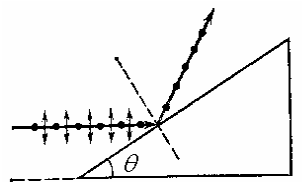


**Типові задачі на екзамен з курсу  
“Електромагнітні хвилі та оптика”  
2010 рік**

**I Поляризація.**

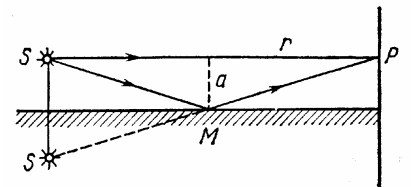
1. Визначити кут повної поляризації при відбитті світла від скла, показник заломлення якого дорівнює  $1,57$ . Знайти швидкість розповсюдження світла в цьому склі.
2. На шляху природного світла розташовано поляризатор і аналізатор. Кут між головними площинами ніколей дорівнює  $60^\circ$ . Визначити, як зміниться інтенсивність світла після проходження крізь ніколі, якщо втрати на поглинання і відбиття в кожному ніколі складають  $10\%$ .
3. Природне світло падає на поверхню діелектрика під кутом повної поляризації. Ступінь поляризації заломленого променя складає  $0,124$ . Знайти коефіцієнт пропускання світла.
4. Кут максимальної поляризації при відбитті від кристала кам'яної солі дорівнює  $57^\circ 05'$ . Визначити швидкість розповсюдження світла в цьому кристалі.
5. Два ніколя  $N_1$  і  $N_2$  розташовані так, що кут  $\alpha$  між їх площинами пропускання дорівнює  $45^\circ$ . Визначити: 1) у скільки разів зменшиться інтенсивність природного світла при проходженні через один ніколь; 2) у скільки разів зменшиться інтенсивність світла при проходженні через обидва ніколя? При проходженні кожного з ніколя втрати на відбиття та поглинання світла складають  $5\%$ .
6. Використовуючи формули Френеля, визначити зміну фази відбитої хвилі в порівнянні з фазою падаючої плоскої хвилі у випадку повного внутрішнього відбиття, якщо вектор напруженості  $\vec{E}$  електричного поля падаючої хвилі лежить в площині падіння.
7. Використовуючи формули Френеля визначити зміну фази відбитої хвилі в порівнянні з фазою падаючої плоскої хвилі у разі повного внутрішнього відбиття, якщо вектор напруженості  $\vec{E}$  електричного поля падаючої хвилі перпендикулярний до площини падіння.
8. На межу розділу середовищ з показниками заломлення  $n_1 = 1,5$  і  $n_2 = 1,33$  падає плоска електромагнітна хвиля, площина поляризації якої складає кут  $\alpha = 45^\circ$  з площиною падіння. Знайти різницю фаз між взаємно перпендикулярними компонентами електричного поля у відбитій хвилі.
9. Інтенсивність природного світла, що пройшло через поляризатор, зменшилася в 2,3 рази. У скільки разів зменшиться інтенсивність, якщо за першим поставити другий такий же поляризатор так, щоб кут між їх головними площинами дорівнював  $\alpha = 60^\circ$ ?
10. На межу розділу середовищ падає плоска електромагнітна хвиля, площину поляризації якої складає деякий кут  $\alpha$  з площиною падіння. Показати, що у разі повного внутрішнього відбиття відбита хвиля є еліптично поляризованою.
11. Показати, що при повному внутрішньому відбитті глибина проникнення електромагнітної хвилі в середу з меншим показником заломлення є порядку довжини хвилі в цьому середовищі.
12. Пучок природного світла падає на скляну ( $n = 1,6$ ) призму оскільки показано на мал. Визначити двограний кут  $\theta$  призми, якщо відбитий пучок максимально поляризований.



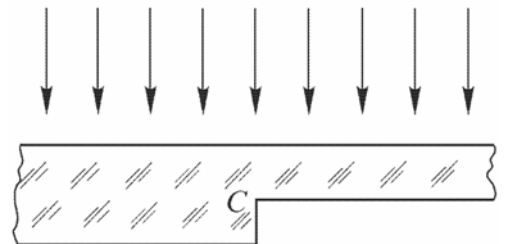
## II Інтерференція.

