

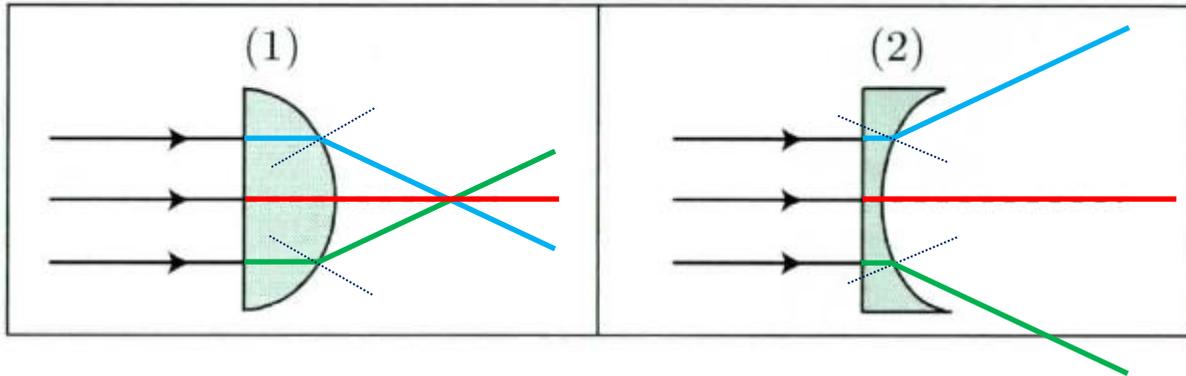
Pb n°1 : PARTIE I (et un peu VI) de e3a PSI 2024 ; FORT BOYARD

Q1. Lois de Snell-Descartes :

- Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence, défini par le rayon incident et la normale au dioptre ;
- En notant i_1 l'angle entre le rayon incident et la normale (dans le milieu d'indice n_1), et i_2 l'angle entre le rayon réfracté et la normale (dans le milieu d'indice n_2), on a $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

Q2. D'après les lois de Snell-Descartes, les rayons ne sont pas déviés par l'interface air-verre (car l'angle d'incidence est nul).

Puis au niveau de l'interface verre-air, l'angle de réfraction est plus grand que l'angle d'incidence, car $n > n_{air}$. D'où les dessins ci-dessous.



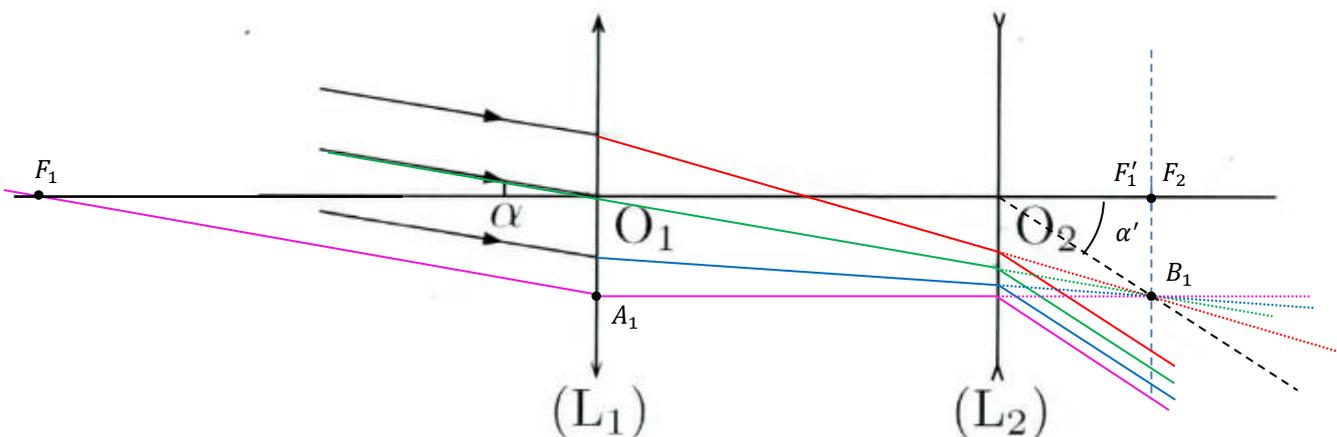
Q3. La première lentille est convergente, puisqu'un faisceau de lumière parallèle est transformé en faisceau convergent.

La seconde lentille est divergente, puisqu'un faisceau de lumière parallèle est transformé en faisceau divergent.

Q4. Un objet ponctuel à l'infini dans la direction de l'axe optique a pour image F'_1 . Cette image devient l'objet pour la seconde lentille. Et puisque l'image de cet objet doit être à l'infini, il faut l'objet soit en F_2 , d'où $F'_1 = F_2$.

Encombrement : $\ell = \overline{O_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F'_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F_2O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{O_2F'_2} = f'_1 + f'_2 = \boxed{f'_1 - |f'_2|}$

Q5. Schéma ci-dessous.



Q6. L'image du fort apparaît droite, puisque les angles α et α' sont de même signe.

