

Завдання для самостійної роботи студентів

5.1. Дві синусоїдальні хвилі з однаковою поляризацією $E_1 = E_{01} \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_1 \right]$ і

$E_2 = E_{02} \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_2 \right]$ накладаються одна на одну. Визначити амплітуду напруженості електричного поля результуючої хвилі.

5.2. Густина потоку сонячного випромінювання, що падає на межу земної атмосфери, дорівнює $\langle S \rangle = 1350 \text{ Вт/м}^2$. Визначити амплітудні значення E і B , вважаючи, що потік створюється єдиною електромагнітною хвилею.

Відповідь: $E_0 = 1,01 \cdot 10^3 \text{ В/м}; B_0 = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Тл}$.

5.3. Електричний пробій у повітрі настає приблизно при напруженості електричного поля $E = 3 \text{ МВ/м}$. При якій середній густині потоку енергії плоских електромагнітних хвиль можна спостерігати іскру в повітрі?

Відповідь: $\langle S \rangle = 1,2 \cdot 10^{10} \text{ Вт/м}^2$.

5.4. Обчислити середньоквадратичні значення електричного і магнітного векторів у випромінюванні 50-ти ватної лампи на відстані $R = 1 \text{ м}$ від неї. Вважати, що лампа є точковим джерелом світла і з усієї потужності 75 % віддає у вигляді випромінювання.

Відповідь: $\sqrt{\langle H^2 \rangle} = 0,09 \text{ А/м}; \sqrt{\langle E^2 \rangle} = 33,6 \text{ В/м}$.

5.5. Промінь лазера потужністю $P = 5,0 \text{ мВт}$ має діаметр $d = 2,0 \text{ мм}$. Визначити середньоквадратичні значення E і B у промені лазера.

Відповідь: $\sqrt{\langle E^2 \rangle} = 774,6 \text{ В/м}; \sqrt{\langle H^2 \rangle} = 2,58 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$.

5.6. В електромагнітній хвилі, яка поширюється на захід, площина коливань індукції магнітного поля вертикальна. Частота коливань індукції магнітного поля дорівнює $\nu = 180 \text{ кГц}$, а середньоквадратичне значення індукції $\sqrt{\langle B^2 \rangle} = 8,65 \cdot 10^{-9} \text{ Тл}$. В якому напрямку коливається електричне поле? Яка частота і середньоквадратичне значення напруженості електричного поля?

Відповідь: $\nu \sqrt{\langle E^2 \rangle} = 4 \cdot 10^4 \text{ В/м}$.

5.7. Електричне поле в плоскій електромагнітній хвилі змінюється за законом $E_x = E_0 \cos(\omega t + kz)$, $E_y = E_z = 0$. Визначити: а) величину і напрямок \vec{B} ; б) напрямок поширення хвилі.

5.8. Знайти амплітудні значення E_0 і B_0 хвилі на відстані $r = 10$ см від джерела світла потужністю $P = 100$ Вт. Вважати, що джерело випромінює світло у всіх напрямках на одній частоті.

Відповідь: $E_0 = 7,74$ В/м; $B_0 = 2,58 \cdot 10^{-8}$ Тл.

5.9. Амплітуда напруженості електричного поля \vec{E} в електромагнітній хвилі дорівнює $E_0 = 38$ мВ/м. Визначити середньоквадратичне значення густини потоку енергії, що переноситься хвилею.

Відповідь: $\sqrt{\langle S^2 \rangle} = 5 \cdot 10^{-5}$ Вт/м².

5.10. Яка енергія переноситься за час $t = 1$ год через площадку $S = 1,0$ см² електромагнітною хвилею, в якій середньоквадратичне значення напруженості електричного поля дорівнює $\sqrt{\langle E^2 \rangle} = 25$ В/м?

Відповідь: $P = 1,66 \cdot 10^{-3}$ Вт.

Фотометрія

5.11. Над поверхнею на висоті $h = 2$ м розміщене точкове джерело світла силою $I = 120$ кд. На відстані $R = 1$ м від джерела перпендикулярно до поверхні знаходиться плоске абсолютно відбиваюче дзеркало. Визначити освітленість поверхні під джерелом.

Відповідь: $E_v = 41$ лк.

5.12. У центрі квадратної кімнати площею $S = 25$ м² висить лампа. Вважаючи лампу точковим джерелом світла, знайти, на якій висоті h від підлоги повинна знаходитися лампа, щоб освітленість у кутах кімнати була найбільшою.

Відповідь: $h = \frac{b}{2} = 2,5$ м, де b – сторона квадратної підлоги.

5.13. Визначити освітленість, світність і яскравість екрана, який розсіює світло рівномірно у всіх напрямках, якщо падаючий на екран світловий потік із об'єктива кіноапарата (без кінострічки) дорівнює $\Phi = 1800$ лм. Розміри екрана $5 \cdot 3,6$ м, коефіцієнт відбиття $\rho = 0,75$.

Відповідь: $E_v = 100$ лк; $R_v = 75$ лк/м²; $B_v = 23,9$ кд/м².

5.14. Спіраль електричної лампи силою світла $I_v = 100$ кд поміщена в сферичну колбу діаметром: 1) $\sqrt{5}$ см і 2) $\sqrt{10}$ см. Знайти світність і яскравість в обидвох випадках. Втратою світла в оболонці знехтувати.

Відповідь: $B_{v1} = 658$ кд/м²; $R_{v1} = 2064$ лм/м²; $B_{v2} = 13$ кд/м²; $R_{v2} = 40$ лм/м².

5.15. На столі лежить книга на відстані $l = 1 \text{ м}$ від перпендикуляра, опущеного із лампи на площину стола. Лампа може переміщатись тільки вгору і вниз. На якій висоті H над столом слід її підвісити, щоб освітленість була найбільшою?

Відповідь: $H = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7 \text{ м}$.

5.16. Освітленість, яка отримується при нормальному падінні сонячних променів на поверхню Землі $E_0 \approx 10^5 \text{ лк}$. Вважаючи, що випромінювання Сонця підкоряється закону Ламберта і нехтуючи поглинанням світла в атмосфері, визначити яскравість Сонця, якщо відомо, що радіус земної орбіти $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$, а діаметр Сонця $D_C = 1,4 \cdot 10^4 \text{ км}$.

Відповідь: $B_V = \frac{4}{\pi} \left(\frac{R}{D_C}\right)^2 E_0 = 1,5 \cdot 10^{13} \text{ кд/м}^2$.