1. На товсту скляну ( $n_3 = 1,5$ ) пластинку, покриту дуже тонкою плівкою, показник заломлення якої дорівнює  $n_2 = 1,4$ , падає з повітря ( $n_1 = 1,0$ ) нормально паралельний пучок монохроматичного світла ( $\lambda = 0,6$  мкм). Відбите світло максимально ослаблене унаслідок інтерференції. Визначити товщину  $d$  плівки.
2. У досліді Юнга відстань  $d$  між щілинами дорівнює  $0,8$  мм. На якій відстані  $l$  від щілин слід розташувати екран, щоб ширина  $b$  інтерференційної смуги дорівнювала би  $2$  мм? Довжина хвилі  $\lambda = 0,6$  мкм.
3. У досліді з дзеркалами Френеля відстань  $d$  між уявними зображеннями джерела світла дорівнює  $0,5$  мм, відстань  $l$  від них до екрану дорівнює  $3$  м. Довжина хвилі  $\lambda = 0,6$  мкм. Визначити ширину  $b$  смуг інтерференції на екрані.
4. На екрані спостерігається інтерференційна картина від двох когерентних джерел світла з довжиною хвилі  $\lambda = 480$  нм. Коли на шляху одного з пучків помістили тонку пластинку з плавленого кварцу з показником заломлення  $n = 1,46$ , то інтерференційна картина змістилася на  $m = 69$  смуг. Визначити товщину кварцової пластинки.
5. Розсіяне монохроматичне світло з  $\lambda = 0,60$  мкм падає на тонку плівку речовини з показником заломлення  $n = 1,5$ . Визначити товщину плівки, якщо кутова відстань між сусідніми максимумами, спостережуваними у відбитому світлі під кутами з нормаллю, близькими до  $\vartheta = 45^\circ$  дорівнює  $\delta\vartheta = 3,0^\circ$ .
6. Світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,55$  мкм від видаленого точкового джерела падає нормально на поверхню скляного клину. У відбитому світлі спостерігають систему інтерференційних смуг, відстань між сусідніми максимумами яких на поверхні клину  $\Delta x = 0,21$  мм. Знайти: а) кут між гранями клину; б) ступінь монохроматичності світла ( $\Delta\lambda/\lambda$ ), якщо зникнення інтерференційних смуг спостерігається на відстані  $L = 1,5$  см від вершини клину.

7. Джерело  $S$  світла  $\lambda = 0,6$  мкм і плоске дзеркало  $M$  розташовані так, як показано на рис. (дзеркало Ллойда). Що спостерігатиметься в точці  $P$  екрану, де сходяться промені  $SP$  і  $SMP$ , - світло або темнота, якщо  $|SP| = r = 2$  м  $a = 0,55$  мм,  $|SM| = |MP|$ ?

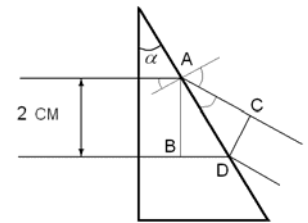


8. Дві плоско паралельні скляні пластинки утворюють клин з кутом  $\theta = 30''$ . Простір між пластинками заповнений гліцерином ( $n_g = 1,4695$ ). На клин нормально до його поверхні падає пучок монохроматичного світла з довжиною хвилі  $\lambda = 500$  нм. У відбитому світлі спостерігається інтерференційна картина. Яке число  $N$  інтерференційних смуг доводиться на  $1$  см довжини клину?
9. Плоска хвиля проходить через скляну пластинку з показником заломлення  $n$ , падаючи на її поверхню нормально. Товщина пластинки стрибком змінюється на величину  $d$  порядку довжини світлової хвилі уздовж деякої прямої, що проходить через точку  $C$  перпендикулярно до площини малюнка. Хвиля, що пройшла, збирається лінзою в її фокусі. При яких значеннях  $d$  інтенсивність світла у фокусі буде удвічі менше інтенсивності світла в тому ж фокусі у разі відсутності уступу на пластинці?



