

物 理 (その1)

- 1 以下の文章で空欄 のうち、(a)(e)(f)には当てはまる物理量の数値を、(b)には当てはまる語句を、また(c)(d)(g)には当てはまる文字式を考え、解答欄に記しなさい。なお数値計算の際にはアボガドロ定数と電気素量の値をそれぞれ $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ として使いなさい。単位に気をつけなさい。

原子の質量はきわめて小さい。そのため ^{12}C 原子 1 個の質量の $\frac{1}{12}$ を(統一)原子質量単位(単位は u)として原子の質量の単位に用いる。すなわち 1 u の質量を kg で表すと

$$1 \text{ u} = \text{ (a) }$$

である。

陽子の数が同じでも中性子の数が異なる原子がある。それらを (b) という。図に示したのは (b) や微量な種々の物質を仕分け同定する装置の概略である。装置は図の左からイオン源、電場によるイオンの加速装置、電場と磁場がかかった第1の部屋、そして磁場がかかった第2の部屋から成る。装置上に座標軸 (x, y, z) を図のように取る。z 軸の正の向きは紙面に垂直上向きである。

加速装置は電位差 V_0 の、y 軸に平行な二枚の電極板から成る。加速装置から出たイオンはスリット S_1 から第1の部屋に入る。第1の部屋には y 軸の正方向に一樣な大きさ E_1 の電場と、z 軸の正方向に磁束密度の大きさ B_1 の一樣な磁場がかかっている。第2の部屋の直前にはスリット S_2 がついている。二つのスリットを結ぶ線分 S_1S_2 は x 軸に平行である。第2の部屋には z 軸の正方向に磁束密度の大きさ B_2 の一樣な磁場がかかっている。なお図の破線はそれぞれの部屋の領域を示している。

いま電気量が同じ $q (> 0)$ で、質量の異なるイオンがイオン源からほぼ初速度 0 で加速装置に入り、平行電極板にかかった電位差 V_0 によって加速される。その結果それぞれ x 軸に平行な速度を持って第1の部屋にスリット S_1 から入る。そのうちこの第1の部屋で進路を曲げずに直進して第2のスリット S_2 を通って第2の部屋に入るイオン A はその質量が m であった。そのイオン A の速さは E_1 、 B_1 、 m 、 q の中から適当なものを選んで書き表すと

(c)

である。

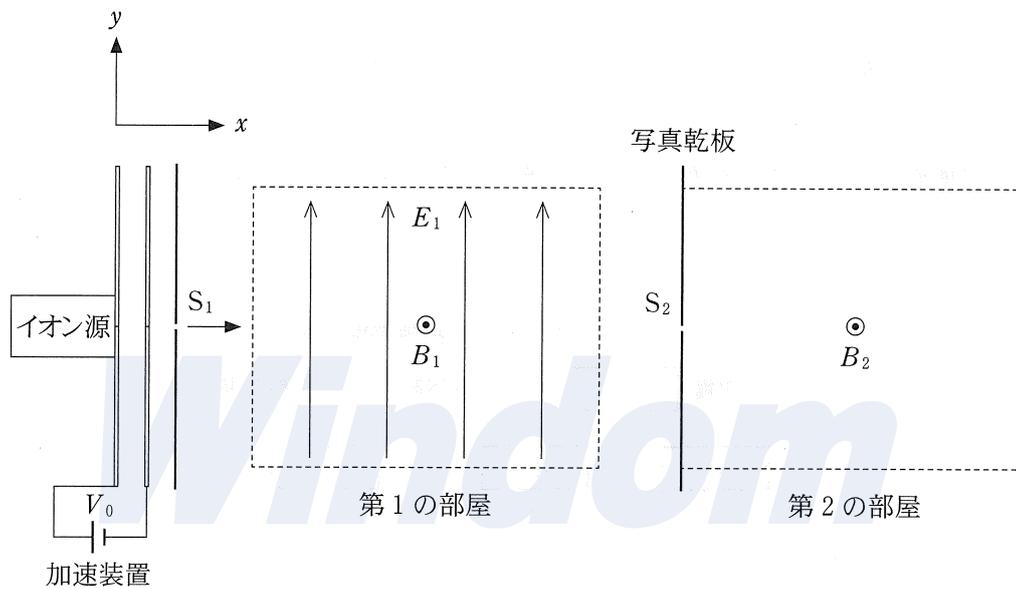
第2の部屋でイオン A は等速円運動に入り、半周したところで写真乾板に衝突してそこに蓄積する。スリット S_2 から衝突した場所 P までの距離 S_2P は V_0 を使わずに表すと (d) となる。そこで望みのイオン A を手に入れることができる。

いま注目したイオン A が酸素 ^{18}O からなる多原子イオン O_2^+ であったとする。加速装置の V_0 は $4.67 \times 10^4 \text{V}$ であった。この O_2^+ がスリット S_1 を通るときの速さは