5.17. Освітленість, яка отримується при нормальному падінні сонячних променів на поверхню Землі, складає приблизно $E_0 = 100000 \text{ лк}$. Яка освітленість зображення Сонця, яке створюється вільною від аберацій лінзою діаметром $D = 5 \text{ см}$ і фокусною відстанню $f = 10 \text{ см}$? Кутовий діаметр Сонця $\varphi = 30'$.

Відповідь: $E_V = E_{V0} \frac{\pi D^2}{4 f^2 \alpha^2} = 2,58 \cdot 10^8 \text{ лк}$.

5.18. Яку освітленість потрібно створити на білому аркуші паперу з коефіцієнтом відбиття $\rho = 0,85$, щоб його яскравість була рівною $B_V = 3 \cdot 10^4 \text{ кд/м}^2$. Папір розсіює світло за законом Ламберта.

Відповідь: $E_V = \frac{\pi B_V}{\rho} = 11 \cdot 10^4 \text{ лк}$.

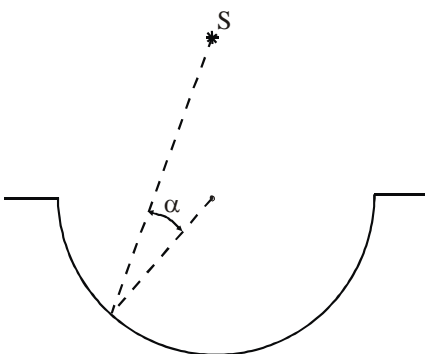


Рис. 12.1

5.19. Над півсферою знаходиться точкове джерело світла ($I = 50 \text{ кд}$) на висоті, рівній діаметру півсфери (рис. 12.1). Визначити освітленість у тій точці сфери, де промені падають під кутом $\alpha = 35^\circ$, та величину світлового потоку, який попадає у півсферу. Радіус півсфери рівний $r = 1 \text{ м}$.

Відповідь: $E_V = 15,3 \text{ лк}; \Phi_V = 157 \text{ лм}$.

5.20. Світильник, який має вигляд рівномірно світлої

сфери з радіусом $r_0 = 6 \text{ см}$, знаходиться на відстані $h = 3,0 \text{ м}$ від підлоги. Яскравість світильника $B_V = 2 \cdot 10^4 \text{ кд/м}^2$ і не залежить від напрямку. Знайти освітленість підлоги безпосередньо під світильником.

Відповідь: $E_V = \frac{\pi B_V r_0^2}{h^2} = 418 \text{ лк}$.

5.21. Знаючи мінімальний механічний еквівалент світла $K_{0,555} = 0,0016 \text{ Вт/лм}$, що відповідає максимуму чутливості ока, оцінити ККД потужної газонаповненої лампи розжарювання, яка споживає потужність $0,5 \text{ Вт}$ на 1 кд .

Наближено можна вважати, що чутливість ока в спектральній області, яку займає випромінювання лампи, вдвічі менша за максимальну.

Відповідь: $\eta \approx 2\%$.

5.22. Відповідно нормам освітленості робочого місця металіста, що виконує тонку роботу, освітленість повинна бути $E_V = 100 \text{ лк}$. На якій висоті h від робочого місця повинна бути розміщена лампа силою світла $I_V = 100 \text{ кд}$? Яка потужність цієї лампи (у Вт), якщо тільки десята частина енергії струму переходить у світлову енергію?

Відповідь: $h = 1 \text{ м}$; $P = 20 \text{ Вт}$.

5.23. Електрична лампа силою світла $I = 100 \text{ кд}$ випромінює у всіх напрямках щосекунди $W = 122 \text{ Дж}$ енергії. Знайти: а) механічний еквівалент світла; б) ККД (η) світлової віддачі, якщо лампа споживає потужність $P = 100 \text{ Вт}$.

Відповідь: $K = 0,097 \text{ Вт/лм}$; $\eta \approx 1,84\%$.

Інтерференція світла

5.24. Відстань між точковими джерелами світла рівна $t = \lambda/4$, а випромінювані ними хвилі мають різницю фаз $\delta_0 = \pi/2$, і кожна з них має інтенсивність I_0 . Знайти розподіл інтенсивності в інтерференційній картині.

Відповідь: $I = 2I_0 \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right) \right]$.

5.25. На якій мінімальній відстані t_{\min} повинні знаходитися щілини в досліді Юнга для того, щоб спостерігати інтерференційну картину від випромінювання Сонця? Кутовий розмір Сонця $\varphi = 32'$. Довжину хвилі вважати рівною $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$.

Відповідь: $t_{\min} = 0,03 \text{ мм}$.

лінзи. Відстань від джерела до лінзи $a = 100$ см, від лінзи до екрана $L_0 = 20$ см.

Відповідь: $d = 0,48$ мм.

5.32. Білінза Бійє виготовлена із лінзи з фокусною відстанню $f = 15$ см, а її половинки розсунуті на відстань $d = 1$ мм одна від одної. Джерелом світла є щілина, розміщена на відстані $a = 30$ см від білінзи, а екран від білінзи знаходиться на відстані $b = 5$ м. Довжина хвилі світла $\lambda = 0,55$ мкм. Знайти: а) відстань між інтерференційними смугами; б) ширину інтерференційної картини на екрані; в) кількість смуг інтерференції.

Відповідь: $\Delta l = 1,9$ мм; $AB = 1,77$ см; $N = 9$.

5.33. В установці із дзеркалом Ллойда інтерференційні смуги спостерігаються на екрані, встановленому на відстані $L_0 = 2$ м від правого кінця дзеркала. Довжина дзеркала $l = 0,1$ м. Джерело світла ($\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$ м) міститься на висоті $h = 0,2$ м від площини дзеркала так, що промінь світла падає на його лівий край під кутом $\alpha = 15^\circ$. Визначити максимальне число смуг, які спостерігаються на екрані.

Відповідь: $N = 23023$ смуг.

5.34. Смуги рівного нахилу спостерігаються у відбитому світлі з довжиною хвилі λ , яке відбивається від поверхонь плоскопаралельної пластинки товщиною t . Знайти кутовий радіус k -го від центра світлого кільця. Яким буде центр кільця – світлий чи темний? Пластинка знаходиться в повітрі.

Відповідь: $\alpha_k = \arcsin \sqrt{n^2 - \frac{(k + \frac{1}{2})^2 \lambda^2}{4t^2}}$, де $k = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ – показник заломлення пластинки.

