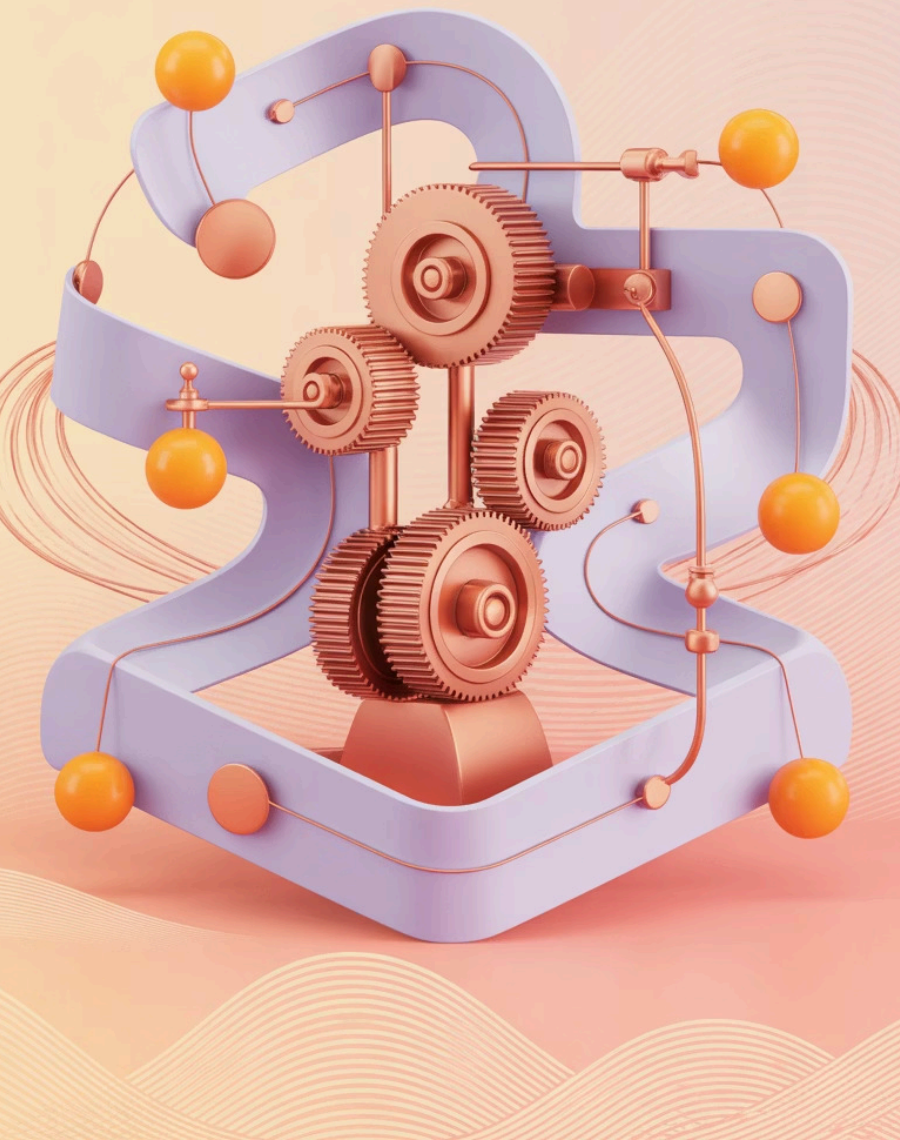




Робота з переміщення заряду. Потенціал

Дослідження фундаментальних принципів електродинаміки та енергетичних перетворень у електричних полях

Kinetic Cascade



Частина 1

Основи роботи та енергії

Фундаментальні поняття механіки, які стануть основою для розуміння електричних явищ

Що таке робота?



Визначення

Робота — це енергетичні затрати при переміщенні тіла під дією сили



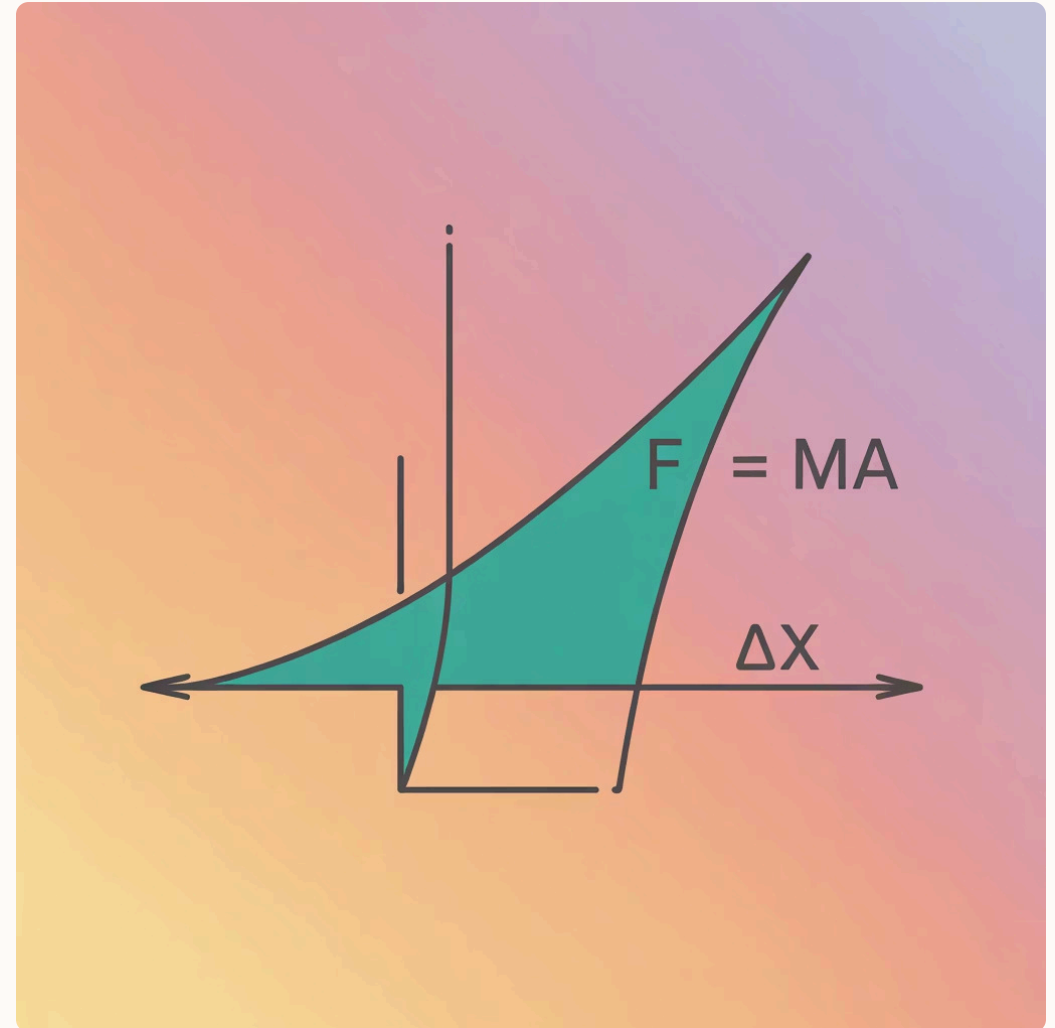
Позначення

Позначається **A**, вимірюється в джоулях (Дж)



