

物 理 (その 1)

- 1 図 1 に示されるように、底面積 $S[\text{m}^2]$ 、高さ $h[\text{m}]$ 、密度 $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ である円柱形の一様な物体が、密度 $\rho_0[\text{kg}/\text{m}^3]$ の静止した一様な液体中に沈められている。ここで、物体の密度 ρ は液体の密度 ρ_0 よりも小さい ($\rho < \rho_0$) と仮定する。重力加速度の大きさを $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とし、重力の方向を z 軸の負の向きにとる。以下の問いに答えなさい。

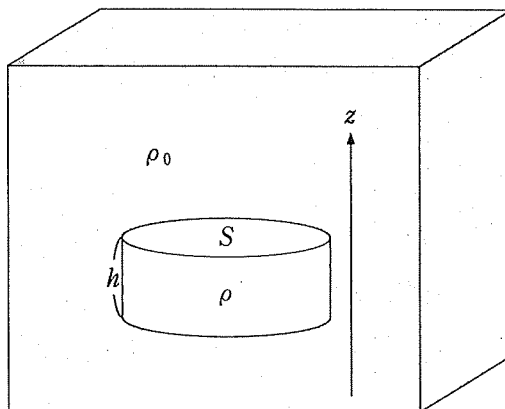


図 1

- (1) この物体の質量を、 S 、 h 、 ρ 、 ρ_0 、 g のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- (2) 物体が液体中に完全に沈んでいる場合の浮力の大きさを、 S 、 h 、 ρ_0 、 g のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- (3) 物体が液体中から浮き上がり、図 2 に示されるように底面から長さ $d[\text{m}]$ の部分が液面下にある状態で静止した。液面上の空気の密度は無視してよいものとする。

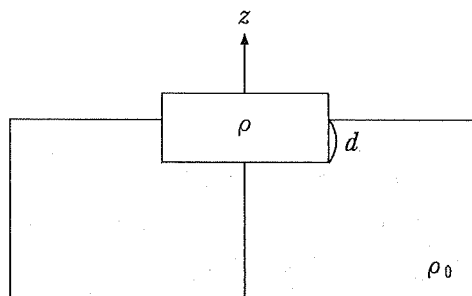


図 2

- (ア) 物体の密度 ρ を, S, h, ρ_0, g, d のうち, 必要なものを用いて求めなさい。
- (イ) 物体を上から押して, 図 2 の位置からさらに小さい距離 a [m] だけ沈めた。このとき, 手が物体に対して加える力の大きさを, S, h, ρ_0, g, d, a のうち, 必要なものを用いて求めなさい。
- (ウ) 手をそっと放すと, 物体は液面上で z 方向に振動した。振動の周期を S, h, ρ_0, g, d, a のうち, 必要なものを用いて求めなさい。ただし, 液体からの抵抗力は無視し, 円周率は π とする。

2 水素原子では、電荷 $-e$ [C]、質量 m [kg] の電子が、原子核の周りを半径 r [m] で速さ v [m/s] で回っている。このとき、電子はクーロン力 $k \frac{e^2}{r^2}$ [N] (k は比例定数) を受け、等速円運動をしている。この水素原子では、電子の波動性に基づくド・ブロイ波が円周上で定常波を形成し、安定した状態になると考えられるため、原子のエネルギーは離散的な値を取る。この水素原子の電子の状態やエネルギーに関する以下の問いに答えなさい。ただし、プランク定数は h [J・s] とする。問(1)、問(3)、問(4)の解答においては、速さ v を用いてもよい。

- (1) 電子が水素原子核の周りを等速円運動しているときの円運動の方程式を求めなさい。
- (2) この電子の全エネルギーを求めなさい。なお、電子の全エネルギーは運動エネルギーと位置エネルギーの和として求めることができる。
- (3) この水素原子において、電子の波動性にもとづく物質波の波長を求めなさい。
- (4) 電子の物質波が円周上で定常波を形成するための条件を、量子数 n を用いて求めなさい。
- (5) 水素原子の電子が n 番目の定常状態にあるときの軌道半径 r_n を、量子数 n を用いて表しなさい。
- (6) n 番目の定常状態にある原子のエネルギー準位 E_n を、量子数 n を用いて求めなさい。
- (7) 水素原子において、電子が基底状態から $n = 4$ の励起状態まで遷移した場合、可能なエネルギー準位遷移の数に基づいて、輝線の総数を求めなさい。
- (8) 電子が $n = 4$ の励起状態から $n = 2$ の状態に遷移したとき、放射される電磁波の波長を求めなさい。ただし、光速を c [m/s] とする。

