

Заняття 54

Освоєння навиків рішення задач з теми «Основи теорії відносності та квантової фізики»

Мета: перевірка і закріплення одержаних знань по темі; розвиток логіки і здатності використання одержаних знань при рішенні задач

1. Рішення задач. Тестування.
2. Контрольна робота.

Ключові слова: інерціальні системи, релятивістська механіка, релятивістська динаміка, енергія спокою, повна енергія, квант, фотон, фотоефект, червона межа, тиск світла, корпускулярно-хвильовий дуалізм, дія світла

Теоретичні відомості

1 постулат: Принцип відносності: ніякі досліди, проведені усередині даної інерціальної системи відліку, не дають можливість знайти, чи покоїться ця система або рухається рівномірно і прямолінійно; всі закони природи *інваріантні* по відношенню до переходу від однієї системи відліку до іншої.

2 постулат: Принцип інваріантності швидкості світла: швидкість світла у вакуумі не залежить від швидкості руху джерела світла або спостерігача і *однакова* у всіх інерціальних системах відліку.

Відносність довжин тіл $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Відносність проміжків часу $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Додавання швидкостей $v = \frac{v' + u}{1 + \frac{uv'}{c^2}}$

Релятивістська маса m рухомих релятивістських частинок (тіл) залежить від їх швидкості $m = m(v)$:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

m_0 - **маса спокою** частинки, тобто маса, зміряна в тій інерціальній системі відліку, в якій частинка знаходиться у спокої.

Вираз релятивістського імпульсу $\bar{p} = \frac{m_0 \bar{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Співвідношення Ейнштейна: $E = mc^2$ – повна енергія тіла.

$\Delta E = \Delta mc^2$ - це ствердження носить назву **закону взаємозв'язку маси та енергії**.

Тіло, що покоїться, володіє енергією: $E_0 = m_0 c^2$, званою **енергією спокою**.
Кінетичну енергію частинки визначимо як різницю:

$$K = E - E_0 = \left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 \right) = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

Фотоефектом називається явище емісії електронів з металів під дією електромагнітного випромінювання.

При деякій **затримуючій (затримуючому) напрузі** U_3 електричне поле гальмує вирвані електрони до повної зупинки, а потім повертає їх на електрод. $eU_3 = \frac{mv^2}{2}$

А. Ейнштейн після М. Планка зробив припущення: світло не тільки випромінюється, але і розповсюджується і поглинається квантами.

Енергія кванта $E = h\nu$, де h - стала Планка, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Кванти електромагнітного випромінювання, рухомі з швидкістю c розповсюдження світла у вакуумі, називаються **фотонами**.

Вирази для **енергії, маси і імпульсу** фотона

$$\varepsilon_0 = h\nu \quad m_\gamma = \frac{h\nu}{c^2} \quad p_\gamma = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Рівняння Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$.

Червоною межею називається мінімальна частота ν_0 , при якій фотоефект починається: $V = 0$, $\Rightarrow A = h\nu_0$, тобто вся енергія фотона йде на здійснення роботи виходу.

$$\text{Оскільки } eU_3 = \frac{mv^2}{2}, A = h\nu_0, h\nu = eU_3 + h\nu_0, \Rightarrow h = \frac{eU}{\nu - \nu_0}$$

Світловий тиск - це тиск, який призводить електромагнітна хвиля, падаюча на поверхню тіла.

Питання для самоконтролю

1. Що позначають постулати Ейнштейну?
2. Чим відрізняються класичний закон додавання швидкостей від релятивістського?
3. Як змінюється маса тіл?
4. Як змінюється довжина тіла?
5. Як змінюється імпульс тіла?
6. Що таке ефект близнюків?
7. Яке співвідношення між масою та енергією?
8. Що таке енергія спокою?
9. З чого складається повна енергія тіла?
10. Що таке затримуюче напруження?
11. Що таке квант світла?
12. У чому фізичне значення рівняння Ейнштейна?
13. Що таке «червона межа»?

Вправа 54

1. З якою швидкістю має летіти протон, щоб його маса зросла вдвічі?
2. Скільки часу пройде на Землі, якщо в ракеті, що рухається зі швидкістю $0,85c$ пройшло 10 років?
3. З якою швидкістю повинно рухатися тіло щоб його довжина скоротилася втричі?
4. Визначити довжину хвилі променів, кванти яких мають таку саму енергію, що й електрон, який пролетів різницю потенціалів 4,1 В.
5. Якої довжини промені світла треба спрямувати на поверхню цезію, щоб максимальна швидкість фотоелектронів становила 2000 км/с ? Червона межа фотоефекту для цезію дорівнює 760 нм .
6. Чи виникає фотоефект у калію під дією випромінювання, що має довжину хвилі $0,56 \text{ мкм}$?