Physique Deuxième Niveau Fort

Correction épreuve mi-semestre

Collège Nicolas Bouvier
Date : 28 avril 2006
Points : . . . / 60 pts

Maître : Marti Ruiz-Altaba
Durée : 90 minutes

Table des matières

1 Théorie (8 pts)

La lumière est une onde électromagnétique que l'oeil humain peut apercevoir. Un four à micro-ondes rayonne des ondes électromagnétiques de fréquence 2,450 [GHz].

1. Quelle est la longueur d'onde de ces ondes dans l'air ? (4 pts)

$$v = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad \lambda_{air} \simeq \lambda_{vide} = \frac{c}{f} = \frac{2,9979 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}}{2,450 \cdot 10^9 \text{ [s}^{-1}\text{]}} = 1,224 \cdot 10^{-1} \text{ [m]}$$

2. Quelle est la longueur d'onde de ces ondes dans l'eau ? (4 pts)

$$v = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad \lambda_{eau} = \frac{v_e au}{f} = \frac{c/n}{f} = \frac{\lambda_{air}}{n} = \frac{1,224 \cdot 10^{-1} \text{ [m]}}{1,33} = 9,20 \cdot 10^{-2} \text{ [m]}$$

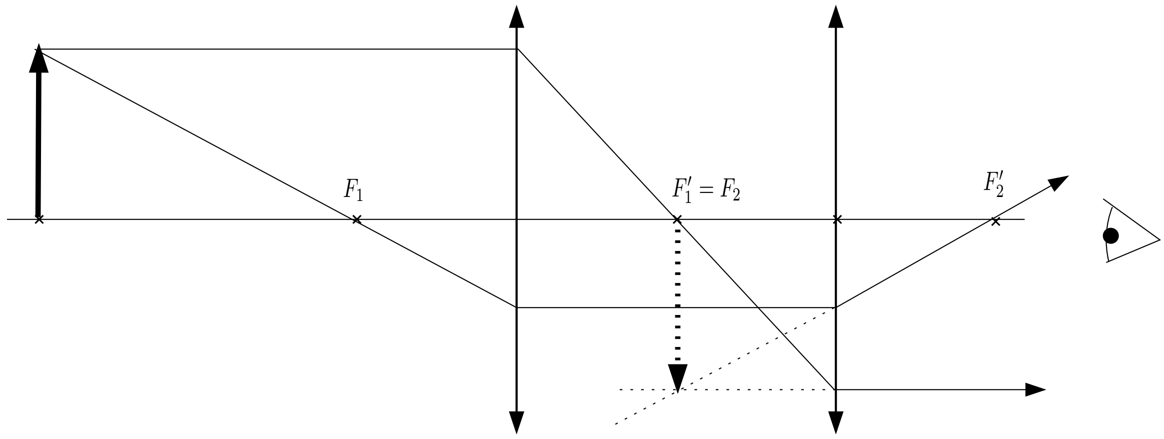
2 Instruments optiques (24 pts)

3. On considère un instrument optique construit avec *deux* lentilles, comme suit. Deux lentes convergentes de distance focale 150 [mm] chacune sont placées soigneusement de façon à ce que leurs axes optiques coïncident. L'écart entre elles est de 30,0 [cm]. On considère un objet situé à 450 [mm] à gauche de la loupe de gauche. (12 pts)

   (a) Faites un croquis de l'instrument. (3 pts)

   (b) Où se trouve l'image de l'objet ? (5 pts)

   (c) Quel est le grossissement total de l'instrument optique ? (2 pts)



(d) Pouvons-nous voir l'objet avec notre œil, ou faut-il placer un écran ? Pourquoi ? (2 pts)

Pour répondre à toutes ces questions, nous faisons le dessin, en suivant deux rayons lumineux, un qui rentre parallèle à l'axe optique, et un autre qui rentre après avoir passé par le foyer de la première loupe.

On voit que l'image (virtuelle) se trouve à mi-chemin entre les deux loupes, et le grossissement est de -1.

