

МАЙБУТНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Слободян А.Р., студентка, Янковська О.М., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Економічне зростання, автоматизація та модернізація в основному залежать від енергопостачання. Світовий попит на енергію стрімко зростає, і, в даний час, всесвітнє занепокоєння полягає в тому, як задовольнити майбутні потреби в енергії. Довгострокові прогнози свідчать про те, що попит на енергію буде стрімко зростати в усьому світі. Для забезпечення цієї потреби в енергії викопне паливо використовується як первинне джерело енергії, внаслідок використання якого утворюються парникові гази, які сильно впливають на навколишнє середовище і майбутнє покоління. Запропонована альтернатива у вигляді відновлювальних джерел хоч і звучить гарно та екологічно, але ефективність даних джерел викликає багато сумнівів.

Мета роботи. Оцінка перспективних джерел енергії у контексті абсолютної ефективності.

Матеріали і результати дослідження. Виконаний аналіз можливості використання нових джерел енергії. Очікується, що майбутнє життя досягнувши технологічної межі потребуватиме здебільшого одного фундаментального ресурсу – так званої баріонної матерії: усього, що складається з атомів або їхніх компонентів (електронів і кварків). Неважливо у якій формі перебувала б ця матерія, передова технологія може реорганізувати її в будь-які бажані субстанції або об'єкти, зокрема електростанції.

Варто звернутися до найвідомішої формули з фізики. Ейнштейн довів, що якби ми могли перетворити масу на енергію зі стовідсотковою віддачею, то маса m дала б нам енергію E відповідно до формули $E=mc^2$, де c – швидкість світла. Виходячи з цього, завдяки величезному значенню c , невелика маса здатна продукувати колосальну кількість енергії. Якби в нас були великі запаси антиматерії (якими ми не володіємо), то можна було б легко зробити на 100% ефективну електростанцію. Наприклад, при вливанні чайної ложки антиводи у звичайну воду виділялася б енергія в еквіваленті 200 000 т тринітротолуолу, це потужність сучасної атомної бомби. Цього б вистачило, щоб забезпечити енергією потреби всього світу десь протягом 7 хвилин [1].

У порівнянні із цим, найпоширеніші методи генерування енергії, які ми використовуємо на сьогодні, жалюгідно неефективні, що видно з таблиці 1.

Як можна помітити з таблиці, порівняно з травленням, спалювання вугілля і бензину ефективніші всього в три й п'ять разів відповідно. Сучасні ядерні реактори мають набагато кращі показники, але все ще не можуть видобути більше ніж 0,08% енергії. Ядерний реактор в центрі Сонця на порядок ефективніший за ті, що створило людство і добуває 0,7% енергії злиттям ядер водню до утворення гелію. Проте, навіть якщо ми оточимо Сонце ідеальною сферою Дайсона, то ніколи не перетворимо більше від 0,08% енергії маси Сонця на придатну для використання енергію, бо як тільки Сонце витратить близько десятої частини свого водневого пального, воно перестане існувати як звичайна

зоря, розшириться до червоного гіганта і почне помирати. Для інших зірок перспективи теж не набагато кращі. Якщо навіть вдосконалити реактор штучного злиття ядер так, щоб зливати 100% усього водню, що є в нашому розпорядженні, все одно не вдасться піднятися вище досить низького показника ефективності процесу злиття в 0,7%.

Таблиця 1 – Ефективність перетворення маси у придатну для використання енергію (відносно теоретичної межі $E=mc^2$)

Метод	Ефективність
Перетворення шоколадного батончика	$\approx 0,00000001\%$
Спалювання вугілля	0,00000003%
Спалювання бензину	0,00000005%
Розщеплення ядер урану - 235	0,08%
Використання сфери Дайсона до смерті Сонця	0,08%
Злиття ядер водню з утворенням гелію	0,7%
Енергія обертання чорної діри	29%
Сфера Дайсона навколо квазара	42%
Сфалерайзер	50%
Випаровування чорної діри	90%