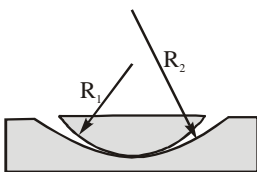


Рис. 12.3

5.35. Кільця Ньютона отримуються за допомогою плоско-опуклої лінзи з радіусом кривизни R_1 , покладеної на вгнуту сферичну поверхню з радіусом кривизни $R_2 > R_1$ (рис. 12.3). Кільця спостерігаються у відбитому світлі. Визначити радіус r_k k -ого темного кільця, якщо довжина світлової хвилі рівна λ .

Відповідь: $r_k = \sqrt{\frac{k\lambda}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}}$.

5.36. На шляху одного із променів в досліді Юнга поставлена трубка з плоскопаралельними скляними торцями довжиною $l = 2$ см. При заповненні трубки хлором вся інтерференційна картина на екрані зміщується на $N = 20$ смуг. Вирахувати показник заломлення хлору, вважаючи, що показник

заломлення повітря $n_n = 1,000292$, довжина хвилі світла, що випромінюється джерелом, $\lambda = 589 \text{ нм}$.

Відповідь: $n_{ci} = 1,0003509$.

Дифракція світла

5.37. Відстань від екрана до точки спостереження $r_0 = 1 \text{ м}$. Екран освітлюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Обчислити радіус п'ятої зони Френеля, якщо: а) джерело світла точкове і відстань між ним і екраном $a = 0,5 \text{ м}$; б) хвильовий фронт, який падає на екран, плоский, падіння світла нормальне.

Відповідь: а) $\rho_5 = 9,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; б) $\rho_5 = 15,81 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

5.38. На круглий отвір радіуса $\rho = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ в непрозорому екрані падає паралельний пучок світла з довжиною хвилі $\lambda = 500 \text{ нм}$. На якій максимальній відстані від отвору на екрані в центрі дифракційної картини буде спостерігатись темна смуга?

Відповідь: $r_{\max} = 4 \text{ м}$.

5.39. На щілину падає паралельний пучок монохроматичного світла. Довжина хвилі падаючого світла вкладається в ширині щілини 8 раз. Яка ширина нульового максимуму в дифракційній картині, що проектується лінзою на екран, який знаходиться на відстані $L = 1 \text{ м}$ від лінзи.

Відповідь: $l = 0,25 \text{ м}$.

5.40. Який найбільший порядок дифракції k_{\max} для жовтої лінії ($\lambda = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) при нормальному падінні променів на щілину шириною $b = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$? Скільки всього спостерігається дифракційних максимумів?

Відповідь: $k_{\max} = 5$; $n = 2k_{\max} + 1 = 11$.

5.41. Яка кутова відстань між k -им головним максимумом і найближчим до нього мінімумом спектра дифракційної решітки?

Відповідь: $\Delta\varphi = \frac{\lambda}{Nd} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{kd}{d}\right)^2}}$.

5.42. Монохроматичне точкове джерело світла розміщене на осі зональної пластинки на відстані R від неї. Найбільш яскраве зображення джерела отримується на відстані r_0 від пластинки. На яких відстанях отримуються інші зображення джерела?

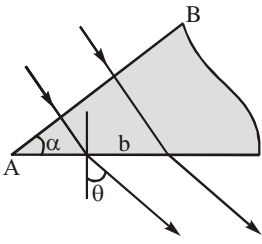


Рис. 12.4

5.43. На щілину, шириною b , покладена скляна призма (рис. 12.4) з показником заломлення n і заломним кутом α . На грань AB призми нормально падає плоска монохроматична хвиля. Знайти напрямки на нульовий максимум і мінімуми в дифракційній картині Фраунгофера.

Відповідь: нульовий максимум $\sin \theta = n \sin \alpha$; мінімуми

$$b(\sin \theta - n \sin \alpha) = k\lambda, \quad k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

5.44. На дифракційну решітку, що має 500 штрихів на 1 мм, нормально падає біле світло. Безпосередньо за решіткою розміщена лінза з фокусною відстанню $f = 2$ м, яка проектує спектри на екран. Діапазон довжин хвиль видимого спектра від $\lambda_{\phi} = 400$ нм, до $\lambda_{\psi} = 700$ нм. а) Чи можуть перекриватись спектри першого і другого порядків? б) У скільки разів спектр другого порядку довший за спектр першого порядку? в) Яка різниця кутів відхилення кінця спектра першого порядку і початку спектра другого порядку?

Відповідь: а) Ні; б) у 3,2 разів; в) $\Delta\varphi \approx 3,1^\circ$.

5.45. Довжини хвиль дублета у випромінюванні натрію рівні $\lambda_1 = 5,89 \cdot 10^{-7}$ м, $\lambda_2 = 5,896 \cdot 10^{-7}$ м. Яке мінімальне число щілин повинна мати дифракційна решітка, щоб розділити цей дублет в другому порядку? в першому порядку?

Відповідь: $N_{k=2} = 491$; $N_{k=1} = 982$.

5.46. Оцінити, на основі дифракційних уявлень, чи може орел, який летить над землею на висоті $H = 1$ км, розгледіти мишку розміром $l = 2$ см, чи він може ви-явити лише її присутність ($D_{\text{зінці}} \cong 6$ мм)?

5.47. Рентгенівське випромінювання падає на природну грань кристала кам'яної солі ($NaCl$), від якої відбувається дзеркальне відбивання 2-ого порядку. Знайти довжину хвилі рентгенівського випромінювання, якщо кут ковзання $\theta = 11^\circ 36'$. Стала ґратки кристала кам'яної солі $d = 280$ нм.

Відповідь: $\lambda = 56,3 \cdot 10^{-12}$ м.

5.48. При проходженні пучка рентгенівських променів з $\lambda = 17,8$ нм через полікристалічний зразок на екрані, розміщеному на відстані $l = 15$ см від зразка, утворюється система дифракційних кілець. Визначити радіус світлого кільця, яке відповідає другому порядку відбивання від системи площин з міжплощинною відстанню $d = 155$ нм.

Відповідь: $r = l \tan \theta$, де $\sin \theta = \frac{k\lambda}{2d}$; $r = 3,5 \cdot 10^{-2}$ м.

Геометрична оптика

5.49. Під скляною пластинкою товщиною $h = 15$ см лежить маленька кру-пинка. На якій відстані l від верхньої поверхні пластинки утвориться її видиме зображення, якщо промінь зору перпендикулярний до поверхні пластинки, а показник заломлення скла $n = 1,5$?

Відповідь: $l = \frac{h}{n} = 10$ см.