Nous pouvons aussi calculer, en sachant que $f_1 = f_2 = 1,50$ [dm] *et que* $p_1 = 4,50$ [dm]. *Il faut faire attention à mesurer* f_1, p_1 *et* p_1' *depuis le centre optique de la lentille convergente de gauche, idem pour le 2 et celle de droite :*

$$p_1' = \left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{p_1}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{1,50\ [\text{dm}]} - \frac{1}{4,50\ [\text{dm}]}\right)^{-1} = 2,25\ [\text{dm}]$$

L'image de la première lentille devient l'objet de la deuxième :

$$p_2 = \text{distance}_{12} - p_1' = 3,00\ [\text{dm}] - 2,25\ [\text{dm}] = 0,75\ [\text{dm}]$$

$$p_2' = \left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{p_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{1,50\ [\text{dm}]} - \frac{1}{0,75\ [\text{dm}]}\right)^{-1} = -1,5\ [\text{dm}]$$

Le grossissement total est g_2'/g_1. *Comme l'image de la première lentille est l'objet pour la deuxième,* $g_2 = g_1'$. *Alors*

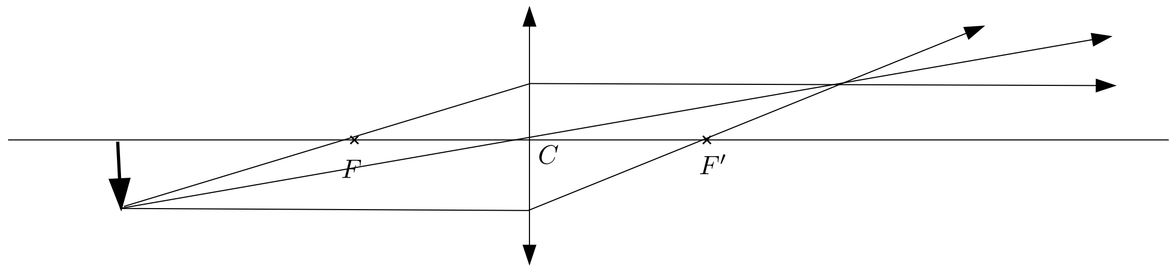
$$\frac{g_2'}{g_1} = \frac{g_2'}{g_2} \cdot \frac{g_2}{g_1} = \frac{g_2'}{g_2} \cdot \frac{g_1'}{g_1}$$

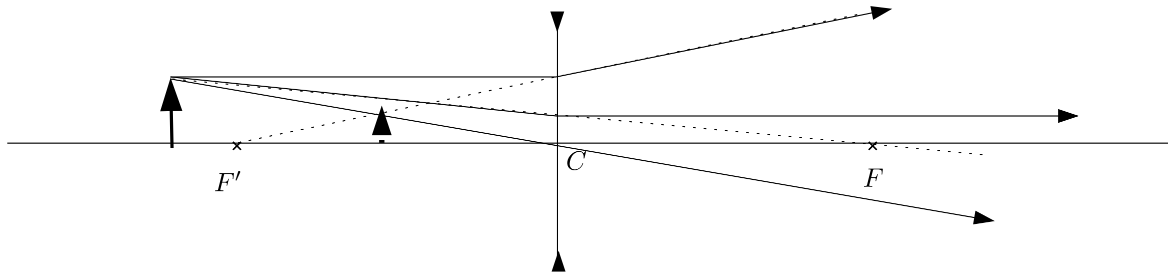
le grossissement total est le produit des grossissements. Avec les valeurs qu'on a trouvé,

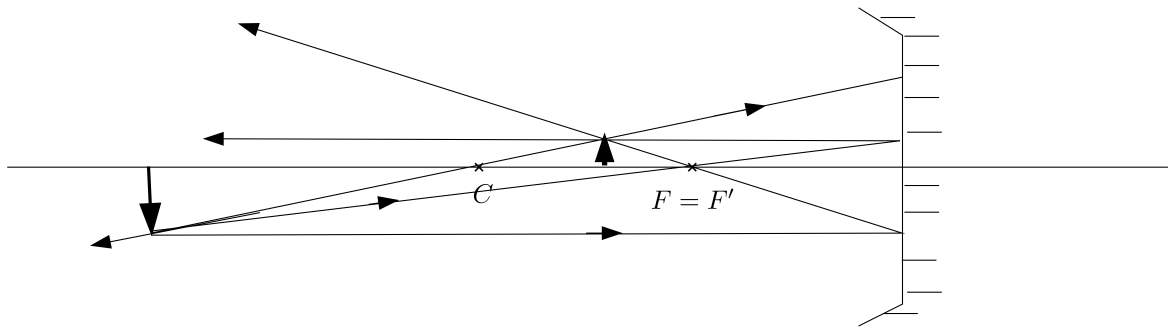
$$\left.\begin{array}{r} \frac{g_2'}{g_2} = -\frac{p_2'}{p_2} = -\frac{-1,5\ [\text{dm}]}{0,75\ [\text{dm}]} = 2,0 \\ g_1' g_1 = -\frac{p_1'}{p_1} = -\frac{2,25\ [\text{dm}]}{4,50\ [\text{dm}]} = -0,500 \end{array}\right\} \quad \Rightarrow \frac{g_2'}{g_1} = -1,0$$