10. Сферична поверхня плоско-опуклої лінзи стикається з скляною пластинкою. Простір між лінзою і пластинкою заповнений сірковуглецем. Показники заломлення лінзи, сірковуглецю і пластинки рівні відповідно  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,63$  та  $n_3 = 1,7$ . Радіус кривизни сферичної поверхні лінзи  $R = 100$  см. Визначити радіус п'ятого темного кільця Ньютона у відбитому світлі, довжина світла якого  $\lambda = 0,50$  мкм.
11. На дзеркала Френеля, кут між якими  $\alpha = 10'$  падає монохроматичне світло від вузької щілини  $S$ , що знаходиться на відстані  $r = 0,1$  м від лінії їх перетину. Відбите від дзеркал світло дає інтерференційну картину на екрані, віддаленому на відстані  $a = 2,7$  м від лінії їх перетину, причому відстань між інтерференційними смугами дорівнює  $\Delta = 2,9 \cdot 10^{-3}$  м. Визначити довжину хвилі світла.
12. Відстані від біпризми Френеля до вузької щілини і екрану дорівнюють відповідно  $a = 25$  см і  $b = 100$  см. Біпризма скляна ( $n = 1,5$ ) із заломлюючим кутом  $\vartheta = 20'$ . Знайти довжину хвилі світла, якщо ширина інтерференційних смуг на екрані  $\Delta x = 0,55$  мм.
13. На установці для спостереження кілець Ньютона був виміряний у відбитому світлі радіус третього темного кільця. Коли простір між плоско паралельною пластинкою і лінзою заповнили рідиною, то той же радіус стало у кільця з номером, на одиницю більшим. Визначити показник заломлення рідини.
14. Між скляною  $n = 1,5$  пластинкою плоско-опуклою скляною лінзою, що лежить на ній, налита рідина, показник заломлення якої менше показника заломлення скла. Радіус  $r_8$  восьмого темного кільця Ньютона при спостереженні у відбитому світлі довжиною хвилі  $\lambda = 700$  нм дорівнює  $2$  мм. Радіус  $R$  кривизни опуклої поверхні лінзи дорівнює  $1$  м. Знайти показник заломлення  $n_p$  рідини.

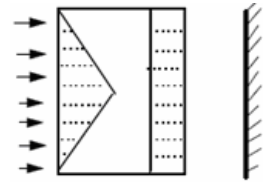
15. Два паралельні пучки світлових хвиль, розташовані на відстані  $2$  см, падають на скляну призму із заломлюючим кутом  $\alpha = 30^\circ$  і після заломлення виходять з неї. Знайти оптичну різницю ходу  $\Delta$  світлових хвиль після заломлення їх призмою.



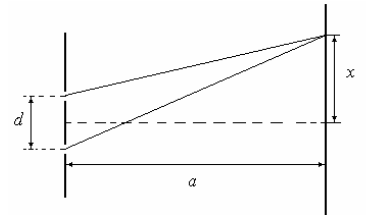
16. Відстань від джерела світла до вершини бідзеркала Френеля  $b = 30,0$  см, відстань від вершини дзеркала до екрана  $a = 1,0$  м, кут між дзеркалами  $\varphi = 2'$ . На екрані на відстані  $2$  см розміщується  $10$  темних смуг. Знайти довжину хвилі світла, яке падає на дзеркала Френеля.
17. У досліді Юнга відстань між щілинами дорівнює  $0,8$  мм. На якій відстані від щілин слід розташувати екран, щоб ширина  $b$  інтерференційної смуги дорівнювала б  $2$  мм?
18. На шляху світлової хвилі, що йде в повітрі, поставили скляну  $n = 1,5$  пластинку завтовшки  $d = 0,2$  мм. Як зміниться оптична довжина шляху, якщо хвиля падає на пластинку: 1) під кутом  $\varepsilon_1 = 60^\circ$ ; 2) під кутом  $\varepsilon_2 = 45^\circ$ ?
19. Плоско-опукла лінза, виготовлена з скла з показником заломлення  $n = 1,5$  оптичною силою  $1$  дптр лежить на плоскій скляній пластинці опуклою стороною вниз. Радіус першого темного кільця Ньютона у відбитому світлі  $R_{1T} = 0,5$  мм. Визначити довжину хвилі.
20. Відстань між другим і третім темними кільцями Ньютона  $1$  мм. Знайти відстань між 20-м і 21-м темними кільцями, якщо спостереження проводять у відбитому світлі.

