Мельник Тарас Степанович
вчитель фізики, вчитель-методист,
консультант КУ «ЦПРПП ВМР»

Нові відкриття про які варто розказати учням на уроках фізики

Від учнів, інколи, ми можемо почути таке питання: «Чому усі відкриття та закони описані в підручнику були зроблені колись давно. А що, зараз наука фізика завмерла?» Та й насправді, новітні дослідження у фізиці займають 5-10% об'єму підручника, та і то, це лише науково-популярний опис, а не задачі, графіки, практичні та лабораторні роботи. Тому учням і здається, що сучасні досягнення науки малозначущі.

Так, це помилка. Давайте розберемося чому.

- ✓ Всі відкриття, які можна було зробити «на колінах» (тобто, з використанням доступних приладів при нормальних умовах) були вичерпані вже в кінці 19 сторіччя та закінчилися з появою поняття «класична фізика».
- ✓ З відкриттям радіоактивності, теорії відносності, квантової механіки, космології почалася нова ера. Тепер, коли науковці вийшли за рамки звичних уявлень, з'явилася наука, яку важко осягнути пересічній людині без розвинутої уяви, математичних знань. Експериментальна база стала більш недосяжною. Лабораторії стали дорогим задоволенням. Умови проведення дослідів ставали все більш екстремальними. Але деякі формули дійшли і до школи. Як то СТВ, ЗТВ, теорія фотоефекту, ядерні реакції розпаду, синтезу, поділу, лазерне випромінювання тощо.
- ✓ З другої половини 20 сторіччя, фізики, спершись на попередні відкриття та інформаційну революцію, спробували копнути далі у світ незнаного. Екстремальність умов проведення досліджень зашкалила. Це і космос, надвисокі або наднизькі температури, вакуум чи надвисокі тиски, надвеликі - вселенські або надмалі - субатомні відстані, надвеликі або над малі відрізки часу. Звісно, прилади для вимірювання характеристик об'єктів дослідження в таких умовах коштують казково дорого. Їх собі можуть дозволити, або супердержави, або групи держав. Тому час між новими фундаментальними відкриттями видовжився. До того ж, експериментальне підтвердження та теоретичне обгрунтування також заповільнилось. Тому, результати досліджень інтерпретуються часто неоднозначно. Виросла роль теоретичної фізики з її надскладною для розуміння математикою та більш-менш вдалими гіпотезами.

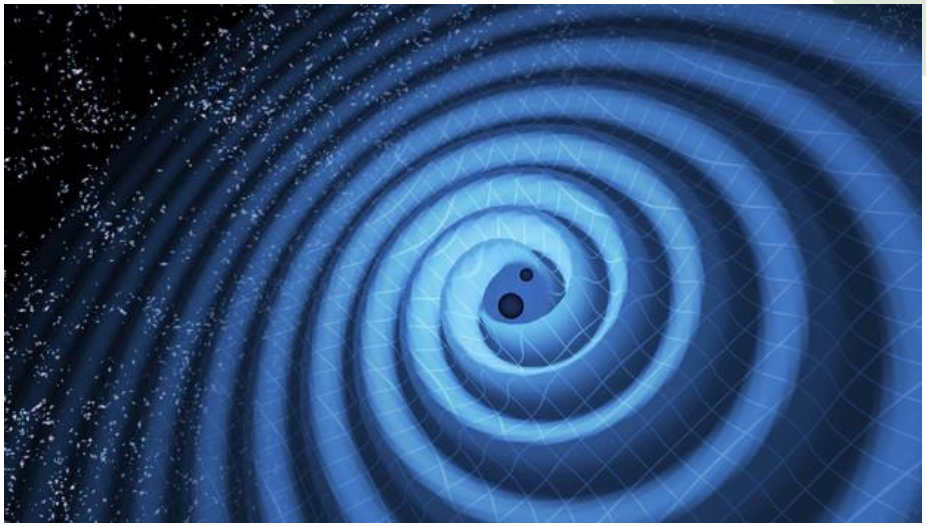
Але, все ж таки, деякі досягнення фізики останніх років зробили справжню революцію в побуті, світогляді та технологіях.