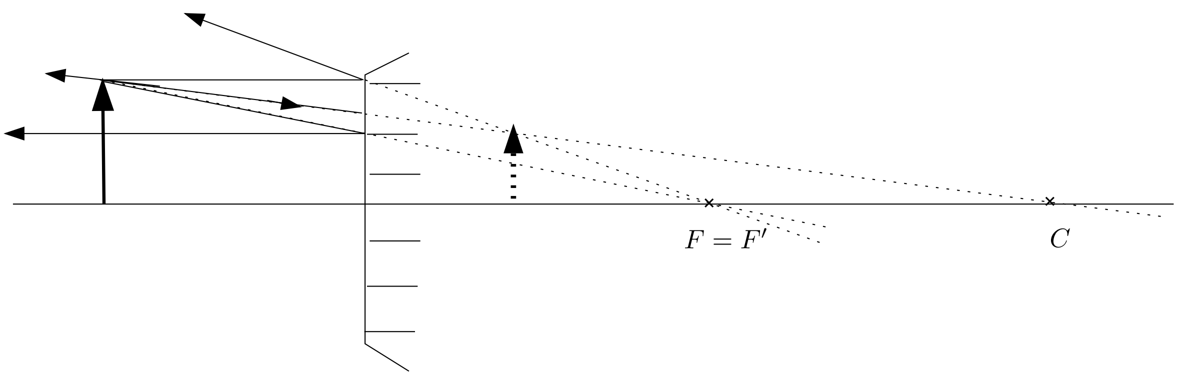
Puisque l'image est virtuelle, nous pouvons bien la voir avec l'œil. Il faudrait un écran pour y projeter l'image si celle-ci était réelle.

4. Trouvez les images des objets ci–dessous par construction géométrique (12 pts) :









3 Les défauts de l'œil (9 pts)

5. Les muscles de votre œil vous permettent de changer la distance focale de celui-ci. Quelle serait le rang des distances focales de votre œil si votre œil était

   (a) sans aucun défaut optique ? (3 pts)

   Pour un œil standard, $p' = 15$ *[mm] et le point de proximité est à 25 [cm]. Donc, selon si les muscles sont en situation de repos ou tendus au maximum,*

$$f = \left(p^{-1} + p'^{-1}\right)^{-1} = \begin{cases} (\infty^{-1} + (1,5 \cdot 10^{-2}[\mathrm{m}])^{-1})^{-1} = 1,5 \cdot 10^{-2}\ [\mathrm{m}] \\ [(2,5 \cdot 10^{-1}[\mathrm{m}])^{-1} + (1,5 \cdot 10^{-2}[\mathrm{m}])^{-1}]^{-1} = 1,42 \cdot 10^{-2}\ [\mathrm{m}] \end{cases}$$

   (b) hypermétrope avec 2,0 [D] ? (3 pts)

   Un œil hypermétrope a besoin de lunettes convergentes, donc sa distance focale est trop longue quand il est au repos. Un œil normal au repos (resp. en situation d'effort maximal) aurait une vergence de $(1,50 \cdot 10^{-2}[\mathrm{m}])^{-1} = 66,7$ [D] *(resp. 66,7 [D]+4,0 [D] = 70,7 [D]), tandis que l'œil hypermétrope aura une vergence de* $66,7$ [D] $- 2,0$ [D] $=$ $64,7$ [D] *(resp. 70,7 [D] - 2,0 [D]=68,7 [D]) et donc une distance focale au repos de* $(64,7\ [\mathrm{D}])^{-1} = 1,55 \cdot 10^{-2}$ *[m] (resp.* $(68,7\ [\mathrm{D}])^{-1} = 1,46 \cdot 10^{-2}$ *[m]. Les distances focales d'un œil hypermétrope sont donc comprises entre* $1,46 \cdot 10^{-2}$ [m] *et* $1,55 \cdot 10^{-2}$ *[m].*

