - Вігнеровського друга. Друг Вігнера вимірює поляризацію фотона і зберігає результат. Потім Вігнер виконує вимір інтерференції, щоб зрозуміти, чи знаходяться вимір і фотон в суперпозиції. Експеримент дав неоднозначний результат. Обидві реальності можуть співіснувати, навіть якщо вони дають непримиренні результати, як і передбачав Вігнер. Це піднімає ряд цікавих питань, що спонукають фізиків переглянути природу реальності. Ідея того, що спостерігачі можуть в кінцевому підсумку узгодити свої вимірювання в якійсь фундаментальній реальності, заснована на кількох припущеннях. По-перше, універсальні факти дійсно існують і спостерігачі можуть про них домовитися. Але є й інші припущення. Одне з них полягає в тому, що спостерігачі вільні робити будь-які спостереження, які захочуть. І ще одне: вибір, який робить один спостерігач, не впливає на вибір інших спостерігачів. Це припущення фізики називають локальністю. Якщо існує об'єктивна реальність, з якою всі можуть погодитися, всі ці припущення будуть вірними. Але результат Пройетті і його колег передбачає, що об'єктивної реальності не існує. Іншими словами, експеримент передбачає, що одне або більше припущень - про те, що існує реальність, з якою ми погодимось; що є свобода вибору; або про локальність - має бути невірним.
- «Науковий метод заснований на фактах, встановлених шляхом багаторазових вимірювань і узгоджених повсюдно, незалежно від того, хто їх спостерігав». Однак Proietti and co. В своїй статті підбивають цю ідею, можливо, смертельно.
- <https://hi-news.ru/research-development/kvantovyj-eksperiment-pokazal-chto-obektivnoj-realnosti-ne-sushhestvuet.html>

КВАНТОВІ КОМП'ЮТЕРИ



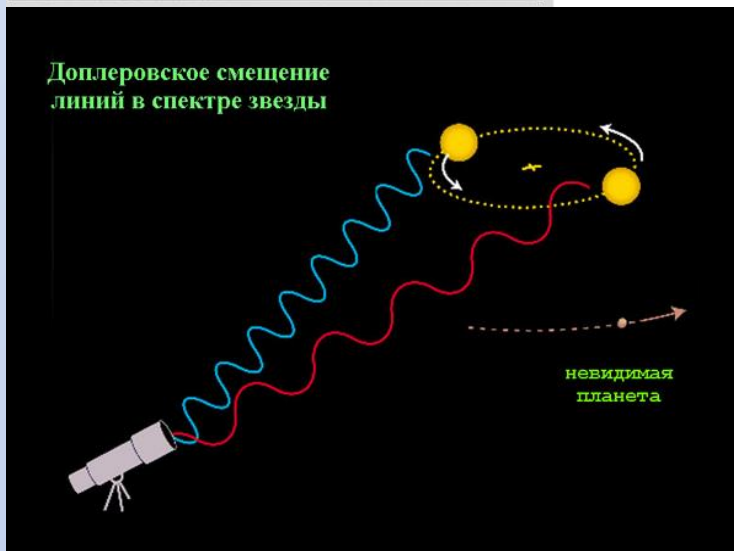
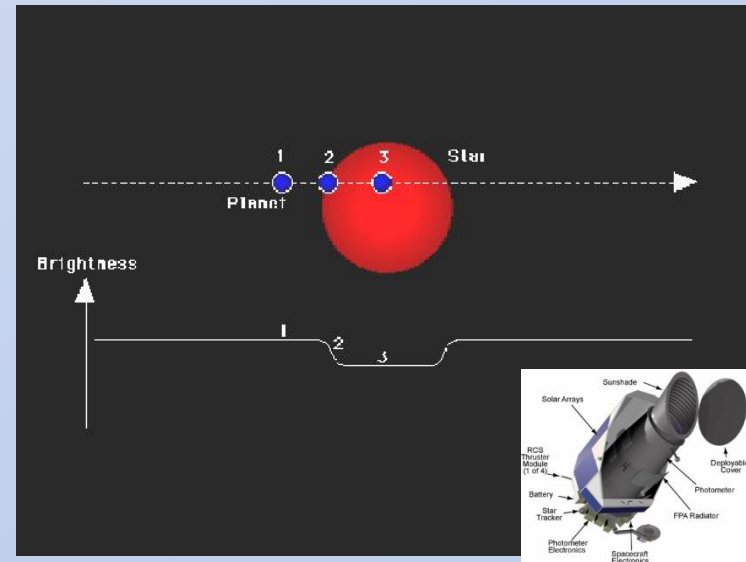
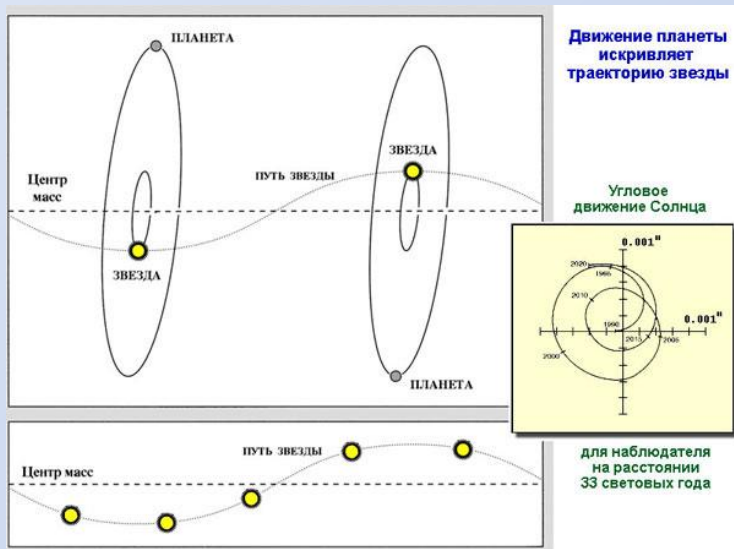
• **Квантовий комп'ютер (КК)** - обчислювальний пристрій, який використовує явища квантової суперпозиції і квантової заплутаності для передачі і обробки даних.

• Ідея про квантових обчисленнях була висловлена **Юрієм Манінім** в 1980 р. Одна з перших моделей квантового комп'ютера була запропонована **Річардом Фейнманом** в 1981 році. Незабаром Пол Бениофф описав теоретичні основи побудови такого комп'ютера. **Необхідність в КК виникає тоді, коли ми намагаємося досліджувати методами фізики складні багаточастинкові системи, подібні біологічним.** Простір квантових станів таких систем зростає як експонента від числа n складових їх реальних частинок, що унеможлиблює моделювання їх поведінки на класичних комп'ютерах вже для $n = 10$. Тому **Візнер і Фейнман висловили ідею побудови КК.** КК використовує для обчислення не звичайні (класичні) алгоритми, а процеси квантової природи, так звані **квантові алгоритми, що використовують квантові ефекти,** - такі як **квантовий паралелізм і квантова заплутаність.**

• У листопаді 2017 р. вчені IBM успішно побудували і випробували прототип процесора з 50 квантовими розрядами. У січні 2018 р. виконавчий директор компанії Intel Брайан Кржаніч повідомив про створення надпровідного квантового чіпа під кодовим ім'ям «Tangle Lake», що має 49 кубітів. Intel веде розробки квантових комп'ютерів за двома напрямками: створення пристроїв на надпровідниках і кремнієвих чіпів з «спінові кубітами». У березні 2018 р. **компанія Google** оголосила, що їй вдалося побудувати **72-кубітний квантовий процесор Bristlecone,** що має низький відсоток помилок в обчисленнях. Компанія стверджує, що вони досягли **«квантової переваги».** **Квантова перевага** - здатність квантових обчислювальних пристроїв розв'язувати задачі, які класичні комп'ютери практично не можуть розв'язати.

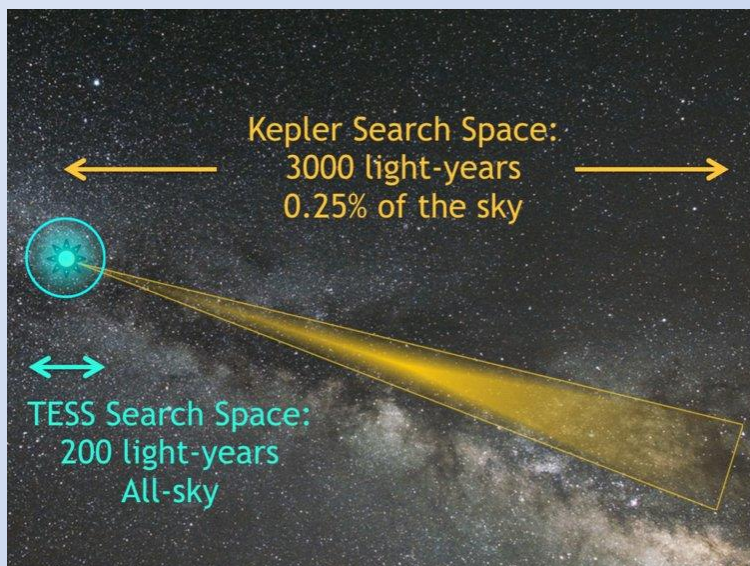
• Згідно фахівцям Google, для того щоб КК міг вирішувати завдання, недоступні для «звичайних» комп'ютерів, потрібне дотримання наступних умов: до його складу має входити **не менше 49 кубітів,** «глибина» (circuit depth) повинна перевищувати **40 кубітів,** а ймовірність помилки в двокубітному логічному елементі повинна бути не вище 0,5%. У 2019 р. інженери Google створили КК, який за 3 хв. може виконати обчислення, на яке найшвидшому суперкомп'ютеру в світі знадобиться 10 тис. років.

ПОШУК ЕКЗОПЛАНЕТ



Орбитальный телескоп «*Кеплер*» (англ. Kepler) — космический телескоп НАСА, предназначенный для поисков экзопланет. Назван в честь Йоганна Кеплера (1571-1630), немецкого философа, математика, астронома, астролога и оптика. Телескоп был запущен 7 березня 2009 р. На орбиту аппарат вивела ракета-носій Delta II. Місія коштувала приблизно 467 мільйонів доларів. Весь цей час телескоп спостерігав близько **100 тисяч схожих на Сонце зірок**, навколо яких можуть обертатися екзопланети.

СУПЕРТЕЛЕСКОП TESS



•16 квітня 2018 р., американське космічне агентство NASA запустило **орбітальну обсерваторію TESS** (Transiting Exoplanet Survey Satellite) для пошуку населених планет. Телескоп розроблений Массачусетським технологічним інститутом в рамках Малої дослідницької програми НАСА. **Основна мета місії полягає в знаходженні кам'янистих екзопланет, що потрапляють в населену зону і віддалених від Землі не більше ніж на 200 світлових років.**

•Передбачається, що **TESS відкриє понад 20 тисяч транзитних екзопланет, з яких 500-1000 будуть планетами земного і суперземного типів з орбітальними періодами до 2 місяців.** Для цього будуть досліджені найближчі до Землі 500 тисяч зірок спектральних класів G, K і M яскравіших 12 величини і близько 1000 найближчих червоних карликів, розкиданих по всьому зоряному небу. На відміну від «Кеплера», дослідження якого були обмежені невеликою областю небесної сфери, площа покриття збільшиться більш ніж в 400 разів. **Передбачається, що TESS відкриє 70 планет в зоні життя, всі з яких будуть обертатися навколо червоних карликів, а 11 з них будуть мати радіус не більше 2 радіусів Землі.** Супутник оснащений чотирма телескопами з ПЗС-камерами із загальним розміром фотоприймальних матриць 67,2 мегапікселів, що працюють в спектральному діапазоні від 600 до 1000 нм. Кожен з чотирьох телескопів - ширококутний рефрактор з полем зору $24^\circ \times 24^\circ$ з об'єктивом апертурою 10 см.

ЕКЗОПЛАНЕТИ

Графік відкриття екзопланет за роками



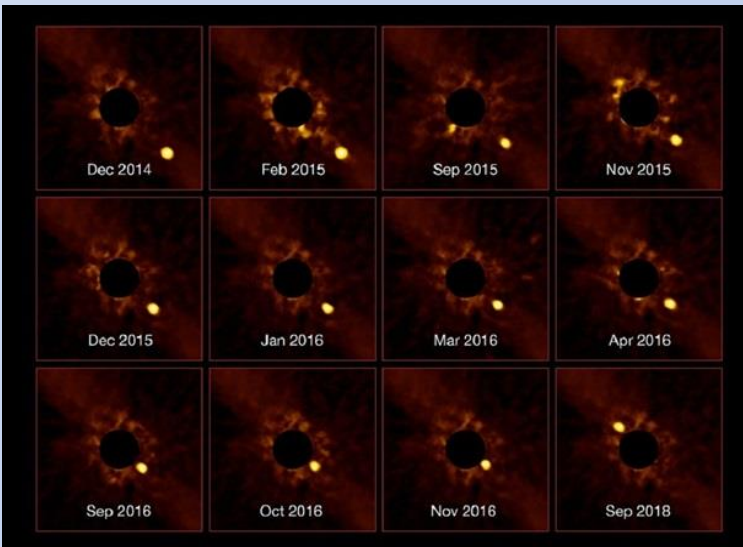
Види екзопланет:

газові екзопланети:

- холодний Юпітер;
- гарячий Юпітер; рихла планета;
- холодний Нептун; гарячий Нептун;
- гелієва планета; водний гігант;
- крижаний гігант; супер-Юпітер;
- ексцентричний Юпітер;

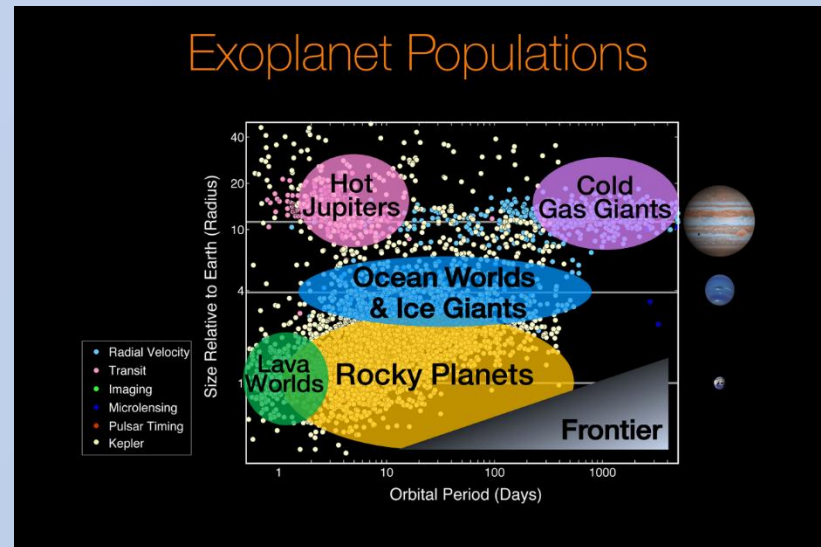
екзопланети земного типу

Рух екзопланети навколо зірки β - Живописця. Вона віддалена від Сонячної системи на 64 світлові роки і в 1,75 рази масивна Сонця

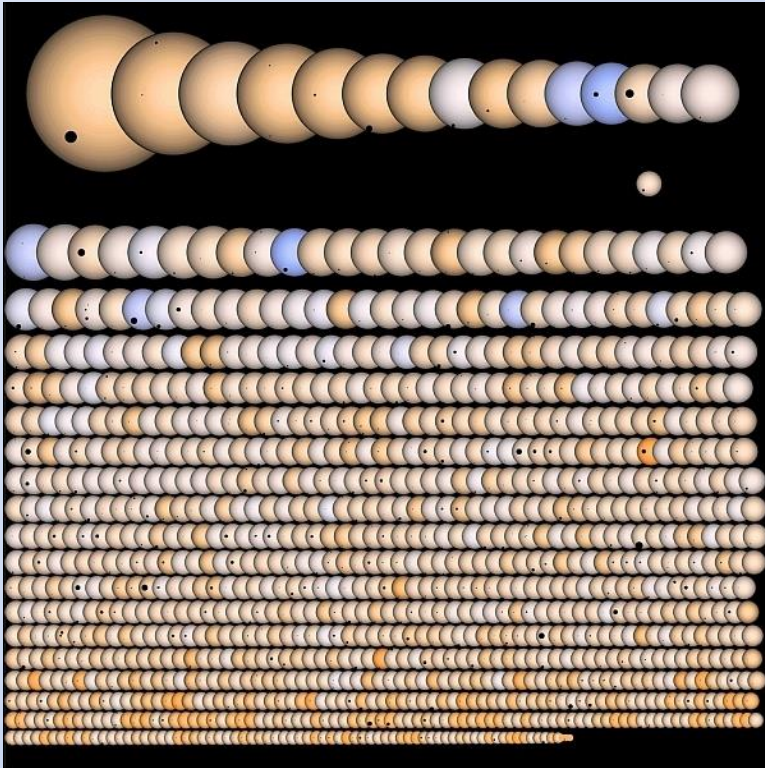


Основними методами відкриття екзопланет є: *метод радіальних швидкостей; транзитний метод (зелене); метод Доплера (синє); метод синхронізації; візуальне спостереження; гравітаційне лінзування; астрометричний метод.* Станом на **01.05.2023 р.** достовірно підтверджено існування **5366 екзопланет в 3962 планетних системах, з яких в 856 є більше однієї планети.** Кількість надійних кандидатів в екзопланети значно більша. За проектом «Кеплер» на січень 2020 р. значилося ще 2420, а за проектом «TESS» - 1082 кандидата, проте для отримання статусу планет потрібно їх повторна реєстрація за допомогою наземних телескопів. Загальна кількість екзопланет в галактиці Чумацький Шлях на даний час оцінюється не менше ніж в 200 млрд, з яких 11 млрд є потенційно придатними для життя та мають розмір із Землю. Це число зростає до 40 млрд, якщо включити планети, що обертаються навколо численних червоних карликів. Також, згідно з поточними оцінками, приблизно у 1 з 5 сонцеподібних зірок є планета розміром із Землю в населеній зоні (зоні златовласки).

Класифікація екзопланет

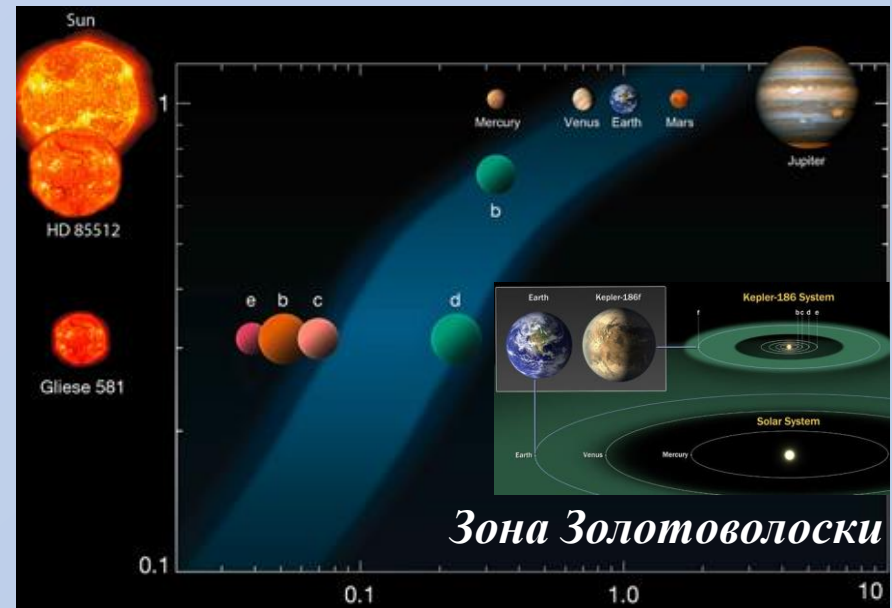


ЕКЗОПЛАНЕТИ

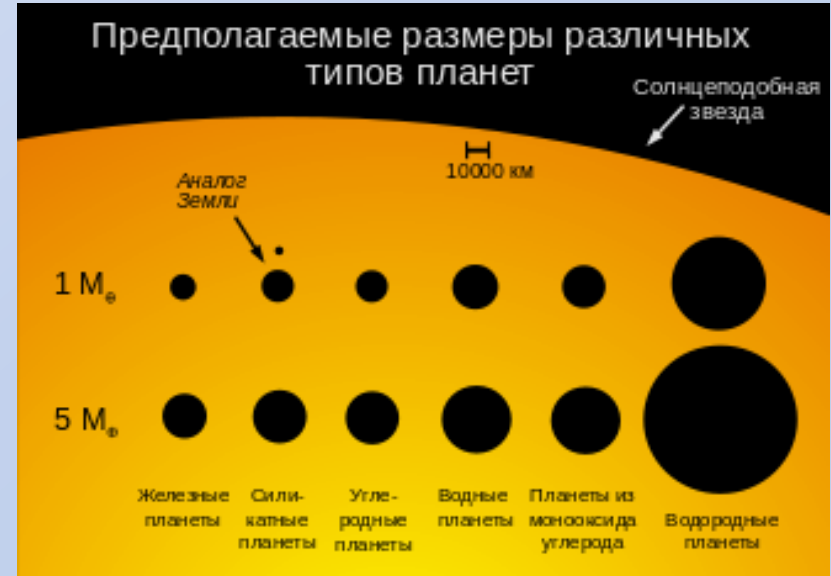
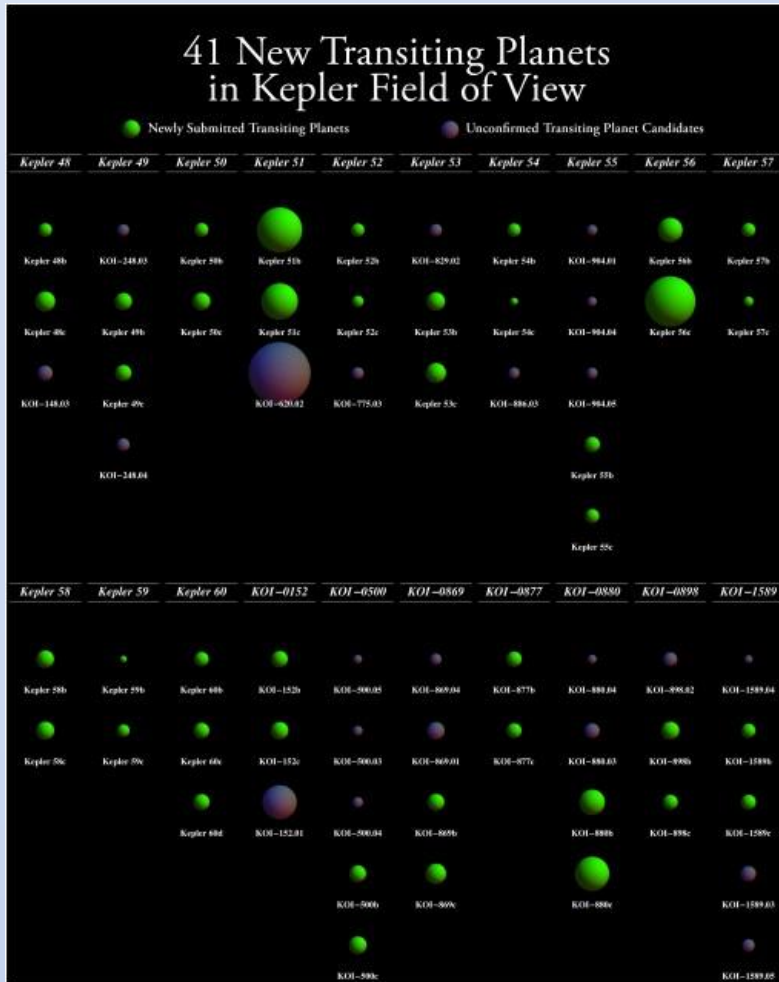


На рисунку зображені зірки, у яких «Кеплер» виявив потенційні планети (3693 штук), вони показані як темні плями на диску світила. Частина з відкритих планет по своїх характеристиках нагадують Землю (**207 тіл порівнянні з нашою планетою за розміром, а ще 680 відносяться до класу так званих Суперземель**).