Умова

Роботу виконує лише складова сили, паралельна переміщенню



Формула роботи при малому переміщенні

1

Основна формула

$$A = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

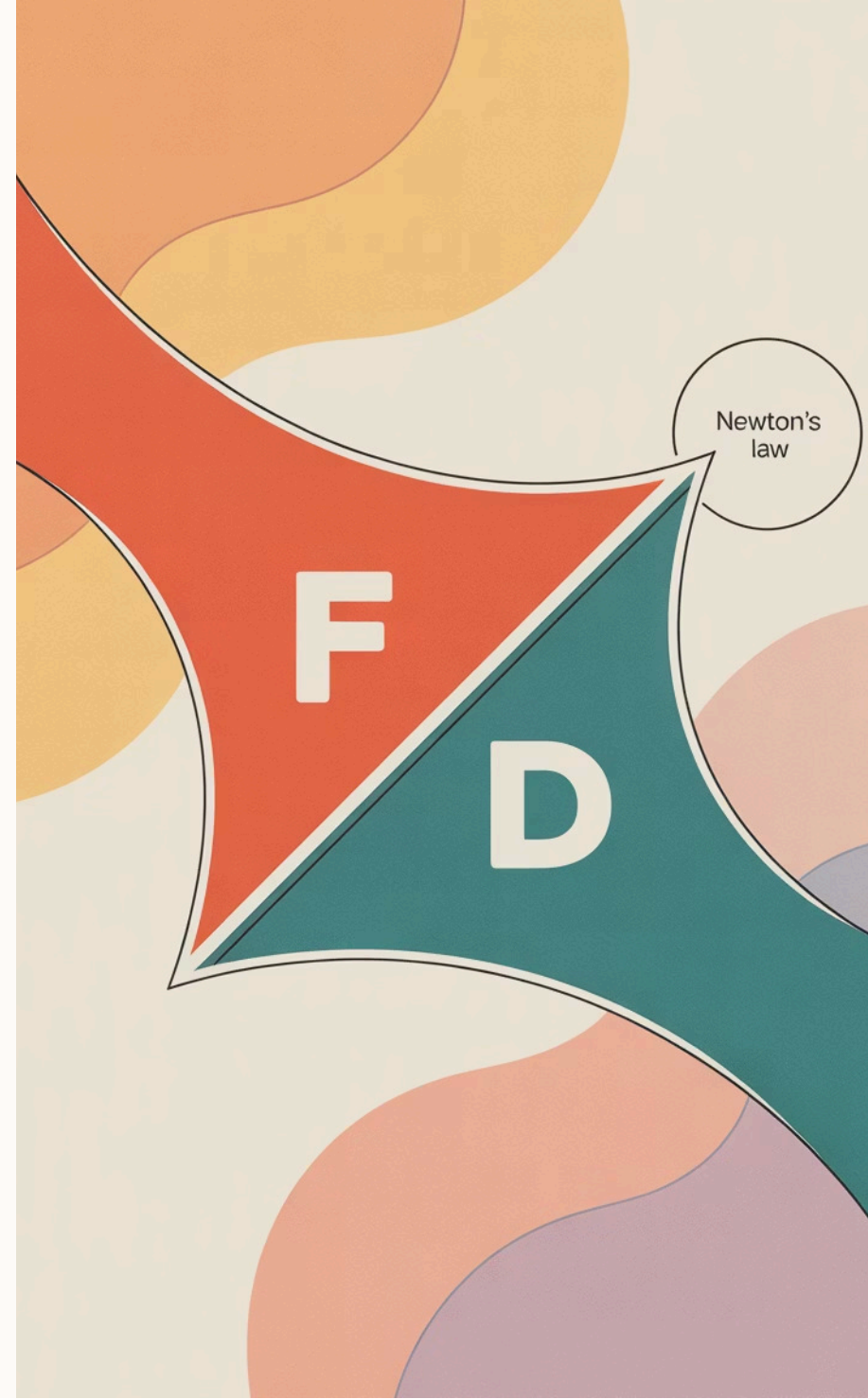
де θ — кут між силою і переміщенням

2

Криволінійний рух

Якщо рух по криволінійному шляху, роботу обчислюють інтегруванням

$$A = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$$



Потенціальна сила і робота



Незалежність від траєкторії

Робота потенціальної сили залежить лише від початкової та кінцевої точок



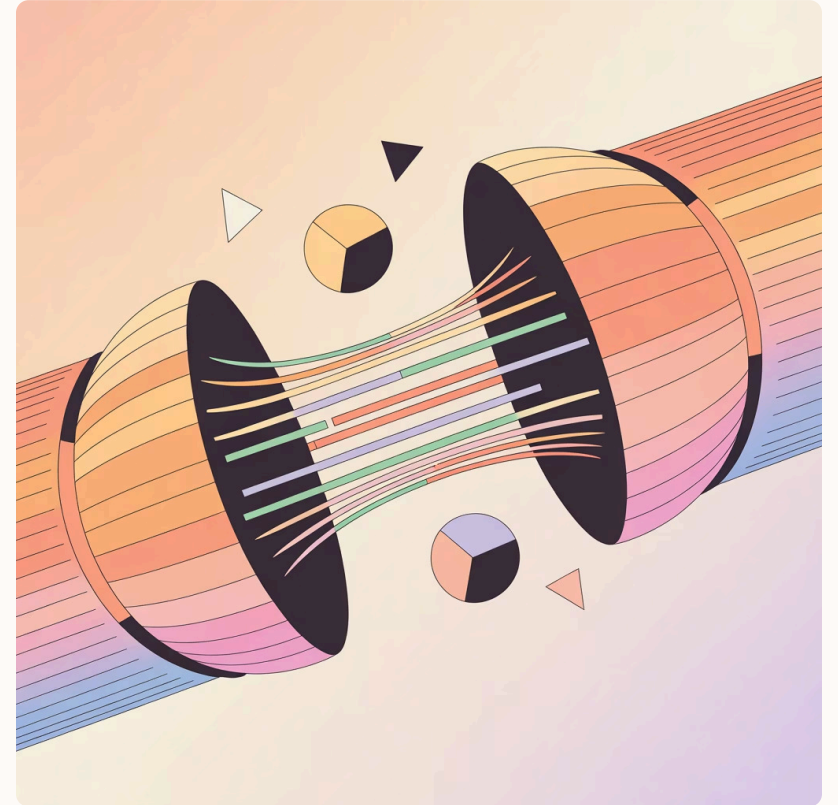
Властивість консервативності

Не залежить від траєкторії руху між цими точками



Практичний приклад

Робота газу при зміні об'єму під постійним тиском



Енергія: загальна міра руху і взаємодії