6. Qu'est-ce le daltonisme, et quelles sortes y en a-t-il ? (3 pts)

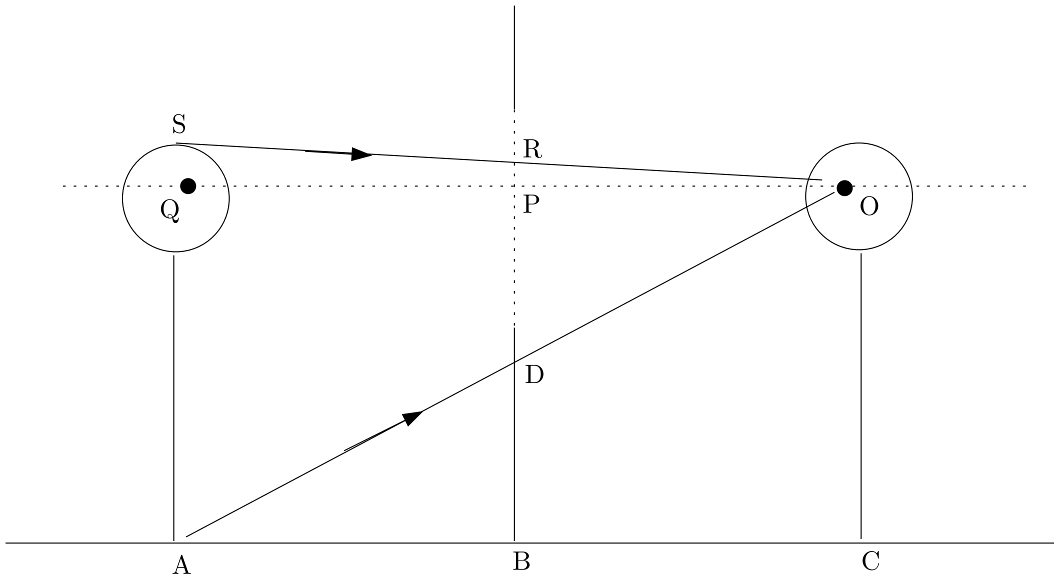
   Nos yeux contiennent normalement quatre sortes de cellules sensibles à la lumière, les bâtonnets et trois sortes de cônes. Quand les cônes d'un type manquent (condition génétique, transmise par les femmes mais rarissime chez les femmes) l'œil ne distingue pas aussi bien les couleurs.

4 Réflexion et réfraction (20 pts)

7. Un miroir plan rectangulaire mesure 83 [cm] de haut par 65 [cm] de large. Cocolette mesure 1,65 [m]. Elle veut fixer le miroir sur un mur vertical, mais ne sait pas quelle serait la bonne hauteur. Elle veut pouvoir s'y voir toute entière lorsqu'elle se met debout à 1,2 [m] du miroir. À quelle hauteur lui faut-il placer le miroir ? [Piste : faites un croquis de la situation.] (6 pts)

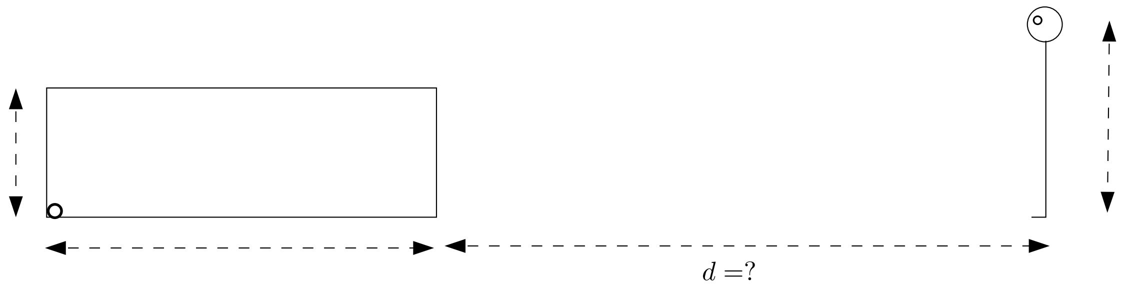
   L'image dans un miroir plan est toujours virtuelle, droite, de la même taille que l'objet. En plus, le miroir se trouve pile à mi-chemin entre l'objet et son image. L'image de Cocolette est donc une autre Cocolette[1] *debout, derrière le miroir, à la même distance de celui-ci que Cocolette.*