Порівняння зон населеності і розташування планет у Сонячній системі (вгорі) і системах зірок HD 85512 (в центрі) і Gliese 581 (внизу). Шкала по вертикалі - маса зірки (у сонячних масах), шкала по горизонталі - відстань планети від світила (в астрономічних одиницях). Гарантована **зона населеності (Золотоволоски), там де вода може знаходитися у рідкому стані**, відзначена світло-синьою смугою. Темно-синя окантовка праворуч і ліворуч від неї показує можливе розширення зони населеності через низку невідомих поки параметрів.



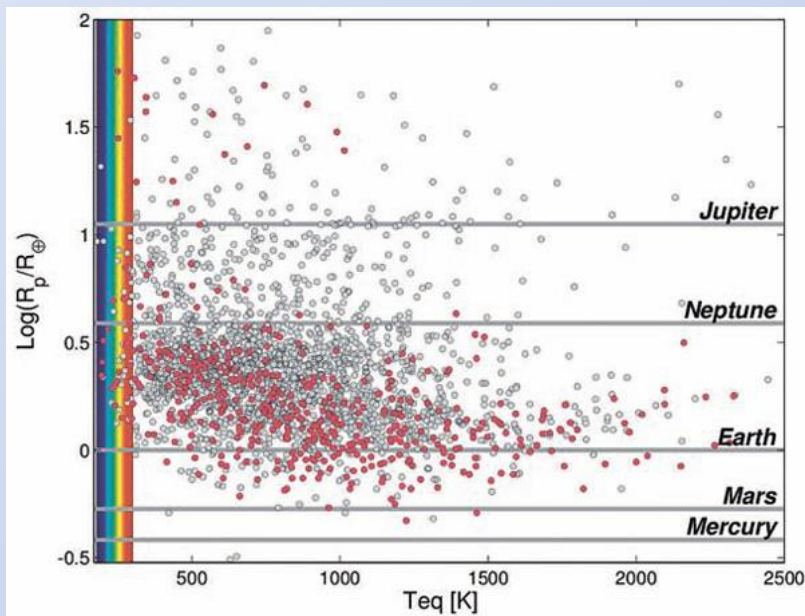
ОСТАННІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТЕЛЕСКОПА “КЕПЛЕР”



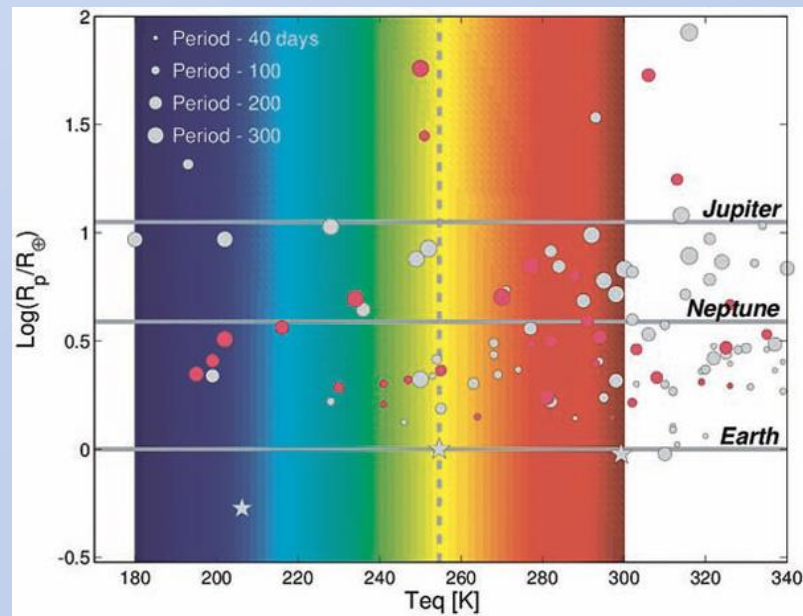
Таблиця нових екзопланет виявлених телескопом Кеплер. Зеленим позначені планети виявлені за допомогою транзитного методу. Фіолетовим — ймовірні кандидати в планети, виявлені в тій же системі за допомогою методу варіації часу транзитів.

З 3869 кандидатів, виявлених телескопом Кеплер, 647 мають приблизно земний розмір (104 знаходяться у зоні Златовласки), 680 має розміри суперземлі, 1181 - Нептуна, 203 - розмір, порівнянний з юпітеріанських, і 55 - більший, ніж у Юпітера.

ОСТАННІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТЕЛЕСКОПА “КЕПЛЕР”



Розміри планет і розрахована рівноважна температура на поверхні. Кольором виділена зона з потенційно населеними планетами, на поверхні яких може існувати рідка вода (зі статті С. Burke et al., ArXiv: 1312.5358)



Тут крупно показана область, виділена кольором на рис. 1 (зі статті С. Burke et al., ArXiv: 1312.5358)

Оцінки показують, що 3,5-7,5% зірок типу Сонця мають планети з приблизно земним розміром і орбітальними періодами 200-400 днів.

ЕКЗОТИЧНІ ПЛАНЕТНІ СИСТЕМИ

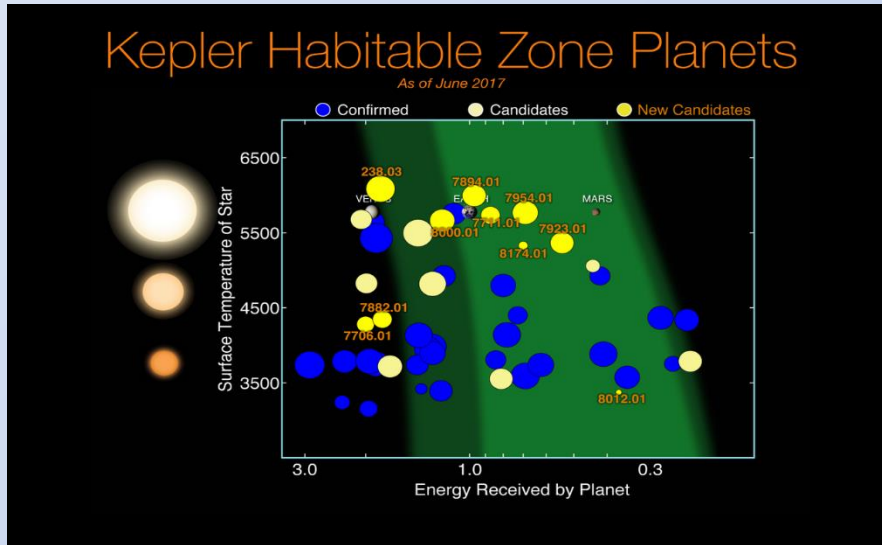


Планета Кеплер-16b, обертається навколо подвійної зірки, немов горезвісний Татуїн (зображення NASA / JPL-Caltech).

Погляд художника на захід трьох світил на супутнику планети HD 188753 Ab

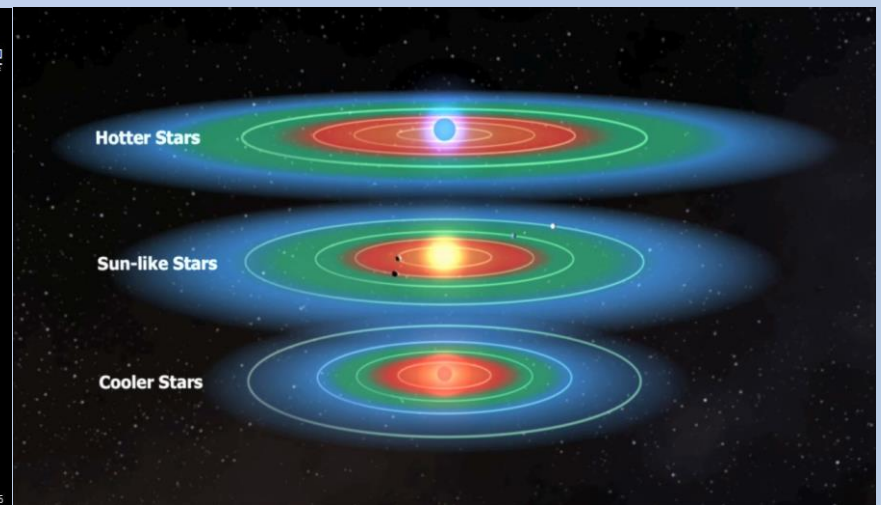
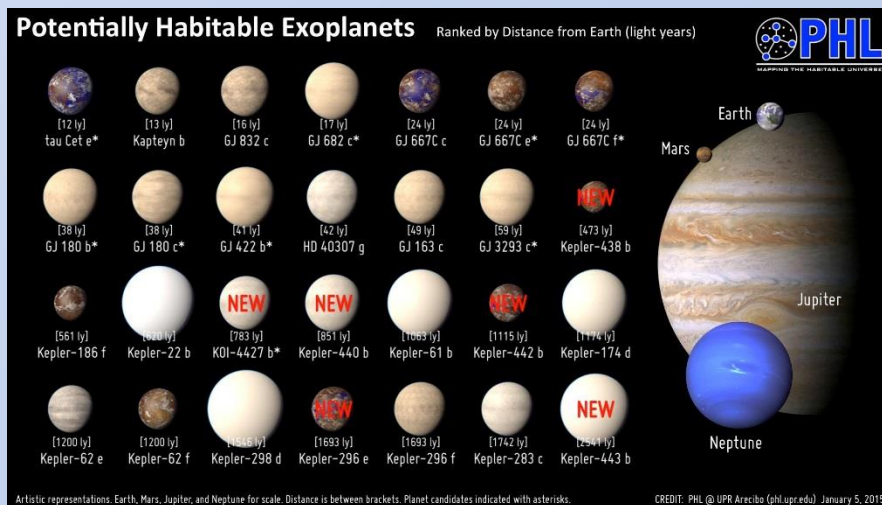
HIP 11952 b і HIP 11952 c - екзопланети у зірки HIP 11952 є найстарішими з відкритих з оціночним віком **12,8 млрд. років**. Раніше це місце займала планета PSR B1620-26 c з віком 12,7 млрд. років. **Найближча до Землі екзопланета знаходиться у системі Альфа Центавра B.**

ПОТЕНЦІАЛЬНО ЗАЛЮДНЕНІ ЕКЗОПЛАНЕТИ



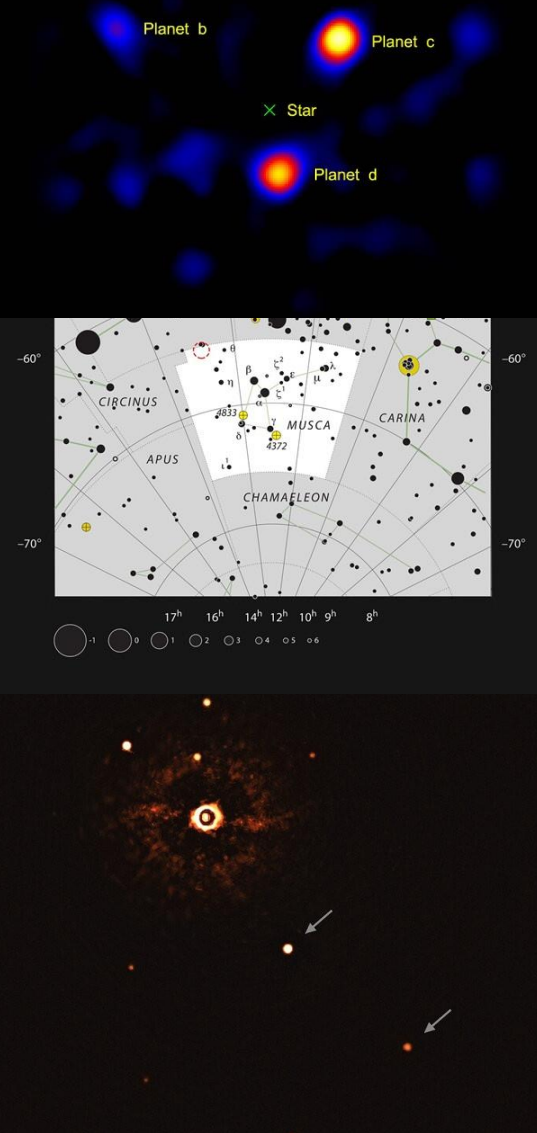
• Директор Лабораторії вивчення населеності планет (PHL) Університету Пуерто-Ріко в Аресібо Абель Мендес і його колеги *склали список з 104 екзопланет та 121 супутника планет (Глизе 667 Сс, Глизе 163 с, Kepler-22 b, Kepler-186 f...), відсортувавши їх за найбільшою подібністю до Землі.* З них двадцять кандидатів лежать всередині «більш консервативних» (менш великих) зон життя і мають радіус менший двох радіусів Землі. Це робить їх в значній мірі схожими з нашою планетою.

Розміри зон “придатності для життя” біля зірок різної світності



ПЕРШИЙ ЗНІМОК ПЛАНЕТНОЇ СИСТЕМИ

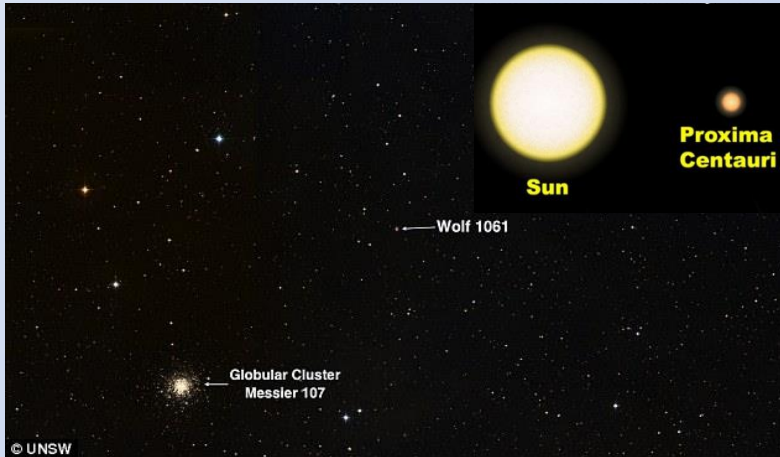
Три відомі планети зірки HR8799, сфотографовані за допомогою телескопа Хейла



• Дуже великий телескоп за допомогою інструменту SPHERE (Спектро-поляриметричних високо-контрастне дослідження екзопланет) зробив *перше в історії пряме зображення планетної системи навколо молодого, схожого на Сонце, розташованого на відстані близько 300 світлових років і відомого як TYC 8998-760-1. Цій зірці всього 17 мільйонів років, і вона знаходиться в південному сузір'ї Мухи.* Зображення систем з декількома екзопланетами надзвичайно рідкісні. До сих пір безпосередньо спостерігалися тільки дві такі системи, обидві навколо зірок, які помітно відрізняються від нашого Сонця. Нове зображення ESO VLT стало першим прямим зображенням більш ніж однієї екзопланети навколо сонцеподібної зірки. VLT був також першим телескопом, який безпосередньо побачив екзопланету ще в 2004 році, коли закарбував відблиск навколо коричневого карлика. Спостереження можуть допомогти астрономам зрозуміти, як планети формувалися і розвивалися навколо нашого Сонця. Ці зображення стали можливими завдяки високій якості інструменту SPHERE на VLT ESO в чилійській пустелі Атакама. SPHERE блокує яскраве світло від зірки, використовуючи пристрій під назвою коронаграф, дозволяючи побачити набагато слабші за яскравість планети. *Два газових гіганта обертаються навколо своєї зірки на відстанях у 5 і 10 разів більших відстані від Землі до Сонця. Команда також виявила, що дві екзопланети набагато важчі, ніж в нашій Сонячній системі: внутрішня планета в 14 разів масивніша Юпітера, а зовнішня - в 6 разів.*

Перше в історії пряме зображення планетної системи навколо молодого, схожого на Сонце зірки

НАЙБЛИЖЧА ПЛАНЕТА, ДЕ МОЖЕ БУТИ ЖИТТЯ



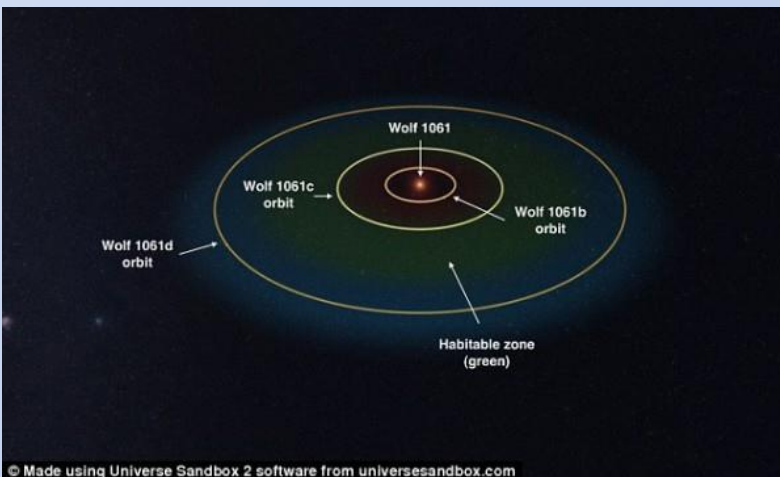
- **Проксима Центавра b** — екзопланета в системі червоного карлика Проксима Центавра, найближчої до Сонця зірки. Розташована на відстані близько 4,25 світлових років (1.3 парсека або 40 трлн км) від Землі у сузір'ї Центавра. **За оцінками дослідників, планета перебуває в зоні Золотоволоски, тобто зоні де можливе життя.**

- Австралійські науковці кажуть, що визначили одну з найближчих до нас планет поза Сонячною системою, на якій потенційно може бути життя. **Небесне тіло Wolf 1061C лежить у 14 світлових роках від Землі.** Це одна з найближчих зоряних систем до нас - вона на 36-му за близькістю місці від нашої Сонячної системи. Wolf 1061C червоний карлик, прохолодніший за наше Сонце.

