

Фізика 10

Урок 51 Наслідки постулатів спеціальної теорії відносності

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання учнів про відносність одночасності події, відносність довжини і часу в рухомій СВ і нерухомій СВ; формувати науковий світогляд та діалектичне мислення.

Розвивальна. Розвивати творчий підхід до навчання як засіб виховання стійкого інтересу до предмета.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

«Вік існування речей лишається тим самим незалежно від того, чи швидкі їх рухи, чи повільні, а чи їх немає взагалі», – писав І. Ньютон.

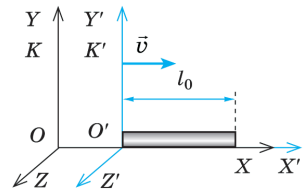
Чи дійсно це твердження є справедливим з погляду релятивістської механіки?

Чи змінюються лінійні розміри предметів під час їхнього руху?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Лінійні розміри предметів під час їхнього руху

Довжина l рухомого предмета відрізняється від довжини l_0 того самого предмета в його «власній» системі відліку (тобто в тій, у якій цей предмет нерухомий).



Лоренцеве скорочення довжини: $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < l_0$

l_0 – довжина стрижня в СВ K' , відносно якої стрижень перебуває у спокої;

l – довжина стрижня в СВ K , відносно якої стрижень рухається/

Зверніть увагу!

1. Розміри тіла зменшуються тільки вздовж його руху: якщо стрижень розташований вздовж свого руху, то його довжина зменшується, а от діаметр залишається незмінним.

2. Релятивістський ефект скорочення довжини стає помітним тільки у випадку руху тіла зі швидкістю, яка порівнянна зі швидкістю поширення світла.

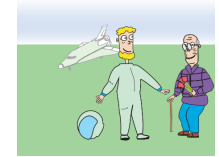
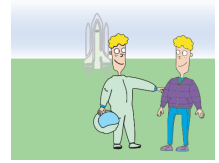
2. Ефект уповільнення часу

Проблемне питання

• У чому полягає ефект уповільнення часу?

Час τ_0, вимірюваний спостерігачем, відносно якого годинник перебуває у спокої: $\tau_0 = \frac{L_0}{c}$	Час τ, вимірюваний спостерігачем, відносно якого годинник рухається: $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Інтервал часу τ_0 , відлічуваний у СВ, відносно якої годинник перебуває у стані спокою (власний час події), менший, ніж інтервал часу τ , відлічуваний у СВ, відносно якої годинник рухається. Інакше кажучи, час у рухомій СВ уповільнюється.



Уявний експеримент «Парадокс близнюків»

Уявімо, що перший із двох близнюків подорожуватиме в космічному кораблі з великою швидкістю відносно Землі, а другий чекатиме на нього вдома. Тоді після повернення космічного корабля на Землю після 20-річної подорожі виявиться, що близнюк-космонавт біологічно набагато молодший за свого брата. Та й бортові годинники покажуть, що на кораблі минуло далеко не 20 років.

3. Маса та енергія

Проблемне питання

- Як пов'язані маса та енергія?

Якщо тіло масою m рухається зі швидкістю v відносно якоїсь СВ, то енергія E тіла в цій СВ становить:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Наслідки

1. Будь-яке тіло (будь-яка частинка), що має масу, несе із собою запас енергії.

Навіть якщо $v = 0$, то тіло все одно має енергію (енергія спокою): $E = mc^2$

2. Зміна енергії тіла прямо пропорційна зміні його маси: $\Delta E = \Delta mc^2$

3. У випадках, коли тіло (частинка) рухається зі швидкістю, яка набагато менша, ніж швидкість світла ($v \ll c$), то:

$$E(v) = mc^2 + \frac{mv^2}{2}, \quad \text{де } mc^2 - \text{енергія спокою; } \frac{mv^2}{2} - \text{кінетична}$$

енергія.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Визначте енергію спокою сталевій кулі масою 2 кг. Чи зміниться відповідь, якщо куля того самого розміру буде дерев'яною? Швидкість поширення світла у вакуумі $3 \cdot 10^8$ м/с.

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$E = ?$

Розв'язання

$$E = mc^2 \quad E = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$E = 2 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 18 \cdot 10^{16} \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $E = 18 \cdot 10^{16}$ Дж.

Енергія дерев'яної кулі також розміру зменшиться, бо маса дерев'яної кулі буде менша від маси сталевій кулі.

2. Який розмір матиме 20-метрова ракета відносно інерціальної системи відліку в напрямку руху, якщо швидкість руху ракети відносно цієї системи становить $2,4 \cdot 10^8$ м/с?

Дано:

$$l_0 = 20 \text{ м}$$

$$v = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розв'язання

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad [l] = \text{м} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}} = \text{м}$$

$l - ?$	$l = 20 \cdot \sqrt{1 - \frac{(2,4 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}} = 12 \text{ (м)}$ Відповідь: $l = 12 \text{ м.}$
3. Ракета рухається зі швидкістю $2,2 \cdot 10^5 \text{ км/с}$ відносно нерухомого спостерігача. Поточний контроль систем ракети космонавти виконали за 5 год. Визначте, скільки часу тривав контроль за годинником спостерігача. Дано: $v = 2,2 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\tau_0 = 5 \text{ год}$ $= 1,8 \cdot 10^4 \text{ с}$ $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	Розв'язання $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad [\tau] = \frac{\text{с}}{\sqrt{\frac{(\frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{(\frac{\text{м}}{\text{с}})^2}}} = \text{с}$ $\tau = \frac{1,8 \cdot 10^4}{\sqrt{1 - \frac{(2,2 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} \approx 2,65 \cdot 10^4 \text{ (с)}$
$\tau - ?$	Відповідь: $\tau = 7,36 \text{ год.}$
4. Яке значення мала б повна енергія ракети, маса якої 15 т, у системі відліку, яка пов'язана із Землею, якби ракета рухалася відносно Землі зі швидкістю $2,7 \cdot 10^8 \text{ м/с}$? Дано: $m = 15 \text{ т} = 15 \cdot 10^3 \text{ кг}$ $v = 2,7 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	Розв'язання $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad [E] = \frac{\text{кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{\sqrt{\frac{(\frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{(\frac{\text{м}}{\text{с}})^2}}} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$ $E = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{\sqrt{1 - \frac{(2,7 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}} \approx 3 \cdot 10^{21} \text{ (Дж)}$
$E - ?$	Відповідь: $E \approx 3 \cdot 10^{21} \text{ Дж.}$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Як змінюється довжина предмета, якщо він рухається з незмінною швидкістю?
2. Який час називають власним часом події?
3. Як змінюється інтервал часу для тіла, яке рухається з незмінною швидкістю?
4. Який експеримент підтверджує ефект уповільнення часу?
5. Наведіть формулу залежності енергії тіла від швидкості його руху. Якого вигляду набуває ця формула у випадку малих швидкостей руху ($v \ll c$)?
6. Який зміст має величина mc^2 ?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 25, Вправа № 25 (1, 2)