   Il est utile donc de garder en tête une "vraie" deuxième Cocolette. La question pratique qu'elle se pose est équivalente à "Où dois-je découper une fenêtre dans le mur pour voir la deuxième Cocolette toute entière ?" Cette situation est illustrée dans le croquis ci-dessous, dans lequel la fenêtre est placée trop haut.



[1] L'image est gauchère si Cocolette est droitière et inversément.

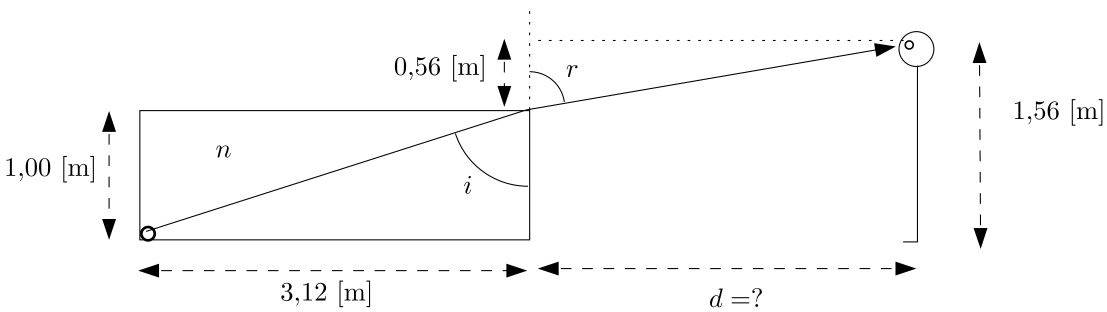
8. Un grand bac de plastique opaque (genre piscine portable) est rempli d'eau jusqu'au bord. Son hauteur est de 1,00 [m] et son diamètre de 312 [cm]. Une pièce d'argent est tombée dedans, tout près du bord. Une personne dont les yeux sont à une hauteur de 156 [cm] se rapproche lentement du bac, pile de l'autre côté d'où se trouve la pièce d'argent. Un croquis approximatif de la situation expérimentale est montré ci-dessous. (8 pts)



(a) Ajoutez au croquis les valeurs connues et tracez-y la trajectoire prévue de la lumière, avec indication claire des angles d'intérêt. (4 pts)

(b) Déterminez pour quelles valeurs de la distance d entre la personne et le bac est-ce que la personne peut voir la pièce. (4 pts)

On pourrait d'abord penser que la lumière reste dans l'eau aussi longtemps que possible, avec un croquis comme suit :



Par trigonométrie,

$$\tan i = \frac{3,12 \text{ [m]}}{1,00 \text{ [m]}} = 3,12 \quad \Rightarrow \quad i = 1,26 \text{ rad} = 72,2^\circ$$