(e)

である。

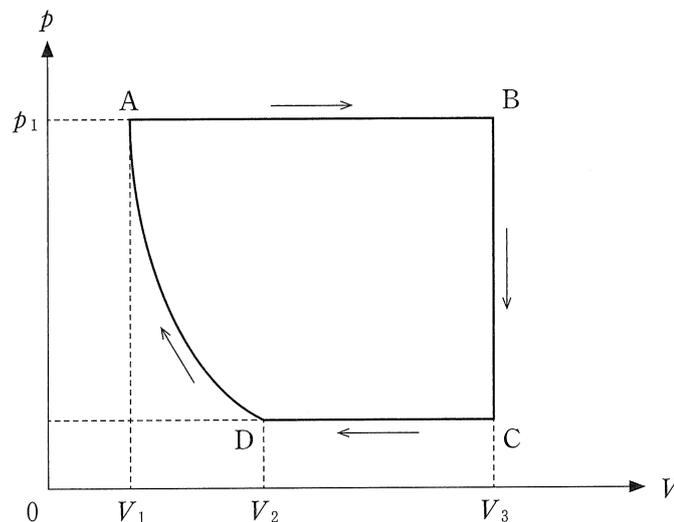
B_2 の大きさが 0.180T であるとき距離 S_2P は数値計算すると、(f) となる。なお磁束密度の単位 T は、長さ、時間、質量および電気量のそれぞれの単位 m, s, kg および C の中から適当なものを使って表すと (g) である。



2 密封された1モルの単原子分子理想気体を図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と状態変化させた。状態Aの圧力、体積、温度(絶対温度)はそれぞれ p_1, V_1, T_1 である。Aから圧力を一定に保って膨張させ、体積が V_3 になった状態がBである。状態Bから体積を変えずに圧力を下げた状態がCである。状態Cから圧力を一定に保って圧縮し体積が $V_2 (> V_1)$ になった状態がDであり、さらに断熱変化させて最初の状態Aに戻した。断熱変化においては圧力 p と体積 V の間に $pV^\gamma = \text{一定}$ という関係がある。ここに γ は比熱比である。このとき以下の問いに答えなさい。気体定数を R とする。また $a \equiv \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$ で定義される物理量 a を使いなさい。

- (1) 状態CおよびDの圧力はいくらか。 a, p_1 を用いて表しなさい。
- (2) 状態Cの温度はいくらか。 a, p_1, V_3, R を用いて表しなさい。
- (3) 状態変化 $D \rightarrow A$ で気体が行った仕事の大きさはいくらか。 a, p_1, V_1, V_2 を用いて表しなさい。
- (4) このサイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ を熱機関とみなしたとき、その熱効率 e が以下のように求められた。空欄 に入る自然数(a)~(c)を解答欄に記しなさい。

$$e = 1 - \frac{\left(\text{[(a)] } a + \text{[(b)] } \right) V_3 - \text{[(c)] } a V_2}{5 (V_3 - V_1)}$$



物 理 (その2)

3 図1のように、水平な板の上に2枚の両面平行ガラス板を合わせておき、その右端に厚さ D の金属箔をはさんでくさび状の空気層をつくった。金属箔はくさび形の頂点 O から L だけ離れている。ただし $L \gg D$ である。これに真上から波長 λ の平行光線を当て、真上から眺めると等間隔で平行な明暗の縞模様が見えた。空気の屈折率は1とする。このとき以下の問いに答えなさい。単位に気をつけなさい。

- (1) 頂点 O からある距離の地点で暗線が見えた。その位置の空気の厚さ d を $m = 0, 1, 2, \dots$ を満たす整数 m を使って表しなさい。
- (2) L を 10 cm 、 D を $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$ とし、波長 $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を真上からあてた。暗線間隔を求めなさい。
- (3) 光の方向と反対の下側から縞を観察する。上から見る場合と比べてどう変わるかを説明しなさい。
- (4) 設問(2)において、ある液体をくさび形の空間に入れて上と同じ波長の光を当てると、 1.0 cm あたり図2のような暗線と明線が見えた。この液体の屈折率を求めなさい。