物 理 (その2)

3 レンズに関する以下の問いに答えなさい。なお、レンズの厚さは無視できるものとする。

A 焦点距離 15.0 cm の凸レンズ1と物体を用意した。図1のように、凸レンズ1の前方 30.0 cm の位置に、光軸に垂直に高さ 4.00 cm の物体を立てた。

(1) レンズ1によって作られる物体の像の位置および像の大きさを求めなさい。さらに、像が実像か虚像か、また正立か倒立かを答えなさい。

(2) レンズの上半分を黒紙でおおった。物体の像はどうなるか、答えなさい。

(3) レンズ1により倍率 2.00 の実像ができた。このときの物体からレンズ1までの距離を答えなさい。

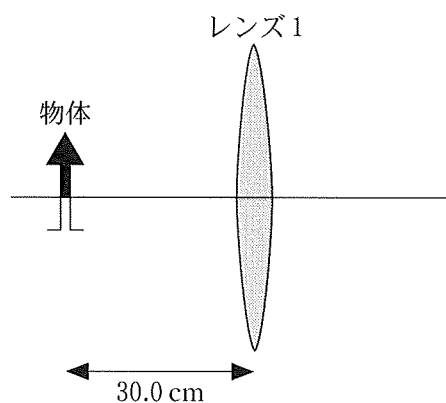


図1

B さらに焦点距離 10.0 cm の凹レンズ2を用意した。図2のように、焦点距離 15.0 cm の凸レンズ1と焦点距離 10.0 cm の凹レンズ2を 20.0 cm 離し、光軸を合わせた。次いで、レンズ1の前方(レンズ2とは反対方向) 10.0 cm の位置に、光軸に垂直に高さ 4.00 cm の物体を立てた。

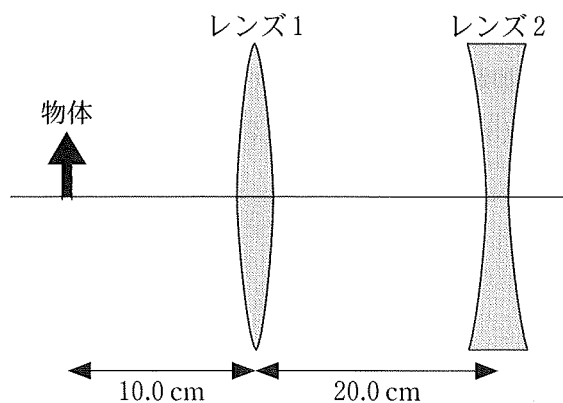


図 2

- (4) レンズ 1，レンズ 2 全体による像の位置と像の大きさを求めなさい。さらに，像が実像か虚像か，また正立か倒立かを答えなさい。

C 図 3 のように，二枚の凸レンズ(対物レンズ 1，接眼レンズ 2)を組み合わせると顕微鏡を作製した。レンズ 1 の焦点距離を f_1 ，レンズ 2 の焦点距離を f_2 とする。物体はレンズ 1 の焦点の外側に置かれており，物体と反対側に物体の像(像 1 とする)ができる。レンズ 1 から像 1 までの距離を D_1 とする。

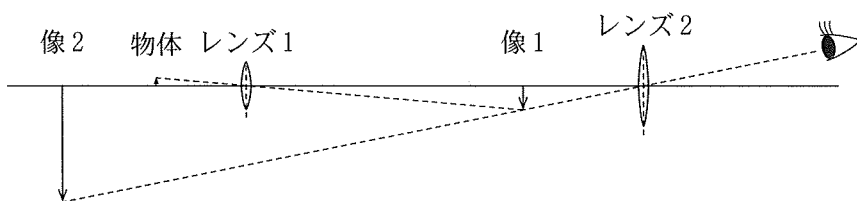


図 3

- (5) f_1 と D_1 を用いて，レンズ 1 の倍率を表しなさい。

次に，像 1 がレンズ 2 の焦点の内側となるようにレンズ 2 を置く。拡大された像(像 2 とする)が見える。レンズ 2 から像 2 の距離を D_2 とする。

- (6) f_2 と D_2 を用いて，レンズ 2 の倍率を表しなさい。

- (7) $f_1 = 10.0 \text{ mm}$ ， $D_1 = 100 \text{ mm}$ ， $f_2 = 20.0 \text{ mm}$ ， $D_2 = 300 \text{ mm}$ のとき，この顕微鏡の倍率と鏡筒の長さ(対物レンズと接眼レンズの間の距離)を求めなさい。