В даній статті я спробую узагальнити останні відкриття з різних галузей науки. Про них варто розказати дітям, щоб вони зрозуміли, що фізика і зараз стоїть на чолі прогресу нашої цивілізації. І можливо, скоро 5-10% підручника стануть його основною частиною.

В своїх пошуках я використав промпти до програм ШІ Chat GPT (Open Ai) та Copilot (Microsoft) «Які самі визначні відкриття з фізики зроблено за останні 20 років» та перегляд списку Нобелевських лауреатів у Wikipedia. Далі був вільний пошук у сервісі Google Search.

Нижче, список самих визначних (на мій, далеко не всеосяжний, погляд) фізичних та астрономічних відкрить

Гравітаційні хвилі



— це коливання простору-часу, які виникають через прискорений рух масивних об'єктів, таких як злиття чорних дір або нейтронних зірок. Вони були передбачені Альбертом Ейнштейном у 1916 році в рамках його загальної теорії відносності, яка описує, як маса і енергія впливають на геометрію простору-часу.

Гравітаційні хвилі генеруються в дуже енергетичних астрофізичних процесах. Наприклад:

- Злиття чорних дір: Коли дві чорні діри обертаються одна навколо одної і, зрештою, зливаються, вони випромінюють величезну кількість енергії у вигляді гравітаційних хвиль.
- Злиття нейтронних зірок: Подібно до чорних дір, злиття нейтронних зірок також генерує гравітаційні хвилі.
- Вибухи наднових: Коли масивна зірка вмирає і вибухає у вигляді наднової, це може створювати гравітаційні хвилі.

Властивості гравітаційних хвиль:

- Гравітаційні хвилі дуже слабкі, і їх важко виявити.
- Для реєстрації хвиль потрібні надзвичайно чутливі інструменти.
- Вони поширюються через простір-час зі швидкістю світла, викликаючи дуже малі зміни в розмірах і формах об'єктів, через які вони проходять.

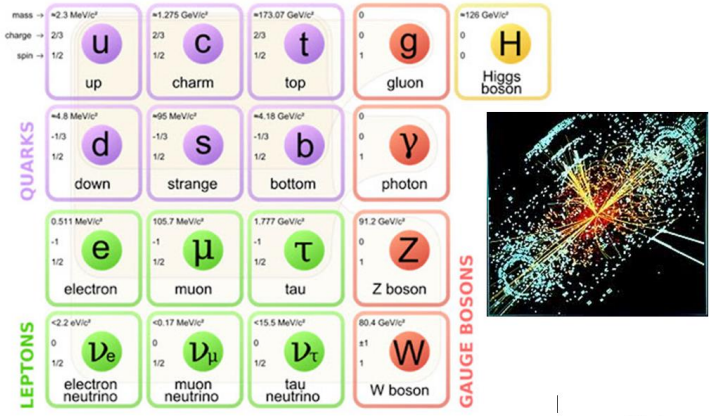
Виявлення гравітаційних хвиль:
Гравітаційні хвилі вперше були виявлені в 2015 році за допомогою лазерного інтерферометра LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory = $365 000 000). Цей історичний момент підтвердив один із ключових аспектів теорії відносності Ейнштейна і відкрив нову еру в астрономії, дозволяючи вченим вивчати космічні явища, які раніше були невидимими.

2017		Райнер Вайс	США	«за вирішальний внесок у розробку детектора LIGO та спостереження гравітаційних хвиль»[6]
		Баррі Баріш	США	
		Кіп Торн	США	

Лазерний інтерферометр LIGO складається з двох сталевих вакуумних трубок довжиною 4 км (2,5 милі) і шириною 1,2 м, розташованих у формі «L» (лазер LIGO проходить через ці плечі).
Гравітаційні хвилі надають новий спосіб спостереження за Всесвітом, дозволяючи вивчати об'єкти і події, які не випромінюють світло, як, наприклад, чорні діри.