Енергія позначається **Е**, вимірюється в джоулях

Кінетична та потенціальна енергія

Кінетична енергія

Енергія руху тіла

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

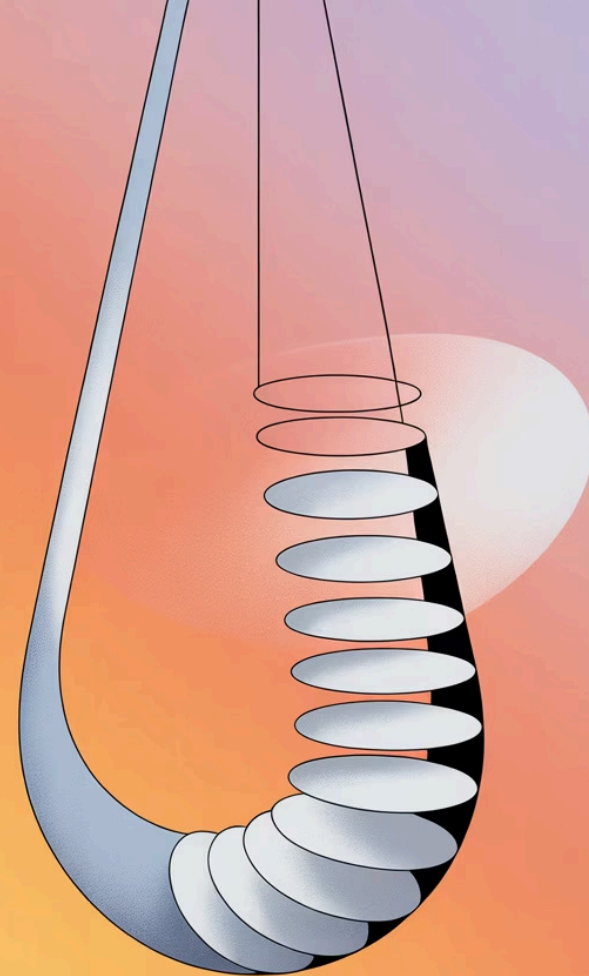
Залежить від маси та швидкості

Потенціальна енергія

Енергія взаємодії тіл, залежить від положення

$$U = mgh$$

Визначається конфігурацією системи



Rhythm

Закон збереження енергії в механіці

01

Ізольована система

Повна енергія ізольованої системи
не змінюється в часі

03

Математичний вираз

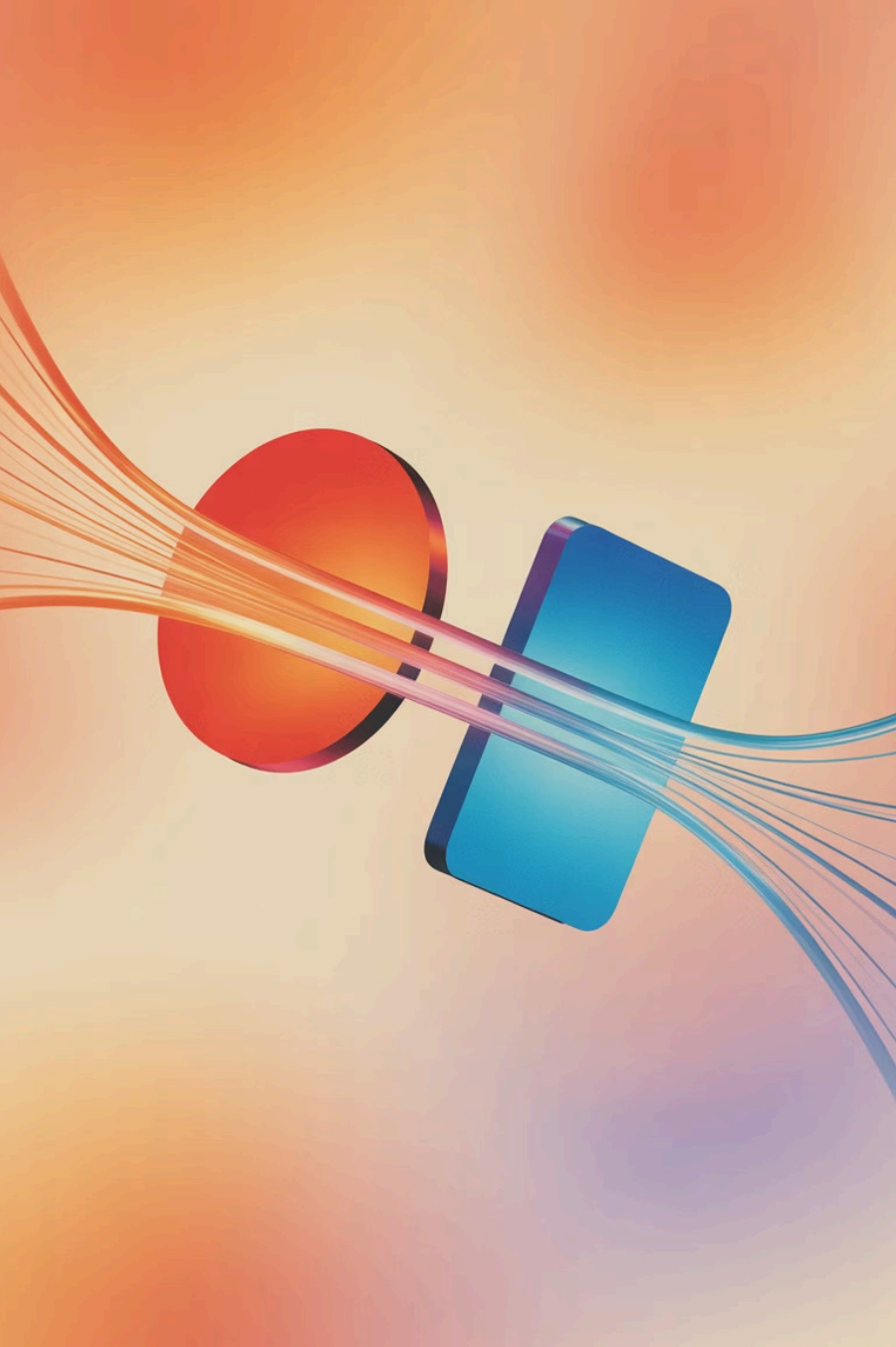
$$E_{\text{повна}} = K + U = \text{const}$$

02

Перетворення енергії

Енергія може переходити з
кінетичної в потенціальну і навпаки





Частина 2

Електричний заряд і робота з ним

Перехід від механічних до електричних явищ

Електричний заряд (q)



