

令和4年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

物 理

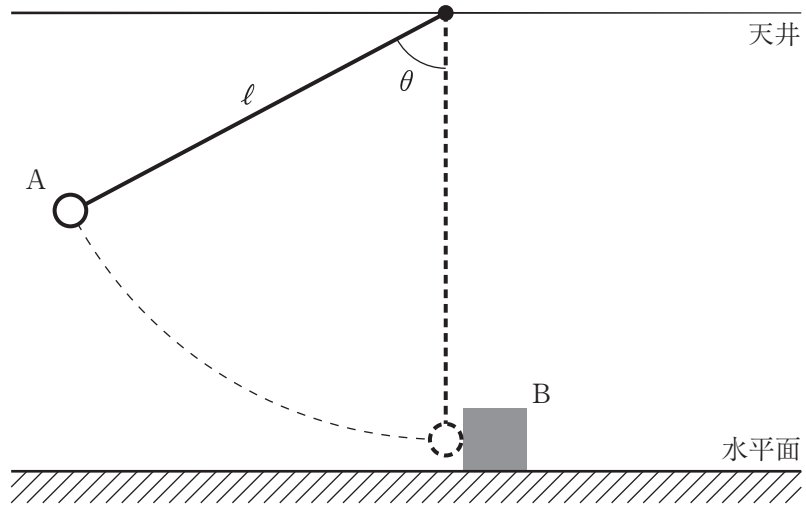
〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は6ページからなっています。また、解答用紙は3枚、下書用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、この冊子、解答用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計3枚)の受験番号欄(合計6箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、計算などに適宜使用してよい。
5. 解答は、必ず別紙の解答用紙の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。その際、特に要求されていなければ、途中の計算式などを書かずに、設問に対する答えのみを記入しなさい。
6. 解答用紙の欄外や裏面には何も記入しないこと。
7. 下書用紙への記入の有無・内容は自由です。
8. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
9. この冊子および下書用紙は、持ち帰りなさい。

I 長さ l の伸び縮みしない軽い糸を用意し、その一端に質量 m のおもり A をつけ、他端を天井の 1 点に固定した。図に示すように、糸をたるませないようにして、おもり A を鉛直線と θ の角をなすところまで持ち上げてから静かに手放し、最下点で水平面においた質量 $2m$ の物体 B と衝突させた。おもり A と物体 B の衝突におけるはね返り係数は $\frac{1}{2}$ である。衝突後、物体 B は水平面上を右向きにすべっていき、やがて静止した。重力加速度の大きさを g 、物体 B と水平面との間の動摩擦係数を μ' として、以下の問(1)～(7)に答えよ。

- (1) 衝突直前のおもり A の速さを、 l 、 g 、 θ を使って表せ。
- (2) 衝突直前の糸の張力の大きさを、 m 、 g 、 θ を使って表せ。
- (3) 衝突直後の物体 B の速さを、衝突直前のおもり A の速さを v として、その v を使って表せ。
- (4) 衝突の直前と直後でのおもり A の運動量の変化の大きさを、衝突直前のおもり A の速さを v として、その v と m を使って表せ。
- (5) 衝突によって失われた力学的エネルギーを、衝突直前のおもり A の速さを v として、その v と m を使って表せ。
- (6) 衝突してから物体 B が静止するまでの時間を、 l 、 g 、 θ 、 μ' を使って表せ。
- (7) 問(6)で求めた時間に物体 B が水平面上をすべった距離を、 l 、 θ 、 μ' を使って表せ。

(配点率 33%)



图

II

図1のように、紙面に垂直に裏から表の方向へ磁束密度が B の一様に加えてある磁場内に、長さ l の導体棒 OA がある。 OA は紙面内で O を中心として角速度 ω で表から見て反時計回りに回転している。 OA 内の自由電子はローレンツ力により導体棒内を移動するため、 OA 内の電荷分布にかたよりが生じる。このかたよりにより導体棒内に電場が発生する。電子がこの電場から受ける力と磁場からのローレンツ力が釣り合ったとき、電子の移動は止まる。この状態において、 O から距離 x だけ離れた OA 内の電気量 $-e$ ($e > 0$) の自由電子を考える。以下の問(1)~(4)に答えよ。

- (1) この自由電子が磁場から受けるローレンツ力の大きさを求めよ。
- (2) このローレンツ力の向きは、 A から O の向きか、 O から A の向きかを答えよ。
- (3) O からの距離 x における電場の大きさを求めよ。
- (4) 導体棒 OA 内の電位分布はどのようなグラフになるか。図2の(ア)~(カ)から最も適切なものを1つ選べ。ただし、 O からの距離 x の関数として電位のグラフを描いた。また、 O の電位を 0V とした。

次に、図3のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B の磁場内に、抵抗が無視できる円形のコイル C と、長さ l の導体棒 OA を水平に設置した。 OA は A が C と接しており、 O は導線により抵抗値 R の抵抗を介して C に接続されている。 OA を上から見て反時計回りに O を中心として一定の角速度 ω で回転させる。コイルと導体棒との間の摩擦は無視してよい。コイル、導体棒および導線に流れる電流が作る磁場は無視してよい。以下の問(5)~(7)に答えよ。

- (5) OA 間の電位差を求めよ。
- (6) 抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。
- (7) 導体棒 OA を角速度 ω で回転させるのに必要な外力の仕事率を求めよ。

(配点率 33%)