5.50. Плоска скляна пластинка товщиною $h = 3$ мм розглядається в мікроскоп. Спершу мікроскоп встановлюють для спостереження верхньої поверхні пластинки, а потім зміщують тубус мікроскопа вниз, поки не буде чітко видно нижню поверхню пластинки (для зручності спостереження на поверхнях пластинки зроблено позначки). Зміщення тубуса виявилось рівним $d = 2$ мм. Знайти показник заломлення пластинки.

Відповідь: $n = 1,5$.

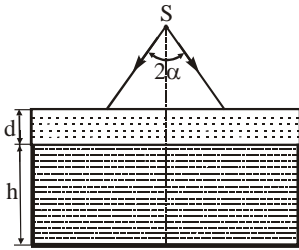


Рис. 12.5

5.51. Над акваріумом глибиною h , накритим товстим склом (товщина d , показник заломлення n_0), висить джерело світла. Світло конусом з розхилом 2α падає на скло. Акваріум до скла заповнений водою, показник заломлення якої n . На скільки зміниться радіус світлої плями на дні, якщо забрати скло і вилити воду (рис. 12.5)?

Відповідь: $\Delta = (d + h)tg\alpha - \frac{d \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$.

5.52. На склянку, наповнену водою, покладена скляна пластинка. Під яким кутом повинен падати на пластинку промінь світла, щоб від поверхні поділу “скло-вода” відбулося повне внутрішнє відбивання? Показник заломлення скла $n = 1,5$.

5.53. В кімнаті довжиною L і висотою H висить на стіні плоске дзеркало. Людина, яка знаходиться на відстані l від нього, дивиться в дзеркало. Якою повинна бути найменша висота дзеркала, щоб людина могла бачити стінку, яка знаходиться за її спиною по всій висоті.

Відповідь: $h_{\min} = \frac{H}{1 + l/L}$.

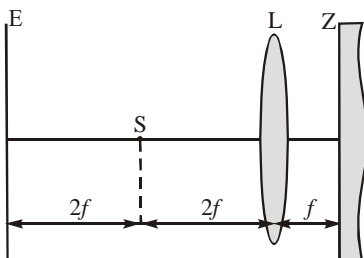


Рис.12.6

5.54. На оптичній лаві послідовно розміщені екран E , точкове джерело світла S , збиральна лінза L і плоске дзеркало Z (рис. 12.6) Відстані вказані на рисунку. У скільки разів зміниться освітленість в центрі екрана, якщо плоске дзеркало пересунути вправо на відстань,

рівну фокусній відстані лінзи?

5.55. Дзеркальний гальванометр розміщений на відстані $L = 2$ м від шкали. На який кут α повернеться дзеркальце гальванометра, якщо зайчик змістився від центра шкали на $l = 0,5$ м?

Відповідь: $\alpha = 7^{\circ}15'$.

5.56. Відстань між вгнутим сферичним дзеркалом радіуса R і екраном рівна d . На якій відстані b від сферичного дзеркала на осі оптичної системи необхідно розмістити маленький об'єкт, щоб отримати його чітке зображення на екрані? Яке при цьому буде збільшення?

Відповідь: $b = \frac{Rd}{2d - R}$; $\beta = \frac{Rd^2}{2d - R}$, де β – збільшення об'єкта.

5.57. Плоскопаралельну пластинку розмістили між лінзою і зображенням предмета. Показник заломлення матеріалу пластинки $n > 1$. На яку відстань Δl в результаті цього переміститься зображення?

Відповідь: $\Delta l = d(1 - \frac{1}{n})$, де d – відстань від лінзи до зображення при відсутності пластинки.

5.58. Точкове джерело світла рівномірно рухається по колу радіуса $R = 0,5$ м. Лінійна швидкість його обертання рівна $v = 3$ м/с. На відстані $d = 5$ м від центра кола перпендикулярно до осі обертання розміщене сферичне дзеркало з радіусом кривизни $r = 2$ м. Знайти прискорення, з яким рухається зображення джерела в дзеркалі.

Відповідь: $a = \frac{v^2 R}{r(2d - R)} = 4,5$ м/с².

5.59. Радіус кривизни вгнутого дзеркала $R = 0,4$ м. Знайти положення предмета, при якому його зображення буде дійсним і збільшеним в 2 рази.

Відповідь: $S_1 = 0,3$ м.

5.60. Вгнуте сферичне металічне дзеркало, яке направлене на Сонце, зібрало світло в точку, яка розміщена на осі дзеркала на відстані l_1 від його центра. Температура дзеркала при цьому була t_1 . На якій відстані від центра дзеркала буде знаходитися зображення після того, як дзеркало нагріється до температури t_2 . Поліус дзеркала закріплений. Температурний коефіцієнт лінійного розширення металу рівний α .

Відповідь: $l_2 = \frac{1 + \alpha t_2}{1 - \alpha t_2} l_1$ або точніше, $l_2 = l_1(1 + \alpha(t_2 - t_1))$.

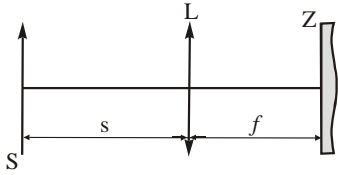


Рис.12.7

5.61. На відстані, рівній фокусній відстані f від лінзи, розміщене плоске дзеркало. Знайти, на якій відстані від лінзи буде знаходитися зображення предмета, розміщеного на відстані S від лінзи (рис. 12.7). Побудуйте хід променів.

Відповідь: $l = f \frac{S - 2f}{S - f}$.

5.62. Лінзи з фокусними відстанями $f_1 = f_2 = 30$ см знаходяться на відстані $\Delta = 15$ см. Знайти, при яких положеннях предмета система дає дійсне зображення?

Відповідь: На відстані не ближче 20 см до найближчої лінзи.

5.63. На якій відстані від лінзи потрібно розмістити точкове джерело світла на головній оптичній осі, щоб промені, які проходять через лінзу, утворили на екрані світлу пляму діаметром $d = 4$ см? Відстань від лінзи до екрана $L = 100$ см. Діаметр лінзи $D = 6$ см, фокусна відстань лінзи $f = 15$ см.

Відповідь: $S_1 = 20$ см і $S_1' = 15,8$ см.

5.64. На екрані за допомогою тонкої лінзи отримано зображення предмета із збільшенням $\beta_1 = 2$. Предмет пересунули на $\Delta l = 1$ см. Для того, щоб отримати різке зображення, прийшлося пересунути екран. При цьому збільшення виявилось рівним $\beta_2 = 4$. На яку відстань пересунули екран?

Відповідь: $l = 8$ см.

5.65. Оптична система складається з двох лінз, які мають фокусні відстані $f_1 = -10$ см і $f_2 = 10$ см, розсунутих на відстань $l = 5$ см. При яких положеннях предмета (з боку першої лінзи) ця система буде давати дійсне зображення?