Якщо Сонце зникне, то Земля ще 8 хв буде обертатися навколо пустого місця (час пробігу гравіхвилі)

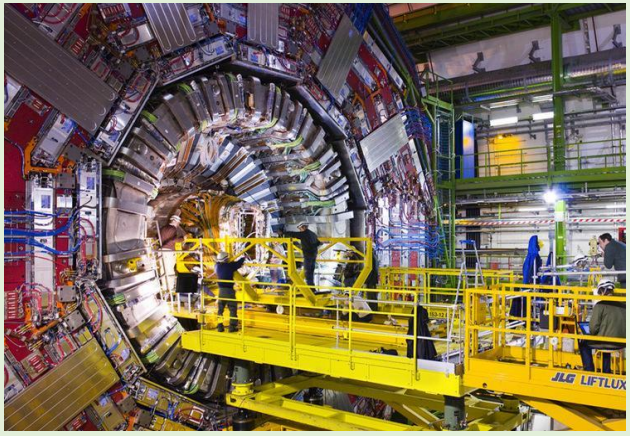
Бозон Хіггса



Активация Windows

— це квантова частина, передбачена теоретично ще в 1960-х роках британським фізиком Пітером Хіггсом та іншими вченими. Вона виникає в результаті взаємодії частинок з полем Хіггса, яке пронизує весь простір. Завдяки цій взаємодії частинки набувають маси.

Відкриття бозона Хіггса було здійснено в рамках експериментів на Великому адронному колайдері (ВАК = $6 500 000 000) — найбільшому у світі прискорювачі частинок, розташованих у CERN, Європейській організації з ядерних досліджень, яка розташована на кордоні Швейцарії та Франції. ВАК запускає пучки протонів на колосальну швидкість і зіштовхує їх один з одним, створюючи умови, схожі на ті, що існували в перші мікросекунди після Великого вибуху.



2013		Франсуа Англер	Бельгія	«за теоретичне відкриття механізму, який допомагає нам розуміти походження маси субатомних частинок й існування якого було доведено виявленням передбаченої елементарної частинки в експериментах ATLAS і CMS на Великому адронному колайдері в ЦЕРН»[2]
		Пітер Хіггс	США	

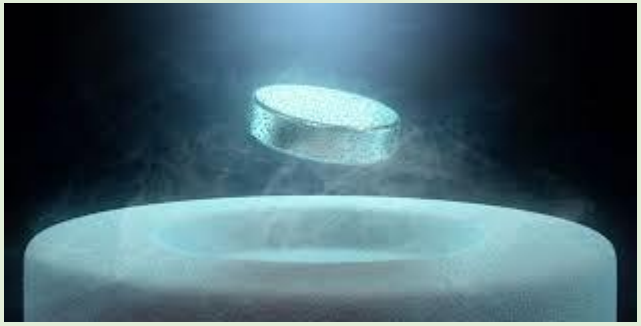
4 липня 2012 року дві незалежні дослідницькі групи, ATLAS і CMS, що працюють на ВАК, оголосили про видачу нових частинок з властивостями, що відповідають передбаченому бозону Хіггса. Ймовірність того, що цей результат був випадковим, була надзвичайно малою, що дозволило оголосити про відкриття

Відкриття бозона Хіггса підтвердило Стандартну модель фізики елементарних частинок, яка описує фундаментальні взаємодії у Всесвіті.

Це відкриття дає можливість краще розуміти природу маси та механізмів, що створюють структуру нашого Всесвіту.

Надпровідність при кімнатній температурі

У 2019 році група вчених під керівництвом Ранія Діаса та Ігоря Циліна з Університету Лас-Вегаса повідомила про експеримент, у якому вдалося досягти надпровідності температури, що значно наближається до кімнатної, ніж у попередніх дослідженнях.



Для цього використовували гідрат лантану (LaH_{10}), який піддавав високому тиску (понад 170 гігапаскалів) і охолоджував до температури приблизно -23°C (250 Кельвінів). Це було на той час рекордом у температурі, при якій спостерігалася надпровідність.

