

Métrologie des Particules

Durée: 1 heure

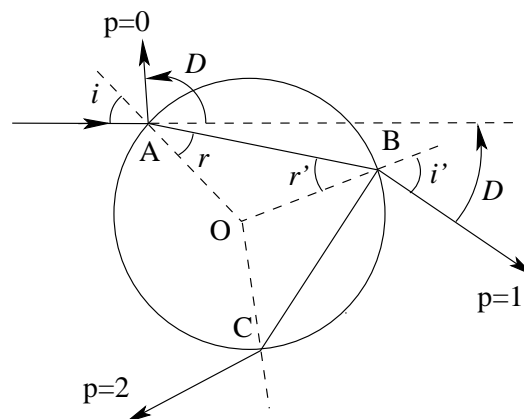
Tout document et calculatrice autorisés.

I. Répondez aux questions suivantes

- Une particule sphérique homogène est éclairée par une onde plane qui se propage dans la direction Oz et polarisée dans le plan Oxz . Exprimer l'intensité de la lumière diffusée au champ lointain en fonction des éléments de la matrice de diffusion (S_1 et S_2), le nombre d'onde k et la distance d'observation r pour les cas suivants:
 - le point d'observation est dans le plan Oxz ,
 - le point d'observation est dans le plan Oyz ,
 - le point d'observation est dans le plan contenant l'axe Oz et fait un angle $\phi = 45^\circ$ par rapport à l'axe Ox .
- Quelle est la relation entre la section d'extinction C_{ext} , la section de diffusion C_{sca} et la section d'absorption C_{abs} ? Donnez une explication physique par le bilan d'énergie.
- Que peut-on mesurer avec l'Anémométrie Doppler Laser (ADL ou LDV) et l'Anémométrie Phase Doppler (PDA) ? Expliquer brièvement leur principe de mesure.

II. Optique de l'arc-en-ciel

On considère une goutte d'eau sphérique, de centre O , de rayon a , placée dans l'air. L'indice de réfraction de l'air est assimilé à 1 et celui de l'eau est noté par m . On considère un rayon lumineux associé à une onde plane monochromatique (de longueur d'onde dans le vide λ) arrivant sur la goutte d'eau, tel qu'illustré ci-dessous. Les angles sont comptés positivement dans le sens trigonométrique.



- Dans quelle condition l'optique géométrique (ou le modèle de rayons) s'applique?

- Donner la relation entre l'angle i et l'angle α et celle entre l'angle α et l'angle α' .
- Au niveau du point B , le rayon lumineux peut-il être totalement réfléchi? Justifier la réponse.
- Déduire l'expression de l'angle de déviation D que subit le rayon lumineux incident en fonction de i , α et l'ordre p .
- Montrer qu'il existe une valeur $i = i_r$, que l'on exprimera en fonction de m et p tel que :

$$\frac{dD}{di}(i = i_r) = 0$$

- Applications numérique : Evaluer i_r pour $m = 4/3$ et $p = 2$, ainsi que l'angle de D_r correspondant.
- En fait, l'indice de réfraction de l'eau varie en fonction de la longueur d'onde (dispersion). Etudier la variation de i_r et D_r en fonction de m et expliquer le phénomène d'arc-en-ciel observé dans la nature.

III. Turbidimétrie

La turbidimétrie permet de mesurer la répartition en taille d'un nuage de particules par le spectre de transmission de la lumière à travers le milieu des particules. On se propose d'étudier son principe.

- Établir la loi de Beer-Lambert à partir du bilan énergétique de la lumière traversant le milieu d'épaisseur L qui est composé des particules monodispersées:

$$I = I_0 \exp(-C_{ext}NL)$$

et préciser ce qu'ils présentent C_{ext} et N .

- Un nuage de gouttes d'eau d'une épaisseur de 10 cm composé des particules de diamètre de $2 \mu\text{m}$ est éclairé par un faisceau laser de longueur d'onde de 632.8 nm. La transmittance mesurée est de 80 %. Quelle est la concentration des gouttes?
- On mélange maintenant des gouttes d'eau avec des gouttes de bière. Leurs compositions sont données dans le tableau suivant:

propriétés	diamètre	indice de réfraction	concentration
eau	$1,0 \mu\text{m}$	1,33	10^{12} m^{-3}
bière	$0,1 \mu\text{m}$	1,345	10^{15} m^{-3}

Déterminer la transmittance si le système est éclairé par un laser de longueur d'onde de $514,5 \mu\text{m}$.