Відповідь: $10 \text{ см} < L < \infty$, де L – відстань від предмета до першої лінзи.

5.66. Фокусні відстані об'єктива і окуляра мікроскопа відповідно рівні $f_{ob} = 5$ мм і $f_{ok} = 5$ см. Предмет розміщений на відстані $S_1 = 0,1$ мм від головного фокуса об'єктива. Знайти збільшення мікроскопа β для нормального ока.

Відповідь: $d = 0,3$ м; $\beta = 250$ разів.

5.67. Зорова труба настроєна для спостереження Місяця. Щоб розглянути в ній предмети, що розміщені на відстані $L = 100$ м, окуляр потрібно перемістити на $l = 2,5$ см. Знайти фокусну відстань об'єктива.

Відповідь: $f = 1,6$ м.

6.1. Яким повинен бути заломний кут θ скляної призми, щоб кути входу і виходу променя із призми були кутами повної поляризації (кутами Брюстера)? Який при такому заломному куті кут найменшого відхилення δ ?

Відповідь: $\theta = 66^\circ 40'$; $\delta = 46^\circ 40'$.

6.2. Промінь світла проходить через рідину, налиту в скляну посудину, і відбивається від дна. Відбитий промінь повністю поляризований при падінні на дно по-судини під кутом $42^\circ 37'$. Визначити: а) показник заломлення рідини; б) кут, під яким повинен падати на дно посудини промінь світла, що поширюється в цій рідині, щоб наступило повне відбивання?

Відповідь: $n = 1,63$; $r = 67^\circ$.

6.3. Два поляризатори орієнтовані під кутом 45° один відносно одного. На перший із них падає неполяризоване світло. Яка доля інтенсивності світла пройде через обидва поляризатори? Поглинанням світла знехтувати.

Відповідь: $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{4}$, де I_0 і I – відповідно інтенсивності падаючого світла і світла, що пройшло через обидва поляризатори.

6.4. Пучок природного світла падає на систему із 6 ніколів, площина пропускання кожного із них повернута на кут 30° відносно площини пропускання попереднього ніколя. Яка частина світлового потоку проходить через цю систему?

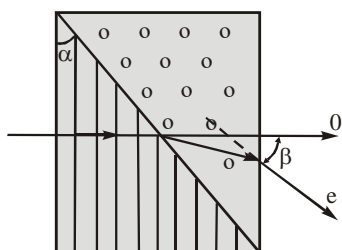
Відповідь: $\eta = \frac{1}{2}(\cos \alpha)^{2(N-1)} = 0,12$, де N – кількість ніколів в системі.

6.5. Ступінь поляризації частково поляризованого світла $P = 0,25$. Знайти відношення інтенсивності поляризованої складової цього світла до інтенсивності природної складової.

Відповідь: $\frac{I_{пол}}{I_{пр}} = \frac{P}{1-P} = 0,3$.

6.6. Двозаломлюючий біологічний зразок товщиною $d = 1,65 \cdot 10^{-3}$ см має показники заломлення 1,332 і 1,331 для світла з довжиною хвилі $\lambda = 5800 \text{ \AA}$. Яка різниця фаз виникне між звичайним і незвичайним променями після проходження їх через цей зразок?

Відповідь: $\delta = \frac{\pi}{2}$.



6.7. Призма Волластона (рис. 33.1) виготовлена із ісландського шпату ($n_o = 1,658$; $n_e = 1,486$). Кут $\alpha = 15^\circ$.

Розрахувати, на який кут будуть розведені звичайний і незвичайний промені.

Відповідь: $d = 5^\circ 17'$.

Рис. 13.1

6.8. Пластинка кварцу товщиною $d = 0,014$ мм вирізана паралельно осі. Для довжини хвилі $\lambda = 0,5$ мкм, $n_o = 1,5442$, $n_e = 1,5533$. Площина коливань електричного вектора лінійно поляризованого світла, яке падає на пластинку, складає з оптичною віссю пластинки кут $\varphi = 25^\circ$. Визначити характер поляризації світла, яке виходить із пластинки.

6.9. Суміш природного світла і світла, поляризованого по колу, розглядають через чвертьхвильову пластинку (ч.х.п.) і аналізатор. При повертанні аналізатора навколо напрямку світлового променя знайдено, що максимальна інтенсивність світла, яке пройшло через систему в $k = 3$ рази переважає мінімальну інтенсивність. Знайти відношення інтенсивності світла поляризованого по колу, до інтенсивності природного світла.

Відповідь: $\frac{I_n}{I_{np}} = \frac{k-1}{2} = 1$.

6.10. Комірку Керра помістили між двома схрещеними ніколями так, що напрямки електричного поля \vec{E} в конденсаторі утворює кут 45° з головними напрямками ніколей. Конденсатор має довжину $d = 10$ см і заповнений нітробензолом. Через систему проходить світло з $\lambda = 0,50$ мкм. Маючи на увазі, що в даному випадку стала Керра $B = 2,2 \cdot 10^{-10}$ см/В², визначити:

а) мінімальну напруженість електричного поля E в конденсаторі, при якій інтенсивність світла, яке пройшло через цю систему, не буде залежати від повороту заднього ніколя;

б) число переривань світла за одну секунду, якщо на конденсатор подати змінну напругу з частотою $\nu = 10$ МГц і амплітудним значенням напруженості $E_0 = 50$ кВ/см.

Відповідь: $E_{\min} = \frac{1}{2} \sqrt{Bd} = 10,6$ кВ/см; $N = 2,2 \cdot 10^8$ с⁻¹.

6.11. Розчин цукру, налитий в трубку довжиною $l = 8$ см і поміщений між поляризаторами, повертає площину коливань жовтих, променів натрієвого полум'я на $\varphi = 30^\circ$. Яка маса цукру, що знаходиться в розчині об'ємом $V = 1$ м³, якщо питоме повертання цукру для жовтих променів $\alpha = 66,7$ град/г(см³·дм).

Відповідь: $m = 250$ кг.

6.12. Деяку речовину помістили в повздовжнє магнітне поле соленоїда, розміщеного між двома поляроїдами. Довжина трубки з речовиною $l = 30$ см.

Знайти сталу Верде, якщо при напруженості поля 710 В/м кут повороту площини поляризації $\varphi_1 = +5^\circ 10'$ для одного напрямку поля і $\varphi_2 = -3^\circ 20'$ для протилежного напрямку поля.