Важливість відкриття

Експеримент 2019 року поставив кілька кроків у пошуку матеріалів, здатних продемонструвати надпровідність при ще вищих температурах, можливо, навіть при кімнатній температурі без екстремальних умов. Це могло б революціонізувати багато галузей, включаючи енергетику, транспорт і медицину, сприяти більш ефективній передачі електроенергії, створенню потужних магнітних полів для медичних МРТ та розвитку магнітної левітації для транспорту.

Наступні кроки

Після цього відкриття науковці продовжують досліджувати інші складні гідрати та інші матеріали, які можуть демонструвати надпровідність при високих температурах та менш екстремальних умовах. Хоча надпровідність при кімнатній температурі в умовах нормального тиску поки що не досягнута, цей напрямок обіцяє дослідити суттєві прориви в майбутньому.

Таким чином, 2019 рік відзначився прогресом у дослідженнях надпровідності, що наблизило нас до можливого створення практично застосовуваних високотемпературних надпровідників.

-
-

Дослідження темної матерії (2020)

Темна матерія може бути баріонною або небаріонною.

Баріонна матерія складається з протонів, нейтронів та електронів, об'єднаних в атоми. В якості темної матерії можуть слугувати наступні **баріонні тіла**: масивні астрофізичні компактні об'єкти гало до яких належать тьмяні коричневі карлики, нейтронні зірки, чорні діри або планети-сироти, що не прив'язані гравітаційно до жодної зірки. Якраз вони можуть створювати ефет додаткової маси.

Щодо небаріонної темної матерії існує кілька припущень. Найголовнішими кандидатами у частинки темної матерії є **вімпи**, або слабко взаємодіючі масивні частинки (Weakly Interacting Massive Particles, WIMPS). Їхня маса має бути в десятки чи навіть у сотню разів більшою за масу протона і вони майже не проявляють себе при взаємодії зі звичайною речовиною. Як і нейтрино, вімпи беруть участь лише у двох із чотирьох фундаментальних взаємодій Всесвіту: гравітації та слабкій ядерній взаємодії, яка відповідає за розпад радіоактивних атомних ядер. Ці частинки темної речовини мають бути електрично нейтральними, тобто не будуть взаємодіяти з електромагнітним випромінюванням, тож залишатимуться невидимими. Пошуки вімпів ведуться вже кілька десятків років, але поки що не принесли результатів.

