

物 理

医学部・工学部・応用生物科学部

問題冊子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は、7 ページで、医学部は解答用紙 3 枚・白紙 1 枚、その他の学部は解答用紙 4 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明などの箇所があった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに記入すること。
4. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は、大問で 4 題ある。工学部・応用生物科学部の受験生は 4 題すべてに解答すること。
医学部の受験生は、問題

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 |
|---|---|---|

 に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子および白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率を表示してある。

1 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医： $\frac{1}{3}$ ，工・応生： $\frac{1}{4}$)

図のように、質量 m (kg) の小球 A が水平でなめらかな床面上を、 x 軸の正の向きに速度 v_0 (m/s) で等速直線運動をしている。また、質量 m の小球 B と質量 $2m$ の小球 C が、ばね定数 k (N/m) のばねでつながれている。小球 B と小球 C は静止しており、小球 C は右側の壁に接している。ばねの長さは自然長である。このとき的小球 B の座標を $x = 0$ とする。小球 A が小球 B と時刻 $t = 0$ で完全非弾性衝突し、その後は一体(これを小球 D とする)となって運動した。ばねの質量は無視できるものとする。各問の解答は、 k 、 m 、 v_0 から必要なものを用いて表せ。

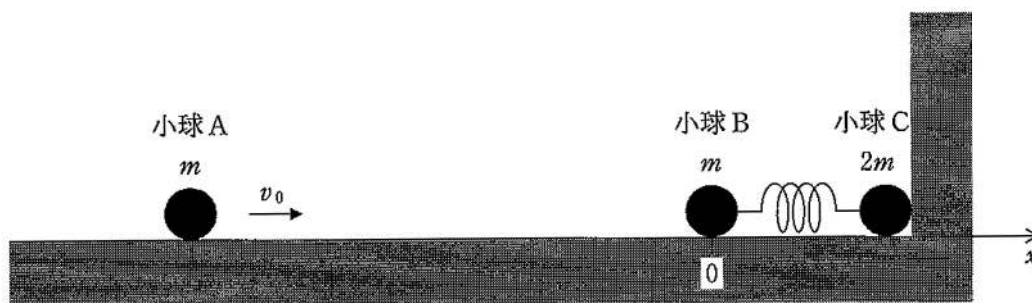
問 1 小球 A と小球 B の衝突直後における、小球 D の速度 v_1 (m/s) を求めよ。

問 2 小球 A と小球 B の衝突後、小球 D は小球 C に近づき、押し戻された。小球 D の x 座標が最大となる時刻 t_1 (s) を求めよ。

問 3 時刻 t_1 における小球 D の x 座標 x_1 (m) を求めよ。

問 4 小球 A と小球 B が衝突してから十分時間が経過した後、小球 C と小球 D は、両者をつなぐばねが伸び縮みをくり返しなが、全体として x 軸の負の向きに運動した。ばねが最も縮んでいるとき、小球 C と小球 D の相対速度が 0 であり、2 つの小球の速度は等しくなっている。このとき的小球の速度 v_2 (m/s) を求めよ。

問 5 上記問 4 において、ばねが最も縮んでいるときの自然長からの縮み l (m) を求めよ。



図

2 以下の問いに答えよ。(配点比率 工・応生： $\frac{1}{4}$)

問 1 おもちゃ箱から強力な磁石を見つけた。磁石は円柱型で磁極を示す目印はなかった。理科辞典で確認すると、磁極とは「磁石が鉄を最も強く引きつける場所」とあったので、そのような磁極を見つける実験を行った。

【実験 1】 磁石を机上に固定し、糸の端につけた針金製のクリップを、いろいろな方向から磁石に近づけたところ、クリップは図 1 のように磁石底面に向かって引きつけられた。磁石の上下を逆にしても、同様の結果が観察された。

- (1) 鉄などのように、磁場(磁界)中でそれ自体が磁石となり、磁石につく性質をもつ物質は何と呼ばれるか。
- (2) クリップの向きがその場所の磁場の方向を表すものと仮定する。図 1 のようにクリップが磁石底面に向かって引きつけられるという観察事実から、磁石底面の近くほど磁場が強くなっていると推論できる。この推論を磁力線と磁束密度の 2 語を含む 45 文字以内で説明せよ。

こうして磁極の場所がわかったので、次に、磁極の種類を判別しようと思った。電磁石を磁石に作用させると互いに磁石どうしのように力を及ぼし合う。そこで、電磁石として円形コイルを使い、次の実験を行った。

【実験 2】 磁石底面の片方を目印としてペンで黒くぬり P とし、もう片方の底面を Q とする。図 2 のように、導線につながれた円形コイルを磁石の P と向き合う位置につり下げた。コイルに矢印の向きの電流が流れるように導線に乾電池を接続した瞬間、コイルは磁石に引きよせられた。また、磁石の向きだけを逆にしても同じ実験をすると、コイルは磁石から遠ざかった。