Відповідь: $V = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2Hl} = 0,12 \text{ кут.хв/г} \cdot \text{см}.$

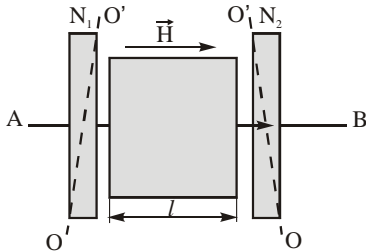


Рис. 13.2

6.13. Між двома ніколями N_1 і N_2 , (рис. 13.2), головні перерізи яких повернуті один відносно одного на кут 45° , в поздовжньому магнітному полі поміщено шар речовини, який повертає площину поляризації. На який кут цей шар повинен повертати площину поляризації, щоб система була оптичним вентиляем, тобто світло проходило б через нього тільки в одному напрямку (наприклад, від

тіла А до тіла В).

Відповідь: На кут $45^\circ + 180k$, де k – ціле число.

Взаємодія електромагнітної хвилі з речовиною

6.14. Природне світло проходить через плоскопаралельну скляну пластинку ($n = 1,5$), падаючи на неї під дуже малим кутом. Нехтуючи втратами світла, визначити інтенсивність світла, що вийшло з пластинки.

Відповідь: $I = 0,92I_0$, де I_0 – інтенсивність падаючого на пластинку світла.

6.15. На поверхню скла ($n = 1,6$) під кутом 25° із повітря падає лінійно поляризована хвиля, електричний вектор якої коливається в площині падіння. Визначити коефіцієнти відбиття R і пропускання T .

Відповідь: $R = 0,04$; $T = 0,96$.

6.16. Світло проходить через оптичну систему із двох лінз, виготовлених із скла з показником заломлення $n_1 = 1,6$. Вважаючи кут падіння світла на лінзи малим, визначити долю світла, яке пройшло через систему. В скільки разів зміняться втрати енергії на відбивання при нанесенні на поверхню лінз прозорого шару із матеріалу, який має показник заломлення $n_2 = 1,3$.

Відповідь: $I = 0,87I_0$. Зменшиться в 2,25 рази.

6.17. Природне світло падає під кутом Брюстера із повітря на поверхню скла з показником заломлення $n = 1,5$. Знайти інтенсивність відбитого світла I_r , якщо інтенсивність падаючого світла I_0 .

Відповідь: $\frac{I_r}{I_0} = \frac{1}{2} \left[\frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \right]^2 = 0,074.$

6.18. Знайти ступінь поляризації прохідного світла при його падінні на поверхню середовища з показником заломлення n під кутом Брюстера.

Відповідь:
$$P = \frac{(1 + n^2) - 4n^2}{(1 + n^2) + 4n^2}.$$

6.19. Плоский пучок природного світла з інтенсивністю I_0 падає під кутом Брюстера на поверхню води ($n = 1,33$). При цьому $0,039$ світлового потоку відбивається. Знайти інтенсивність заломленого пучка.

Відповідь:
$$I_3 = \frac{I_0(1 - R)}{n} = 0,72I_0.$$

Швидкість світла. Дисперсія і поглинання світла

6.20. Вирахувати групову швидкість для різних законів дисперсії, якщо фазова швидкість: а) $v_1 = a$; б) $v_2 = b\sqrt{\lambda}$; в) $v_3 = ck^2$, де a, b, c – деякі сталі, k – хвильове число.

Відповідь: $u_1 = v_1$; $u_2 = v_2/2$; $u_3 = 3v_3$. (аномальна дисперсія).

13.21. Вимірювання дисперсії для сірководню дає:

при $\lambda_1 = 509,0$ нм $n_1 = 1,647$;

при $\lambda_2 = 534,0$ нм $n_1 = 1,640$;

при $\lambda_3 = 589,0$ нм $n_1 = 1,630$.

Знайти (вирахувати) фазову і групову швидкості світла поблизу $\lambda = 534,0$ нм.

Відповідь:
$$v = \frac{c}{n} = 1,83 \cdot 10^8 \text{ м/с}; \quad u = \left[1 + \frac{\lambda}{n} \frac{dn}{d\lambda} \right] \frac{c}{n} = 1,70 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

6.22. Знайти показник заломлення графіту для рентгенівських променів з довжиною хвилі $\lambda = 1,56 \cdot 10^{-10}$ м, припускаючи, що власна частота електронів набагато менша частоти рентгенівського випромінювання.

Відповідь: $n_{zp} \approx 1 - 7,1 \cdot 10^{-10}$.

6.23. Насичені пари бензолу (C_6H_6) для світла, довжина хвилі якого $\lambda = 5893 \cdot 10^{-10}$ м (жовта лінія натрію), при температурі $40^\circ C$ і тиску $7,0$ мм.рт.ст. мають показник заломлення $n_1 = 1,001812$. Визначити показник заломлення цього газу при температурі $400^\circ C$ і тиску $60,6$ мм.рт.ст.?

Відповідь: $n = 1,000684$.

6.24. При проходженні через пластинку інтенсивність світла з довжиною хвилі λ_1 зменшується в k_1 рази, а світла з дожиною хвилі λ_2 – в k_2 рази. Визначити

коефіцієнт поглинання світла з довжиною хвилі λ_2 , якщо коефіцієнт поглинання для λ_1 рівний α_1 .

Відповідь: $\alpha_2 = \alpha_1 \frac{\ln k_2}{\ln k_1}$.

6.25. Яка концентрація досліджуваного розчину, якщо однакова освітленість фотометричних полів була отримана у еталонного 3%-го розчину при товщині 8 мм, а у досліджуваного – при товщині 24 мм?

Відповідь: 1%.

Ефект Доплера. Оптика рухомих середовищ

6.26. При відбиванні синусоїдальної хвилі, падаючої перпендикулярно на рухоми металічну пластинку, її частота змінюється на $\Delta\nu$. Початкова частота хвилі ν_0 . Визначити швидкість руху пластинки.

Відповідь: $\nu = \frac{\Delta\nu c}{2\nu_0 + \Delta\nu}$.

6.27. Космонавт хоче визначити швидкість, з якою його корабель наближається до Місяця. Він посилає радіосигнал з частотою 5000 МГц і, порівнюючи його частоту із частотою відбитого сигналу, отримує різницю в 86 кГц. Розрахувати швидкість космічного корабля відносно Місяця (для багатьох цілей можна вважати достатньо точним нерелятивістське рівняння Доплера).

Відповідь: $\nu = 2,6 \cdot 10^3$ м/с.

6.28. Спектральна лінія, яка в лабораторії має довжину хвилі 5000 Å спостерігається в спектрі світла від віддаленої галактики на довжині хвилі 5200 Å.