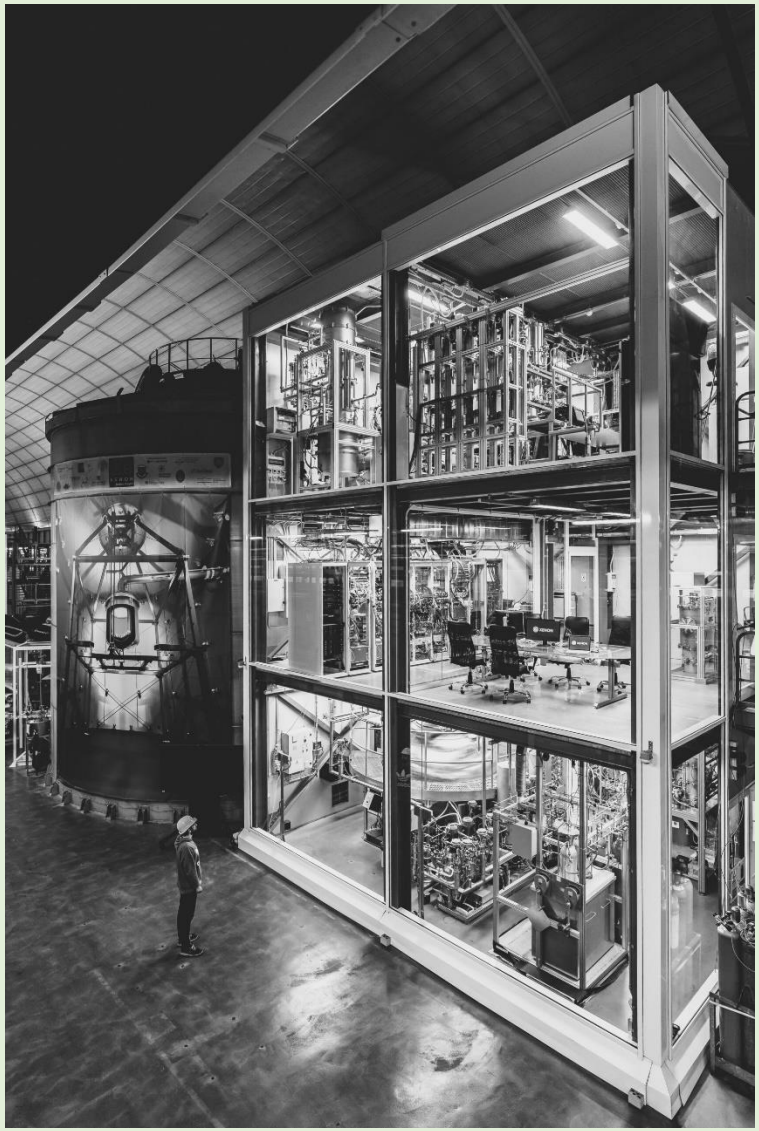
Ще одними кандидатами у частинки темної матерії є **аксіони**. Якщо вони існують, то їхня маса має бути у мільйон чи навіть мільярд разів меншою за масу електрона. За таких низьких мас вони мали б величезну густину в ранньому Всесвіті. У результаті аксіони можуть поводитися скоріше не як частинки, а як поля, що призведе до гравітаційних ефектів, необхідних для пояснення темної матерії. Ці гіпотетичні частинки також можуть вирішити ще одну відому фізичну проблему: їхня потенційна взаємодія з нейтронами пояснить, чому вони можуть відчувати магнітні поля, але не електричні.

оголосили, що зафіксували особливий сигнал, який можна пояснити наявністю аксіонів. Але результати експерименту ще потрібно підтвердити.

Докази існування темної матерії

- ✓ швейцарський астроном Фріц Цвікі помітив, що далекі галактики обертаються навколо одна одної набагато швидше, ніж це було б можливо, враховуючи їхню видиму речовину, яку можна зафіксувати за допомогою телескопів. Це означало, що насправді маса цих галактик має бути значно більшою, але з якихось причин матерія, що їй відповідає, виявилася прихованою та проявляє себе лише гравітаційно.

- ✓ У 1970-х роках астрономка Вера Рубін детально вивчила зірки у віддалених регіонах сусідньої галактики Андромеди. Ці зірки надто швидко оберталися навколо ядра галактики, хоча мали б, навпаки, уповільнюватися тим сильніше, чим далі від центра вони розташовуються. Це свідчило про те, що густина матерії у галактиках не зменшується на їхній периферії, а залишається практично незмінною,
- ✓ за допомогою гравітаційного лінзування можна вивчати розподіл темної матерії у скупченнях галактик. Зокрема, вимірюючи ступінь викривлення зображення галактики, що лежить за скупченням, яке виконує роль гравітаційної лінзи, можна виміряти його повну масу, яка буде відрізнятися від маси видимої матерії.
- ✓ Дослідження реліктового випромінювання Дослідники визначили, що середня кривизна Всесвіту дорівнює нулю, тобто паралельні прямі у ньому не перетинаються. Потім дослідники підрахували середню густину видимої речовини Всесвіту і виявилося, що її недостатньо для того, щоб його кривизна була нульовою. Знову ж таки, ці розбіжності у масі виправляє темна матерія.