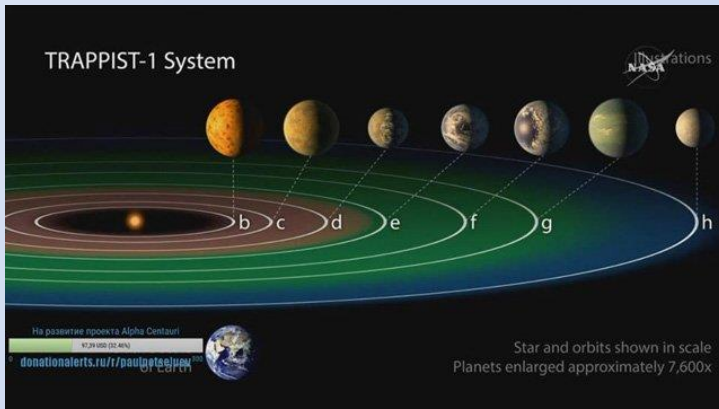
- Група науковців з Університету Нового Південного Вельсу відкрила планету, проаналізувавши дані про віддалені зірки, зібранні Європейським телескопом у Чилі. **Керівник дослідження доктор Дункан Райт говорить, що орбіта планети проходить на оптимальній відстані від зірки - такій, щоб на ній могла бути вода і життя.**

- **Проксима Центавра b**

- **Симуляція сонячної системи зірки Wolf 1061C свідчить, що планета C знаходиться на оптимальній з температурної точки зору відстані. Орбіти планет b, c і d (рахунок іде від внутрішньої планети до зовнішньої) мають періоди обертання навколо зірки 4,9, 17,9 і 67,2 днів**

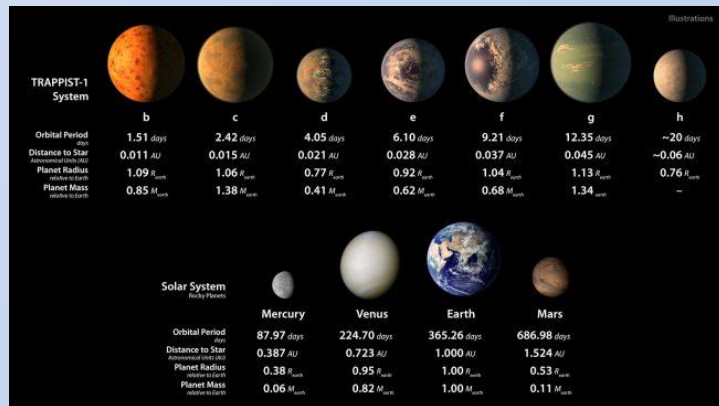


СИСТЕМА TRAPPIST-1

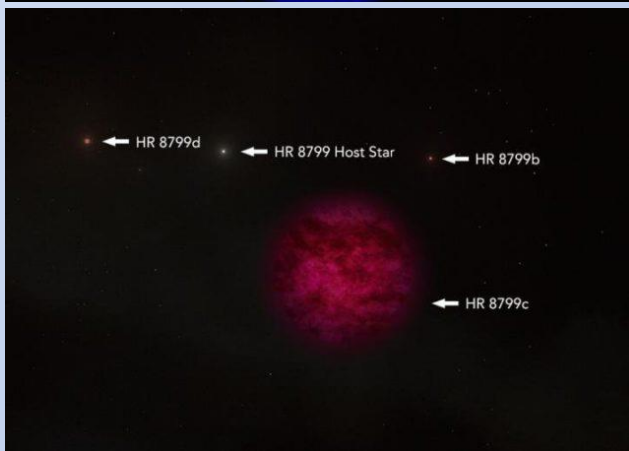
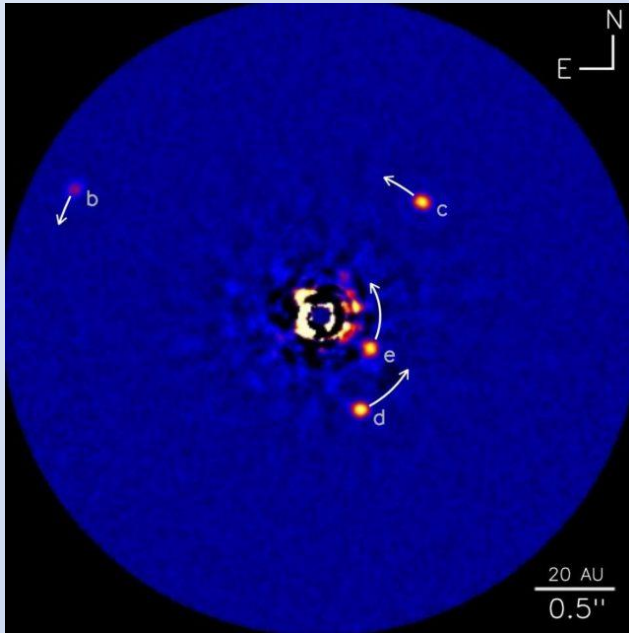


• *Астрономи виявили цілих сім землеподібних кам'янистих планет біля зірки TRAPPIST-1 - «надхолодного» червоного карлика, розташованого приблизно в 39 світлових роках від нас, в сузір'ї Водолія. Ця зірка має поверхневу температуру близько 2550 кельвінів, а її маса досягає всього лише 0,08 маси Сонця. TRAPPIST-1 відноситься до спектрального класу M8V, і його світність досягає лише 0,05 відсотків світності Сонця.*

• *Екзопланети, що отримали назву TRAPPIST-1b, c, d, e, f, g і h, мають схожі з нашою планетою розміри - за оцінками дослідників, їх радіуси варіюються від 1,19 до 0,76 земного. Найближча з них, TRAPPIST-1b, віддалена від материнської зірки всього на 0,011 астрономічних одиниць і має період обертання всього 1,51 день. Найдальша планета TRAPPIST-1h, ймовірно, робить один оборот навколо центрального світила за 20 днів і видалена на 0,06 астрономічних одиниць від нього, однак орбітальні параметри цієї планети тільки належить підтвердити. **За оцінками дослідників, принаймні шість з семи екзопланет імовірно мають кам'янистий склад.** Крім того, **на поверхню трьох з них, TRAPPIST-1c, d і f, потрапляє приблизно така ж кількість енергії, скільки на Венеру, Землю і Марс відповідно.***



ВОДА НА ЕКЗОПЛАНЕТАХ

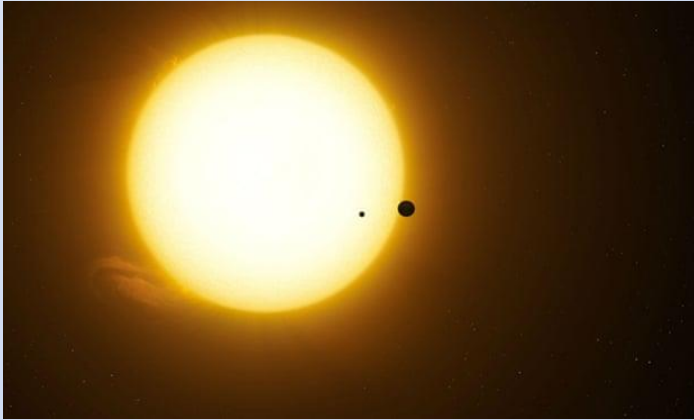


•Завдяки технологіям Обсерваторії Кека вдалося **виявити воду в атмосфері планети зірки *HR 8799 в сузір'ї Пегаса***

•Сама зірка - зірка головної послідовності віком в 30 мільйонів років. У 2008 р. астрономи оголосили про спостереження за трьома екзопланетами навколо цієї зірки b, c і d - за допомогою телескопів Keck і Gemini, а в 2010 р. вони заявили про відкриття четвертої планети - HR 8799 e. Нові спостереження відносяться до HR 8799 c - це молода гігантська газова планета, в сім разів перевищує масу Юпітера, яка кожні 200 років робить оборот навколо своєї зірки. Отримані зображення підтверджують наявність води в її атмосфері і відсутність метану. Відкриття вдалося зробити завдяки використанню двох технологій телескопа обсерваторії Кека. Це адаптивна оптика, яка протидіє розмитим ефектів атмосфери Землі, і спектрометр на телескопі Кек 2, званий спектрофотометром Cryogenic Echelle з ближнім інфрачервоним випромінюванням (NIRSPEC) - спектрометром з високою роздільною здатністю, який працює в інфрачервоному L-діпазоні (типі інфрачервоного світла з довжиною хвилі близько 3, 5 мкм). Об'єднавши спектрографію L-діпазону з адаптивною оптикою, вченим вдалося подолати труднощі спостереження за планетою, зумівши зробити найбільш точні вимірювання планети і підтвердивши наявність води і відсутність метану.

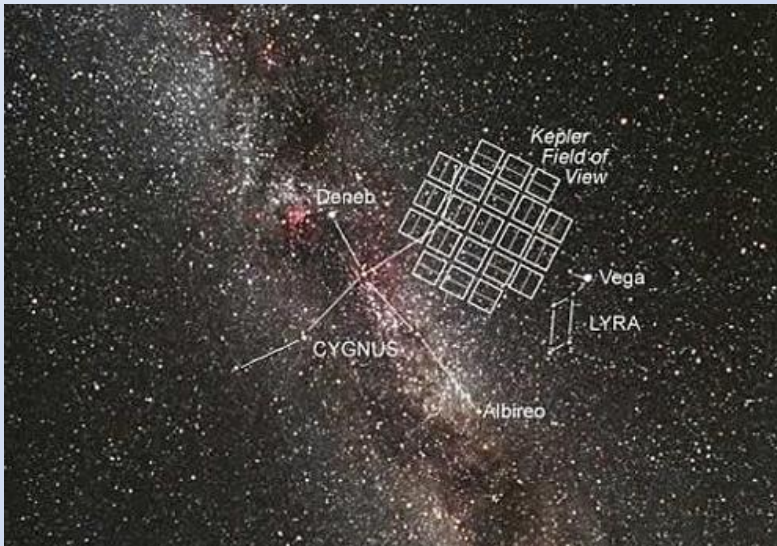
•Команда вчених вже працює над наступним новітнім інструментом в Обсерваторії Кека, який називається КРІС (Keck Planet Imager і Characterizer). КРІС також буде використовувати адаптивну оптику і спектроскопію, проте з його допомогою астрономи зможуть вивчати планети, світло яких значно слабше і які знаходяться набагато ближче до своєї зірки, ніж HR 8799c. Така технологія, здатна відобразити цю планету, буде використовуватися і на наступних телескопах.

ВИЯВЛЕНО ПЕРШИЙ СУПУТНИК ЕКЗОПЛАНЕТИ



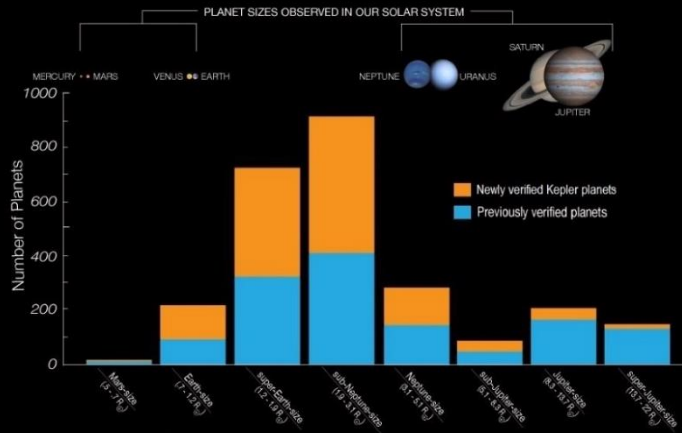
•Астрономи вперше виявили супутник планети за межами Сонячної системи. Він обертається навколо гігантської екзопланети на відстані близько 8000 світлових років від нас. Екзомісяць, який за розміром може зрівнятися з Нептуном, більше всіх відомих супутників Сонячної системи. Девід Кіпінг, астроном з Колумбійського університету в Нью-Йорку разом зі своєю командою проаналізував дані про майже 300 віддалених планет, виявлених за допомогою космічного телескопа Kepler транзитним методом. Вчені помітили аномалії в спостереженнях газової планети Kepler 1625b, яка в кілька разів перевищує розмір Юпітера. "Ми побачили невеликі відхилення і коливання на кривій блиску, які привернули нашу увагу", - сказав Кіпінг. Щоб знайти причину аномалій, вчені використали телескоп "Хаббл". Вони побачили, що через 3,5 години після того, як перед зіркою проходить Kepler 1625b, світність знову падає, хоча і не так сильно. За словами авторів, у них відразу з'явилася здогадка, що падіння світності викликає супутник, який слідує за своєю планетою, як "собака на повідку". Маса екзомісяця становить всього 1,5% від маси своєї планети - це близько до співвідношення мас між Землею і Місяцем. Однак, на відміну від Землі і Місяця, Кеплер 1625b і її супутник обидва є газоподібними планетами.

ПІДСУМКИ



Known Planets by Size

As of May 10, 2016

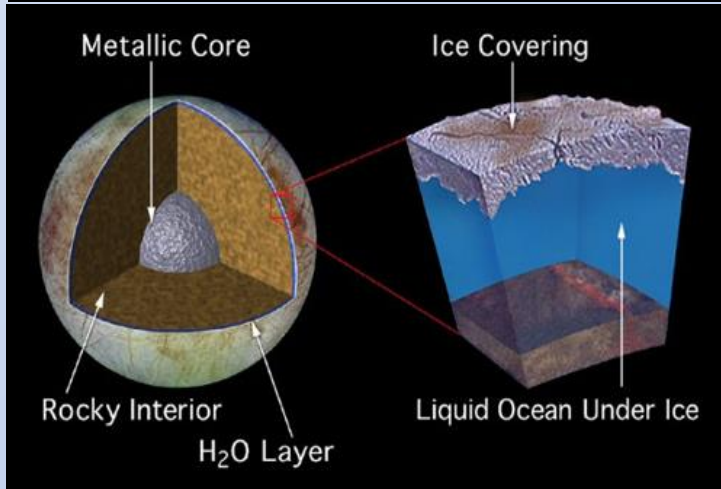
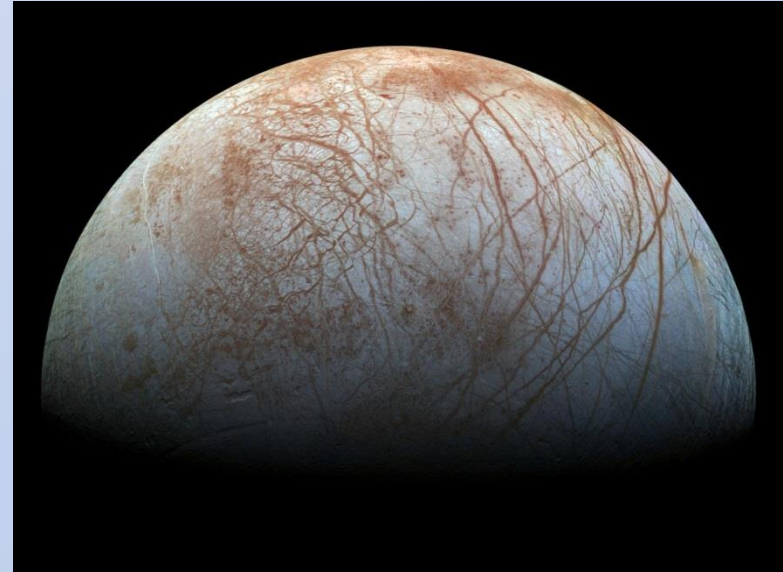
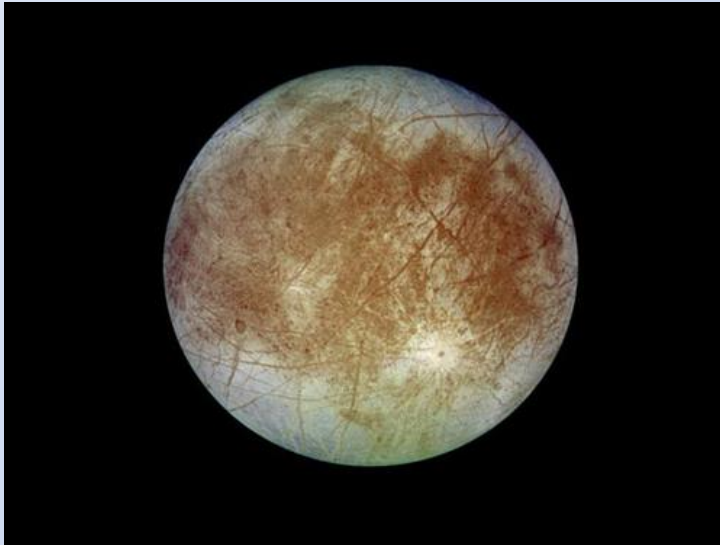


Вчені провели облік відкритих екзопланет в нашій галактиці **Чумацький шлях**. Виявилось, що це число досить велике і давно перевалило за тисячі. Тільки космічний телескоп НАСА Кеплер (Kepler) всього за 136 днів роботи в 2011 році виявив 1235 екзопланет. І це після обстеження невеликої ділянки нашої галактики. У поле зору телескопу потрапило не більше чотирьохсоті частини небесної сфери. Конкретно та зона, де розташоване сузір'я Лебідь. У результаті був зроблений висновок, що у **Всесвіті набагато більше планет, ніж зірок**. За оцінками астрономів, які працювали з Кассані в Європейській південній обсерваторії, кожна зірка, має, як мінімум, одну планету. Але зазвичай - їх більше.

Із загальної кількості досліджених Кеплером планет 10,5% мають розміри, близькі до земних, 7,3% належать до класу суперземель (від 125% до 200% маси Землі), 20,8% мають розміри Нептуна (від двох до шести разів більше розміру Землі), і 5,2% належать до класу юпітерів - більш ніж у шість разів більше Землі.

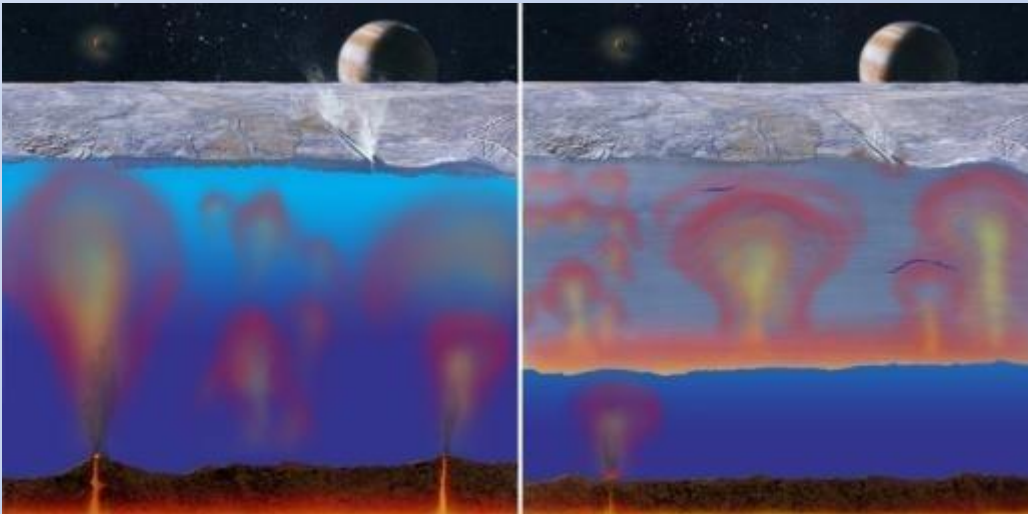
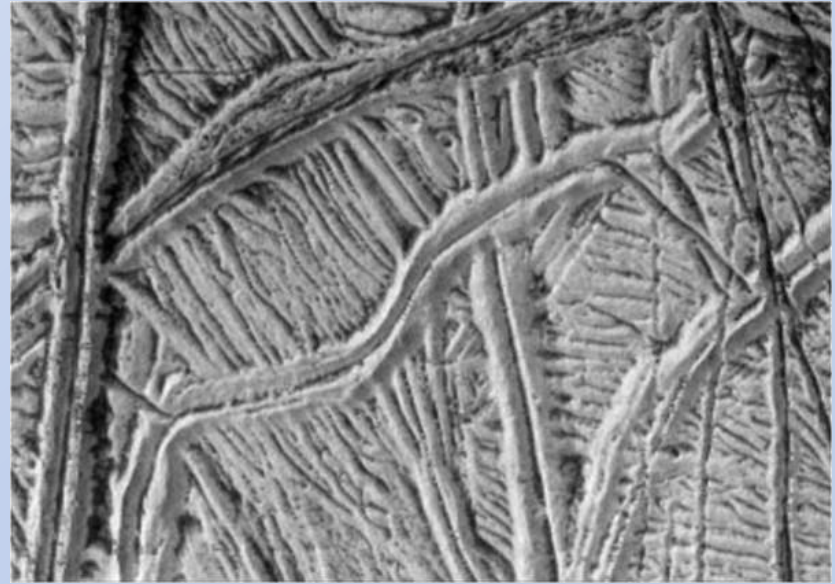
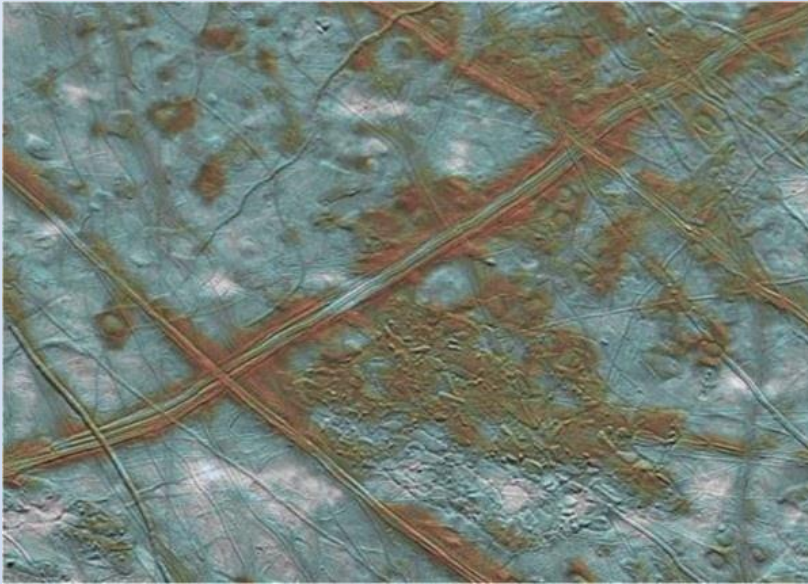
Загальна кількість екзопланет в галактиці Чумацький Шлях за новими даними від 200 млрд., з яких від 11 до 50 мільярдів можливо є «землеподібними». При цьому близько декілька мільярдів з цього числа можуть бути в зоні життя. Вивчаючи дані, отримані за допомогою телескопів «Гайя» і «Кеплер», астрономи прийшли до висновку, що приблизно у кожній 10-ї зірки в нашій Галактиці, порівнянної з Сонцем, є планета, що є практично повним аналогом Землі. В кінці жовтня 2020 р. вчені підраховали загальну кількість можливо населених екзопланет в галактиці Чумацький шлях, їх число становить близько 300 мільйонів

ОКЕАНИ ЕВРОПИ



Європа (др.-грецьк. Ευρώπη) - супутник Юпітера, найменший з чотирьох галілеєвих супутників. Це один з найбільших супутників планет Сонячної системи і за розміром близький до Місяця. Європа схожа на планети земної групи, значною мірою складена гірськими породами. **Це - планета-океан, яка вкрита шаром води товщиною близько 90-100 км** (частково - у вигляді льоду товщиною 10-30 км; частково, як вважають, - у вигляді підповерхової рідкої води - рідинного океану). Глибше залягають гірські породи, а в центрі імовірно знаходиться невелике металічне ядро.

