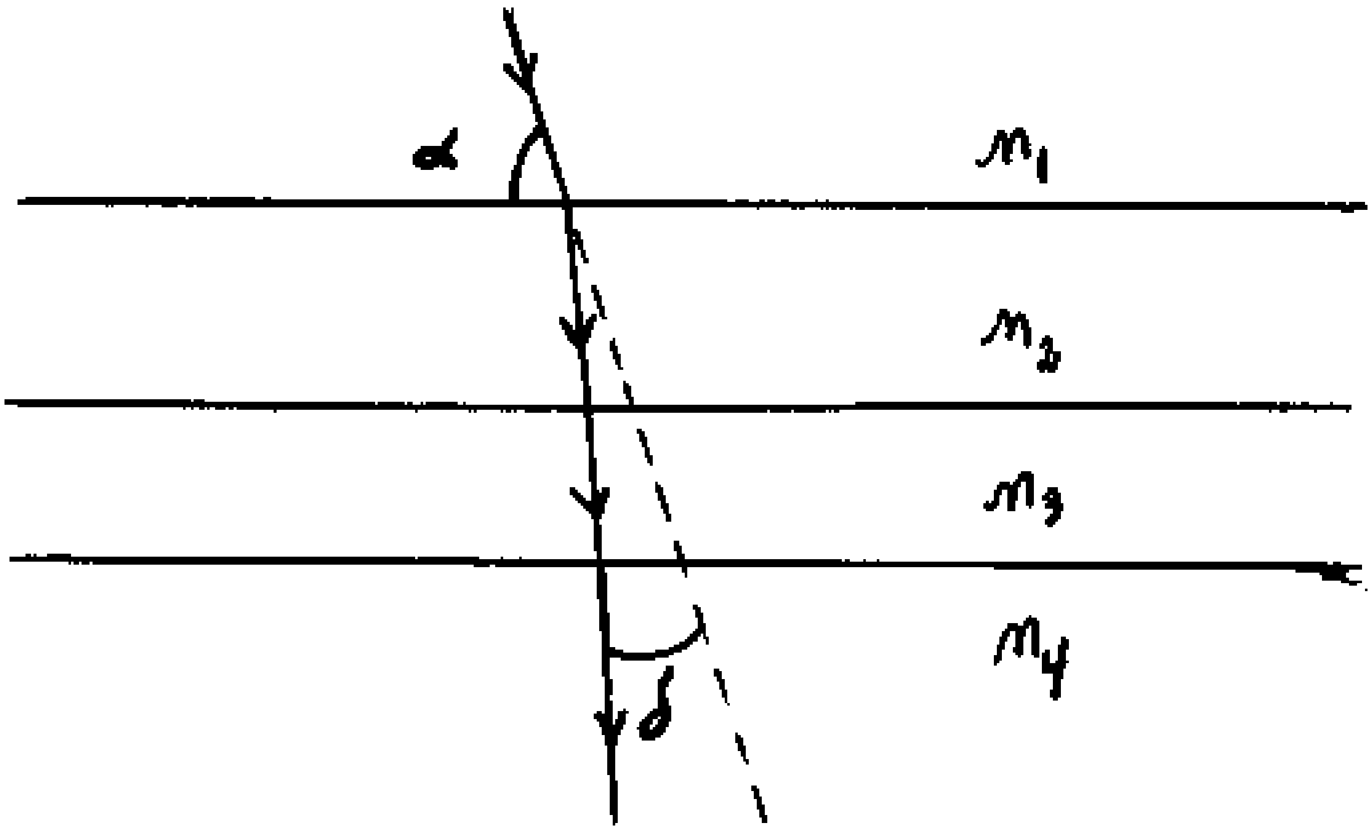
PHYSQ 130: Ondes, optique et son **Automne 2001**
Professeur: Marc de Montigny
Examen final: mardi 18 décembre, de 9 h à midi
Matériel: aide-mémoire (fourni) et calculatrice
Remarque: Vous pouvez obtenir jusqu'à un maximum de 40 points sur les 50 points disponibles.