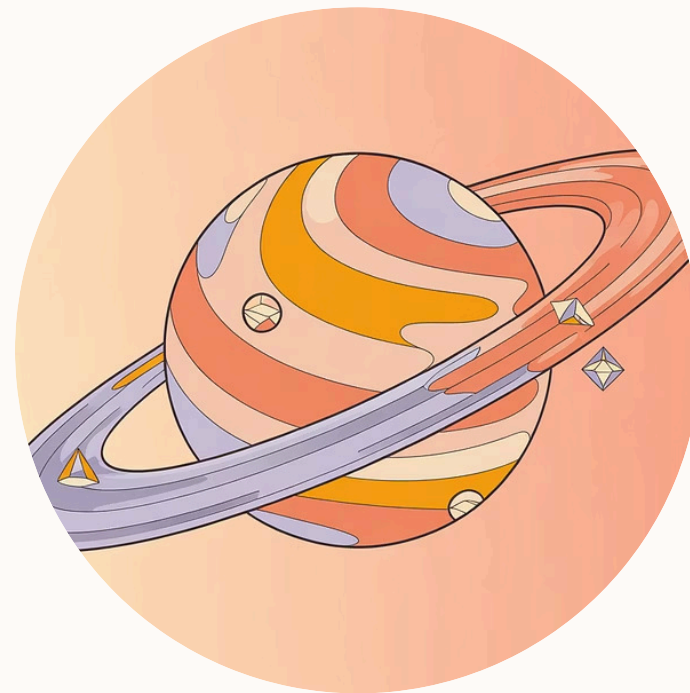
Основна величина

Основна електрична величина,
одиниця вимірювання — **кулон (Кл)**



Заряд електрона

$q_e = -1.602 \times 10^{-19}$ Кл
Найменший від'ємний заряд



Заряд протона

$q_p = +1.602 \times 10^{-19}$ Кл
Найменший додатний заряд

Робота при переміщенні заряду в електричному полі



Електричне поле

Створює силу, що діє на заряд



Робота поля

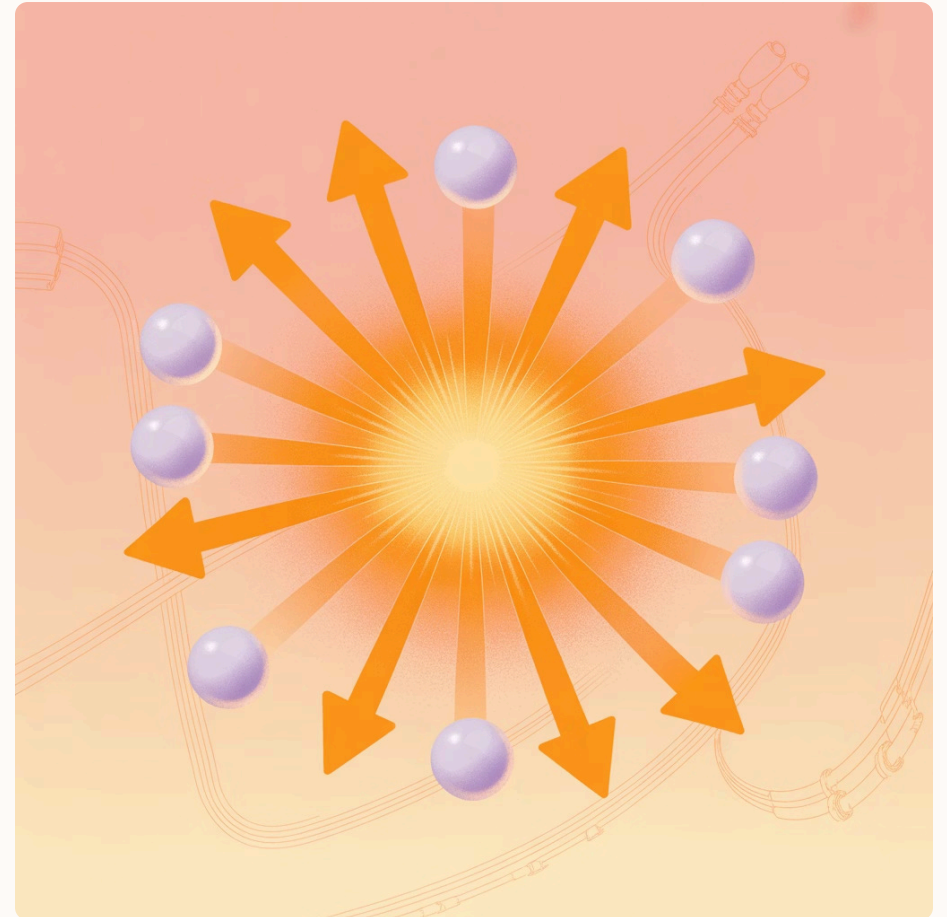
Робота потрібна, щоб перемістити заряд проти електричного поля

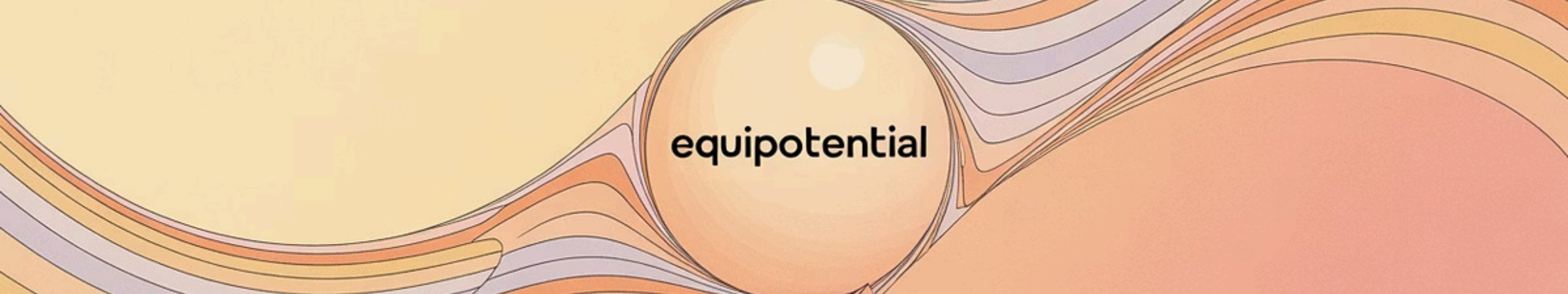


Формула роботи

$$A = q \cdot \Delta V$$

де ΔV — різниця потенціалів



The image shows a series of concentric, wavy lines representing equipotential surfaces around a central point, which is a positive charge. The lines are colored in shades of orange, yellow, and purple, radiating outwards from the center. The word "equipotential" is written in black text in the center of the image.

equipotential

Електричний потенціал (V)