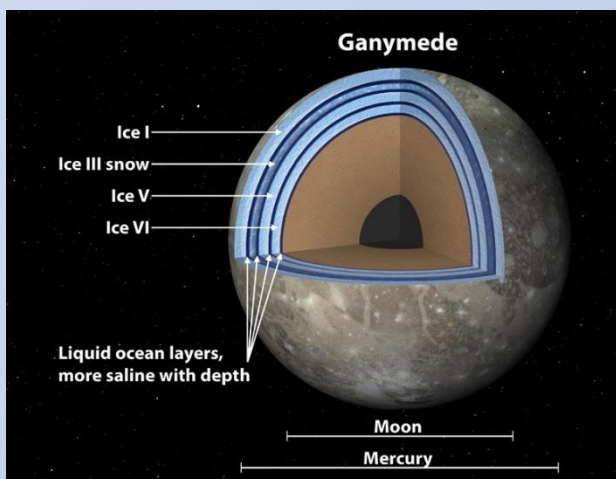
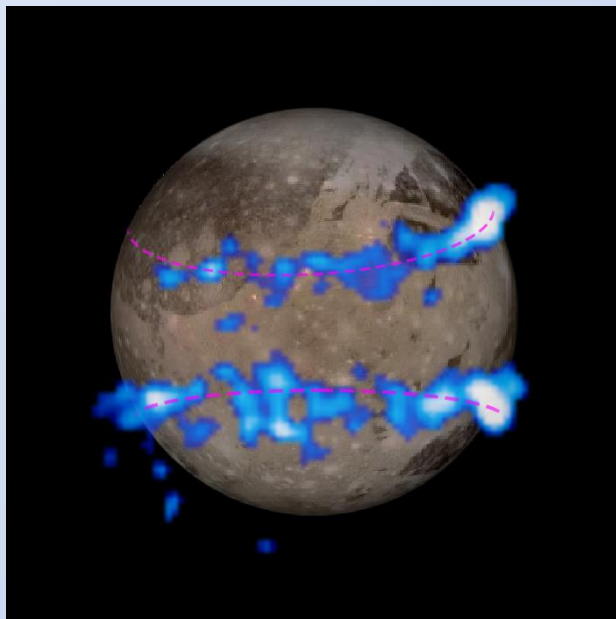
ОКЕАНИ ЕВРОПИ



На рисунку система гірських хребтів і розломів на крижаній поверхні супутника Юпітера, Європи. Відстань між сусідніми поздовжніми хребтами на цій фотографії складає приблизно 1 км. Складна структура розломів і хребтів свідчить про бурхливе минуле Європи. Відмінна риса - повсюдна присутність білого нальоту, можливо, інею. Інша особливість - темні проміжки між хребтами. Можливо, так виглядає замерзла вода, яка прорвалася в розломи з підземного океану.

Підлідний океан на супутнику Юпітера Європі

ОКЕАНИ ГАНІМЕДУ

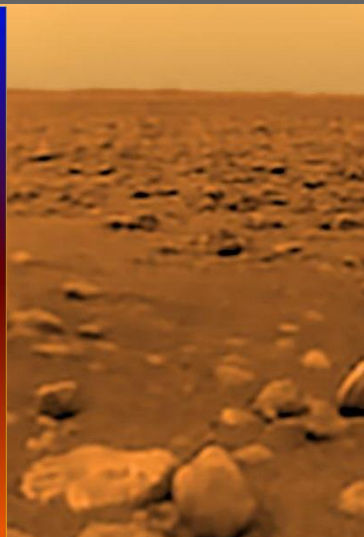
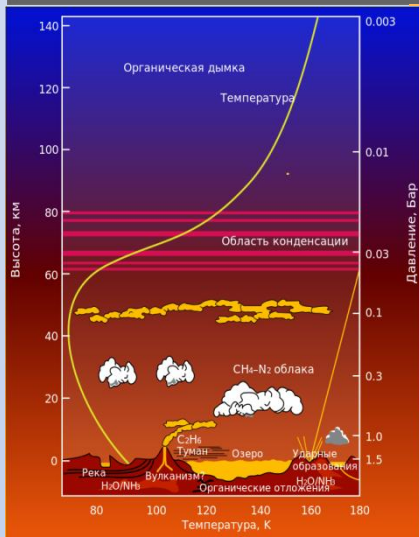
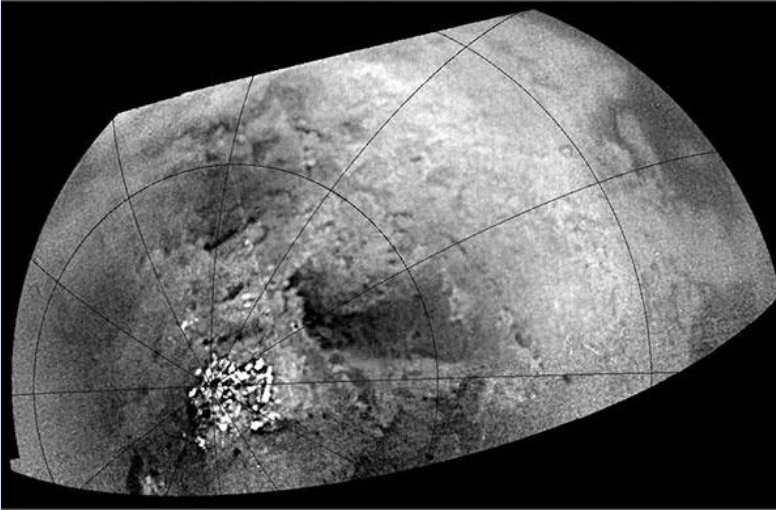


•Космічний телескоп НАСА Хаббл отримав найкращий доказ **присутності підземного океану на Ганімеді, найбільшому супутнику Юпітера.** У підземному океані, як вважають, більше води, ніж на всій поверхні Землі. Визначення існування рідкої води має вирішальне значення для пошуків населених світів за межами Землі і для пошуку життя, яке ми знаємо. Ганімед є найбільшим супутником у нашій Сонячній системі, і єдиним з власним магнітним полем. Магнітне поле створює полярні саява - світиться, гарячий електрично збуджений газ, що знаходиться над північним і південним полюсами Місяця. Через близьке сусідство з Юпітером, воно також укладене в магнітне поле Юпітера. При зміні магнітного поля Юпітера, полярні саява на Ганімеді також змінюються, спостерігаються своєрідні "гойдалки", туди і назад. Спостерігаючи за «гойдалками» двох полярних саяв, вчені змогли визначити наявність великої кількості солоної води, існуючої під корою Ганімеда, яка впливає на його магнітне поле.

•**Вчені підраховали, що глибина океану становить 100 кілометрів (60 миль) це в 10 разів глибше, ніж океани Землі. Океан похований під 150 кілометровим (95 миль) шаром земної кори в основному льоду.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИТАНУ

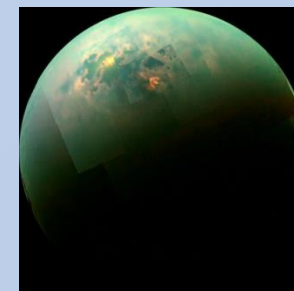
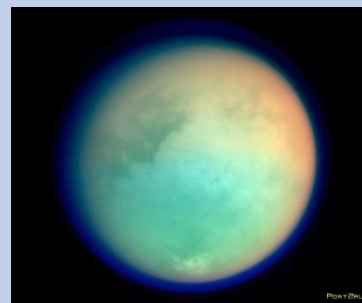
Южная полярная область Титана ("Кассини", НАСА, 2 июля 2004)



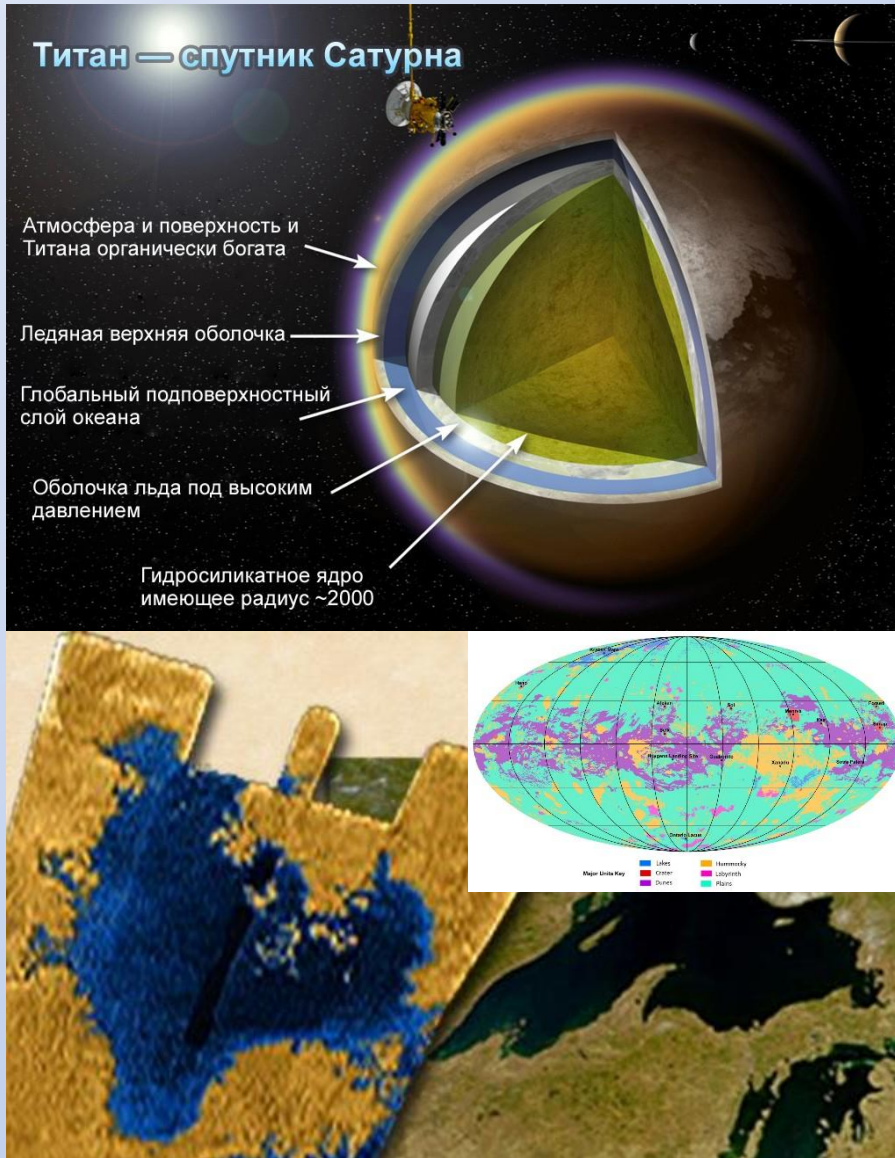
Титан - найбільший за розміром з 63 супутників **Сатурна** і другий за розміром (після Ганімеда) у **Сонячній системі**. Діаметр Титана наполовину (4400 км) більший діаметру Місяця, при цьому цей супутник на 80 відсотків перевершує супутник Землі за масою.

Титан - єдиний супутник у Сонячній системі, який має щільну атмосферу і єдиний супутник, поверхню якого не можливо спостерігати у видимому діапазоні електромагнітних хвиль через хмари. Тиск біля поверхні приблизно в 1,6 разів перевищує тиск земної атмосфери. Температура на поверхні - мінус 170-180 °С. На Титані, ймовірно, є метанові моря і ріки, а також гори, які складаються з льоду. Титан складається майже наполовину з водяного льоду і наполовину - з кам'янистих матеріалів. Такий склад схожий із деякими іншими великими супутниками газових планет: Ганімедом, Каллісто, Тритоном.

Знімки отримані космічними апаратами «Гюйгенс» і «Кассіні». Атмосфера Титану (а). Сонячне світло відбивається від моря небесного тіла (б).



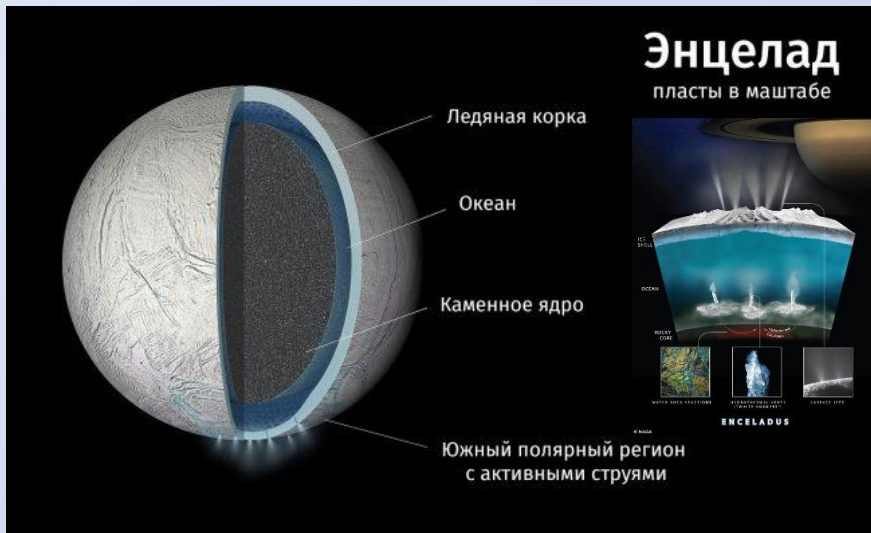
ОКЕАН ТИТАНУ



• Дані, зібрані зондом "Кассіні" під час прольотів повз Титана, стали кращим на сьогодні свідченням того, що найбільший супутник Сатурна **має під товстою крижаною корою океан води**. Аналіз показав, що протягом орбітального циклу поверхня Титана може підніматися і опускатися на 10 м. Це говорить про те, що кора Титана піддається істотній деформації. Це може бути пояснено тим що **крижана оболонка товщиною понад 100 км плаває на вершині «світового океану»**. Приливна деформація крижаної кори Титана не дає достатньої кількості тепла, щоб зберегти підземний океан в рідкому вигляді. Але енергія, що виділяється при розпаді радіоактивних елементів в ядрі супутника, а також хімічні реакції, що призводять до зневоднення силікатів, і невелика кількість аміаку в океані, швидше за все, не дозволяють океану замерзнути.

Озера рідких вуглеводнів на поверхні Титану

КРІОВУЛКАНИ ЕНЦЕЛАДУ

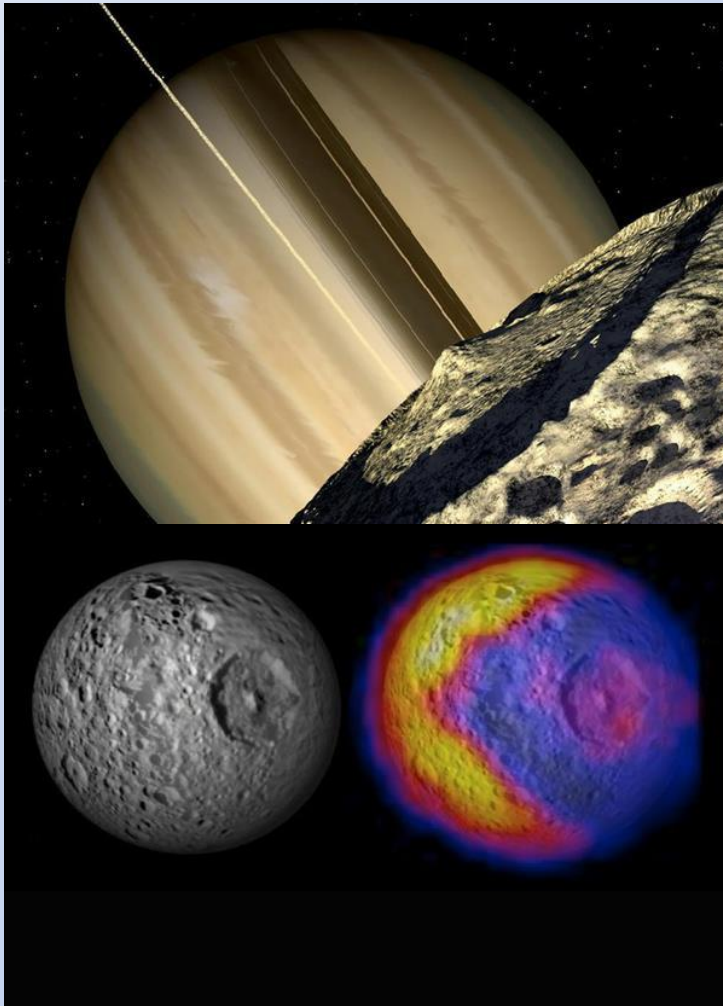


•**Энцелад** - шостий за розмірами супутник Сатурна. Завдяки спостереженням космічного апарата «Вояджер» було встановлено, що діаметр Энцелада складає приблизно 500 км (близько 0,1 від діаметра найбільшого супутника Сатурна Титана) і що поверхня Энцелада відбиває майже все падаюче на неї сонячне світло. «Вояджер-2» виявив, що на поверхні невеликого супутника представлені різноманітні ландшафти: від старого рельєфу покритого кратерами, до молодого, на якому вік деяких ділянок не старший 100 млн. років.

•У 2005 році міжпланетному зонду "Кассіні" вдалося отримати більш детальні відомості про поверхню супутника і процесах, що відбуваються на ньому. **Зокрема, вдалося розглядіти своєрідний багатий водою шлейф, що випаровується з південного полюса** (крижані фонтани, що ймовірно, сформували кільце E). У 2019 р. у викидах крижаного пилу з надр Энцелада виявлені нові види органічних сполук - **"прекурсор" амінокислот**. Це відкриття, поряд з ознаками наявності внутрішнього тепла і малим числом ударних кратерів на південному полюсі, вказує на те, що геологічна активність на Энцеладі зберігається донині. Супутники у великих супутникових системах газових гігантів часто потрапляють у пастку орбітальних резонансів, які призводять до лібрації або орбітального ексцентриситету; **близькість до планети може викликати періодичне нагрівання надр супутника, що в принципі може пояснювати їх геологічну активність.**

•**Зараз доведено, що на Энцеладі існує підльодний океан де можливе життя.**

ОКЕАН МІМАСУ



• *Мімас* - найменший і найближчий з восьми головних супутників Сатурна.

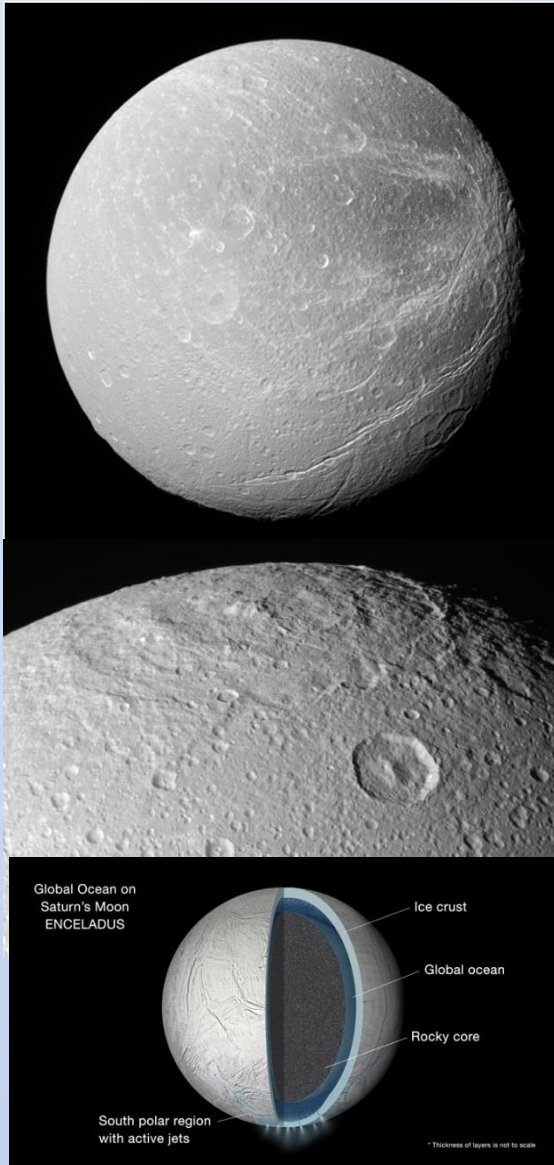
• Супутник був відкритий в 1789 році англійським астрономом Вільямом Гершелем і відомий кратером Гершель на своїй поверхні, який становить майже третину діаметра самого Мімаса.

• *У надрах Мімаса, ймовірно, є океан, який може виявитися придатним для існування життя*, вважають вчені на підставі зображень, отриманих з міжпланетної станції "Кассіні".

• Існування *океану всередині Мімаса, який розташований на глибині 24-31 км*, може бути однією з двох причин, по якій астрономічне тіло погойдується, обертаючись навколо Сатурна. В якості другої причини вчені розглядають особливу, подовжену, форму ядра супутника.

• Подібні коливання супутника при русі по орбіті навколо планети, яка впливає на нього своїм гравітаційним полем, називаються лібрацією. Вони характерні не тільки для Мімаса, але і для ряду інших супутників. Однак амплітуда лібрації Мімаса набагато вища очікуваної.