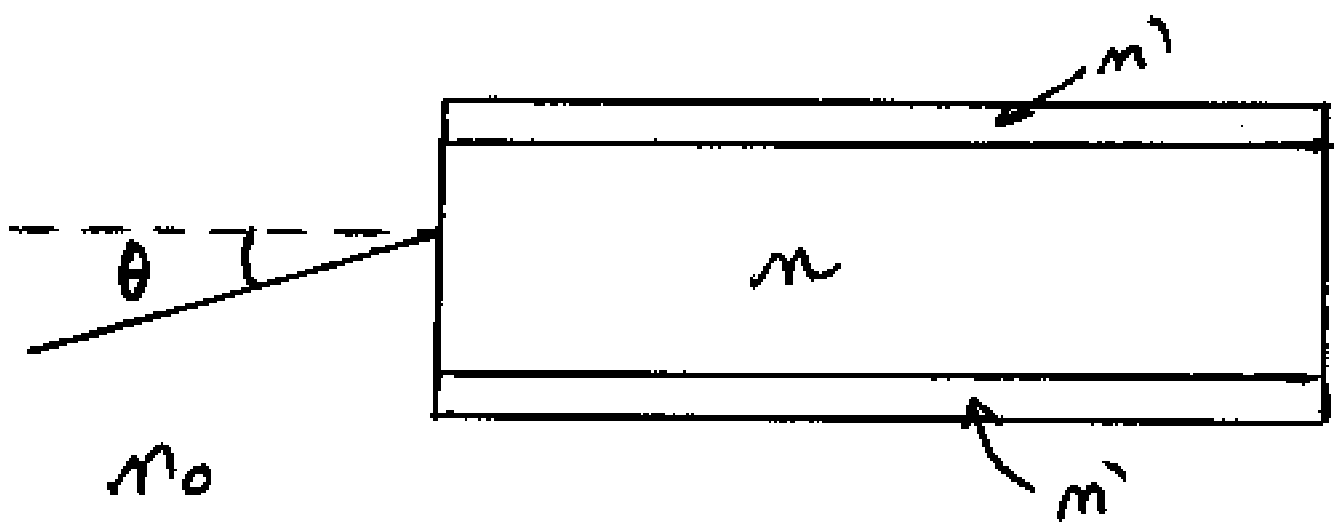
Question 1. (Maximum de 5.0 points) Loi de Snell-Descartes.

La figure ci-dessous illustre une série de couches d'indices de réfraction donnés. Calculez l'angle de déviation δ entre le rayon final sortant et la prolongation du rayon initial entrant, en termes de α, n_1 et n_4. (Utilisez l'approximation $\sin\theta \approx \theta$, où l'angle est en *radians*; sauf pour α.)



Question 2. (Maximum de 6.0 points) Réflexion totale interne.

Un cylindre constitué d'un matériau d'indice de réfraction n est entouré d'une couche d'indice n'. Ce système est dans un milieu environnant d'indice $n_0 < n$. La figure ci-dessous donne une vue de côté:



Montrez que l'angle d'incidence maximal θ pour lequel la lumière subit une réflexion totale interne (à la surface entre le cylindre n et la couche n') est donné par

$$n_0 \sin\theta = \sqrt{n^2 - n'^2}.$$

Question 3. (Maximum de 3.5 points) Miroir concave.

Étant donné un miroir concave de rayon de courbure R, déterminez: (a) la position de l'objet pour que l'image soit à une distance q du miroir (votre réponse est en termes de R et q), et (b) le grandissement transversal de l'image (encore en termes de R et q).

Question 4. (Maximum de 6.0 points) Formule des opticiens.

Une lentille d'indice n est dans l'air (d'indice 1.0) et a une surface convexe de rayon de courbure R. (a) Quel doit être le rayon de l'autre surface pour que la distance focale soit f? (Réponse en termes de n, R et f.) (b) Quel est ce rayon si $n = 1.5$, $R = 12$ cm et si l'on veut $f = +16$ cm? Dessinez la lentille vue de côté. (b) Quel est ce rayon si $n = 1.5$, $R = 12$ cm et si l'on veut $f = -40$ cm? Dessinez la lentille.

Question 5. (Maximum de 5.0 points) Lentilles minces combinées.

Un objet se trouve à 45 cm devant une lentille convergente de distance focale 10 cm. Une seconde lentille convergente de distance focale 15 cm est située à 25 cm derrière la première lentille. Trouvez (a) la position de l'image finale par rapport à la première lentille, et (b) son grandissement transversal.

Question 6. (Maximum de 4.0 points) Lentilles correctrices.