Визначення потенціалу

Потенціал — робота на одиницю заряду

$$V = \frac{A}{q}$$

Одиниця вимірювання

1 В = 1 Дж/Кл

Вольт — основна одиниця потенціалу

Незалежність від заряду

Потенціал не залежить від величини заряду, а лише від властивостей поля

Аналогія з гравітаційним потенціалом

Гравітаційна енергія

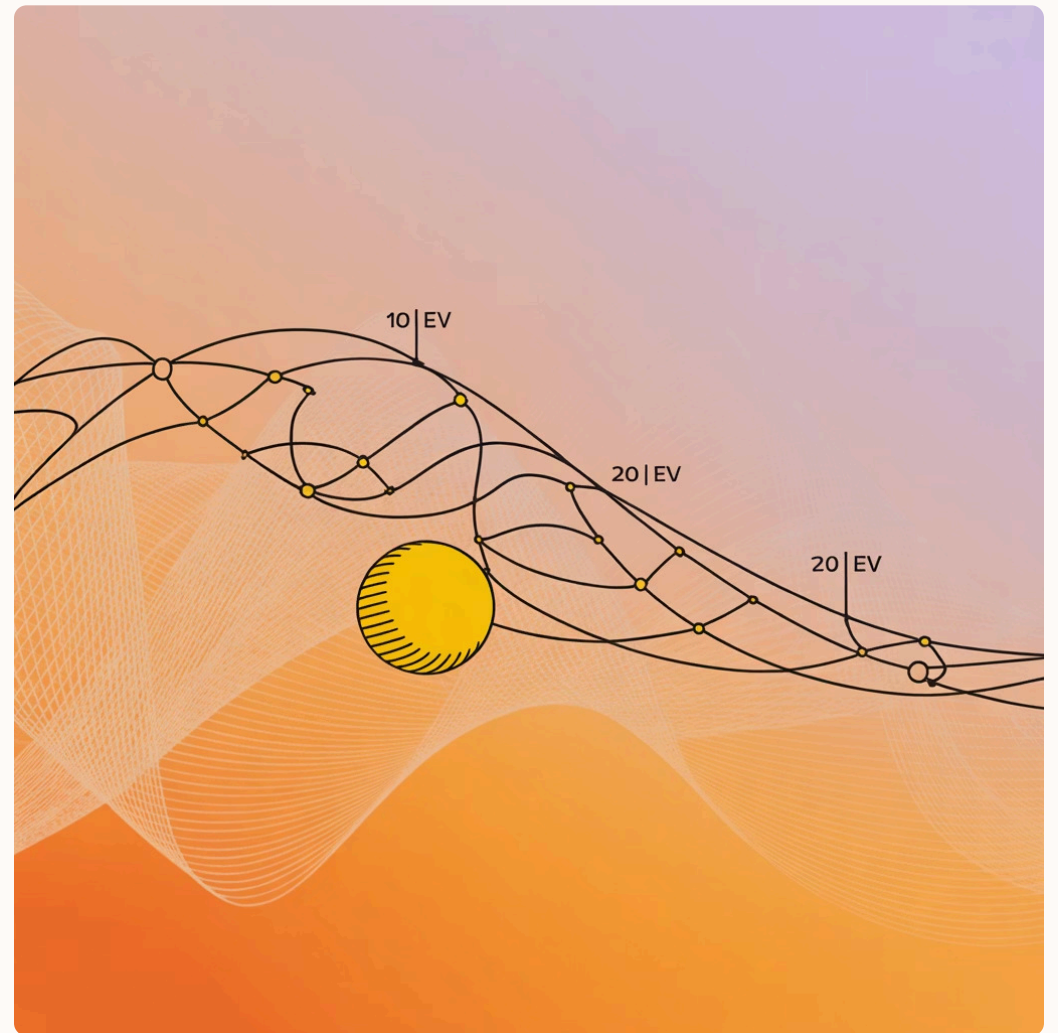
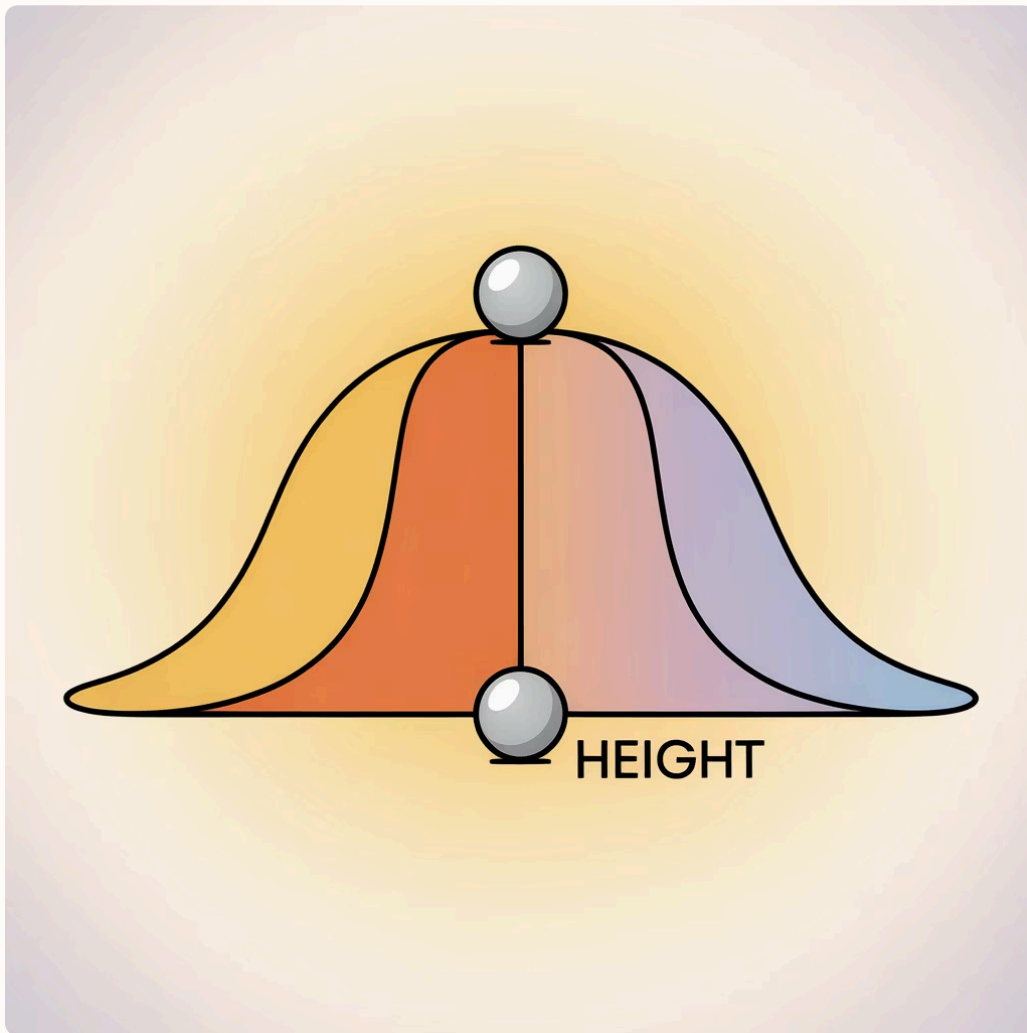
Маса має потенціальну енергію на висоті відносно земної поверхні

