

Самостійна робота

Перелік компетентностей

Необхідно зрозуміти:

1. Поняття фазової та групової швидкості.
2. Методи визначення швидкості астрономічними та лабораторними методами.
3. Фізичний зміст ефекту Вавілова – Черенкова.
4. Аналіз «негативного» результату досліду Майкельсона дав можливість Ейнштейну сформулювати основні положення спеціальної теорії відносності.
5. Явище аберації світла та ефект Допплера є дослідним підтвердженням основних положень теорії відносності.

Треба вміти:

1. Намалювати установку для визначення швидкості світла методом Фізо або методом зубчастого колеса, методом Фуко або методом дзеркала, що обертається, методом Майкельсона або призми, що обертається.
2. Побудувати схему досліду Вавілова – Черенкова.
3. Побудувати схему досліду Майкельсона за допомогою інтерферометра Майкельсона для встановлення залежності часу поширення світла від напрямку його руху по відношенню до руху Землі.
4. Побудувати схему досліду для спостереження аберації світла.

Слід запам'ятати:

1. Розрахунки швидкостей світла методом Рьомера, методом Фізо, методом Фуко, методом Майкельсона.
2. Закон випромінювання Вавілова – Черенкова та його застосування для вимірювання швидкостей частинок високих енергій у ядерній фізиці.
3. Зміст «негативного» результату інтерференційного досліду Майкельсона.
4. Зміст ефекту Допплера.
5. Зміст явища аберації світла.

Питання для самоконтролю

1. Яке середовище було прийнято називати світловим ефіром?
2. Що таке «механічний» ефір?
3. Що таке «електромагнітний» ефір?
4. Які висновки зробив Фізо зі своїх інтерференційних дослідів по дослідженню руху речовини в ефірі?
5. Яку мету поставив Майкельсон у своїх дослідах по спостереженню руху Землі в ефірі?

6. Побудуйте схему досліду Майкельсона, поясніть сам дослід та висновки з нього.
7. Чому результат досліду Майкельсона називають «негативним»?
8. Які узагальнення зробив Ейнштейн, виходячи з результатів дослідів Майкельсона?
9. Як називаються ці узагальнення?
10. Запишіть основні перетворення Лоренца, які впливають безпосередньо з постулатів Ейнштейна (для довжини, для проміжків часу, для швидкостей).
11. Запишіть залежність маси тіла від швидкості.
12. Який зв'язок між масою і енергією існує в теорії відносності?
13. У чому полягає ефект Доплера?
14. Де він може бути використаний?
15. У чому полягає явище аберації світла?
16. Як пояснити, що ефект Доплера та явище аберації світла є експериментальними підтвердженнями теорії відносності?

Банк завдань

1. В досліді Фізо відстань між зубчастим колесом і дзеркалом $L = 7,0$ км, кількість зубців $z = 720$. Два послідовних зникнення світла спостерігались при швидкостях обертання колеса $n_1 = 283$ і $n_2 = 313$ об/с. Знайти швидкість світла.
2. При якій швидкості маса електрона, що рухається, більше за його швидкість спокою в 1,5 рази?
3. Знайти відношення заряду електрона до його маси для наступних швидкостей:
 - 1) $v \ll c$;
 - 2) $v = 2 \cdot 10^{10}$ см/с;
 - 3) $v = 2,2 \cdot 10^{10}$ см/с;
 - 4) $v = 2,4 \cdot 10^{10}$ см/с;
 - 5) $v = 2,6 \cdot 10^{10}$ см/с;
 - 6) $v = 2,8 \cdot 10^{10}$ см/с.
 Зробити таблицю і нарисувати графіки залежностей m і $1/m$ від відношення v/c для цих швидкостей.
4. Знайти зміну енергії, яка відповідає зміні маси на одну атомну одиницю.
5. Сонце випромінює кожну хвилину енергію, яка дорівнює $6,5 \cdot 10^{21}$ кВт/ч. Рахуючи випромінювання Сонця постійним, знайти, за який час маса Сонця зменшиться вдвічі.

6. При якій відносній швидкості руху релятивістське зменшення довжини тіла, яке рухається, дорівнює 20%?
7. Яку швидкість повинно мати тіло, що рухається, щоб його поздовжні розміри зменшились у 1,5 раза?
8. Мезон космічних променів досягає поверхні Землі зі швидкістю, яка дорівнює 95% швидкості світла. Знайти релятивістське зменшення розмірів мезона.
9. Джерело світла рухається зі швидкістю v відносно приймача. Показати, що при $v \ll c$ відносне змінення частоти світла $\frac{\Delta\omega}{\omega} \approx \frac{v}{c} \cos \theta$, де θ – кут між напрямом руху джерела і лінією спостереження.
10. З якою швидкістю віддаляється від нас деяка туманність, якщо відомо, що лінія водню $\lambda = 434$ нм в її спектрі зміщена в червоний бік на 130 нм?
11. З якою швидкістю повинна була б рухатись автомашина, щоб червоне світло світлофора $\lambda = 7 \cdot 10^{-7}$ м зробилося зеленим $\lambda' = 5,5 \cdot 10^{-7}$ м?
12. По деякій прямій рухаються в одному напрямку спостерігач зі швидкістю $v_1 = \frac{1}{2}c$ і спереду нього джерело монохроматичного світла зі швидкістю $v_2 = \frac{3}{4}c$. Власна частота світла дорівнює ω_0 . Знайти частоту світла, яку зафіксує спостерігач?
13. Одна зі спектральних ліній атомарного водню має довжину хвилі $\lambda = 656,3$ нм. Знайти доплерівське зміщення цієї лінії $\Delta\lambda$, якщо її спостерігати під прямим кутом до пучка атомів водню з кінетичною енергією $W = 1,0$ МеВ (поперечний доплер-ефект).
14. Аберация світла полягає в тому, що при спостереженні зірки здаються зміщеними від звичайного положення на небозводі (через рух Землі по орбіті). Напрямок на зірку в площині екліптики періодично змінюється, і зірка робить, як здається, коливання в межах кута $\alpha = 41''$. Знайти швидкість Землі на орбіті.