У червні 2020 року учасники експерименту XENONIT (дослідницький проект по вивченню темної матерії, який проводиться в лабораторії Гран Сассо в Італії. Дослідницька лабораторія знаходиться глибоко під землею, де вчені ставлять експерименти, намагаючись виявити і дослідити частинки темної матерії. Дослідники вважають, що ці слабко взаємодіючі масивні частинки (англ. Weakly interacting massive particles — WIMP) можна виявити, якщо фіксувати рідкі ядерні розпади і збурення в закритій камері, наповненій ксеноном. Теперішній детектор складається із двофазної часової проєкційної камери)

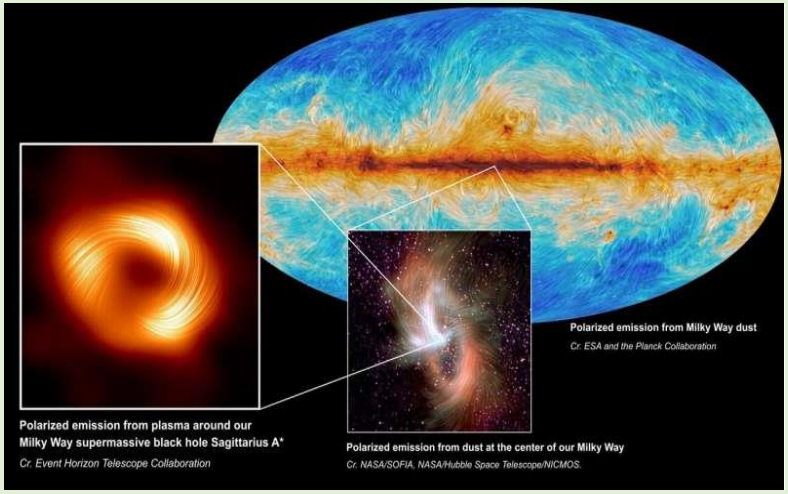
Докази існування темної енергії

Всесвіт розширюється. Це розширення та гравітація, яка виникає внаслідок наявності матерії у Всесвіті, вступають у боротьбу. Якщо маси буде достатньо, з часом розширення має зупинитися. Але дослідники з'ясували, що насправді Всесвіт не лише продовжує розширюватися, але й робить це усе швидше і швидше. Спричиняти таке прискорення має певна сила. Її назвали «Темна енергія». Є кілька гіпотез щодо її пояснення .

- ✓ Пояснення того, як простір отримує цю енергію, стосується квантової теорії. Згідно з нею, вакуум насправді наповнений віртуальними частинками, які постійно утворюються внаслідок флуктуацій (хаотичних коливань), а потім зникають. Втім, підрахунок енергії, яку можна отримати завдяки такому процесу, дає значно більші цифри, ніж потрібно для створення тієї картини, що спостерігається.
- ✓ Темна енергія може бути новим видом динамічного силового поля під назвою квінтесенція. Воно рівномірно, немов рідина, заповнює увесь простір, а його вплив на Всесвіт відмінний від того впливу, що чинять звичайна матерія та енергія.
- ✓ поняття гравітації, яке випливає з теорії відносності Айнштайна, є неправильним.

Розуміння чорних дір (2019)

Вчені отримали нове зображення надмасивної чорної діри в центрі нашої галактики, Стрільця A* (Sgr A*), використовуючи поляризоване світло. На цьому зображенні видно сильні та організовані магнітні поля, що спіралеподібно закручуються навколо чорної діри, подібно до того, як це спостерігалося навколо чорної діри M87* у 2019 році.