- (3) 実験に用いた磁石の N 極はどこか。実験 1 と実験 2 の結果から理由とともに答えよ。

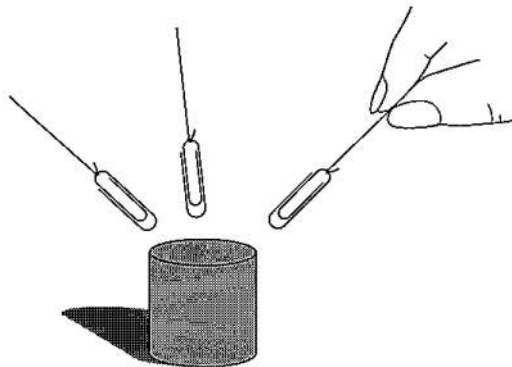


図 1

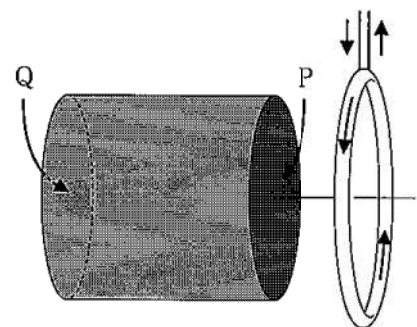


図 2

問 2 半径 r [m] の 1 回巻きの円形コイル (導線の太さは無視する) が磁石から受ける力について考える。図 3 (ア) は、横向きに固定した円柱型磁石とコイルの配置を示す。磁石の中心軸を x 軸とし、 y 軸を上向きにとる。コイルの中心は x 軸上にあり、コイルがある場所の磁束密度は、大きさが等しく B [T] で、向きは磁石の中心軸方向より外側に角度 θ だけ傾いているとする。図 3 (イ) は、磁石の側から見たコイルを表す。電流 I [A] は矢印の向きに流れる。最上部と最下部にある微小部分 a と b の長さは Δs [m] である。

- (1) コイルの微小部分 a が磁場から受ける力の x 成分, y 成分はそれぞれ何 N か。
- (2) コイルの微小部分 a と b が磁場から受ける力の合力の x 成分, y 成分はそれぞれ何 N か。
- (3) コイル全体が磁場から受ける力の x 成分, y 成分はそれぞれ何 N か。

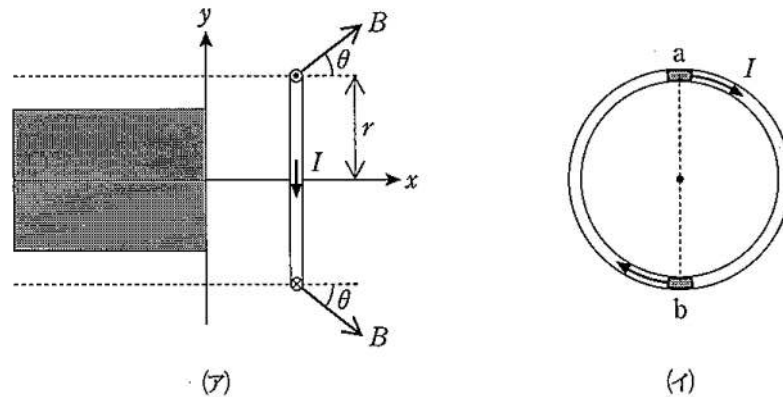


図 3

問 3 図 4 のように、糸でつるされた銅のリングが、磁石の N 極と対面して静止している。リング一周の電気抵抗は R [Ω] である。リングの自己インダクタンスは考えない。

- (1) 磁石をリングに近づけていく。リングを貫く磁束 Φ [Wb] が時刻 t [s] のとき $\Phi = \Phi_0 + kt$ で近似できるものとして、リングに生じる誘導電流の大きさ I [A] を求めよ。ただし Φ_0 , k は正の定数である。
- (2) 上記(1)の誘導電流が磁場から受ける力により、リングはどの向きに動きはじめるか。
- (3) もしはじめにリングが N 極でなく S 極と向き合っていたとすると、リングはどの向きに動きはじめるか。

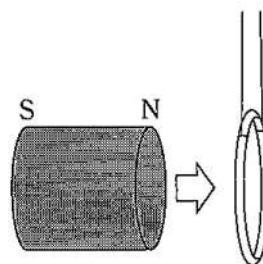


図 4

3 次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医： $\frac{1}{3}$ ，工・応生： $\frac{1}{4}$)