(a) Une personne myope ne peut voir clairement au-delà de 75 cm. Quelle puissance P de lentille (en *dioptries*) doit-on lui prescrire pour qu'elle puisse voir un objet à l'infini? (Rappel: $P \equiv \frac{1}{f}$, avec P en dioptries et f en mètres.) (b) Une personne hypermétrope ne peut focaliser correctement les objets situés plus près de 80 cm. De quelles lentilles (en dioptries) a-t-elle besoin pour voir un objet situé à un point proche de 25 cm?

Question 7. (Maximum de 6.0 points) Interférence et diffraction.

(a) Dans l'expérience de Young, on observe neuf franges d'interférence brillantes dans le maximum central de diffraction. Combien de franges brillantes trouve-t-on dans le premier maximum secondaire de diffraction? (b) Même question, mais dans le cas où n franges d'interférence brillantes sont observées dans le maximum central de diffraction. (Votre réponse devrait illustrer le fait que n est impair.)

Question 8. (Maximum de 5.0 points) Pellicules minces.

Une mince pellicule de plastique d'indice $n = 1.57$ et d'épaisseur 1.60×10^{-6} m, est comprise entre deux lames de verre d'indice 1.60 chacune. De la lumière blanche éclaire les lames suivant la normale. Quelles sont les longueurs d'onde du visible (dont $400 < \lambda < 700$ nm) qui seront atténuées (i.e. par interférence destructive) dans la lumière réfléchie?

Question 9. (Maximum de 4.5 points) Critère de Rayleigh et ouverture circulaire.

Si une ouverture circulaire a un *rayon* r, et que deux objets sont observés à une distance de 10 km, avec une longueur d'onde de 550 nm, quelle doit être la distance minimale entre ces objets pour qu'ils puissent être distingués s'ils sont observés (a) au moyen d'un télescope dont $r = 1$ m; (b) par un oeil dont la pupille a $r = 0.5$ mm?

Question 10. (Maximum de 5.0 points) Intensité dans une image de diffraction.

Un laser, de longueur d'onde égale à 630 nm, éclaire une fente simple de largeur 0.8 mm. Quelle est, donnée en pourcentage, l'intensité relative $\frac{I}{I_0}$ (où I_0 est l'intensité du maximum central) observée sur un écran situé à 5 mètres de la fente, à une distance y (sur l'écran) du maximum central, donnée par y égal à (a) 1 mm; (b) 5 mm; (c) 1.0 cm; (d) 2.0 cm; (e) 3.0 cm.

PHYSQ 130, FIN. A 2001 AIDE-MÉMOIRE

$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$, $n = \frac{c}{v}$, $\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$; $\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$,

$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$;

$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ $(n_1 > n_2)$; $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$, $f = \frac{1}{2}R$, $m = \frac{y_I}{y_0} = -\frac{q}{p}$;

$\frac{1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$; $\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}$, $m = \frac{y_I}{y_0} = -\frac{n_1}{n_2}\frac{q}{p}$; $P[\text{dioptries}] = \frac{1}{f[m]}$

$\delta = m\lambda$, $\delta = (m + 1/2)\lambda$; $\delta = d\sin\theta$, $\delta = 2e$; $\lambda_n = \lambda_0/n$; $I = 4I_0 \cos^2\frac{\phi}{2}$

$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T}$; $\tan\theta = \frac{y}{L}$; θ petit (rad) : $\theta \simeq \sin\theta \simeq \tan\theta$;

$a\sin\theta = m\lambda$, $a\sin\theta_c = 1.22\lambda$; $I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2}$, $\alpha = \frac{2\pi a \sin\theta}{\lambda}$

$r^2 \simeq 2Re$; $m_T = m_1 m_2$; $D = 2r$

$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$; $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$, $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$.

PHYSQ 130 : réponses à l'examen final de décembre 2001

1. delta = (1 - n_1/n_4)(pi/2 -alpha)

2. preuve

3. (a) p=qR/(2q-R); (b) m=1-2q/R

4. (a) R_2 = [(n-1)Rf]/[(n-1)f-R]; (b) -24 cm; (c) 7.5 cm

5. (a) 38.7 cm devant la lentille 1; (b) m = -1.50

6. (a) P = -1.33 dioptries; (b) P = +2.75 dioptries

7. (a) quatre franges; (b) (n-1)/2

8. 418, 456, 502, 558, 628 nm

9. (a) 3.36 mm; (b) 6.71 m

10. (a) 80.5 %; (b) 3.5%; (c) 1.5%; (d) 0.024%; (e) 0.15%

Page de PHYSQ 130