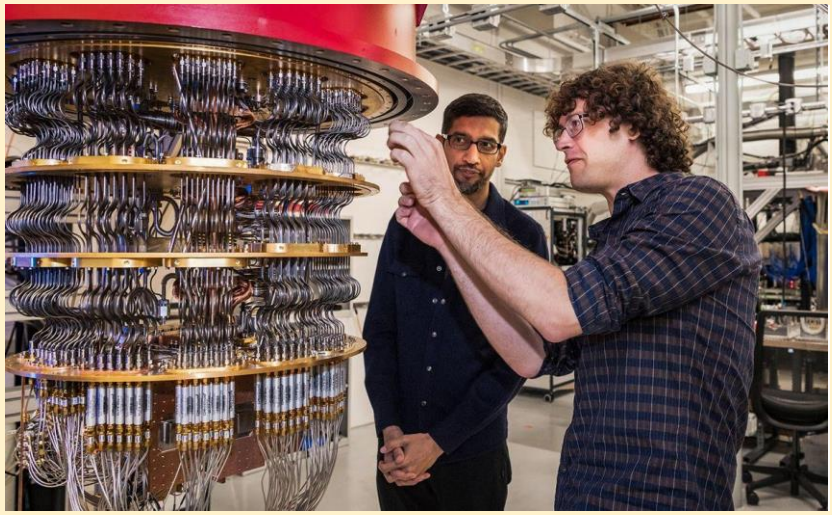


Відкриття, зроблене групою дослідників телескопа Event Horizon Telescope (EHT) (проєкт зі створення великого масиву телескопів, який складається із глобальної мережі радіотелескопів і об'єднує дані з декількох станцій інтерферометрії з наддовгою базою по всій Землі. Метою проєкту є спостереження за безпосереднім оточенням надмасивної чорної діри Стрілець A* в центрі Чумацького шляху, а також за ще більшою чорної дірою в центрі надвелетенської еліптичної галактики Мессьє 87 з кутовою роздільністю, яка сумірна з горизонтом подій чорної діри). Відкриття вказує на те, що потужні магнітні поля можуть бути спільною рисою всіх чорних дір. Зображення також натякає на наявність прихованого струменя, що виходить від Sgr A*, схожого на потужний струмінь, який спостерігається біля M87*.

Аналізуючи картину поляризації у світлі, що надходить з околиць Sgr A*, вчені можуть скласти карту структури і сили магнітних силових ліній чорної діри. Ці поля відіграють вирішальну роль у взаємодії чорних дір з навколишнім газом і речовиною. Вони можуть сприяти зростанню чорних дір, спрямовуючи матеріал всередину, а також можуть бути відповідальними за запуск потужних струменів частинок назовні.

Квантові обчислення (2019)

Корпорація Google оголосила про досягнення «квантової переваги». У компанії стверджують, що квантовий комп'ютер технологічного гіганта Sycamore зміг виконати поставлене завдання за 200 секунд, на що кращим суперкомп'ютерам сучасності знадобилося б понад 10 тис. років.



У класичних комп'ютерах одиницею інформації вважається біт, який може мати значення «0» або «1». Але її еквівалент у квантовій системі — кубіт (квантовий біт) — може бути «0» так «1» одночасно. «Це явище відкриває двері для одночасного виконання кількох розрахунків. Але кубіти повинні бути синхронізовані з використанням квантового ефекту», — йдеться в матеріалі. Процесор Sycamore працював на 53 таких кубітах.

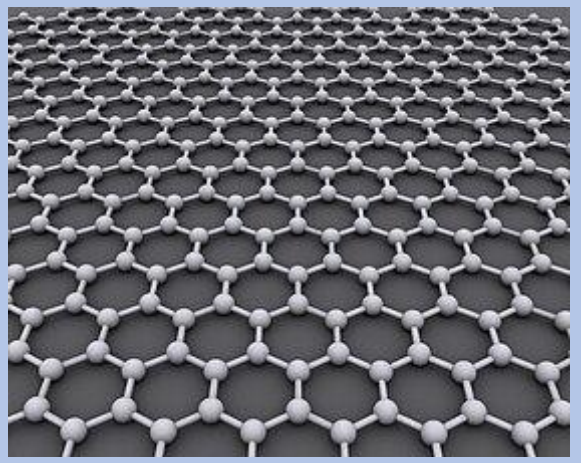
У той же час компанія IBM, яка працює над власними квантовими комп'ютерами, поставила під сумнів деякі цифри Google.

«Ми стверджуємо, що ідеальне моделювання цього ж завдання може бути виконано класичним комп'ютером за 2,5 дня і з набагато більшою точністю», — заявили дослідники IBM Едвін Педно, Джон Ганнелс і Джей Гамбетта.

Зазначають, що Sycamore не має практичного застосування — він був розроблений для того, щоб продемонструвати, що квантовий комп'ютер може працювати так, як це очікувалося, і по суті він лише згенерував набір випадкових чисел.