Par Descartes,

$$\sin r = n \sin i = 1,33 \cdot \sin 1,26 = 1,33 \cdot 0,952 = 1,27$$

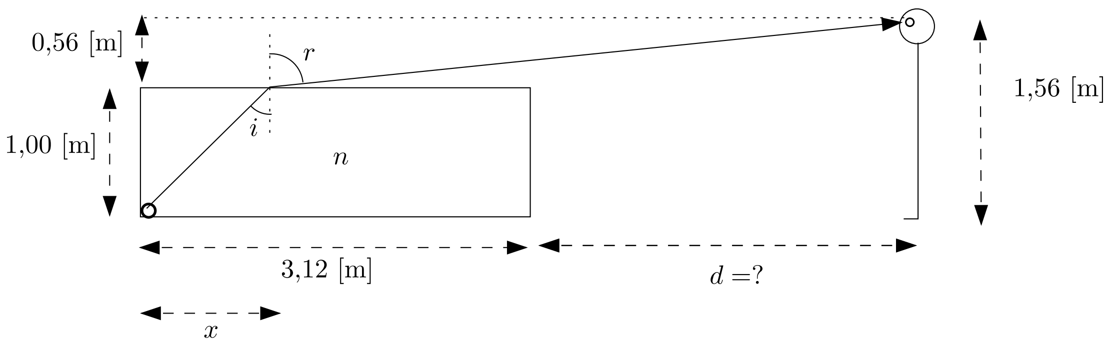
Comme aucun angle n'a un sinus plus grand que un, la lumière qui part de la pièce vers le bord lointain de la piscine n'en sort jamais.

Il faudrait plutôt considérer une situation comme celle indiquée ci-dessous :

$$\tan i = \frac{x}{1,00 \text{ [m]}}$$

$$\tan r = \frac{3,12 \text{ [m]} + d - x}{0,56 \text{ [m]}}$$

$$1,33 \sin i = \sin r$$



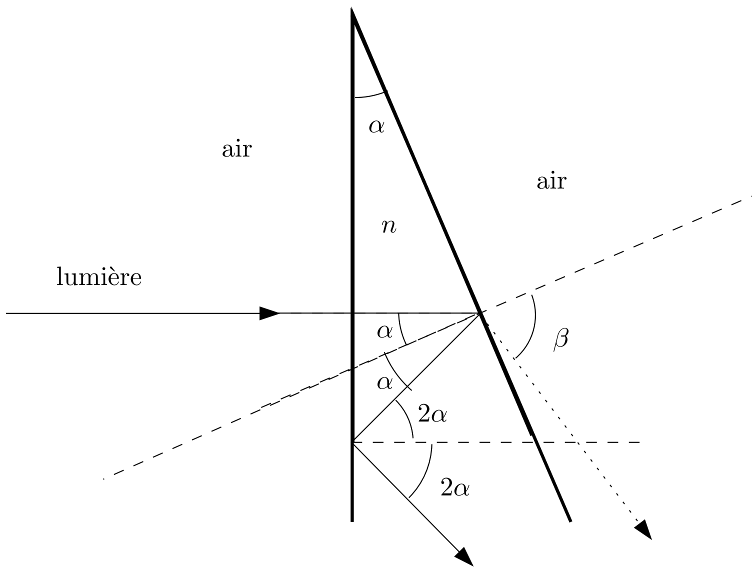
Mais, en fait, nous n'avons pas besoin de tout cela pour répondre à la question posée. La personne qui se rapproche du bac peut **toujours** *voir la pièce, qu'elle soit très très loin ou juste à côté du bac !*

9. Déterminez les valeurs possibles de l'angle α du prisme ci–dessous pour que la lumière *qui y rentre* après y incider normalement n'en ressorte plus jamais. Prenez $n = 1,61$. [Piste : quand $\alpha = 0$ la lumière sort tout droit, pour n'importe quel n ; quand $\alpha = 90°$ la lumière ne sort plus jamais, pour n'importe quel n.] (6 pts)

   D'après l'énoncé et le croquis, la lumière incide normalement sur le prisme, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface du prisme, qu'elle traverse tout droit. Ensuite elle incide sur la deuxième surface du prisme, à un angle d'incidence $\alpha_{verre} = \alpha$. Si la lumière traverse cette surface, elle sort dans l'air. Pour qu'elle ne traverse pas, il faut qu'il y ait réflexion totale. C'est-à-dire, il faut que l'angle de réflexion soit $\alpha_{air} = \beta = 90°$ (ou plus). Donc

$$n_{air} \sin \alpha_{air} = n_{verre} \sin \alpha_{verre}$$

$$\sin \alpha = n_{air} \sin \beta / n_{verre} = 1,00 \cdot 1/1,61 = 0,621 \Rightarrow \alpha = 38,4° = 0,670 \text{ [rad]}$$



En suivant le trajet de la lumière refletée à l'intérieur du prisme, il n'est pas difficile de se convaincre que la lumière n'en resssort plus jamais. [Piste : les angles d'incidence de la lumière seraient, à chaque coup, 2α, 3α, 4α, ...]