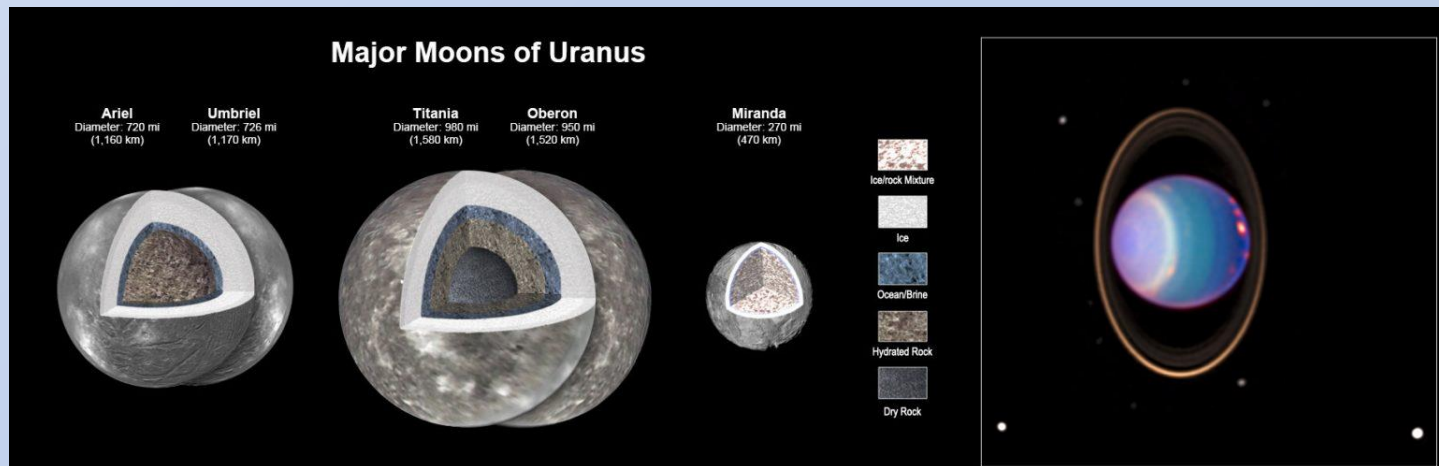
ОКЕАН ДІОНИ



•Згідно з останніми дослідженнями, опублікованими в журналі Geophysical Research Letters, *під поверхнею супутника Сатурна Діони може бути цілий океан. Раніше підлідні океани були виявлені у двох інших супутників Сатурна (Титана і Енцелада), а також у трьох супутників Юпитера (Європи, Ганімеда і Калісто).* Вчені створили геофізичні моделі Діони і, поєднавши з ними зібрані космічним апаратом "Кассіні" дані про деякі аномалії в гравітації, прийшли до висновку, що під 100-кілометрової льодяною поверхнею супутника може бути рідкий океан з води, прямо як у Енцеладу. *Його глибина може сягати 65 кілометрів.* "Що стосується Діони, то ми провели гравітаційно-топологічний аналіз, як це було зроблено для Енцеладу, але з використанням більш сучасних методів. Завдяки їм ми отримали кращі на сьогоднішній день докази наявності підповерхневого океану на Діоні." - говорить Мікаел Боте, астроном з Королівської обсерваторії Бельгії. Дані про гравітацію Діони свідчать, що *супутник має тверде ядро, яке складає до 70% від загального радіусу.* При розпаді радіоактивні елементи, що знаходяться в ядрі, виробляють тепло, від чого лід навколо починає танути. "Ми поки точно не знаємо замерз чи ні цей океан, однак заморозка викликала б глобальне розширення, що проявилось б у певних типах тріщин на поверхні Діони, які на супутнику поки не спостерігалися", - коментує Боте. Щоб підтвердити наявність океану на Діоні, необхідно відправити туди нову космічну Місію, але чекати потрібно довго. У разі, якщо гіпотеза підтвердиться, є ймовірність, що там могло розвинути мікробне життя.

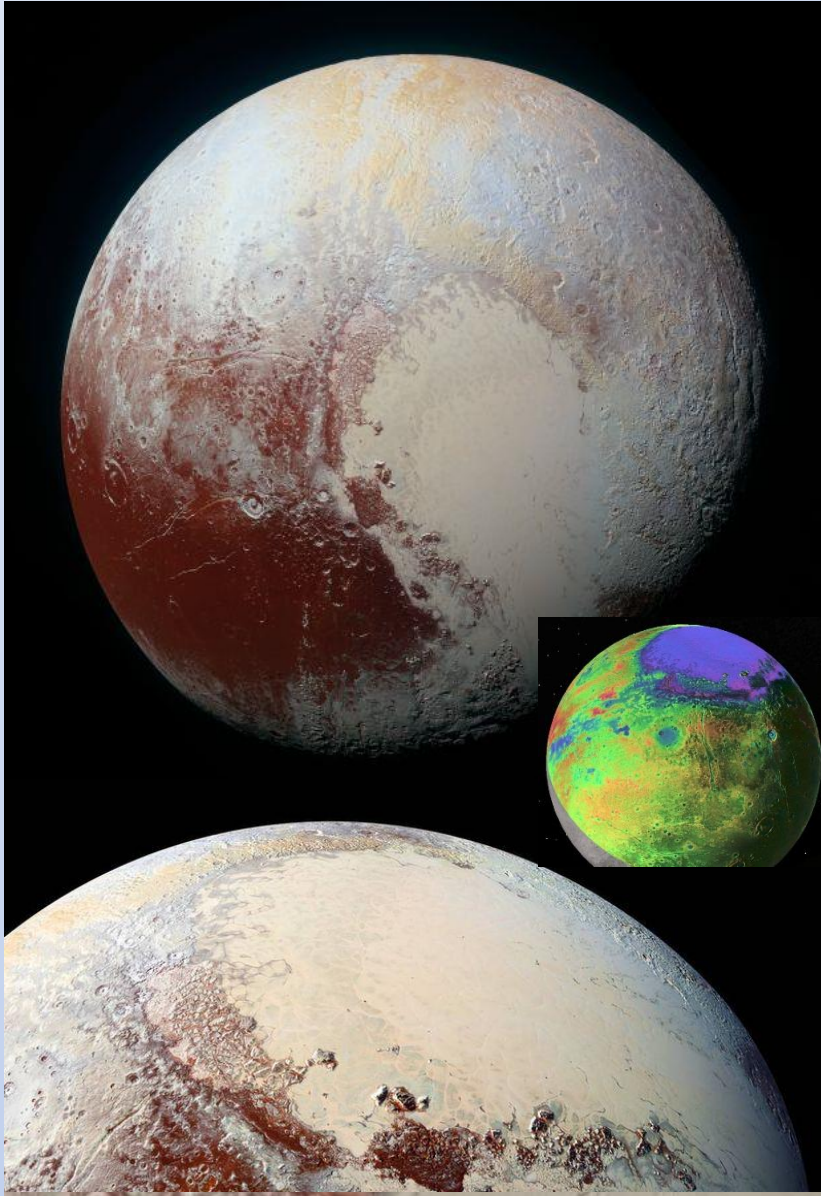
СУПУТНИКИ УРАНА

Повторний аналіз даних космічного корабля НАСА «Вояджер» разом з новим комп'ютерним моделюванням допоміг вченим [з'ясувати](#), що на чотирьох з найбільших супутників Урана є шар океану між їх ядрами і крижаною кіркою. Нове дослідження - перше, в якому детально описана еволюція внутрішнього складу і структури всіх п'яти великих супутників. Нагадаємо, це — Аріель, Умбріель, Титанія, Оберон і Міранда. Всього навколо Урана обертається не менше 27 супутників, чотири з яких найбільші. Найбільший - Титанія, його діаметр становить 1580 км. Найменший з великих - Аріель, 1160 км. Вчені давно вважали, що Титанія, враховуючи її розміри, швидше за все, зберігає внутрішнє тепло, викликане радіоактивним розпадом. Інші супутники раніше вважалися занадто маленькими, щоб підтримувати температуру, необхідну для запобігання замерзання внутрішнього океану. Особливо з огляду на те, що нагрів, створюваний гравітаційним тяжінням Урана, є лише незначним джерелом тепла. У дослідженні вчені переглянули результати обльотів Урана «Вояджером-2» НАСА в 1980-х роках і наземних спостережень. Астрономи побудували комп'ютерні моделі з додатковими даними, отриманими за допомогою космічних апаратів НАСА «Галілео», «Кассіні», «Світанок» і «Нові горизонти». Дослідники використовували це моделювання, щоб оцінити, наскільки пористими є поверхні супутників Урана. Виявилось, що вони досить ізольовані, щоб утримувати внутрішнє тепло, необхідне для існування океану.



Недавній знімок, зроблений космічним телескопом НАСА «Хаббл», показує, що Уран оточений чотирма основними кільцями і 10 з 17 відомих супутників.

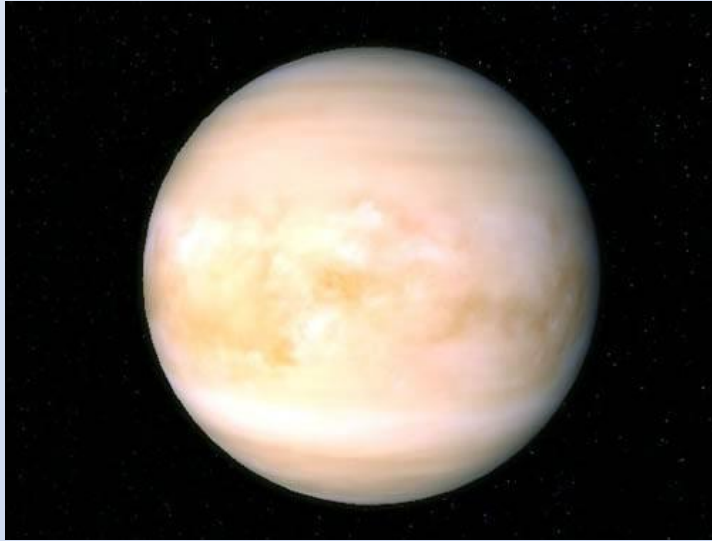
ПЛУТОН



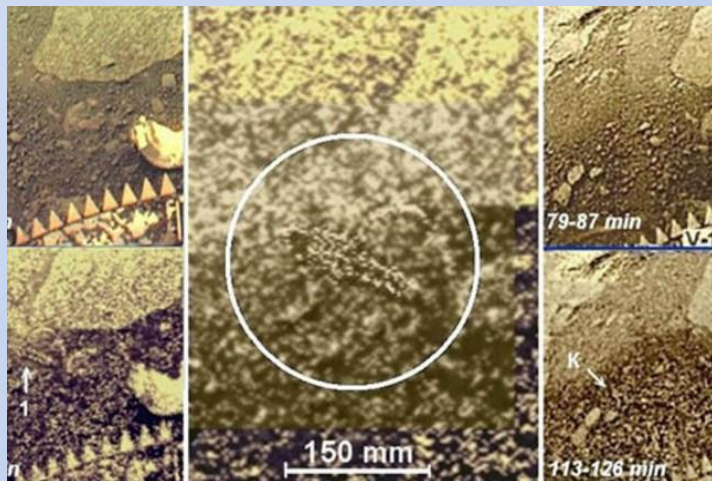
•Плутон (134340 Pluto) - найбільша відома карликова планета Сонячної системи, транснептуновий об'єкт (ТНО) і десяте за масою (без урахування супутників) небесне тіло, що обертається навколо Сонця - після восьми планет Сонячної системи і Еріди. Спочатку Плутон класифікувався як класична планета, однак **зараз він вважається карликовою планетою** і найбільшим об'єктом у поясі Койпера. Відкритий у 1930 р.

•14 липня 2015 космічний апарат New Horizons вперше за всю історію людства наблизився до карликової планети на максимально близьку відстань та зробив унікальні кольорові знімки Плутона. **Щоб зробити ці знімки New Horizons пролетів 9 років і подолав більше 3 мільярдів миль.** Надчіткі знімки при найближчому розгляді показали дивовижний і незвичайний ландшафт карликової планети. Величезна мережа дрібних гірських хребтів протяжністю в десятки миль виявилася схожою на кору дерева або луску дракона. За словами вчених, це може бути результатом впливу внутрішніх тектонічних сил на сублимований лід. **Під замороженою поверхнею карликової планети Плутон має бути океан, який вміщає стільки ж води, скільки й усі моря та океани Землі.** Океан Плутона, який скоріш за все складається зі сольоної води, схований на рівні 150-200 кілометрів під "серцеподібним" регіоном крижаної поверхні карликової планети і має глибину до 100 кілометрів.

ВЕНЕРА



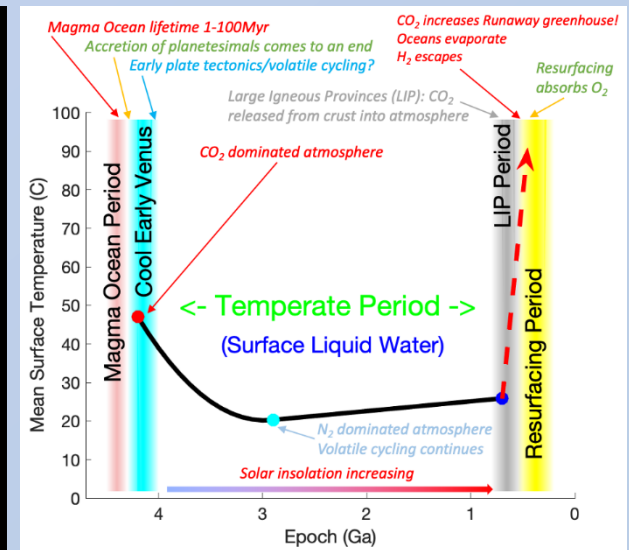
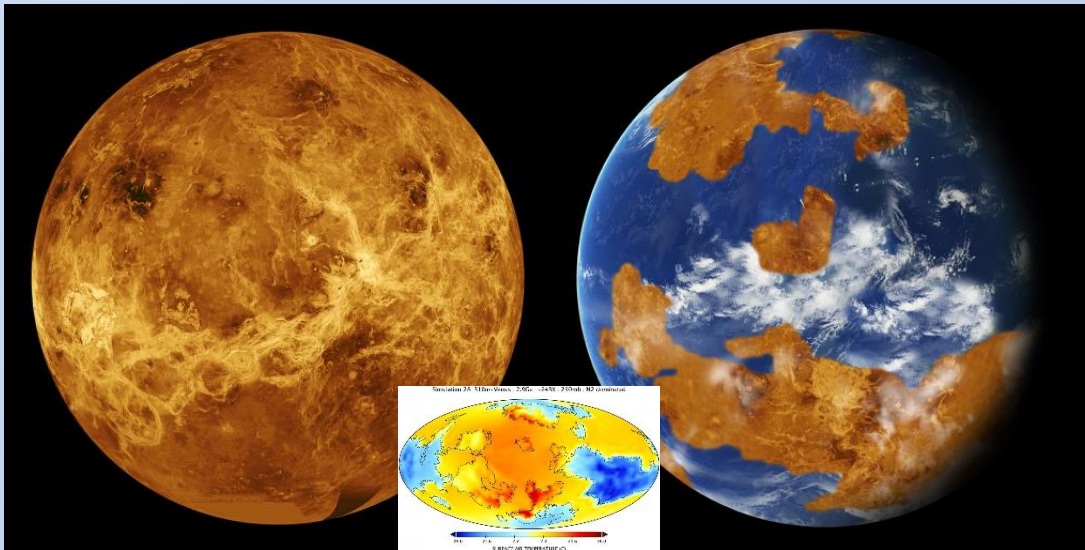
•Венера друга планета від Сонця. Вона знаходиться ближче до Землі, ніж будь-яка інша планета. Але щільна, хмарна атмосфера не дозволяє безпосередньо бачити її поверхню. Атмосфера: CO_2 (97%), N_2 (бл. 3%), H_2O (0,05%), домішки CO , SO_2 , HCl , HF . Тиск у поверхні досягає 93 атм, температура, завдяки парниковому ефекту - 475 °С. Це перевищує температуру поверхні Меркурія. Знімки, отримані за допомогою радара, демонструють на поверхні дуже велику різноманітність кратерів, вулканів і гір. Поверхневі породи Венери близькі за складом до земних осадкових порід. *Зараз вчені вважають, що ще 700 млн років тому на Венері був океан глибиною 100 м який займав 10% поверхні. Температура біля поверхні могла стабільно залишатися в межах від 20 до 50 °С. Планета нагадувала Землю і на ній можливо було життя.*



Перші знімки поверхні були зроблені радянськими космічними апаратами «Венера-13» і «Венера-9». Доктор фіз.-мат. наук **Леонід Ксанфомаліті**, що розшифрував ці кадри, вважає, що на найперших венеріанських фото був виявлений об'єкт, схожий на пtiцю. Тоді вчені визнали його просто дивно симетричним каменем химерної форми. У 1982 році «Венера-13» відправила на Землю фотографії загадкового диска 30 сантиметрів в діаметрі, який міняв форму і то пропадав зі знімків, то з'являвся знову. *Найбільш sensationною знахідкою став «скорпіон», що вибирається з ґрунту.* Об'єкт поза всяким сумнівом реальний, бо відкидає тінь. На перших фото видно тільки канавка, яка поступово збільшується, потім «скорпіон» повністю вилазить на поверхню і зникає. Вченим не подобається інтерпретація знімків як доказ наявності життя на Венері, але поки що іншого пояснення дивним фотографіям немає.

РАННЯ ВЕНЕРА

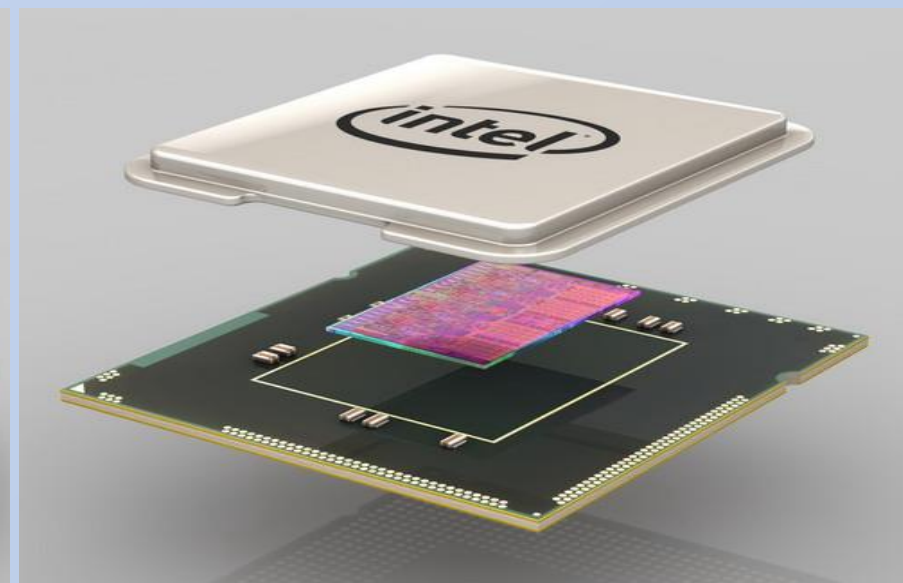
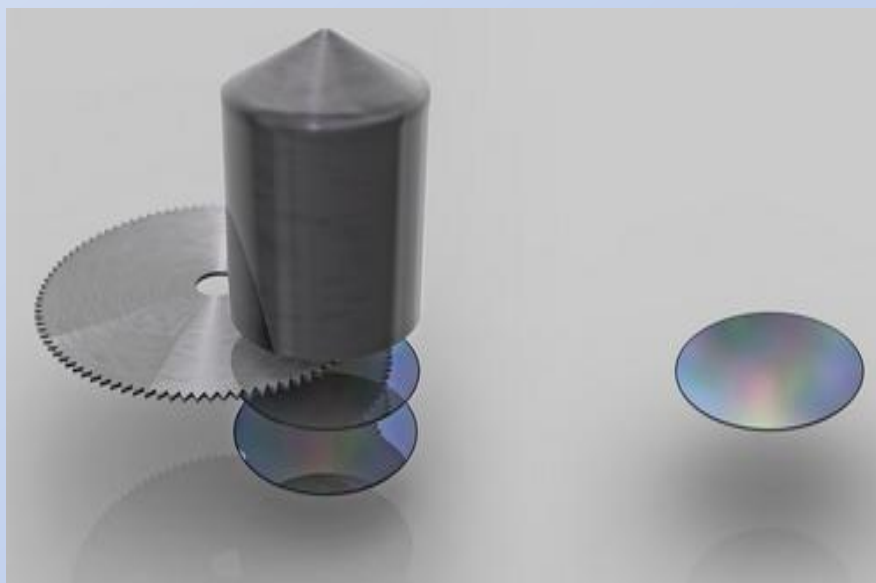
• Хоча зараз поверхня Венери абсолютно непридатна для життя, це не означає, що так було завжди. Згідно з сучасними уявленнями, відразу після формування вона була покрита океаном рідкої магми, а венеріанська атмосфера містила велику кількість водяної пари. Подальші події залежали від часу застигання цього "магматичного океану". Якщо цей процес тривав довго (близько 100 млн років), то під дією сонячного випромінювання вода в газовій оболонці планети поступово розщепилася б на кисень і водень. Останній, як найлегший газ, випарувався б у космос, а кисень - поглинувся магмою. В результаті після затвердіння поверхні Венера відразу стала би планетою з сухою поверхнею, практично без води. Але якщо океан магми застиг швидко (протягом декількох мільйонів років), значна частина водяної пари повинна була сконденсуватися, і в результаті Венера обзавелася б власною гідросферою. Команда співробітників Інституту космічних досліджень імені Годдарда дослідили цю можливість. За допомогою суперкомп'ютера NASA вони змодельували 45 можливих сценаріїв подальшого розвитку клімату планети за різних варіантів складу атмосфери, кількості сонячного випромінювання і топографії. Моделювання показало: якщо рання Венера мала океан, то при певних факторах він міг проіснувати майже 3 млрд років. За словами дослідників, умови, найбільш схожі на земні, були отримані в симуляції № 28. Якщо вихідний тиск на поверхні досягав приблизно чверть земного, атмосфера була багата на азот, а середня глибина океану становила 310 м, то на полюсах планети навіть міг випадати сніг. Але навіть якщо Венера і була колись життєпридатна, поступове збільшення сонячної активності і потужні вулканічні виверження призвели до незворотного парникового ефекту, що викликав втрату океану і радикальну трансформацію газової оболонки планети. Єдине місце, де могло вціліти гіпотетичне венеріанське життя, — верхні шари атмосфери.