Найбільш ефективним методом вважається випаровування чорних дір. У «Короткій історії часу» Стівен Гокінг запропонував електростанцію на чорній дірі. Якщо у Всесвіті поблизу не вдасться знайти чорної діри природного походження, то можна створити нову, помістивши велику кількість матерії в достатньо малий простір. Гокінг блискуче обчислив, що ефекти квантової гравітації змушують чорну діру діяти як гарячий об'єкт, (до того ж чим менший, тим і гарячіший), який випромінює тепло, відоме як «випромінювання Гокінга». Тобто чорна діра поступово втрачає енергію і випаровується. Іншими словами, будь-яка матерія, скинута в чорну діру колись повернеться у вигляді теплового випромінювання. Тож до повного випаровування чорної діри матерія перетвориться на випромінювання майже зі 100% ефективністю [2]. Але потрібно зауважити, що випромінювання Гокінга передбачає існування також деяких частинок, з яких важко отримати корисну роботу. Це обумовлено тим, що великі чорні діри ефективні лише на 90%, оскільки близько 10% енергії випромінюється у вигляді гравітонів – надзвичайно невловимих частинок, які майже неможливо виявити. Доки чорна діра випаровуватиметься і зменшуватиметься, ефективність буде знижуватись далі, тому що у випромінюваннях Гокінга почнуть з'являтися нейтрино та інші масивні частинки.

Проблемою використання чорної діри як джерела енергії є те, що якщо ця чорна діра не буде набагато меншою від атома за розміром то її випаровування триватиме довше ніж існує наш Всесвіт, і відповідно отриманої енергії буде не більше ніж від звичайної свічки. Перспективи електростанції на чорній дірі псує

те, що на даний момент немає чіткої теорії квантової гравітації, на основі якої можна було б робити розрахунки.

Ефективним процесом також є сфалерон [1]. Він може знищувати кварки й перетворювати їх на лептони – електрони, а також нейтрино або їхні античастинки. Як показано на рис. 1, стандарт моделі фізики елементарних частинок передбачає, що дев'ять кварків з певним ароматом і спіном можуть з'єднатися і перетворитися на три лептони через проміжний стан, що називається «сфалерон». Оскільки маса частинок на вході більша, ніж на виході, різниця перетворюється на енергію за формулою Ейнштейна $E=mc^2$.

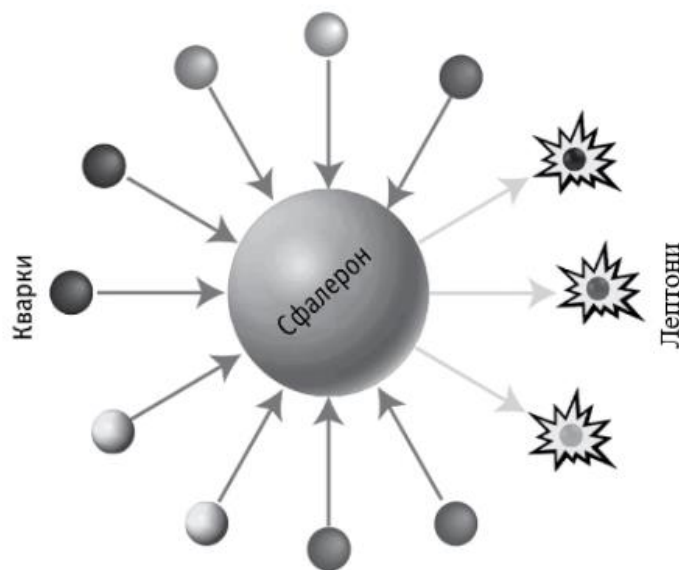


Рисунок 1 – Процес утворення сфалерона

Марк Тегмарк у своїй книзі «Життя 3.0» назвав це сфалерайзером. Він проводив аналогію, що сфалерайзер має такий ж принцип як дизельний двигун. Сфалерайзер стискаючи матерію до кількох квадрильйонів ступенів давав би можливість знову розширитися й охолонути після того, як сфалерони зроблять свою роботу. Результат цього експерименту усім відомий, оскільки всесвіт виконав його для нас ще приблизно 13,8 мільярда років тому, коли був настільки гарячим: майже 100% матерії перетворюється на енергію, а залишається менше мільярдної частини часточок з яких утворюється звичайна матерія: кварки й електрони. Основною перевагою цього процесу є те, що він працюватиме на всьому, що складається з кварків, тобто на будь-якій звичайній речовині.

Висновки: Розглянуті методи потребують детальних досліджень та великих капіталовкладень. Енергетичні перспективи для майбутнього життя з використанням новітніх технологій можуть бути набагато ефективнішими порівняно із сучасними технологіями.

Перелік посилань

1. Макс Тегмарк, «Життя 3.0. Доба штучного інтелекту», 2019
2. Стівен Гокінг, «Коротка історія часу. Від великого вибуху до чорних дір», 2015