Відкриття графену

Графен - двовимірна аллотропна модифікація вуглецю, утворена шаром, товщиною з один атом, організованим у гексагональну кристалічну решітку. Його можна уявити, як площину, зріз графіту, відокремлений від об'ємного кристалу. Графен має величезну механічну міцність і рекордно високу теплопровідність. Надзвичайно висока рухливість електронів у ньому робить графен перспективним матеріалом для використання в самих різних областях, зокрема, як майбутню основу наноелектроніки та можливу заміну кремнію в інтегральних мікросхемах.



Графен був відкритий в 2004 Андрієм Геймом та Костянтином Новосьоловим із Манчестерського університету. За це відкриття Гейм та Новосьолов були нагороджені Нобелівською премією з фізики за 2010.

2010		Андрій Гейм	Нідерланди	«за експерименти з двовимірним матеріалом графеном».
		Костянтин Новосьолов	Велика Британія, Росія	

Перспективи використання графену.

- ✓ На основі графену вже створено надчутливі сенсори (можуть виявляти присутність одного електрона), біосенсори, мініатюрні конденсатори високої ємності, швидкодійні елементи енергонезалежної пам'яті нового покоління, модулятори випромінювання, прозорі сенсорні екрани з діагоналлю понад 80 см.
- ✓ Обнадійливими є перші спроби застосування графену в медицині (зокрема при лікуванні пухлин).
- ✓ Фірмою IBM створено польові транзистори на основі графену зі швидкодією в 100 ГГц.
- ✓ Використання в акумуляторах. Так, у листопаді 2017 року Samsung Electronics оголосила про розробку нових акумуляторів для смартфонів, що можуть заряджатися всього за 12 хвилин, на відміну від звичайних, які заряджаються близько години-двох
- ✓ Британські вчені використали графен для побудови безпілотників Juno і у липні 2018 презентували його на виставці North West Aerospace Alliance. Завдяки новітньому матеріалу безпілотник може літати в грозу, оскільки, за словами розробників з Університету Центрального Ланкаширу (UCLan), що у Великій Британії, розряди блискавки просто розпорошаться по фюзеляжу. Також перевагами є менша вага дрона і захист від намерзання.
- ✓ Графен як джерело енергії. Атоми графену пульсують відносно один одного. Якщо розмістити електроди з обох сторін секції такого графену то на них виникне електричний потенціал. Тобто матимемо графеновий генератор. Згідно з розрахунками, граф розміром 10x10 мікрон графену має потужність в 10 мікроватів. Враховуючи, що на шпильковій голівці може поміститися цілих 20 000 таких квадратів, подібна “електростанція” виглядає реальною. Одержаної потужності при кімнатній температурі буде достатньо, щоб забезпечити енергією маленький гаджет — наприклад, наручний електронний годинник. У майбутньому подібний спосіб отримання енергії може привести до створення біоімплантів та безпаливних джерел енергії

Штучний інтелект

Хоча ШІ - це суто інформатика, роботи в цій галузі наблизили появу справді вражаючих можливостей, що дозволяють осмислити великі обсяги даних і знайти далеко неочевидні та закриті від поглядів висновки. Це дасть поштовх в усіх природничих науках, включаючи фізику.

Список використаних джерел:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%DI%80%D0%B0%DI%84%D0%B5%D0%BD
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%DI%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%DI%8E%DI%82%D0%B5%DI%80
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%DI%80%DI%8I%D0%BF%D0%B5%D0%BA%DI%82%D0%B8%D0%B2%D0%B8_%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%BD%DI%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%DI%85_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%DI%8E%DI%82%D0%B5%DI%80%DI%96%D0%B2
4. https://www.epochtimes.com.ua/novyny-nauky/grafen-mozhe-zminyty-nash-svit-9-cikavyh-naukovyh-idey-126925
5. https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/7430/1/tezi-I%2072%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%DI%84%20%D0%94_467-468_%D0%90%D0%BA%DI%8I%DI%8C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2.pdf
6. https://reporter.zp.ua/linijnij-optichnij-kvantovij-kompyuter-l-uk.html
7. https://chatgpt.com/ (пошукові запити для статті)