КРЕМНІЄВА ЕЛЕКТРОНІКА

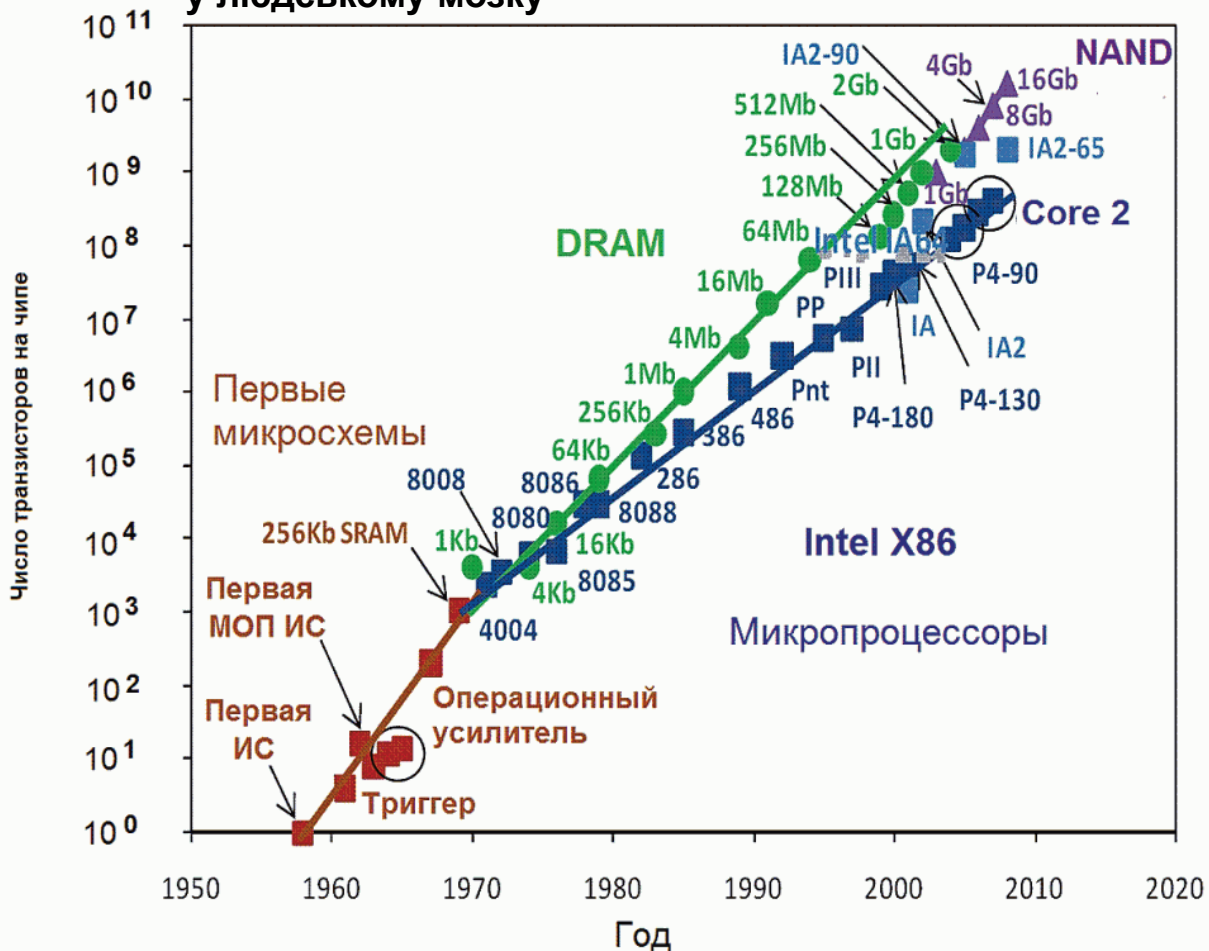


450 мм кремнієва
пластина



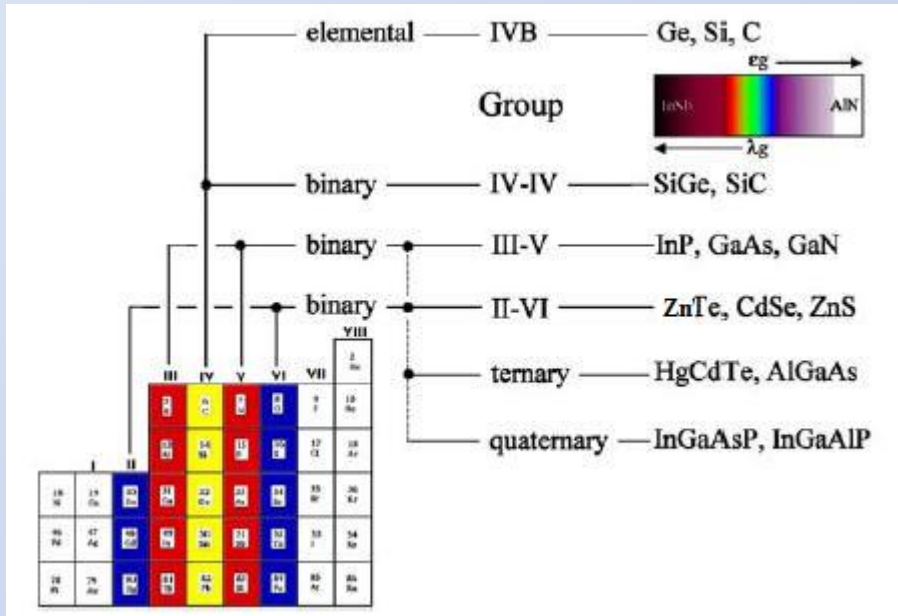
ДИНАМІКА РАЗВИТКУ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ НА ПРИКЛАДІ СХЕМ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

Кількість нейронів у людському мозку

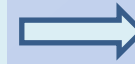


40 років тому **Гордон Мур** сформулював наступний емпіричний закон: *кожні 1,5 року кількість транзисторів у комп'ютерних мікросхемах на 1 кв. дюйм подвоюється. Одночасно собівартість на 1 біт інформації (на 1 елемент інформації) зменшується вдвічі, енергія на одиницю інформації теж зменшується вдвічі, час перемикання зменшується вдвічі, тобто швидкодія комп'ютера зростає вдвічі кожні 1,5 року.*

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ

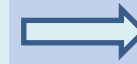


Ge, Si



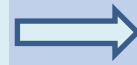
Діоди,
транзистори

A_3B_5



лазери, тунельні
діоди, діоди Ганна,
оптичні
модулятори

A_2B_6



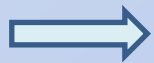
Прилади акусто- і
оптоелектроніки,
детектори
випромінювання,
світлодіоди

Органіка,
багатокомп.
сполуки

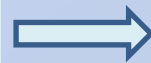


Сонячні елементи
світлодіоди,
OLED екрани,
функціональна
електроніка

Ge, Si



A_3B_5



A_2B_6



AlP, AlAs, AlSb
GaP, GaAs, GaSb,
InP, InAs, InSb



ZnO, ZnS, CdS, HgS
CdO, ZnSe, CdSe, HgSe
HgO, ZnTe, CdTe, HgTe

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ



Nanosys

Масивні
монокристали

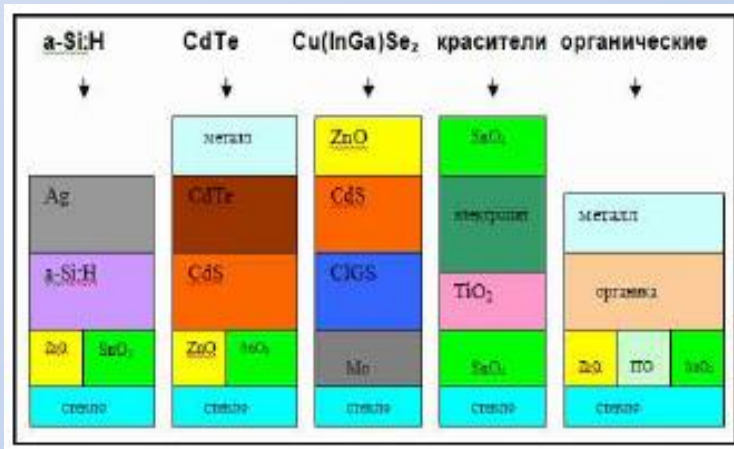
Епітаксіальні
плівки

Полікристалічні
плівки

Методи
отримання
напівпро-
відників з
керованими
характери-
стиками

ПРОЗОРА ЕЛЕКТРОНІКА НА ОКСИДАХ ТА ПОЛІМЕРАХ

• Датою народження терміна *прозора електроніка* вважається **1997 рік**, коли в журналі «Nature» вийшла стаття японського дослідника Кавазо (Kawazoe) зі співавторами, в якій говорилось про отримання прозорої, високопровідної оксидної плівки CuAlO_2 з провідністю p-типу. У тому ж номері була надрукована робота Томаса (Thomas), в якій на основі результатів робіт Кавазо обговорювалася перспектива створення так званих *невидимих електронних мікросхем*, що дають нове застосування провідним оксидним матеріалами, які до цього використовувалися тільки як пасивні елементи електронних схем. Поняття прозора електроніка, в першу чергу, базується на використанні прозорих у видимому діапазоні випромінювання підкладок: скла, кварцу, полімерів. Тому складовою частиною прозорої електроніки є *полімерна електроніка*.

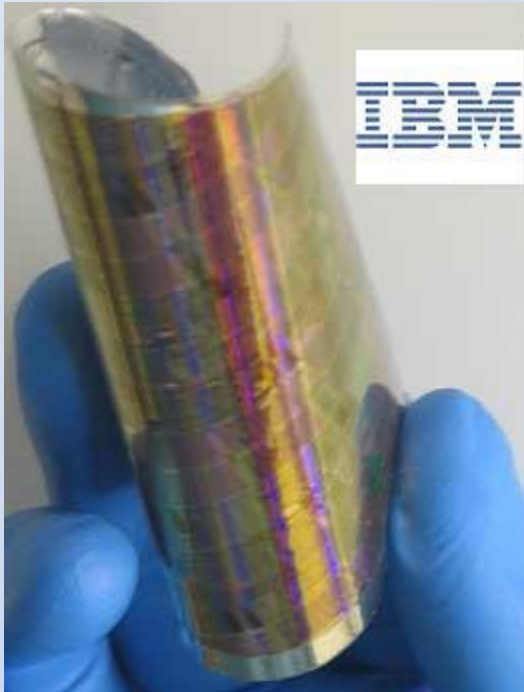


In_2O_3 , SnO_2 , ITO, ZnO , CuO , NiO

В полімерній електроніці використовують нелеговані або слабколеговані напівпровідникові полімери. На даний момент вважається, що перевагою полімерних матеріалів, порівняно з неорганічними напівпровідниками, є *дешевизна отримання полімерних плівок, їх гнучкість в поєднанні, наприклад, з високою фоточутливістю*. Основними областями застосування прозорої електроніки є сенсорні дисплеї, гнучкі дисплеї, органічні світлодіоди (OLED), електролюмінісцентні випромінювачі, тонкоплівкові сонячні елементи, різні електронні та оптичні покриття.

Найбільш широко досліджуваними і такими що використовуються в електроніці прозорими провідними оксидними матеріалами (ПОМ) є *оксид індію (In_2O_3), оксид індію легований оловом (ITO), оксид цинку (ZnO) і оксид олова (SnO_2)*.

ГНУЧКА ЕЛЕКТРОНІКА



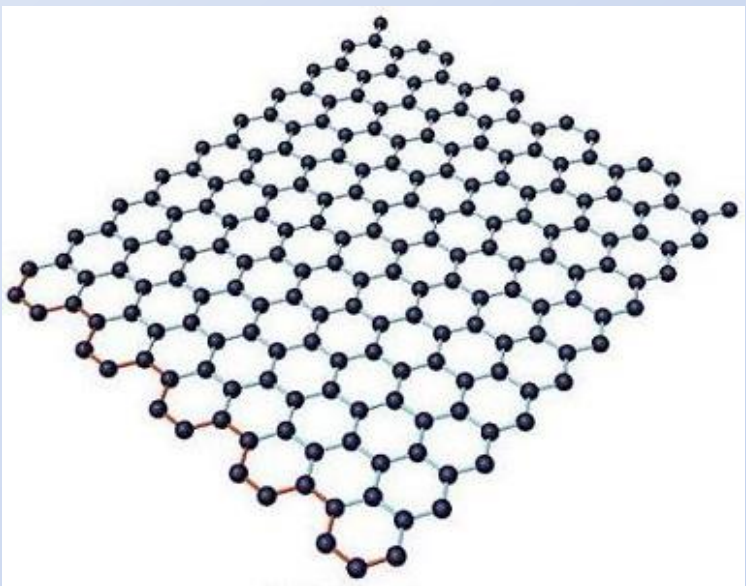
•Гнучкий електронний чіп-прототип



•На конференції International Electron Devices Meeting, що пройшла в Сан-Франциско у 2012 р., IBM представила нову і відносно недорогу технологію для *виготовлення кремнієвої електроніки на гнучкій пластиковій підкладці*.

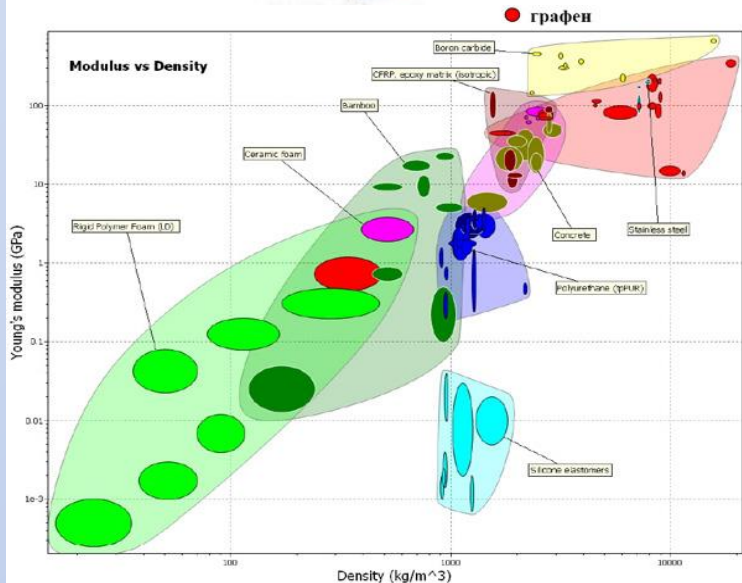
•Підхід IBM, заснований на контрольованому сколюванні або відшаруванні, був описаний на початку 2012 року як техніка «kerfless». Цей підхід є досить простим. Підкладка з мікросхемами сколюється і переноситься на гнучку пластикову стрічку. У результаті виходить пристрій з довжиною затвора менше 30 нм і кроком затвора 100 нм. Процес полягає в наступному: все починається з підкладки (дуже тонка SOI-ETSOI), на яку наноситься стресор-шар нікелю товщиною приблизно 5-6 мікрон. (ІС виготовлені по 22-нм КМОП-технології з використанням ETSOI-пластин діаметром 300 мм). Поверх стресор-шару наносять шар еластичної поліамідної стрічки. Далі з одного краю підкладки вчені провокують «стрес-розрив» і поширюють по всій поверхні підкладки «механічно керований» фронт розлому. IBM використовує технологію ETSOI. Для того, щоб поліпшити механічну гнучкість, дослідники видалили надлишок кремнію під заглибленим шаром оксиду. Другим кроком для підвищення гнучкості було перенесення схеми на пластикову підкладку, після чого віддалялися відносно товста поліамідна стрічка і шар нікелю.

ГРАФЕН

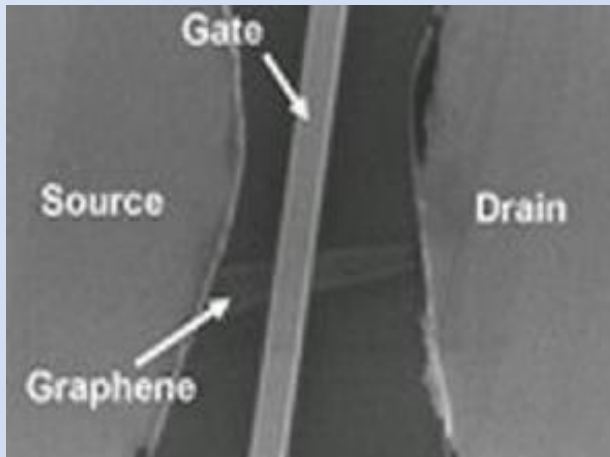


Графен (від грецького слова «писати») є **двовимірним кристалом**, що складається з **одиначного шару атомів вуглецю**, зібраних в **гексагональну ґратку**. Він отриманий у **2004 році дослідниками з Манчестерського університету А. Геймом і К. Новоселовим** з використанням стрічки - скотча для послідовного відділення шарів від звичайного кристалічного графіту. Його **міцність у 10 разів вища ніж у сталі**, а **теплопровідність приблизно у 20 разів вища ніж у міді**.

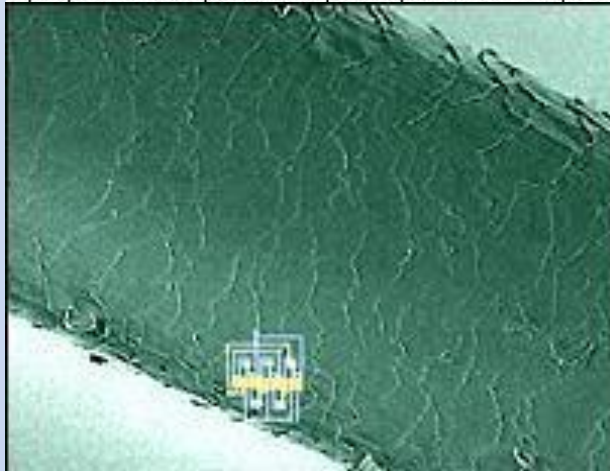
Діаграма «модуль Юнга - густина» для різних речовин. Червоним кружечком відмічено місце графена на діаграмі. Густина графена вказана як для графіту. Модулю Юнга графена $E=1,0\pm 0,1$ ТПа (терапаскаль, $1 \text{ ТПа} = 10^{12} \text{ Па}$



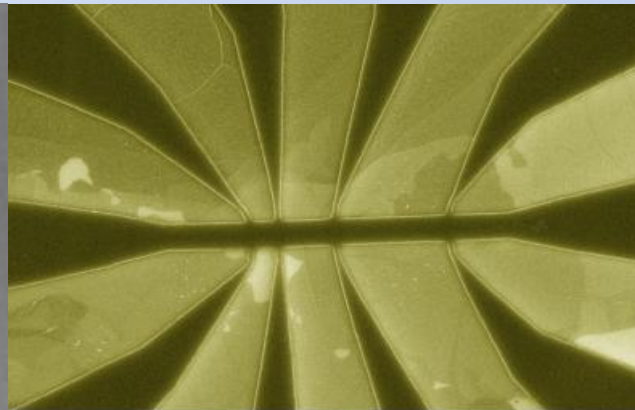
ГРАФЕНОВА МІКРОЕЛЕКТРОНІКА



Графеновий транзистор с верхнім затвором



Мікросхема на фоні людської волосини



Mag = 9.50 K X 1µm' EHT = 5.00 kV Signal A = InLens Photo No. = 8128 WD = 3 mm



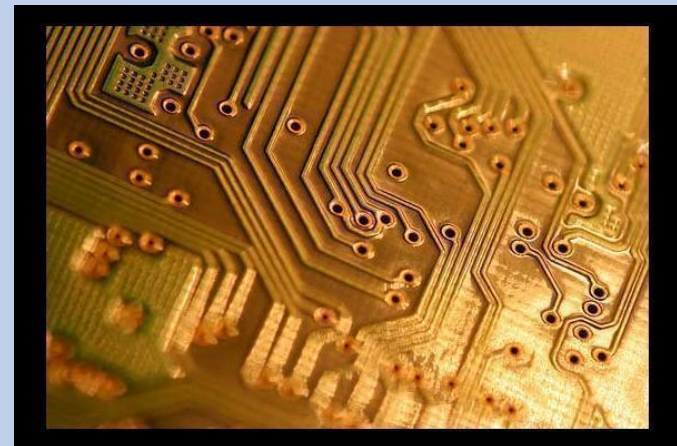
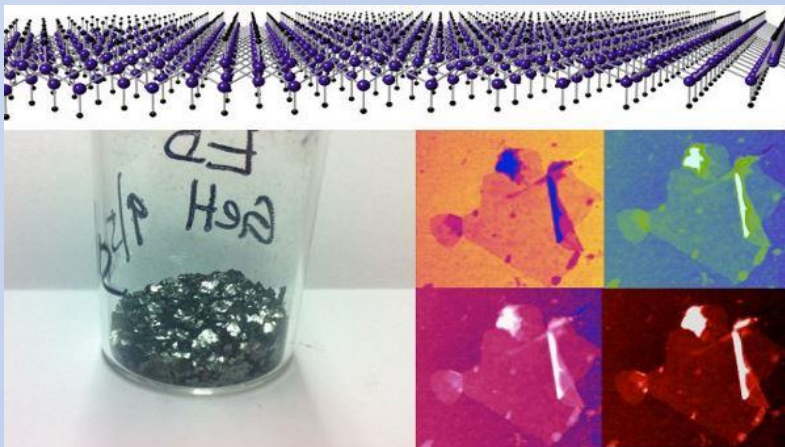
Зображення графенової мікросхеми, отримане з використанням скануючого електронного мікроскопа.

Підкладка з графеновим транзистором

ГЕРМАНАН

•Нещодавно американським вченим-матеріалознавцям *вдалося створити двовимірну (одношарову) речовину на основі германію з включеними в нього атомами водню - германан* (germanane, GeH). Новий матеріал з товщиною в 1 нм зберігає стійкість при кімнатній температурі, а нанесення його на підкладку в один або два шари не представляє особливих проблем. Джошуа Голдбергер спільно з колегами зайнялася вирощуванням нового виду кристалів германію, до складу якого входять атоми кальцію, що розчиняються у воді. Шляхом заміщення звільнених кальцієм місць атомами водню, стало можливим здійснити відділення одноатомних шарів. Звичайні напівпровідники з германію легко окислюються на повітрі, і ця властивість являє собою серйозну проблему, пов'язану з їх експлуатацією. *Однак германан, у складі якого знаходяться атоми водню, не проявляє тенденції до окислення. До того ж електронна провідність германана в п'ять разів краща, ніж у чистого германію, і в десять разів більша ніж у кремнії*, який на даний момент є основним напівпровідником сучасності.