Q7. Dans les conditions de Gauss, on peut assimiler les angles à leur tangente, d'où, en utilisant le triangle $F_1O_1A_1$ (ou le triangle $O_1F_2B_1$) : $\alpha \simeq \frac{O_1A_1}{f'_1}$ (ou $\alpha \simeq \frac{F_2B_1}{f'_1}$).

De même, avec le triangle $O_2F_2B_1$: $\alpha' \simeq \frac{F_2B_1}{|f'_2|}$.

Et puisque $O_1A_1 = F_2B_1$, il vient $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \boxed{\frac{f'_1}{|f'_2|}}$

Q8. En utilisant les résultats des questions Q4 et Q7, il vient $f'_1 = G|f'_2|$ et $|f'_2| = f'_1 - \ell$, d'où $f'_1 = G(f'_1 - \ell)$,

Puis $f'_1 = \frac{G}{G-1} \ell = \frac{20}{19} \times 25 = 26 \text{ cm}$. On en déduit $|f'_2| = \frac{f'_1}{G} = \frac{\ell}{G-1} = 1,3 \text{ cm}$

Q9. A l'œil nu, le fort est observé sous l'angle $\alpha \simeq \frac{h}{d} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 0,38^\circ$. Donc Gauss ok mais limite.
 $\alpha' = 0,13 \text{ rad} = 7,6^\circ$.

Partie VI – Composition chimique du gong

Q34. La maille conventionnelle est représentée ci-contre. Le nombre d'atomes de cuivre par maille est

$$N_{Cu} = \frac{8}{8} + \frac{6}{2} = 4.$$

Il y a contact entre les sphères dures le long des diagonales des faces, donc $a\sqrt{2} = 4R_{Cu}$

$$Q35. \rho = \frac{N_{Cu} M(Cu)}{N_A a^3} = \frac{\sqrt{2} N_{Cu} M(Cu)}{32 N_A R_{Cu}^3}$$

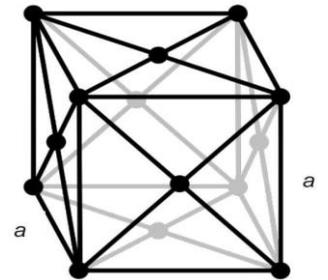
$$\text{Numériquement, } \rho = \frac{\sqrt{2} \times 4 \times 63,5 \cdot 10^{-3}}{32 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 128^3 \cdot 10^{-36}} = 8,89 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Q36. Les sites octaédriques se trouvent au milieu de chaque arête de la maille, et il y en a un en plus au centre de la maille. Cela en fait donc $\frac{12}{4} + 1 = 4$ sites octaédriques par maille.

Le long d'une arête, il faut qu'un atome étranger puisse se loger entre deux atomes de cuivre, donc que

$$2R_O \leq a - 2R_{Cu}, \text{ soit encore } R_O \leq (\sqrt{2} - 1) R_{Cu}. \text{ Numériquement, } R_O \leq 53,0 \text{ pm}$$

Q37. Puisque $R_{Sn} = 151 \text{ pm} > R_O$, il n'y a pas assez de place pour insérer des atomes d'étain dans les cavités octaédriques, donc le bronze est un alliage de substitution, pas d'insertion.



Pb n°2 : D'après CCINP PSI 2024 Physique-Chimie

Les calculatrices sont interdites pour cette partie du DM.

Partie II - Milieu marin (Fort Boyard aussi)

II. 1 - Structure cristallographique du chlorure de sodium

Q14. Il y a $\frac{8}{8} + \frac{6}{2} = 4$ ions sodium par maille.

Q15. Les centres des sites octaédriques se trouvent au milieu de chaque arête de la maille, et il y en a un en plus au centre de la maille. Cela en fait donc $\frac{12}{4} + 1 = 4$ sites octaédriques par maille.

Oui, ils sont tous occupés par les atomes de chlore, car il faut autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- , vu que la formule chimique du composé est NaCl.

Q16. La distance entre les centres de deux ions Na^+ les plus proches est $d_1 = \frac{a}{2}\sqrt{2}$, soit 393 pm. Puisque $d_1 > 2r$, les ions Na^+ ne sont pas tangents entre eux.

Oui, les ions Na^+ et Cl^- sont tangents entre eux, puisque $r + R = \frac{a}{2}$. Ils sont tangents le long de chaque arête.

$$Q17. \text{La compacité du cristal de NaCl est } \chi = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3 + 4 \times \frac{4}{3} \pi R^3}{a^3} = \frac{2}{3} \pi \frac{r^3 + R^3}{(r+R)^3}$$

$$Q18. \text{La masse volumique du chlorure de sodium est } \rho_{\text{NaCl}} = \frac{4(M(\text{Na}) + M(\text{Cl}))}{N_A a^3} = \frac{M(\text{Na}) + M(\text{Cl})}{2 N_A (r+R)^3}$$

Le chlorure de sodium est plus dense que l'eau (il tombe au fond de la casserole quand on en met dans l'eau pour faire cuire les nouilles !), dont la masse volumique est de $1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, soit $1,0 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$, soit encore $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Donc la bonne valeur est $\rho_{\text{NaCl}} = 2,16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.