$$U_g = mgh$$

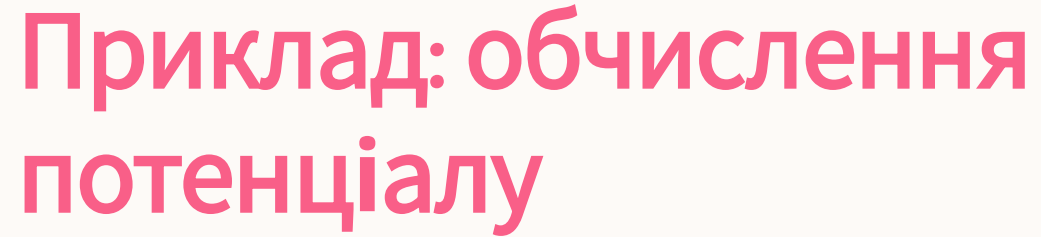
Електрична енергія

Заряд має електричну потенціальну енергію в електричному полі

$$U_e = qV$$



Переміщення заряду між точками з різним потенціалом змінює його енергію



Дані задачі

Застосування формули

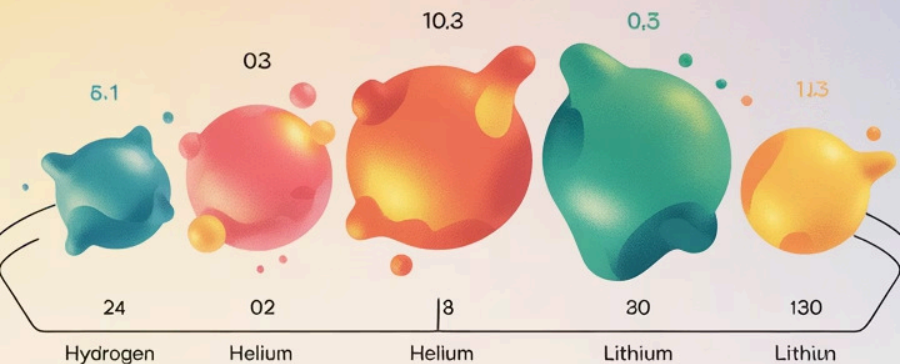
$$\Delta V = \frac{A}{q}$$

Підставляємо відомі значення

Розрахунок

$$\Delta V = 3,2 \text{ Дж} / (400 \times 10^{-6} \text{ Кл}) = 8000 \text{ В} = 8 \text{ кВ}$$

Electron-volt scale



Електрон-вольт (eV) —
одиниця енергії



Визначення eV

1 eV — енергія, яку
отримує електрон
при проходженні
через різницю
потенціалів 1 В

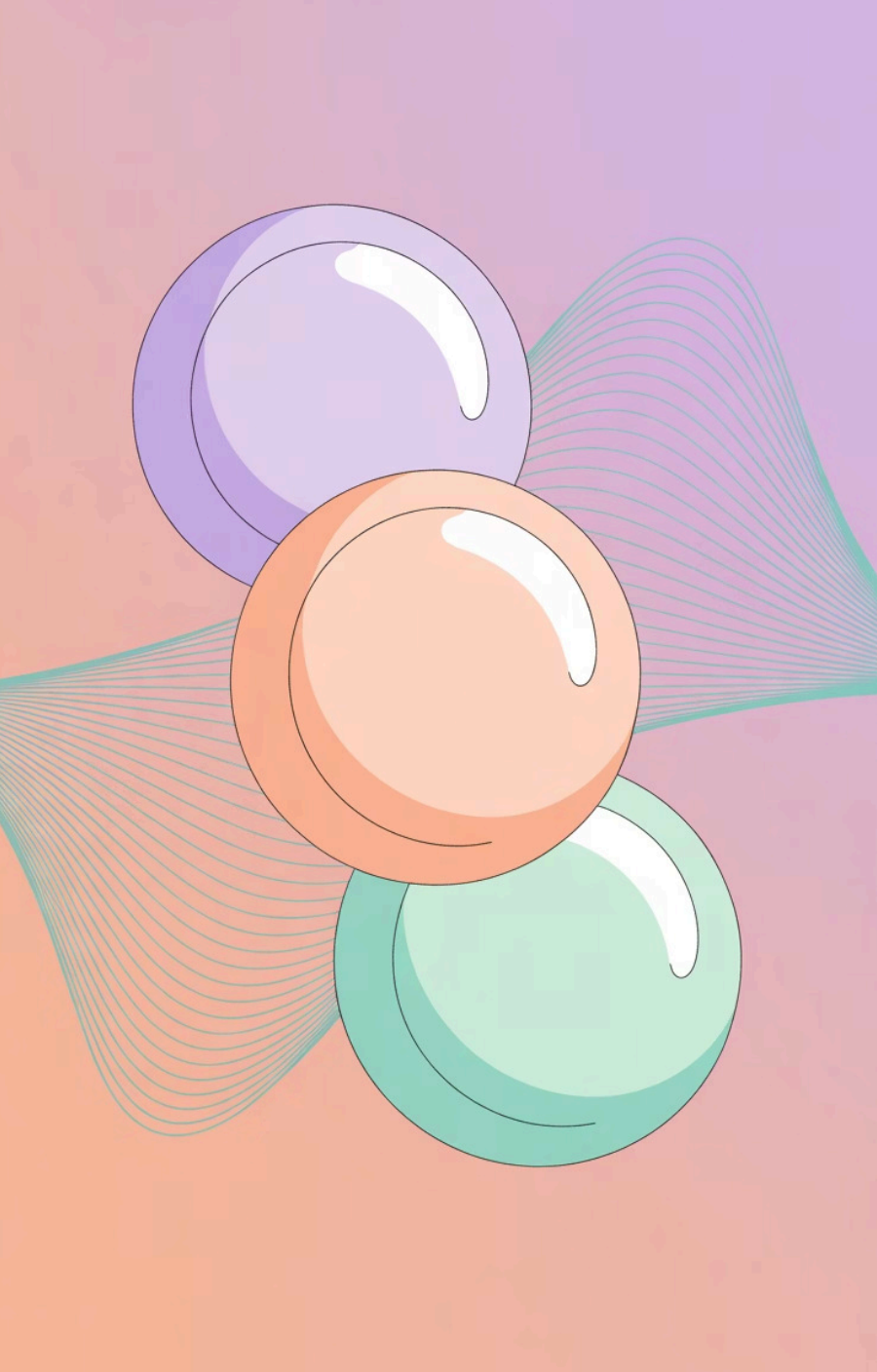
$$1.6 \times 10^{-19}$$

Джоулів

Еквівалент одного електрон-вольта в
системі СІ



Електрон-вольт широко використовується в атомній та ядерній фізиці для вимірювання енергій частинок