•Важливою перевагою нового матеріалу є його *приналежність до прямозонних напівпровідників*. Тобто при переході електрона у валентну зону із зони провідності не відбувається втрати імпульсу, і тому *германан є гідною заміною кремнієвим напівпровідників, що на даний момент використовується в оптоелектроніці*.



МОНІТОРИ ТА ТЕЛЕВІЗОРИ



Компанія **Haier** представила світу нову цікаву розробку — прозорий, або “органічний”, телевізор під назвою **LET-22TC**. **LET-22TC** виготовлений з використанням **OLED** технології, має роздільну здатність 1680 на 1050 пікселів. Картинка на такому екрані отримується досить чітка, а от передача кольорів і яскравість відчутно страждають. Основною “фішкою” цього телевізору є те, що завдяки можливості перегляду зображення з обох боків, його можна встановлювати по центру кімнати. Поки що цю техніку, завдяки її зручності, в основному планують використовувати у торгових центрах для демонстрації рекламних роликів. Телевізор має вихід для підключення до Windows PC, що робить можливим транслювати зображення через програмний медіаплеєр.

ТЕЛЕВІЗОРИ НА КВАНТОВИХ ТОЧКАХ



•Представлені в січні на виставці CES 2015 *телевізори Samsung, виготовлені за технологією квантових точок*, поки що доступні тільки у Південній Кореї. Нові телевізори відрізняються мінімалістичним дизайном і вкрай невеликою товщиною. Наприклад, товщина флагманської моделі X940C складає всього **4,9 мм** - тонше, ніж iPhone 6! Вартість найдешевшого представника сімейства Samsung SUHD 4K TV складе **\$ 2500**. У стільки ж обійдеться модель UN48JS8500, обладнана 48-дюймовим плоским дисплеєм високої чіткості. Апарати з 55- і 65-дюймовими екранами аналогічного формату (UN55JS8500 і UN65JS8500) будуть коштувати \$ 3000 і \$ 4000 відповідно.

•Компанія *Samsung також розпочала продажі вигнутого телевізора з екраном на квантових точках*. Для покупки доступні пристрої з діагоналями 55, 65, 78 і 88 дюймів. Молодша модель обійдеться в **\$ 5 тис., старша - в \$ 7,2 тис.** Телевізори Samsung, продемонстровані в січні, здатні виводити картинку в розрізненні 4К. Телевізори працюють під управлінням операційної системи Tizen.

Суть технології квантових точок полягає в збільшенні контрастності і широкому колірному охопленні за рахунок використання плівки з напівпровідникових нанокристалів. **Матриці з технологій квантових точок перевершують за якістю дисплеї OLED, але при цьому коштують втричі дешевше.** Як зазначили раніше в Samsung, *телевізори серії SUHD можуть відображати понад мільярд кольорів.* Аналогічну технологію застосовують LG і Sony.

3D-ПРИНТЕРИ

- **3D-принтер** - пристрій, що використовує метод створення фізичного об'єкту на основі віртуальної 3D-моделі.

3D - друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але **в основі будь-якого з них лежить принцип шарового створення (вирощування) твердого об'єкту.**

Застосовуються **дві принципово різні технології:**

- **Лазерна**

Лазерний друк - ультрафіолетовий лазер поступово, піксель за пікселем, засвічує рідкий фотополімер, або фотополімер засвічується ультрафіолетовою лампою через фотошаблон, що змінюється з кожним новим шаром. При цьому він твердне і перетворюється на досить міцний пластик.

Лазерне спікання - при цьому лазер випалює в порошок з легкосплавного пластика, шар за шаром, контур майбутньої деталі. Після цього зайвий порошок струшується з готової деталі

Ламінування - деталь створюється з великої кількості шарів робочого матеріалу, які поступово накладаються один на одного і склеюються, при цьому лазер вирізує в кожному контур перерізу майбутньої деталі

- **Струминна**

Використовується застигання матеріалу при охолодженні - роздавальна голівка видавлює на охолоджувану платформу-основу краплі розігрітого термопластика. Краплі швидко застигають і злипаються одна з одною, формуючи шари майбутнього об'єкту.

Полімеризація фотополімерного пластика під дією ультрафіолетової лампи - спосіб схожий на попередній, але пластик твердне під дією ультрафіолету.

Склеювання або спікання порошкоподібного матеріалу - те ж саме що і лазерне спікання, тільки порошок склеюється клеєм, що поступає із спеціальної струминної голівки. При цьому можна відтворити забарвлення деталі, використовуючи єднальні речовини різних кольорів.

У наш час розпочато виготовлення виробничих ліній по друку деталей двигунів для літаків, активно застосовують 3D-друк в автомобілебудуванні. Основну частку ринку, майже 40%, тримають Штати. За ними йдуть Японія, Німеччина і Китай. Замикає п'ятірку Великобританія з трохи менше ніж 5%.

3D-ПРИНТЕРИ



Найбільший у світі музей і дослідницький інститут Smithsonian створили репродукцію статуї Томаса Джефферсона за допомогою високотехнологічного сканера і 3d принтера.



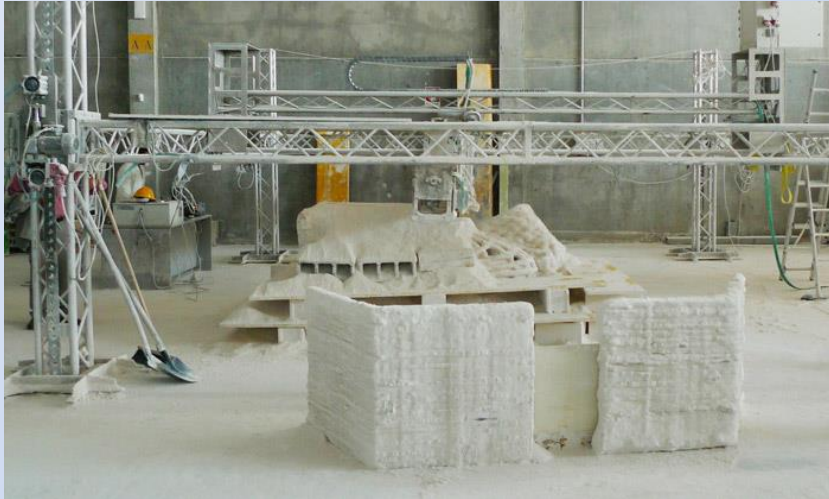
3d-принтер Cube 3D на CES2012 фірми «3D Systems



Фірма *Makerbot* анонсує 3d-принтер *Replicator*

<http://habrahabr.ru/post/169437/>

БУДІВЕЛЬНІ 3D-ПРИНТЕРИ



Будівельний принтер Енріко Діні друкує пам'ятники, будинки, а можливо роздрукує космічну базу на Місяці

Енріко Діні (Enrico Dini) в 2004 році запатентував метод тривимірного друку в натуральну величину, який дозволяє створювати будівлі зі звичайного піску і епоксидної смоли. Зараз Енріко і його колеги ведуть переговори з багатьма будівельними і проектними компаніями. Але, мабуть, найцікавішим замовленням D - Shape може стати будівництво бази для космонавтів на місяці з місячного ґрунту реголіту.

Промислові будівельні принтери, що вже випускаються і працюють: 3M futureLAB і Voxeljet



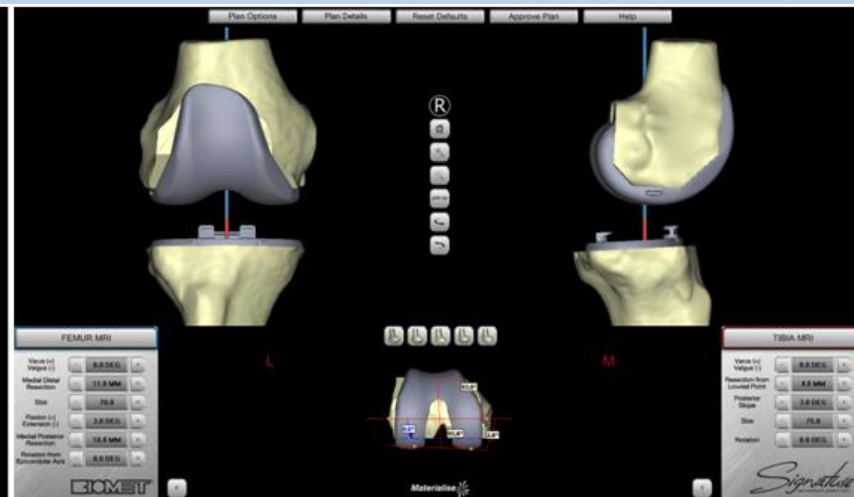
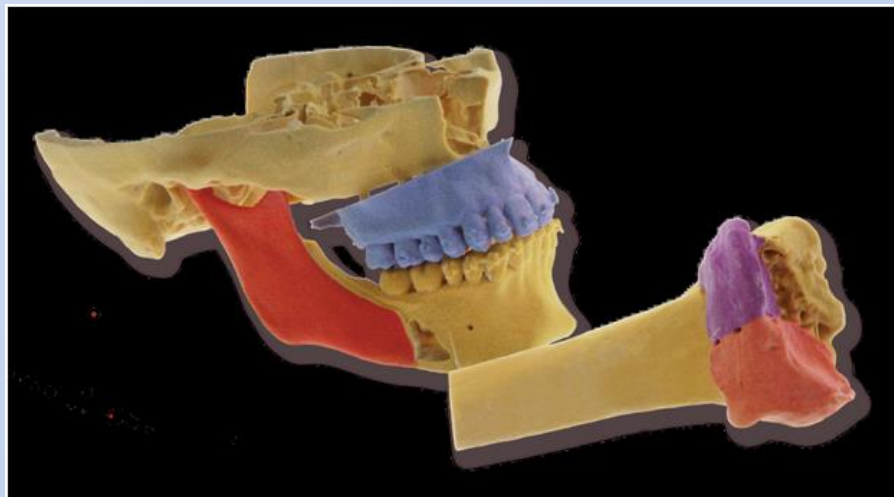
Інженери МТІ за допомогою 3D-принтера відтворили модель моста, Леонардо да Вінчі, який він спроектував 500 р. тому. Цей проект геній створив в 1502 р. на замовлення Баязида II, султана Османської імперії

БІОЛОГІЧНІ 3D-ПРИНТЕРИ



*Перший біологічний 3D-принтер, спеціально розроблений з розрахунку на дрібносерійний, але все таки промисловий випуск, відкриває нові перспективи в області імплантації і відновлення органів і тканин. Такий результат співпраці американської компанії **Organovo** і австралійської **Invetech**. Цей принтер має дві друкуючі голівки. Одна заправляється цільовими "фарбами" (людські клітини печінки, серця, стромальні клітини тощо), друга - допоміжними матеріалами (підтримуючий гідрогель, колаген, чинники росту).*

Компанія Materialise, використовує принтери для роздруківки суглобів, кісток та ін.



ПРИНТЕР ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЇЖИ



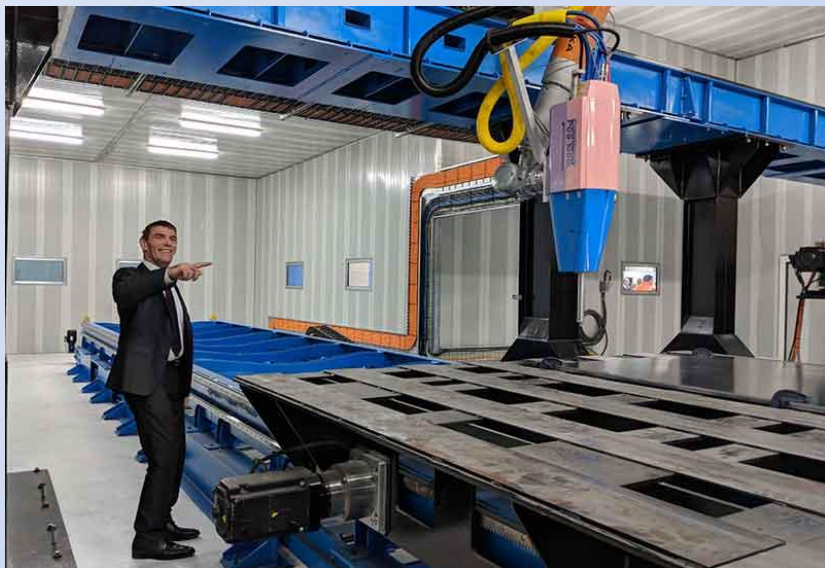
Друкуюча голівка харчового принтера повинна позиціонуватися з субміліметровою точністю, що дозволить їй за командою комп'ютера подавати на робочу поверхню пристрою тонкі шари і окремі шматочки задуманих блюд, при цьому широко варіюючи їх температуру.

Проект “Різ достатку”

Принтер для створення їжі зможе не тільки виготовити цілий ряд існуючих складних блюд, але і дасть можливість повару експериментувати з компонентами так як ще ніколи це не було можливим

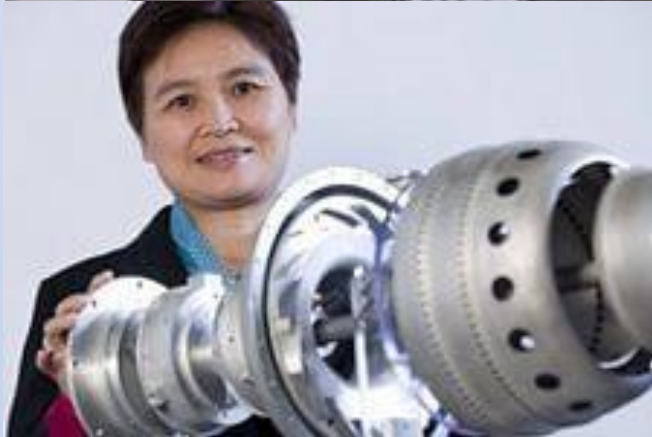


ПРИНТЕР ДЛЯ ДРУКУ МЕТАЛОМ



- Австралійська компанія **Titomic** представила найбільший у світі 3D-принтер, який може виготовляти металеві вироби. За розмірами принтер може бути порівняний з автобусом: з його допомогою можна виготовити, наприклад, **дев'ятиметрові деталі крила літака**. Крім того, принтер працює дуже швидко: він дозволяє виготовити велосипедну раму всього за півгодини.
- З Titomic збирається співпрацювати **італійська суднобудівна компанія Fincantieri** - за допомогою 3D-принтера вона планує виготовляти деталі для морських судів.
- За словами Ланга, один такий 3D-принтер виконує роботу півсотні людей.

РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН НА 3D



• *Австралійські вчені і техніки першими в світі надруковані на 3D-принтері діючий реактивний двигун.* Про це повідомляється в прес-релізі *Університету Монаша*. Університет і його дочірня компанія Amaero уклали контракт з французьким авіакосмічним гігантом *Safran*, і той надав їм допоміжну силову установку (газотурбінний двигун), який використовується на приватних реактивних літаках - насамперед на *Dassault Falcon 20*.

• Конструкція двигуна була розроблена ще в 1960-х роках, і тому для нього відсутні креслення в електронному вигляді. З цієї причини дослідники з Центру адитивної технології при університеті витратили кілька місяців на вивчення внутрішнього пристрою двигуна і сканування деталей. Потім вони надрукували 14 основних компонентів - з титану, алюмінію та нікелевого сплаву. *Весь проект зайняв рік, причому для друку двигуна знадобилося всього 30 днів.*

• Вчені виготовили два примірники реактивного двигуна. Один з них виставлено на австралійському Міжнародному авіашоу, яке зараз проходить в мельбурнському аеропорту Авалон, а інший - в Тулузі, в штаб-квартирі Microturbo, "дочки" Safran. Надалі дослідники планують випробувати окремі компоненти двигуна в реальних льотних умовах.

ДВИГУН RUTHERFORD



•Для того щоб сконструювати і відправити ракету в космос, потрібні колосальні фінансові вкладення. Вплинути на ситуацію намагається *новозеландський старпан Rocket Lab*, який за допомогою методу 3D-друку сподівається знизити середню вартість запуску ракети в космос на 95%. За запевненнями компанії, це можливо завдяки її пусковій *установці Electron і двигуну Rutherford*. Створений у стінах Rocket Lab літальний апарат був представлений на щорічній конференції Space Symposium в США, Каліфорнія. Основний інтерес фахівців прикутий саме до *двигуна Rutherford, практично всі елементи якого надруковані на 3D-принтері*. Крім того, ракета використовує систему з літій-полімерних батарей і електродвигунів, які дозволяють витратити набагато менше рідкого палива, ніж звичайні апарати подібного класу. Таким чином, створений Rocket Lab пристрій є не тільки *першим ракетним двигуном, надрукованим на 3D-принтері, а й першим подібним двигуном на батареї*. По суті, *Rutherford являє собою електротурбонасосний газово-кисневий двигун*, який створювався спеціально для запуску в парі з пусковою установкою Electron. За оцінкою компанії, вартість запуску супутників на орбіту за допомогою її технологій обійдеться всього в \$ 4,9 мільйона. Правда, поточні зразки поки що можуть підняти з собою вантаж вагою лише 110 кг, але це питання часу.

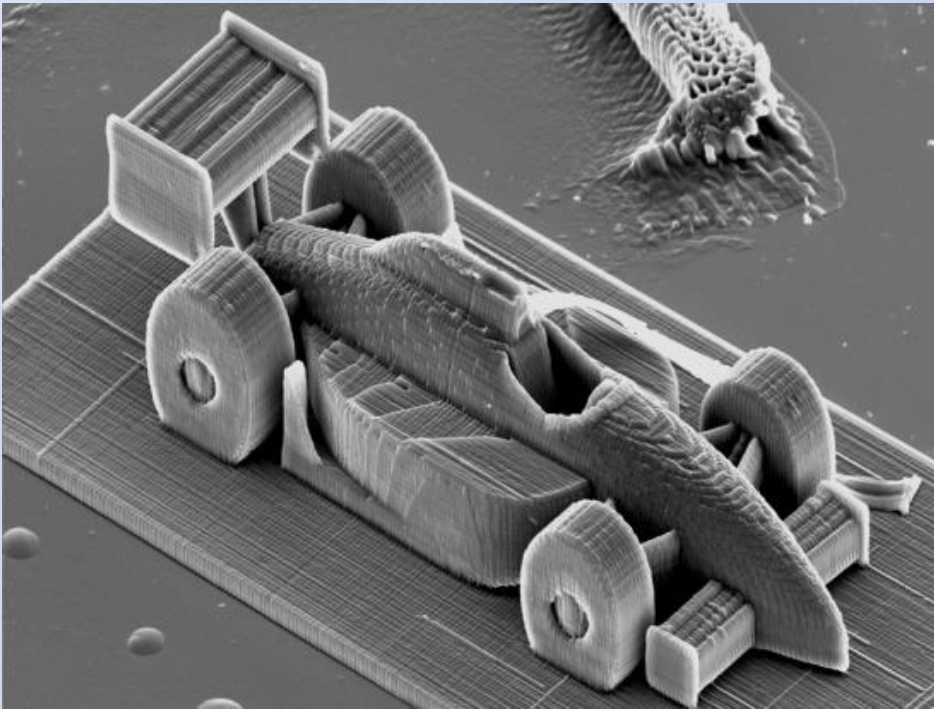


3D-ПРИНТЕР MULTI JET FUSION

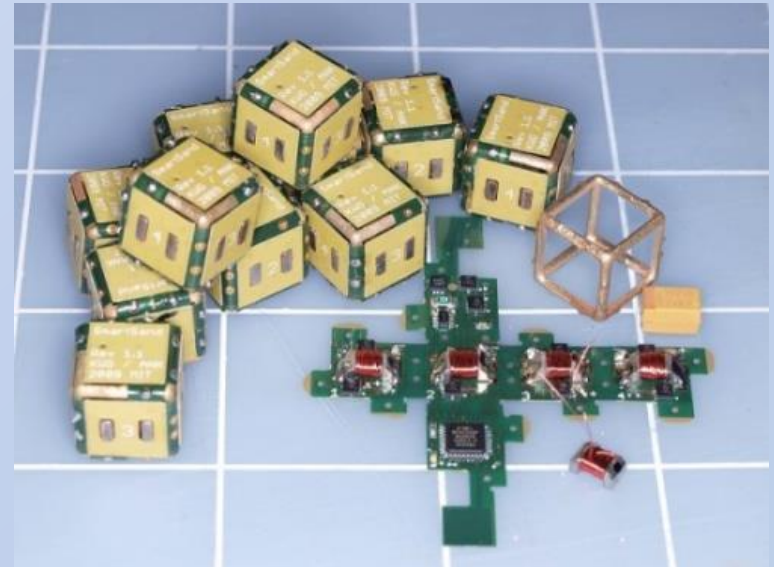


• У листопаді 2014 р. компанія HP анонсувала промисловий 3D-принтер **Multi Jet Fusion** з 30 тис. сопел і продуктивністю 350 мільйонів крапель в секунду. **Multi Jet Fusion** може друкувати **різними матеріалами**, в тому числі дуже швидко виготовляти металеві деталі. Принтер створює механізми, які складаються з різномірних деталей. Технологія дозволяє змінювати властивості матеріалу, з якого виготовляється продукт: робити його більш м'яким або твердим, шорстким або гладким. У середині виробу деякі частини можна надрукувати електропровідним матеріалом. **Фактично, цей принтер можна назвати справжнім реплікатором:** він виробляє повноцінні копії потрібних речей. Він друкує саме не деталі, а речі цілком. Реплікатор Multi Jet Fusion що має розмір двох пральних машин використовує технологію моделювання методом наплавлення (fused deposition modeling, FDM), винайдену в кінці 80-х. Технологія передбачає створення тривимірних об'єктів за рахунок нанесення послідовних шарів матеріалу, які повторюють контури цифрової моделі.