21. Установка для спостереження кілець Ньютона освітлює монохроматичним світлом з довжиною хвилі  $\lambda = 675 \text{ нм}$ , який падає нормально до пластинки. Відстань між 5-м і 25-м світлими кільцями Ньютона  $9 \text{ мм}$ . Знайти радіус кривизни лінзи, якщо спостереження проводять у відбитому світлі.

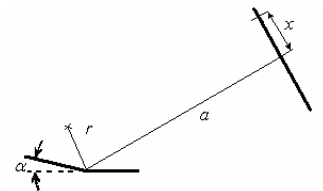
22. Плоска світлова хвиля з  $\lambda = 0,7 \text{ мкм}$  падає нормально на основу біпризми, зробленої з скла (показник заломлення  $n = 1,52$ ) із заломлюючим кутом  $\vartheta = 5,0^\circ$ . За біпризмою знаходиться плоско паралельна скляна пластинка, і простір між ними заповнений бензолом ( $n_b = 1,52$ ). Знайти ширину інтерференційної картини на екрані, розташованому за цією системою.



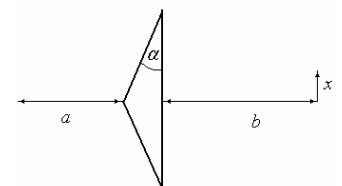
23. Знайти довжину хвилі  $\lambda$  монохроматичного випромінювання, якщо в досліді Юнга відстань від першого інтерференційного максимуму до центральної смуги  $x = 0,05 \text{ см}$ . Дані установки (рис. 21):  $a = 5 \text{ м}$ ,  $d = 5 \text{ см}$ .



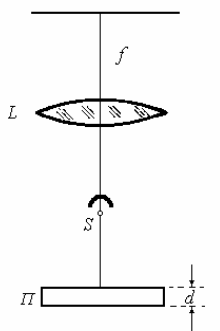
24. Знайти розподіл інтенсивності  $I$  на екрані в установці з дзеркалами Френел.



25. Виразити відстань  $x$  від центра інтерференційної картини до m-ї світлої смуги в досліді з біпризмою (рис. 23). Показник заломлення призми  $n$ , довжина хвилі  $\lambda$ , заломлюючий кут  $\alpha$ . Промені, що інтерферують, падають на екран майже перпендикулярно.



26. Інтерференційні смуги однакового нахилу в фокальній площині лінзи  $L$  отримують при відбитті від плоско паралельної пластинки  $\Pi$ , що освітлюється монохроматичним джерелом світла  $S$ . Пряме світло джерела на лінзу не падає. Довжина світлової хвилі  $\lambda = 6000 \text{ Å}$ , товщина пластинки  $d = 1,6 \text{ мм}$ ; показник заломлення  $n = 1,5$ ; фокусна відстань лінзи  $f = 40 \text{ см}$ . Знайти радіус  $r$  першого видимого на екрані  $\mathcal{E}$  темного інтерференційного кільця, якщо центр кілець є темним. Якою є максимально допустима ширина лінії  $\Delta\lambda$ , що освітлює пластинку, щоб для вказаних параметрів схеми можна було спостерігати інтерференційні кільця?

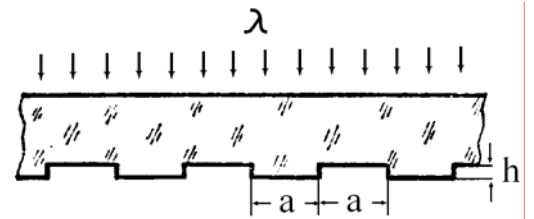


### III Дифракція.

1. На щілину шириною  $a = 0,05 \text{ мм}$  падає нормально монохроматичне світло ( $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ ). Визначити кут між початковим напрямком пучка світла і напрямком на четверту темну дифракційну смугу.
2. З якою сталою необхідно виготовити дифракційну ґратку, щоб в спектрі першого порядку можна було розділити лінії калію ( $\lambda_1 = 404,4 \text{ нм}$  і  $\lambda_2 = 404,7 \text{ нм}$ ). Ширина ґратки: а)  $3 \text{ см}$ ; б)  $6 \text{ см}$ .