Еквіпотенціальні поверхні



Однаковий потенціал

Поверхні, на яких потенціал має однакове значення в усіх точках



Без затрат енергії

Переміщення заряду по еквіпотенціальній поверхні не потребує роботи

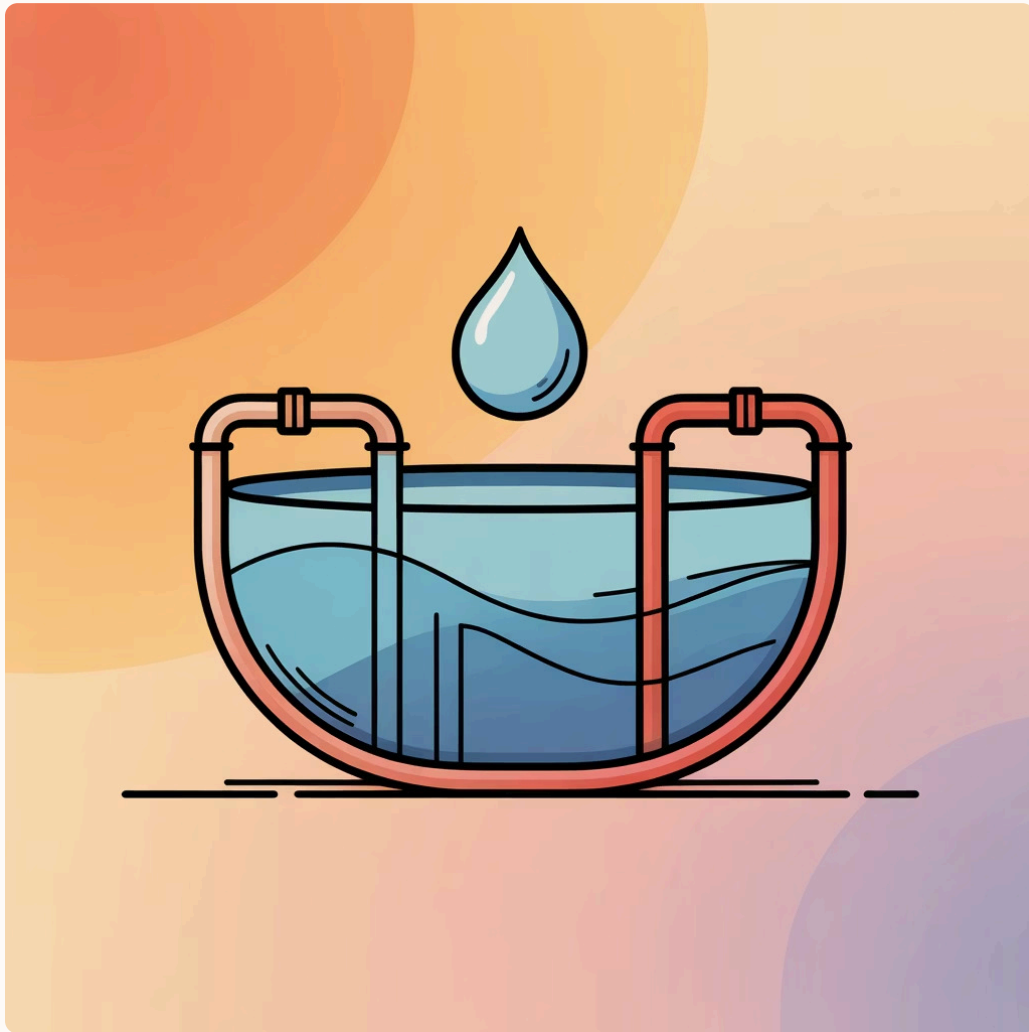


Перпендикулярність

Лінії електричного поля завжди перпендикулярні до еквіпотенціальних поверхонь

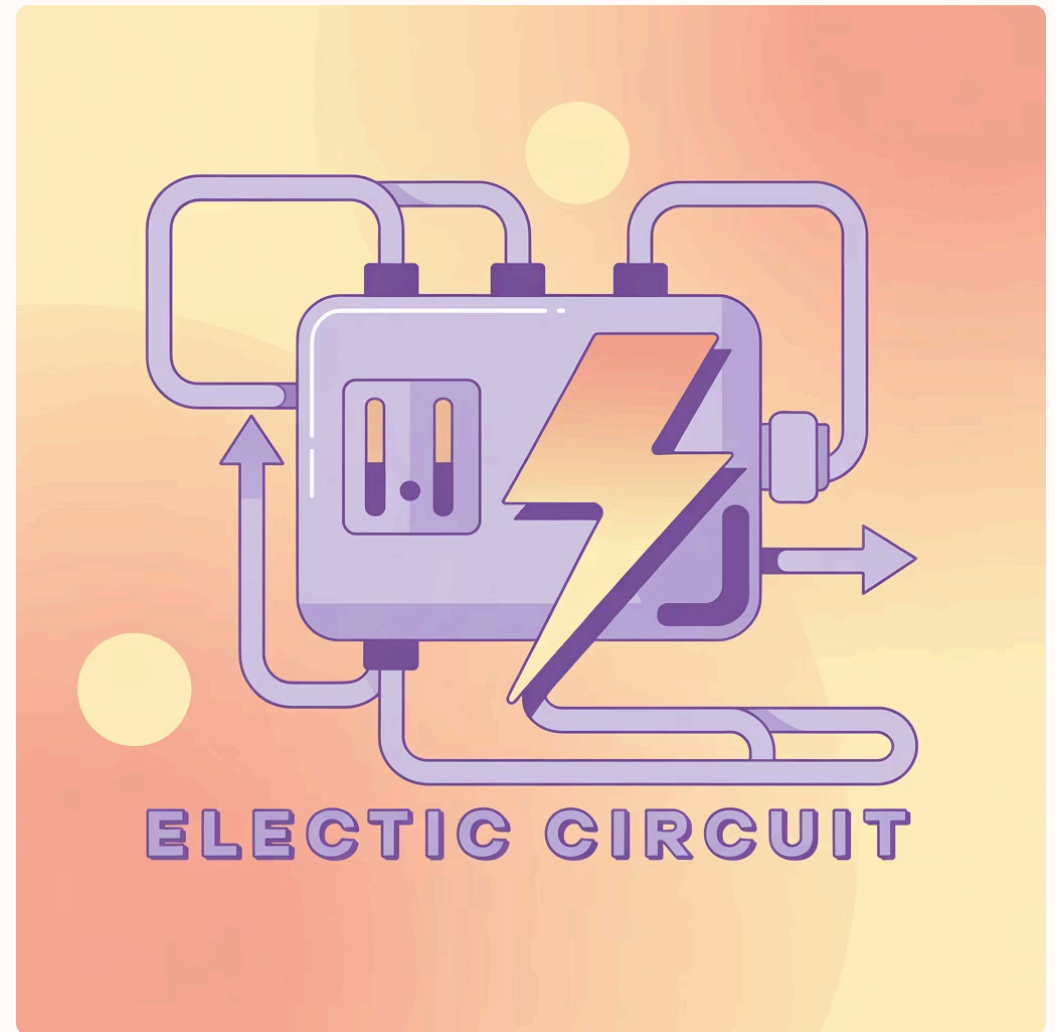
Візуальна аналогія: вода і електрика

Гідравлічна система

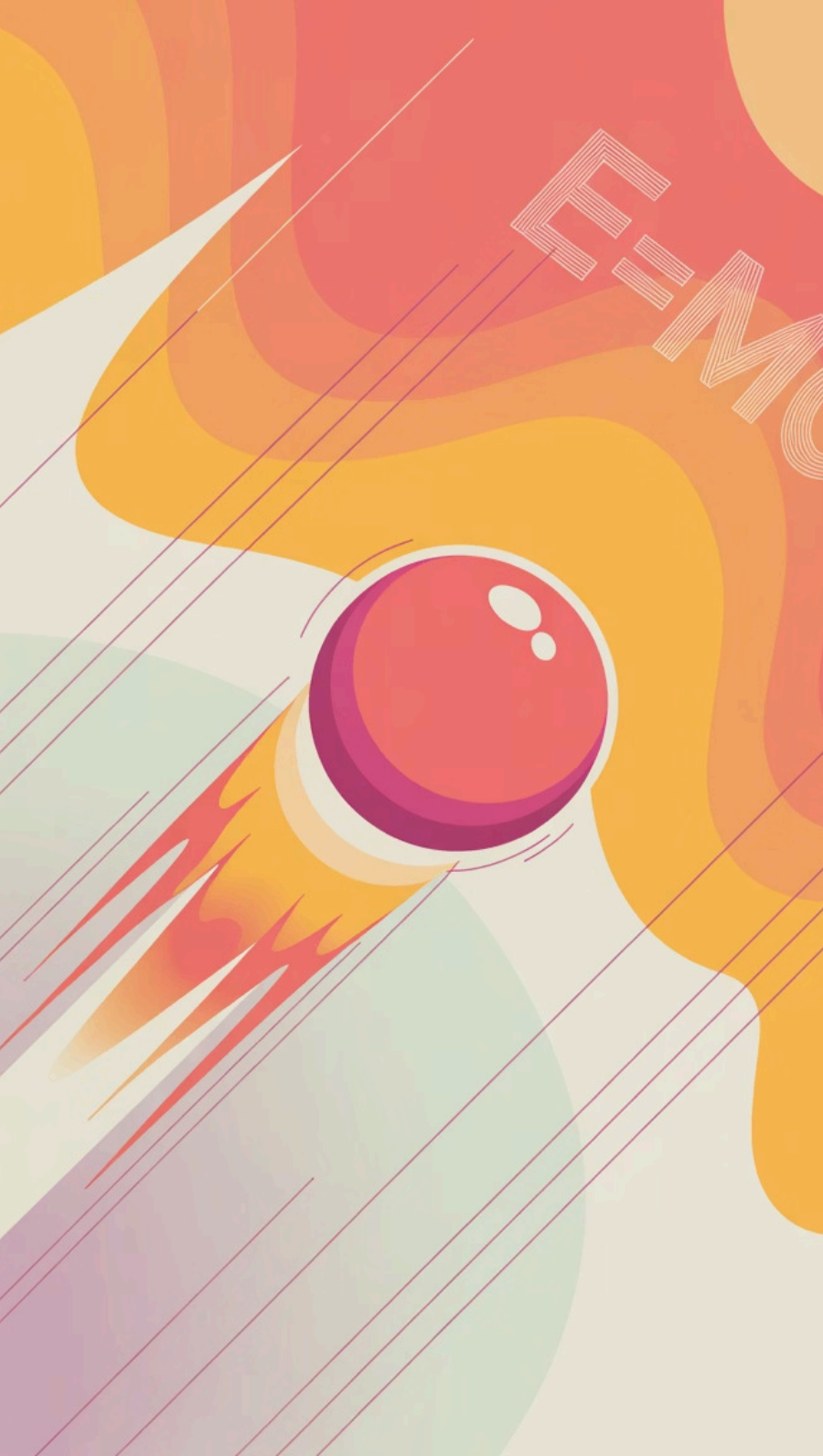


- Потенціал — як висота води у резервуарі
- Робота — як енергія, потрібна для підняття води
- Струм води — потік по трубі вниз

Електрична система



- Електричний потенціал — «висота» енергії зарядів
- Робота — енергія для переміщення заряду
- Електричний струм — потік зарядів по провіднику



Приклад задачі: прискорення протона

1

Початковий стан

Протон у спокої при потенціалі $V_1 = 0 \text{ В}$

Кінетична енергія: $K_1 = 0$

2

Прикладення поля

Протон рухається через різницю потенціалів $\Delta V = 200 \text{ В}$

Робота поля: $A = q\Delta V$

3

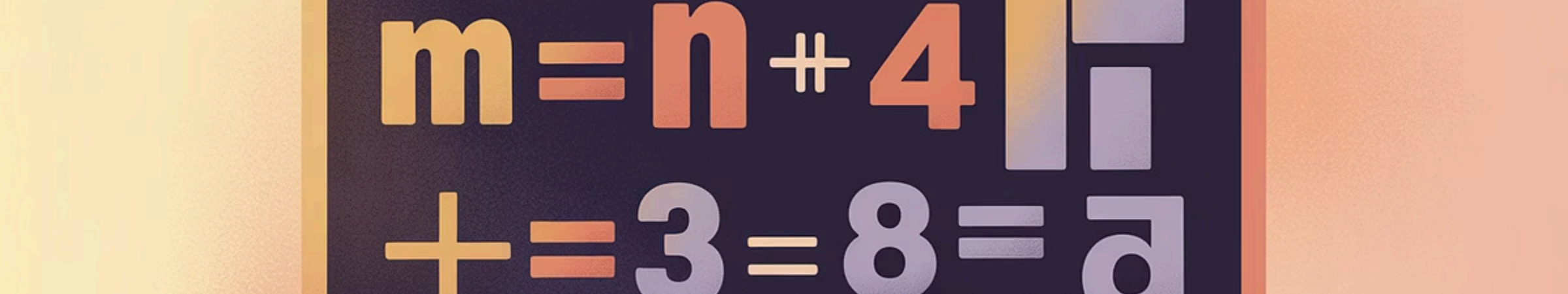
Кінцевий стан

Робота поля перетворюється у кінетичну енергію

$K_2 = A = q\Delta V = 200 \text{ еВ}$



Протон набуває швидкості близько 200 км/с при проходженні через потенціал 200 В

A decorative header featuring a dark blue background with large, stylized mathematical symbols in orange and white. The symbols include 'm = n + 4' and '+ = 3 = 8 = a'.
$$m = n + 4$$
$$+ = 3 = 8 = a$$

Підсумок: ключові формули

Робота

$$A = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

або

$$A = q \cdot \Delta V$$

Кінетична енергія

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Енергія руху частинки

Потенціальна енергія

$$U = qV$$

Енергія заряду в електричному полі

Збереження енергії

$$E = K + U = \text{const}$$

Для ізольованої системи

Висновок

Фундаментальні основи

Розуміння роботи з переміщення заряду і потенціалу — це основа всієї електротехніки та електроніки

Універсальність потенціалу

Потенціал допомагає описати енергетичні зміни без залежності від величини конкретного заряду

Практичне застосування

Ці поняття широко використовуються у фізиці, електроніці, енергетиці та технологіях майбутнього