図のようにピストンのついたシリンダーがあり、2つのパイプが取り付けられている。2つのパイプのうち、一方はコック A を通して体積 v_0 [m³] の容器に、もう一方はコック B を通して外部につながっている。シリンダー、ピストン、および容器などはすべて断熱材でできており、外部との熱のやりとりはないものとする。また、パイプの体積は無視できるものとする。

最初、コック A は開き、コック B は閉じており、シリンダー内の空間の体積は v_1 [m³] であった。また、シリンダー内の気体の圧力は p_1 [Pa]、温度は T_1 [K] であった(状態 1)。ここで、コックとピストンを以下のように操作して、容器内の気体の圧力を下げること考える。

1. コック A を閉じたのちシリンダー内のピストンを押し、シリンダー内の気体の体積が $\frac{1}{8}v_1$ [m³] になるまで気体を断熱圧縮する(状態 2)。
2. ピストンを固定したのちコック B を開き、シリンダー内の気体の圧力および温度を外部と等しくする(状態 3)。
3. コック B を閉じてピストンを引き、シリンダー内の気体の体積が v_1 になるまで断熱膨張させる(状態 4)。
4. コック A を開き、容器内の気体とシリンダー内の気体の温度および圧力が等しくなるまで十分時間をおく(状態 5)。

この操作の間、外部の圧力は p_0 [Pa] に保たれている。外部の温度は不明である。気体は単原子分子理想気体と考えてよいものとし、定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ で与えられるものとする。ここで R [J/(mol·K)] は気体定数である。なお上述の断熱変化においては、圧力 P と体積 V の間に $PV^{5/3}$ が一定であるという関係があることを用いよ。

問 1 状態 1 において、容器内とシリンダー内にある気体の物質量は、それぞれ何 mol となるか。

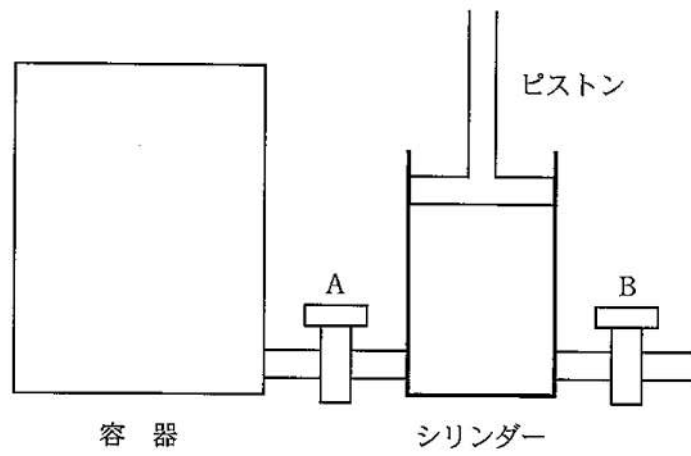
問 2 圧力 P [Pa]、体積 V [m³] の単原子分子理想気体の内部エネルギー U [J] を、 P と V を用いて表せ。

問 3 状態 2 におけるシリンダー内の気体の圧力と温度を、 p_1 と T_1 を用いて表せ。

問 4 状態 1 から状態 2 への変化で、外部からシリンダー内の気体になされた仕事を、 p_1 と v_1 を用いて表せ。

問 5 状態 5 における容器内とシリンダー内の気体の内部エネルギーの和を、 p_1 、 v_1 、 p_0 、および v_0 を用いて表せ。

問 6 状態 5 における気体の圧力が p_1 より低くなるためには、 p_1 はある値 p_m [Pa] より大きくなくてはならない。 p_m を求めよ。



図

4

次の文を読み、以下の問いに答えよ。(配点比率 医： $\frac{1}{3}$ ，工・応生： $\frac{1}{4}$)

図1のように、箱の側面にスリットP、Qを開け、Pには回折格子を取りつけた。スリットP側にスクリーンを立て、部屋を暗くし、スリットQ側から単色光を入射させると、スクリーン上に明線が現れる。また、部屋が明るい場合でも、図2のように、スリットQを単色光の弱い光源に向けて、ある位置Sから回折格子を通して箱の中をのぞきこむと、線分SPの延長線上に明線が観察される。線分SPの延長線と箱の内側の交点をRとすると、QR間の距離 x (m)は図1に示す箱の内側に取り付けられた目盛りによって測定することができる。このような器具は、簡易分光器と呼ばれる。箱の長さを L (m)、使用した回折格子の格子定数を d (m)とする。

問1 下線部のような現象を引き起こす光の性質として、最も適したものを次の中から一つ選び記号で答えよ。

(ア) 屈折 (イ) 反射 (ウ) 分散 (エ) 干渉 (オ) 散乱

問2 図2のように、スリットQを波長 λ (m)の単色光の弱い光源に向けて、位置Sから箱の中をのぞきこんだ。すると、線分SRと線分PQのなす角度が θ のときに、 $x(\neq 0)$ が最小の値をとる明線(1次の明線)が観察された。単色光の波長 λ を、 d 、 θ を用いて表せ。