- 4 図1は、フィラメントを陰極とし、ターゲット金属を陽極とし、フィラメントで加熱して出てきた熱電子を電圧 V で加速し、金属ターゲットに当てたときに、X線管から発生したX線スペクトルを示している。以下の問いに答えなさい。

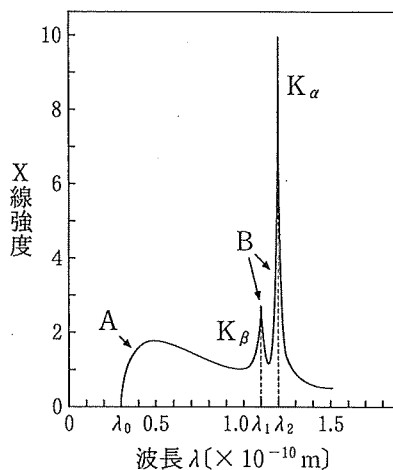


図1

- (1) 図1のA, BのX線の名称をそれぞれ答えなさい。
- (2) λ_0 の波長の名称を答えなさい。
- (3) 加速電圧 V のとき、ターゲットと衝突する直前の電子の速さを e , m , V を用いて表しなさい。
ただし、光速を c , プランク定数を h , 電子の電荷を $-e$, 質量を m , フィラメントから出た直後の電子の速さを0とする。
- (4) 図1に示されたスペクトルが得られたときのX線管に加えられた加速電圧を求めなさい。
ただし、真空中の光速 $c = 3.0 \times 10^8 [\text{m/s}]$, プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$, 電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$ とする。
- (5) 加速電圧を $20 [\text{kV}]$ としたとき、図1のスペクトルはどのように変化するか。概略を図1に実線で描きなさい。
- (6) 図1の波長 λ_2 を示すX線は、あるエネルギー準位間を電子が移るときに発生する。そのエネルギー差 $[\text{eV}]$ を求めなさい。

次に X 線回折法について考える。

- (7) 図 2 に示すように、波長が λ の X 線を結晶格子面(間隔が d)に対して角度 θ で入射したとき、自然数 n ($n = 1, 2, 3, \dots$)を用いて、反射 X 線が強め合う条件式を表しなさい。

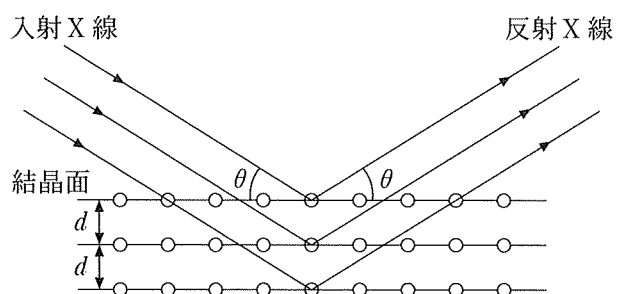


図 2

- (8) 図 1 の波長 λ_1 [m] の X 線 K_β のみを取り出し、図 2 のように結晶面の間隔が d [m] である結晶に対して入射させる。結晶面と X 線のなす角度を θ として、 θ を変化させながら反射 X 線の強さ I を測定した。 θ を 0° から増加したとき、 I が 3 回目に大きな値を示した角度は $\theta = 30^\circ$ であった。結晶面の間隔を求めなさい。

問題訂正

物理（その2）

3

●22 ページ 図1

(誤)

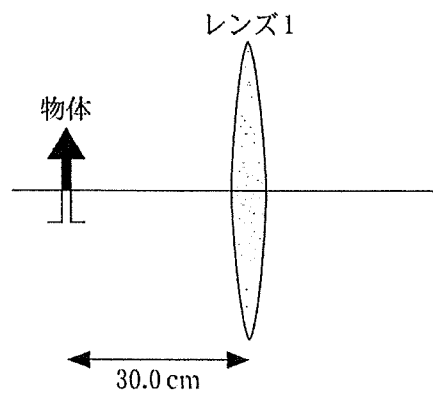


図1

(正)

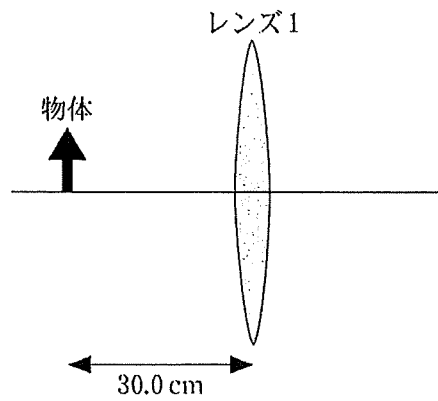


図1