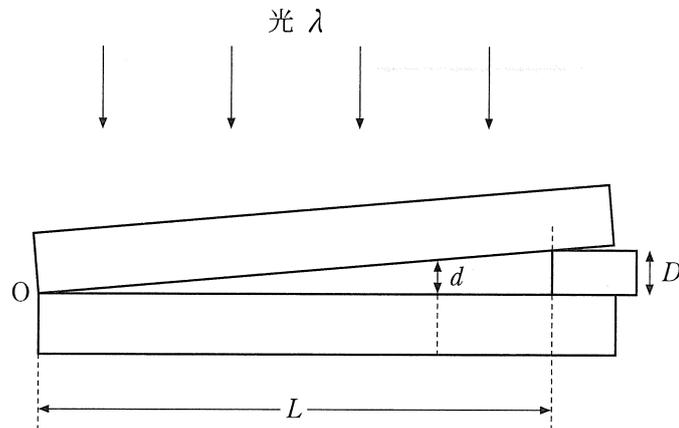


図1

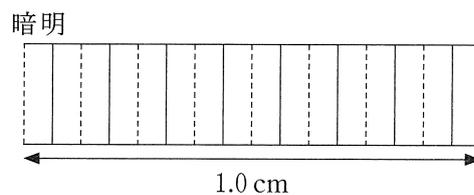
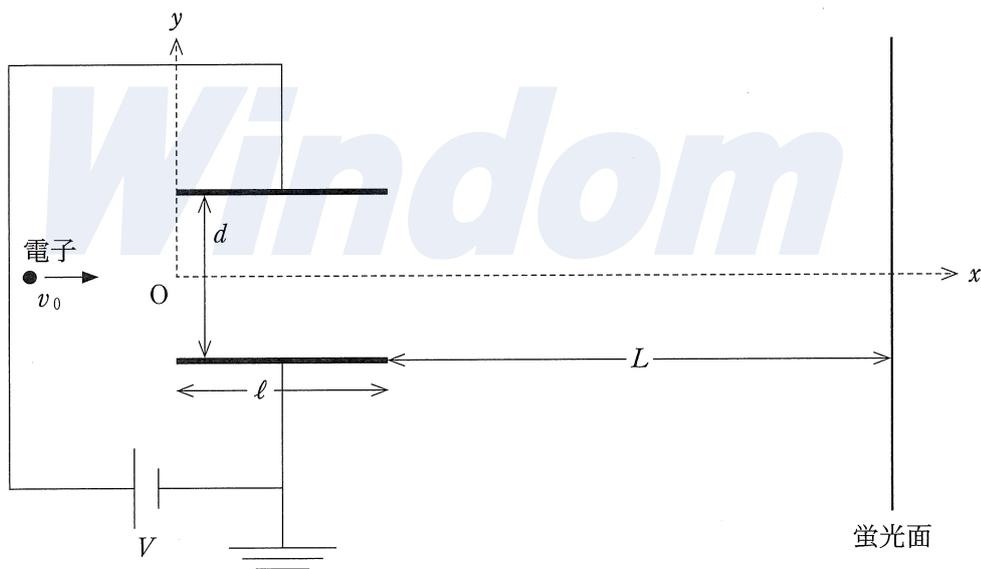


図2

4 図のように、真空中に長さ ℓ 、間隔 d の平行板電極を置く。極板間には電位差 V を与える。電極板と平行に電極板間の中心を通る線上に x 軸、垂直に y 軸をそれぞれとる。電極の左端を座標 (x, y) の原点 O とする。電極の右端から L だけ離れた地点に x 軸に垂直に蛍光面を置いた。質量 m 、電荷 $-e (< 0)$ 、初速 0 の電子を電圧 V_0 で加速させ、電極間の中央に電極板に平行に打ち込ませた。重力の影響は無視できるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 電極間に入射するときの電子の速さ v_0 を求めなさい。
- (2) 電極間の電場の大きさを求めなさい。
- (3) 電極の右端における電子の y 座標 y_1 を求めなさい。入射速度の大きさは v_0 を用いなさい。
- (4) 蛍光面上に達した時の y 座標 y_2 を求めなさい。入射速度の大きさは v_0 を用いなさい。



5 図は、抵抗値 R の抵抗と、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサーを接続したものを交流電源につないだ回路を示している。電源から角周波数 ω の交流電圧を供給したところ、 ab 間を、時刻 t で角周波数 ω 、最大値 I_0 の交流電流 $I_0 \sin \omega t$ が流れた。抵抗以外の素子の電気抵抗は無視できるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 電流の実効値を求めなさい。
- (2) 時刻 t における bc 間の電圧を求めなさい。
- (3) 時刻 t における cd 間の電圧を求めなさい。
- (4) 時刻 t における ad 間の電圧 v_{ad} を三角関数の合成を行って求めたところ下の式(A), (B)のようになった。ただしこの電圧は電流に比べ θ だけ位相が変化した。このとき空欄 の(a)(b)に当てはまる数式を解答欄に書き入れなさい。

$$v_{ad} = I_0 \times \text{ (a) } \times \sin(\omega t + \theta) \quad (\text{A})$$

$$\text{ただし } \tan \theta = \text{ (b) } \left(-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \right) \quad (\text{B})$$

(5) bd 間の電圧が常に 0 になるのは角周波数 ω がいくらの値をもつときか。

(6) 回路の消費電力(時間的平均値)を求めなさい。