НАНОПРИНТЕРИ



The Vienna University of Technology проанонсував головний прорив в області технологій 3d друку: *тепер можливо друкувати 3-х мірні нанооб'єкти з неймовірною деталізацією використовуючи «двофотонну літографію»*



MIT розробники з *Distributed Robotics Laboratory (DRL)* продемонстрували «розумний пісок», роботів нано-формату, оснащених найпростішими процесорами

ДРУКОВАНА ЕЛЕКТРОНІКА

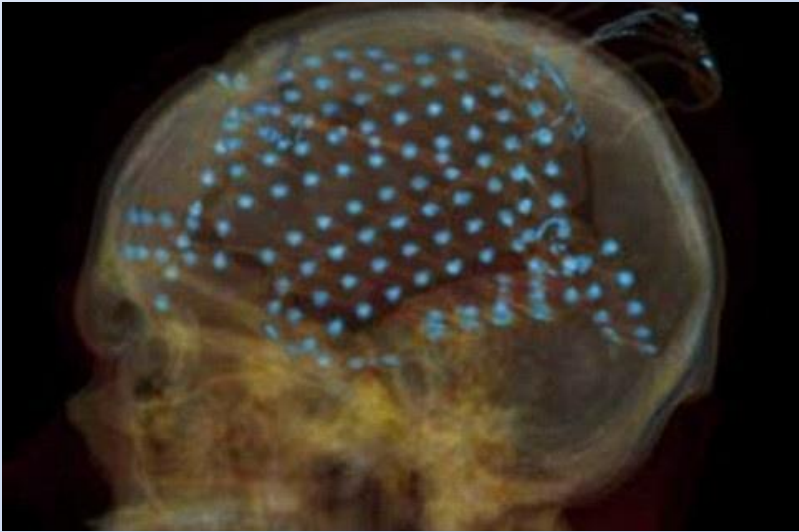


•На виставці Canon Expo 2015 Токуо, яка проходила у рамках форуму Tokyo International Forum з 4 до 6 листопада 2015 р., представники компанії Canon Inc продемонстрували *перші в світі напівпровідникові чіпи, виготовлені за допомогою II-нанометрової промислової технології нанодруку (nanoimprint)*. Згідно інформації, що є, ця технологія вже майже знаходиться на стадії готовності до її використання для виготовлення напівпровідникових пристроїв і приладів наступного покоління.

•*Нанодруківна літографія* - це технологія, що дозволяє сформувати елементи схем і електронних приладів на кремнієвій або іншій основі за допомогою спеціального штампуну. Існуючі технології, засновані на звичайній літографії, зіштовхуються з обмеженням мінімальних розмірів елементів і компонентів, які накладаються довжиною світла що використовується. На даний час вони вже майже досягли порогового значення за своєю розрізнявальною здатністю. З іншого боку, у технології нанодруку немає ніяких явних обмежень, пов'язаних з довжиною хвилі світла, що в теорії може дозволити за допомогою таких технологій виготовляти будь які малі елементи.

•Слідє відзначити, що спеціалісти компанії Canon Inc продовжують розробку технологій нанодруку спільно зі спеціалістами компанії Toshiba Corp. Таке співробітництво є успішним, про що свідчать перші *пластини с II-нм чіпами, виготовлені в Японії*, а в найближчому майбутньому обидві компанії зосередять свої зусилля на комерціалізації розроблених ними технологій.

ЧИТАННЯ ДУМОК

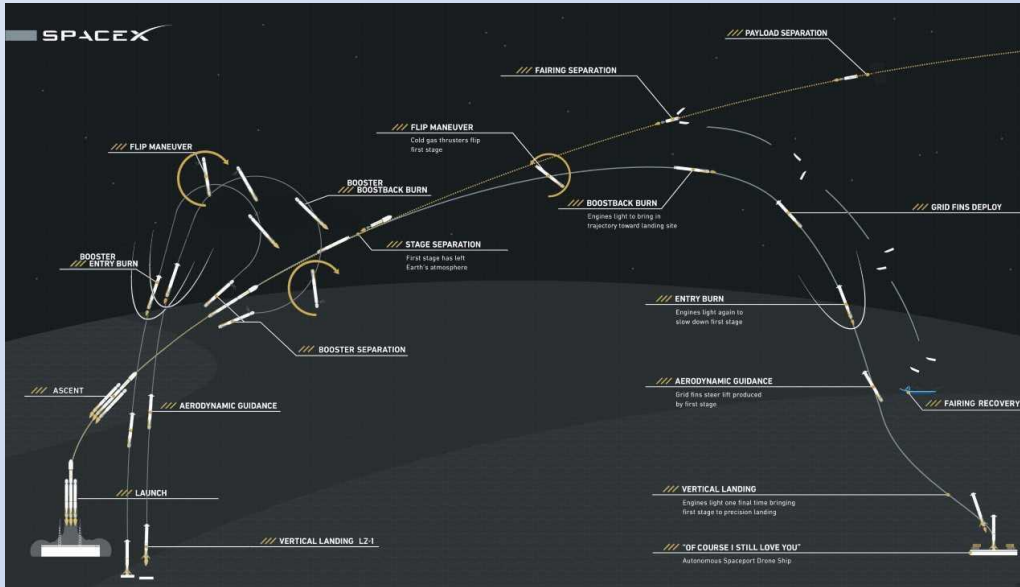


• Американські вчені з Каліфорнійського університету в Берклі **знайшли спосіб читати думки і при необхідності трансформувати їх у слова.** Вони зазначили, що нова розробка в першу чергу покликана допомогти людям, які втратили можливість розмовляти внаслідок якого-небудь захворювання. В ході експерименту вчені вживили 15 пацієнтам-добровольцям в мозок електроди, які фіксували активність в зонах, що відповідають за сприйняття мови. Пацієнтам диктували слова, а спеціально розроблена програма відстежувала реакцію мозку.

• Проаналізувавши велику базу даних, комп'ютер зможе зіставити певну мозкову активність з реакцією на раніше виголошений звук. Таким чином, система зможе відтворювати слова і навіть звуки, про які думає людина.

• Вчені погодилися, що **їх розробка фактично вміє читати думки.** Втім, поки для цього необхідно провести операцію з імплантації в мозок електродів

НАЙПОТУЖНІША РАКЕТА У СВІТІ FALCON HEAVY



•6 лютого 2018 р. з майданчика LC-39 А космічного центру Кеннеді у штаті Флорида [відбувся запуск](#) найпотужнішої у світі ракети-носія **Falcon Heavy**, що вивела в космос особистий автомобіль голови компанії Space X Ілона Маска Tesla Roadster. **Falcon Heavy** здатна вивести на низьку навколосеземну орбіту до 63,8 тон, доставити до Марса - 16,8 тон, до Плутона - 3,5 тон. Висота ракети — 70 м, діаметр — 3,7 м (основна "свічка") і понад 12 м у ширину в розгінному блоці, маса — 1420 тон.

Згідно з розробленою концепцією, бокові прискорювачі та центральна секція ракети будуть повертатися на Землю після старту для повторного використання в майбутньому, що дозволить заощадити кошти на дослідження космосу. **Повторне використання першого ступеня ракети-носія Falcon 9 дозволило знизити вартість запуску на 30% - з 61,2 млн доларів до 42,8 млн.**



ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ



Не існує складних проблем, є тільки проблеми, які складні для певного рівня інтелекту.

Еліезер Юдковський

• **Штучний інтелект (ШІ, англ. AI)** - наука і технологія створення інтелектуальних машин, особливо інтелектуальних комп'ютерних програм, властивість інтелектуальних систем виконувати творчі функції, які традиційно вважаються прерогативою людини.

• ШІ можна розділити на три основні рівні:

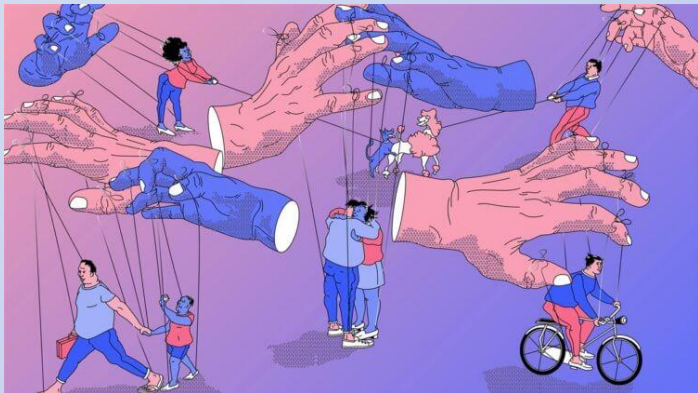
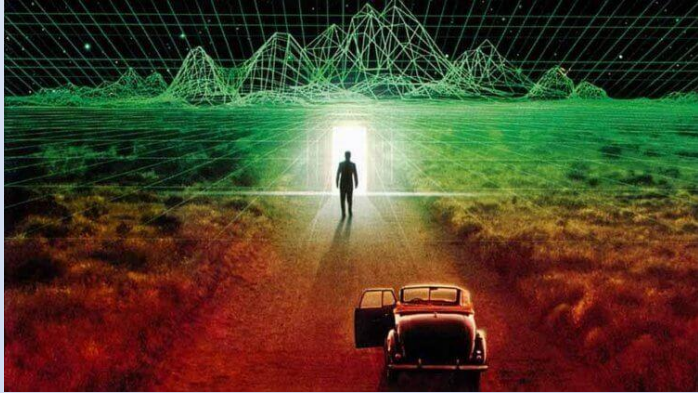
• 1) **Слабкий Штучний Інтелект (ANI)** - це такий ШІ, який спеціалізується в одній області. Є ШІ, здатний перемогти в чемпіонаті світу з шахів, але це все, що він вміє.

• 2) **Сильний Штучний Інтелект (AGI)**, також відомий як інтелект людського рівня, - це комп'ютер, здатний розв'язати будь-яку розумову задачу, яку здатна розв'язати людина. Створити AGI набагато складніше, ніж ANI і ми це тільки маємо зробити. Професор Лінда Готтфредсон описує інтелект як «дуже загальну психічну здатність, яка, крім усього іншого, включає в себе здатність міркувати, планувати, вирішувати проблеми, мислити абстрактно, розуміти складні ідеї, швидко вчитися і вчитися на досвіді» AGI буде справлятися зі всім цим з такою ж легкістю, як і людина.

• 3) **Штучний надінтелект (ASI)**. Оксфордський філософ і ведучий мислитель в галузі ШІ Нік Бостром визначає ASI як «інтелект, який набагато розумніший кращих людських умів практично в будь-якій сфері, у тому числі науковій творчості та соціальних навичках». ASI, у свою чергу, варіюється від комп'ютерів, які трохи розумніші людини, до тих, які перевищують можливості людського розуму в усіх напрямках в трильйони разів.

• **ASI буде супер розумний, але людського в ньому буде не більше, ніж у вашому ноутбучі.** Він буде абсолютно чужорідний нам і враховуючи, що в ньому не буде нічого органічного, він буде більш чужорідним, ніж навіть тарантул. Без спеціальних програм система ASI буде аморальною і помішаною на виконанні своїх завдань. Звідси і виникає вся її небезпека.

НАШ СВІТ ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ??



•У статті 2003 р. філософ з Оксфордського університету Нік Бострем висловив ідею того, що **наша реальність - це комп'ютерна симуляція, створена високорозвиненою цивілізацією**. У роботі він стверджував, що принаймні *одне з трьох припущень має бути істинним: цивілізації зазвичай вимирають, не встигнувши розвинути здатність до створення симуляцій реальності; розвинені цивілізації зазвичай не зацікавлені в створенні симуляцій реальності; ми майже напевно живемо всередині комп'ютерної симуляції*. Нещодавно астроном Колумбійського університету Девід Кіппінг уважно вивчив ці положення, також відомі як «трілемма» Бострома, і довів, **що ймовірність того, що ми дійсно живемо в симуляції, становить 50 на 50%**. Щоб краще розібратися в аргументі Бострома про симуляції, Кіппінг вдався до байєсівського міркувань. Цей тип аналізу використовує **теорему Байєса**, британського математика, який жив в 18-му столітті. Байєсівський аналіз дозволяє обчислити ймовірність того, що щось станеться (так звана «апостеріорна» ймовірність), попередньо зробивши припущення про подію, що аналізується (присвоївши йому «апріорну» ймовірність). Кіппінг почав з того, що перетворив трілемму в дилему. **Він звів перші два припущення в одне, стверджуючи, що вони обидва приведуть до одного і того ж результату - ми не живемо всередині симуляції**.

•Кіппінг також стверджує, що чим більше шарів реальності було вбудовано в симуляцію (як в матрьошку), тим менше буде потрібно комп'ютерних ресурсів. Іншими словами, чим далі ви спускаєтеся **в кролячу нору**, тим менше обчислювальних потужностей вам буде потрібно для створення переконливої симуляції. Висновок астронома після того, як він провів розрахунки був наступним: **ймовірність того, що будь-яка з гіпотез вірна, становить близько 50 %**. Але якби люди будь-коли придумали таку симуляцію, то картина змінилася б радикально. Наступний етап аналізу вимагав осмислення «пародійних» реальностей - тих, які можуть породжувати інші реальності - і «неспоріднених» реальностей - тих, які цього робити не можуть. Якби фізична гіпотеза була вірна, то ймовірність того, що ми живемо в безплідному Всесвіті, було б легко обчислити: вона склала б 100%.

Нік Бострем. Докази симуляції

- 1) Висновки (1) і (2) - нелокальні. Вони стверджують, що або всі цивілізації гинуть, або всі не хочуть створювати симуляції. Це твердження поширюється не тільки на весь видимий Всесвіт, не тільки на весь нескінченний Всесвіт за межами горизонту видимості, а й на весь агломерат 10^{500} всесвітів з різними властивостями, які можливі, відповідно до теорії струн. На відміну від них, теза про те, що ми живемо в симуляції, - локальний. Загальні твердження набагато рідше бувають істинними, ніж часткові твердження. (Порівняй: «Всі люди блондини» і «Іванов блондин» або «всі планети мають атмосферу» і «Венера має атмосферу») Щоб спростувати загальне твердження, достатньо одного винятку. Таким чином, твердження про те, що ми живемо в симуляції, набагато ймовірніше перших двох альтернатив.
- 2) Не обов'язково потрібен розвиток комп'ютерів - достатньо, наприклад, снів. Які будуть бачити генетично модифіковані і спеціально пристосовані для цього мізки.
- 3) Міркування про симуляцію працює в звичайному житті. Велика частина зображень, які надходять до нашого мозку, є симуляціями - це кіно, телевізор, інтернет, фотографії, реклама - і last but not least - сні.
- 4) Чим незвичніше видимий нами об'єкт, тим більше шансів, що він знаходиться в симуляції. Наприклад, якщо я бачу страшну аварію, то швидше за все я бачу її уві сні, по телевізору або в кіно.
- 5) Симуляції можуть бути двох типів: симуляції всієї цивілізації і симуляції особистої історії або навіть якогось одного епізоду з життя однієї людини.
- 6) Важливо відрізнити симуляцію від імітації - можлива симуляція людини або цивілізації, яких ніколи не існувало в природі.
- 7) Надцивілізації повинні бути зацікавлені в створенні симуляцій, щоб вивчити різні варіанти свого минулого і таким чином різні альтернативи свого розвитку. А також, щоб, наприклад, вивчити середню частоту інших надцивілізацій в космосі і їх очікувані властивості.
- 8) Проблема симуляції стикається з проблемою філософського зомбі (тобто істотами, позбавленими тіла, як тіні на екрані телевізора). Істоти, що симулюються не повинні бути філософськими зомбі. Якщо в більшості симуляцій перебувають філософські зомбі, то міркування не працює (оскільки я не філософський зомбі.)
- 9) Якщо є кілька рівнів симуляції, то одна і та ж симуляція 2 рівня може використовуватися в декількох різних симуляціях 1 рівня тими, хто живе в симуляції 0 рівня з метою економії обчислювальних ресурсів. Це подібно до того, як багато різних людей дивляться один і той самий фільм. Тобто припустимо я створив три симуляції і кожна з них створила 1000 підсимуляцій. Тоді мені б довелося стимулювати 3003 симуляції на своєму суперкомп'ютері. Але якщо симуляції створили в принципі однакові підсимуляції, то мені достатньо змоделювати лише тисячу симуляцій, пред'являючи результат роботи кожної з них три рази. Тобто всього я запуску 1003 симуляції. Інакше кажучи, одна симуляція може мати кілька господарів.

Нік Бострем. Докази симуляції

- 10) Те, живете ви в симуляції чи ні, можна визначити по тому, наскільки ваше життя відрізняється від середньостатистичного в сторону унікального, цікавого або важливого. Тут передбачається, що робити симуляції цікавих людей, що живуть в цікавий час важливих змін - більш привабливо для авторів симуляції, не залежно від їх цілей - розважальних або дослідницьких. 70% людей, що колись жили на Землі, були неписьменними селянами. Однак тут потрібно враховувати ефект спостережної селекції: неписьменні селяни не могли задатися питанням про те, в симуляції вони чи ні, а отже, той факт, що ви не неграмотний селянин, ще не доводить, що ви в симуляції. Ймовірно, найбільший інтерес для авторів симуляції матиме епоха в районі Сингулярності, оскільки в районі неї можлива незворотна біфуркація шляхів розвитку цивілізації, на яку можуть вплинути малі чинники, в тому числі особливості однієї особистості. Наприклад, я, Олексій Турчин, вважаю, що моє життя настільки цікаве, що скоріше є симульованим, ніж реальним.
- 11) Те, що ми знаходимося в симуляції, збільшує наші ризики: а) симуляцію можуть вимкнути б) автори симуляції можуть ставити над нею експерименти, створюючи свідомо малоімовірні ситуації - падіння астероїда і т. ін.
- 12) Важливо відзначити слова Бострома про те, що принаймні одне з трьох вірно. Тобто можливі ситуації, коли деякі з пунктів вірні одночасно. Наприклад, те, що ми загинемо, не виключає того, що ми живемо в симуляції, і те, що більшість цивілізацій не створює симуляції.
- 13) Симуляції людей і світу навколо них можуть бути взагалі не схожі ні на яких реальних людей і реальний світ, важливо, щоб вони думали, що вони в реальному світі. Люди не здатні помітити відмінності, тому що взагалі ніколи ніякого реального світу не бачили, або їх здатність помічати відмінності притуплена Як це буває уві сні.
- 14) Є спокуса знайти в нашому світі ознаки симуляції з боку як чудеса. Але чудеса можуть відбуватися і без симуляції.
- 15) Є модель світобудови, яка знімає запропоновану дилему. (Але не позбавлена своїх протиріч). А саме, це кастанедівсько-будійська модель, де спостерігач породжує весь світ.
- 16) Ідея симуляції має на увазі спрощення. Якщо симуляція буде з точністю до атома, то вона буде тією ж самою реальністю. У цьому сенсі можна уявити собі ситуацію, коли якась цивілізація навчилася створювати паралельні світи із заданими властивостями. У цих світах вона може ставити натурні експерименти, створюючи різні цивілізації. Тобто це щось на кшталт гіпотези космічного зоопарку. Ці створені світи НЕ будуть симуляціями, оскільки вони будуть цілком реальні, але вони будуть під владою тих, хто їх створив і може включити або вимкнути комп'ютер. І їх теж буде кількісно більше, оскільки тут можна застосувати схоже статистичне міркування, як і в міркуванні про симуляції.

НАЙОЧІКУВАНІШІ НАУКОВІ ВІДКРИТТЯ 2023 РОКУ

- Журнал Nature дав прогноз щодо наукових відкриттів, які можуть відбутися у 2023 році. На думку експертів, основні *прориви відбудуться в галузі медицини та космосу.*
- Успішні розробки засобів боротьби з коронавірусом призвели до створення нових мРНК-вакцин. Вже найближчим часом у провідних клініках світу такі вакцини проти малярії, туберкульозу та лишая, що оперізує, почнуть випробовувати на людях. На стадії клінічних випробувань успішно себе показали нові ліки проти хвороби Альцгеймера. Це моноклональне антитіло очищає мозок від білка, що накопичує в ньому, бета-амілоїд, який вважається головною причиною хвороби. Новим лікам мають дати «зелене світло» наглядові органи США.
- Великі надії покладаються на технологію редагування геному CRISPR, яка вже показала перспективні результати в ході клінічних випробувань. Цей метод дозволяє редагувати у клітинах послідовності ДНК. Така технологія може стати головною зброєю у боротьбі з генетичними захворюваннями, але вона ще має отримати схвалення медичної спільноти.
- В області космічних технологій головним стає телескоп «Джеймс Вебб», що недавно з'явився на орбіті. Перші зроблені ним знімки раннього Всесвіту стали світовою сенсацією. Зображення виділило ділянку неба розміром із піщинку, яку людина на Землі тримає на відстані витягнутої руки, але на знімку видно тисячі галактик - такими, якими вони були 4,6 млрд років тому. У найближчі 5-10 років від «Вебба» чекають ще багато гучних проривів. Ще один телескоп «Euclid» має зробити фотографії тривимірної карти Всесвіту. Також на орбіту вирушить японський супутник, який вивчатиме рентгенівське випромінювання далеких зірок та галактик. Влітку почне робити знімки унікальна обсерваторія Віри Рубін у Чилі, вона зможе просканувати все південне небо лише за три ночі. Нарешті, почне працювати найбільший у світі керований китайський телескоп QTT, який зможе в будь-який момент часу спостерігати 75% зірок.
- Наприкінці 2022 року безпілотна капсула НАСА двічі облетіла Місяць. Подібне очікують і від апаратів з ОАЕ, США, Індії та Японії. Наступного року 11 людей вирушать до шестиденного вояжу на борту ракети-носія SpaceX Starship. Він стане першою комерційною подорожжю на Місяць.

Дякую за увагу