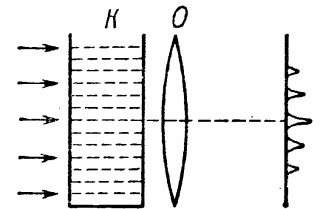
3. Якою повинна бути мінімальна ширина дифракційної ґратки, щоб вона розділила в спектрі другого порядку дві лінії спектру ртуті ( $\lambda_1 = 313,184 \text{ нм}$  і  $\lambda_2 = 313,156 \text{ нм}$ )? Період ґратки  $2 \text{ мкм}$ .

4. Плоска світлова хвиля довжини  $\lambda$  падає нормально на фазову дифракційну ґратку, профіль якої показаний на рис. Штрихи нанесені на скляній пластинці з показником заломлення  $n$ . Знайти глибину  $h$  штрихів, при якій інтенсивність центрального Фраунгоферова максимуму дорівнює нулю. Який при цьому кут дифракції, відповідний першому максимуму?

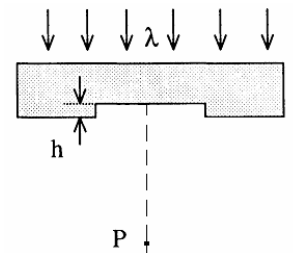


5. На діафрагму з круглим отвором радіусом  $r = 1 \text{ мм}$  падає нормально світло довжиною хвилі  $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ . На шляху променів, що пройшли через отвір, розміщено екран. Визначити максимальну відстань  $b_{\text{max}}$  від центру отвору до екрану, при якому в центрі дифракційної картини ще спостерігатиметься темна пляма.

6. На рис. показана схема для спостереження дифракції світла на ультразвуку. Плоска світлова хвиля з  $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$  проходить через кювету  $K$  з водою, в якій збуджена стояча ультразвукова хвиля з частотою  $\nu = 4,7 \text{ МГц}$ . В результаті дифракції світла на оптично неоднорідній періодичній структурі у фокальній площині об'єктиву  $O$  з фокусною відстанню  $f = 35 \text{ см}$  виникає дифракційний спектр. Відстань між сусідніми максимумами  $\Delta x = 0,60 \text{ мм}$ . Знайти швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у воді.



7. Світлова хвиля з  $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$  падає нормально на достатньо велику скляну пластинку, на протилежній стороні якої зроблена кругла виїмка. Для точки спостереження  $P$  вона уявляє півтори зони Френеля. Знайти глибину  $h$  виїмки, при якій інтенсивність світла в крапці  $P$  буде: а) максимальною; б) мінімальною; в) дорівнюватиме інтенсивності падаючого світла.



8. Світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$  падає на щілину ширини  $b = 10 \text{ мкм}$  під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$  до її нормалі. Знайти кутове положення перших мінімумів, розташованих по обидві сторони центрального Фраунгоферового максимуму.

9. Дифракційна картина отримана за допомогою дифракційної ґратки завдовжки  $l = 1,5 \text{ см}$  і періодом  $d = 5 \text{ мкм}$ . Визначити, в спектрі якого найменшого порядку цієї картини можливо отримати роздільні зображення двох спектральних ліній з різницею довжин хвиль  $\delta\lambda = 0,1 \text{ нм}$ , якщо лінії лежать в крайній червоній частині спектру ( $\lambda = 760 \text{ нм}$ ).

10. Яку найменшу роздільну силу  $R$  повинна мати дифракційна ґратка, щоб з її допомогою можна було розділити дві спектральні лінії калію ( $\lambda_1 = 578 \text{ нм}$  і  $\lambda_2 = 580 \text{ нм}$ )? Яке найменше число  $N$  штрихів повинні мати ця ґратка, щоб розділення було можливо в спектрі третього порядку?

11. На ґратку з періодом  $0,006 \text{ мм}$  нормально падає монохроматичне світло. Кут між головними максимумами 1-го і 2-го порядків дорівнює  $4^\circ 36'$ . Визначити довжину хвилі.

12. Зони Френеля будуються зі сторони увігнутої поверхні сферичної хвилі, що сходиться, радіусом  $a$ . Відстань від поверхні хвилі до точки спостереження дорівнює  $b$ . Знайти вираз для радіуса  $r_m$   $m$ -ї зони Френеля.