а) Яка швидкість віддалення цієї галактики ?

б) Яка відстань до цієї галактики ?

Відповідь: $\nu = 1,2 \cdot 10^7$ м/с; $L = 4 \cdot 10^{24}$ м.

6.29. Атоми, які летять зі швидкістю ν випромінюють в напрямку руху фотони з частотою ν . З якою частотою випромінюються фотони в напрямку:

а) протилежному руху атомів?

б) перпендикулярному руху атомів? Імпульс фотона набагато менший імпульсу атома.

Відповідь: а) $\nu' = \nu \frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}$; б) $\nu' = \nu(1 - \frac{v}{c})$.

6.30. Визначити червоне зміщення для зірки маси M і радіуса R , якщо частота на поверхні зірки дорівнює ν ; оцінити червоне зміщення для Сонця у видимій ділянці спектра. Які ефекти заважають виявити червоне зміщення у випромінюванні Сонця?

Відповідь: $\Delta \nu = \frac{\gamma \nu M}{c^2}$.

6.31. При якому радіусі зірка маси M перетвориться в “чорну діру”, тобто перестане випромінювати світло? Оцінити цей радіус для Сонця?

Відповідь: $R < \frac{\gamma M}{c^2}$; $R_S \approx 1,5 \text{ км}$.

Теплове випромінювання

6.32. а) Визначити інтенсивність випромінювання абсолютно чорного тіла у видимій частині спектра, тобто для інтервалу довжин хвиль між $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$ і $\lambda_2 = 8000 \text{ \AA}$ при температурі $T = 2000 \text{ К}$.

б) Яку частину загальної інтенсивності випромінювання абсолютно чорного тіла при заданій температурі становить випромінювання цієї частини спектра?

Відповідь: а) $I_\lambda d\lambda = 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$; б) $n = 2 \%$.

6.33. Точкове джерело потужністю $P = 100 \text{ Вт}$ випромінює у вигляді світла з середньою довжиною хвилі $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 10% підведеної потужності. Обчислити кількість фотонів, що випромінює це джерело за $t = 10 \text{ с}$.

Відповідь: $N = \frac{Pk\lambda}{hct} = 3 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}$, де $k = 10 \%$.

6.34. Яка температура печі, якщо відомо, що із отвору в ній площею $S = 4 \text{ см}^2$ випромінюється за $t = 1 \text{ с}$ енергія $W = 22,7 \text{ Дж}$? Випромінювання вважати близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла.

Відповідь: $T = 1000 \text{ К}$.

6.35. Знайти потужність випромінювання абсолютно чорної кулі, яка знаходиться в кімнаті при температурі $t = 20^\circ \text{С}$. Радіус кулі рівний $r = 10 \text{ см}$.

Відповідь: $P = 52,5 \text{ Вт}$.

6.36. Є два абсолютно чорні джерела теплового випромінювання. Температура одного із них $T_1 = 2500 \text{ К}$. Знайти температуру другого джерела, якщо довжина хвилі, яка відповідає максимуму випромінювальної здатності, на $\Delta\lambda = 0,50 \text{ мкм}$ більша за довжину хвилі, яка відповідає максимуму випромінювальної здатності першого джерела.

Відповідь: $T_2 = \frac{bT_1}{b + T_1\Delta\lambda} = 1750 \text{ К}$.

6.37. Енергетична світність абсолютно чорного тіла рівна $R = 3,0 \text{ Вт/см}^2$. Визначити довжину хвилі, яка відповідає максимуму випромінювальної здатності цього тіла.

Відповідь: $\lambda_{\max} = 3,4 \text{ мкм}$.

6.38. Порожнина об'ємом $V = 1,0 \text{ л}$ заповнена тепловим випромінюванням при температурі $T = 1000 \text{ К}$. Знайти:

а) теплоємність C_V ; б) ентропію S цього випромінювання.

Відповідь: $C_V = \frac{16\sigma T^3 V}{c} = 3 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$; $S = \frac{16\sigma T^3 V}{3c} = 10^{-9} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$.

6.39. У випромінюванні абсолютно чорного тіла максимум випромінювальної здатності припадає на довжину хвилі $\lambda_{\max} = 680 \text{ нм}$. Яку енергію випромінює це тіло площею $S = 1 \text{ см}^2$ за $t = 1 \text{ с}$ і яка втрата його маси за $t = 1 \text{ с}$ внаслідок випромінювання?

Відповідь: $W = \frac{\sigma b^4 S t}{\lambda_{\max}^4} = 1870 \text{ Дж}$.

6.40. Залізна куля діаметром $d = 10 \text{ см}$ нагріта до температури $T_1 = 1500 \text{ К}$ остигає на відкритому повітрі. Через який час її температура знизиться до $T_2 = 100 \text{ К}$? Коефіцієнт сірості заліза прийняти рівним $k = 0,5$. Теплопровідністю повітря знехтувати.

Відповідь: $t = \frac{C\rho r}{3kT} \left(\frac{1}{T_1^3} - \frac{1}{T_2^3} \right) = 1503 \text{ с} = 25 \text{ хв } 3 \text{ с}$, де C – питома теплоємність заліза.

6.41. Стальна болванка, температура якої $t = 727^\circ\text{С}$, випромінює за 1 с $W = 4 \text{ Дж}$ енергії з поверхні $S = 1 \text{ см}^2$. Визначити відношення енергетичних світностей сталльної болванки і абсолютно чорного тіла при даній температурі, вважаючи, що вони однакові для всіх хвиль.

Відповідь: $\frac{R_{\text{ст.б.}}}{R_{\text{ч.т.}}} = 0,7$.

Фотоелектричний ефект

6.42. Поверхня металу освітлюється світлом з довжиною хвилі $\lambda = 350 \text{ нм}$. При деякому затримуючому потенціалі фотострум стає рівним нулю. При зміні довжини хвилі на 50 нм затримуючу рівницю потенціалів прийшлося збільшити на $0,59 \text{ В}$. Визначити заряд електрона. ($h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$).

Відповідь: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

6.43. Плоску цинкову пластинку освітлюють випромінюванням із суцільним спектром, короткохвильова межа якого відповідає довжині хвилі $\lambda = 30 \text{ нм}$. Визначити, на яку максимальну відстань від поверхні пластинки може віддалитися фотоелектрон, якщо поза пластинкою існує затримуюче однорідне електричне поле з напруженістю $E = 10 \text{ В/см}$.

Відповідь: $l_{\text{max}} = 3,76 \text{ см}$.