次に、スリットQを白色光の弱い光源に向けて箱の中をのぞきこんだところ、箱の内側でスリットQの下側に光のスペクトルが観察された。

問3 このとき、赤色の光は紫色の光に比べてスリットQに近い側に見えるか、それともスリットQから遠い側に見えるか。問2で求めた関係式に基づいて80文字以内で説明せよ。

問4 この実験では、1.0 mmあたり200本の溝が等間隔に刻まれている回折格子を用いた。 $L = 3.0 \times 10^{-1}$ m のとき、 $x = 3.0 \times 10^{-2}$ m の位置に緑色の光が見えた。以下の手順でその緑色の光の波長 λ_1 (m)を求めよう。

- (1) 問2の結果を利用し、 d 、 x 、 L を用いて λ_1 を表せ。
- (2) $|a|$ が1と比べて十分に小さいとき、 $(1+a)^n \approx 1+na$ が成り立つ。これと、(1)の結果をもとに、 x が L に比べて十分に小さいときの λ_1 の近似式を d 、 x 、 L を用いて表せ。
- (3) 波長 λ_1 の値を、(2)で求めた近似式を使って求めよ。

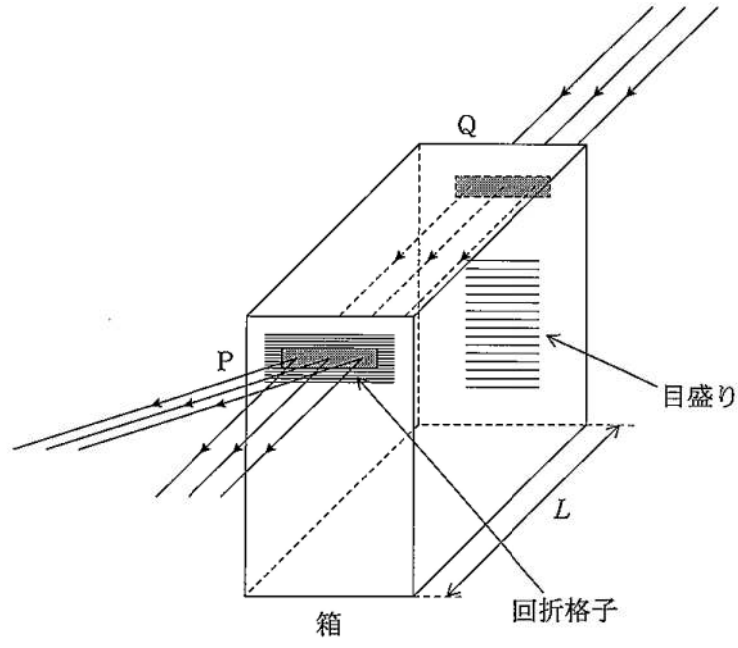


図 1

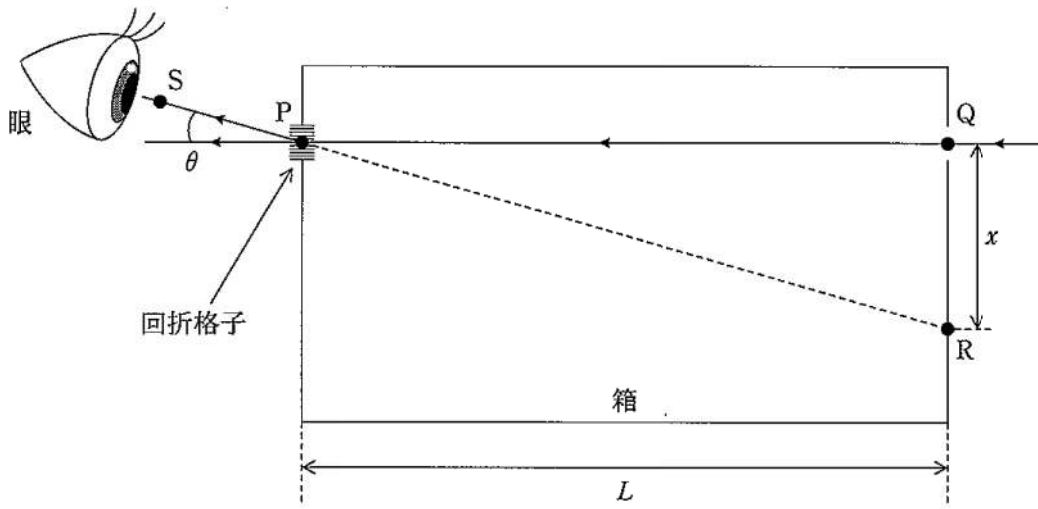


図 2