6.44. Квант світла з довжиною хвилі $\lambda = 2,32 \text{ нм}$ звільняє з поверхні платиного електрода фотоелектрон. Визначити імпульс, якого набуває при цьому електрод, якщо відомо, що фотоелектрон вилітає назустріч падаючому фотону.

Відповідь: $p = 1,38 \cdot 10^{-25} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

6.45. Катод вакуумного фотоелемента освітлюють монохроматичним світлом. При довжині хвилі $\lambda = 628 \text{ нм}$ фотострум припиняється при включенні затримуючої напруги U_3 не меншої певної величини. При збільшенні довжини хвилі світла на 25% затримуючу напругу зменшили на $0,4 \text{ В}$. Визначити сталу Планка.

Відповідь: $h = 6,7 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$.

6.46. Металічна кулька радіуса R ізольована від навколишніх впливів, освітлюється світлом з довжиною хвилі $\lambda_1 = 250 \text{ нм}$. Потім її освітлюють додатково монохроматичним світлом з більш короткою довжиною хвилі λ_2 ($\lambda_2 < \lambda_1$). Знайти довжину хвилі λ_2 , якщо куля втратила $N = 3,4 \cdot 10^6$ частинок при цьому.

Відповідь: $\lambda_2 = 200 \text{ нм}$.

6.47. Червона межа фотоефекту для металічної пластинки лежить біля 198 нм . Якщо пластинку прожарити при високій температурі, то червона межа фотоефекту стане рівною 220 нм . На скільки електрон-вольт прожарювання зменшує роботу виходу електронів і чому?

Відповідь: $\Delta A = A_1 - A_2 = 0,6 \text{ еВ}$.

6.48. При почерговому освітленні поверхні деякого металу світлом з довжинами хвиль $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ і $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ виявили, що відповідні максимальні

швидкості фотоелектронів відрізняються одна від одної в $\eta = 2,0$ рази. Знайти роботу виходу електронів з поверхні цього металу.

Відповідь: $A = \frac{hc}{\lambda_2(\eta^2 - 1)} \left(\eta^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) = 1,9 \text{ eV}.$

6.49. Електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 0,30 \text{ мкм}$ падає на фотоелемент, який знаходиться в режимі насичення. Відповідна спектральна чутливість фотоелемента $k = 4,8 \text{ мА/Вт}$. Знайти вихід фотоелектронів, тобто число фотоелектронів на кожний падаючий фотон.

Відповідь: $j = \frac{n}{N} = \frac{2\pi c \hbar k}{e \lambda} = 9,0 \cdot 10^{-2}$, де N – кількість фотонів, що падають за одиницю часу на фотоелемент, n – кількість електронів, що вибиваються за одиницю часу із катода фотоелемента.

6.50. Два електроди, які знаходяться у вакуумі на деякій відстані один від одного, сполучені через активний опір. Один із електродів освітлюється джерелом, в спектрі якого є випромінювання з довжиною хвилі, яке задовільняє умові $\frac{hc}{\lambda} > A$, де A – робота виходу електронів із металу освітлюваного електрода. Чи пройде при цьому в колі струм? Яка його величина?

Відповідь: Так.

Квантові властивості світла

6.51. Точкове джерело світла потужністю $P = 10 \text{ Вт}$ випромінює світло з $\lambda = 589 \text{ нм}$. Знайти:

- а) середню густину потоку фотонів на відстані $r = 2 \text{ м}$ від джерела;
- б) відстань від джерела до точки, де середня об'ємна густина фотонів $n = 100 \text{ см}^{-3}$.

Відповідь: а) $j = \frac{P\lambda}{8\pi^2 c \hbar r^2} = 6 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2}$; $r = \frac{\sqrt{\frac{P\lambda}{2\hbar n}}}{2\pi c} = 734 \text{ м}.$

6.52. Короткий імпульс світла з енергією $E = 7,5 \text{ Дж}$ у вигляді вузького майже паралельного пучка падає на дзеркальну пластинку з коефіцієнтом відбиття $R = 0,60$. Кут падіння $r = 30^\circ$. Визначити за допомогою корпускулярних уявлень імпульс, переданий пластинці.

Відповідь: $P = \frac{E}{c} \sqrt{1 + R^2 + 2R \cos 2r} = 3,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$

6.53. Плоска світлова хвиля інтенсивністю $I = 0,2 \text{ Вт/см}^2$ падає на плоску дзеркальну поверхню з коефіцієнтом відбиття $R = 0,8$. Кут падіння $r = 45^\circ$.

Визначити за допомогою корпускулярних уявлень величину нормального тиску, який чинить світло на цю поверхню.

Відповідь: $P = \frac{E}{c}(1 + R)\cos^2 r = 6 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m^2}$.

6.54. Плоска світлова хвиля інтенсивністю $I = 0,70 \text{ Вт/см}^2$ освітлює кулю із дзеркальною поверхнею радіуса $r = 5,0 \text{ см}$. Коефіцієнт відбиття рівний одиниці. Знайти за допомогою корпускулярних уявлень силу, яка діє на кулю.

Відповідь: $F = \frac{\pi r^2 I}{c} = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$.

6.55. Невелике ідеально відбиваюче дзеркальце масою $m = 10 \text{ мг}$ підвішене на невагомій нитці довжиною $l = 10 \text{ см}$. Знайти кут, на який відхиляється нитка, якщо по нормалі до дзеркальця в горизонтальному напрямку зробити “вистріл” коротким імпульсом лазерного випромінювання з енергією $E = 13 \text{ Дж}$, за рахунок чого дзеркальце набуде кінетичної енергії.

Відповідь: $\sin \frac{r}{2} = \frac{E}{mc\sqrt{gl}}$.

6.56. Фотон з енергією $E_f = 1,00 \text{ MeV}$ розсіявся на вільному електроні, що знаходився в стані спокою. Знайти кінетичну енергію електрона віддачі, якщо в результаті розсіяння довжина хвилі фотона змінилася на $\eta = 25 \%$.

Відповідь: $T = \frac{E_f \eta}{1 + \eta} = 0,20 \text{ MeV}$.

6.57. Фотон з енергією, яка в $\eta = 2$ рази перевищує енергію спокою електрона, зіткнувся з електроном, що знаходився в стані спокою. Удар лобовий. Знайти радіус кривизни траєкторії електрона віддачі в магнітному полі $B = 0,12 \text{ Тл}$. Передбачається, що електрон віддачі рухається перпендикулярно до напрямку поля.

Відповідь: $R = \frac{2\eta(1 + \eta)mc}{(1 + 2\eta)lB} = 3,4 \text{ см}$