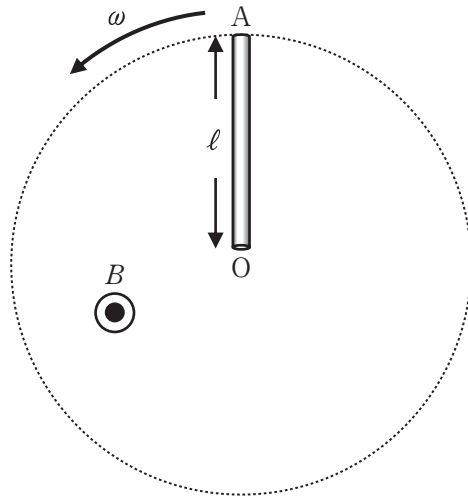


図 1

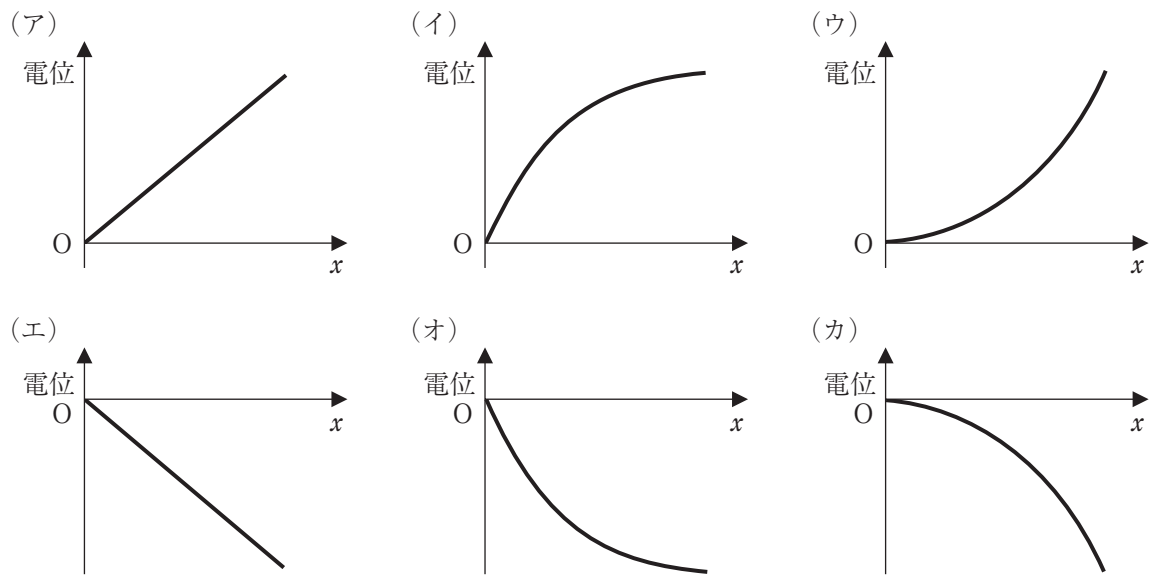


図 2

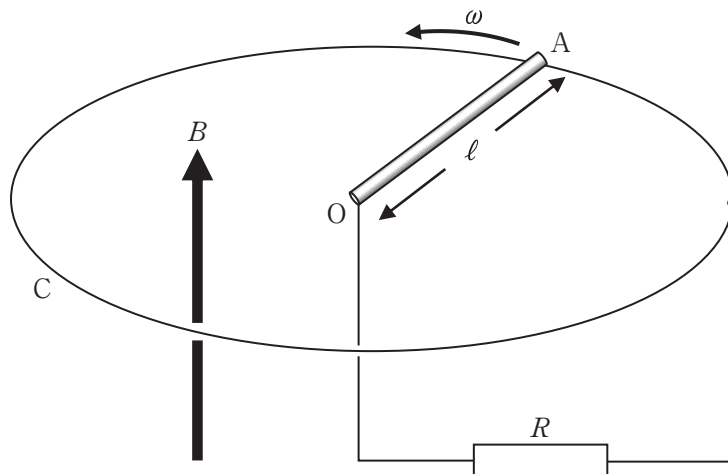


図 3

Ⅲ なめらかに動くピストン付きの容器に、1分子の質量が m の分子 N 個からなる単原子分子理想気体が封入されている。ピストンは断熱材で作られており、質量は無視できるものとする。容器は、図のように、ピストンが鉛直方向に動くように立てられており、容器底面は1辺の長さが ℓ の正方形になっている。気体分子は他の気体分子とは衝突せず、ピストンおよび容器の壁とは弾性衝突するものと仮定する。気体分子に対する重力の影響は考えない。図のように直交座標軸を設定し、重力加速度の大きさを g 、ボルツマン定数を k とする。

ピストンは初め、 $z = \ell$ の位置で静止していた。封入された気体がピストンに及ぼす圧力を考える。

(1) 以下の文章中の空欄(ア)～(キ)に当てはまる数式を答えよ。

ピストンに衝突する直前の気体分子の速度を $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ とすると、分子1個の衝突によりピストンが受ける力積の大きさは (ア) である。ピストンと衝突した分子が他の壁に衝突して再びピストンに衝突するまでの時間は (イ) であるから、時間 t の間に同一の分子がピストンに衝突する回数は (ウ) となる。したがって、時間 t の間にピストンが1個の分子から受ける平均の力の大きさは (エ) と表すことができる。 N 個の気体分子の v_z^2 の平均を $\overline{v_z^2}$ と書くと、ピストンが N 個の分子から受ける平均の力の大きさは、 $\overline{v_z^2}$ を用いて (オ) と書けるので、ピストンにかかる圧力は $\overline{v_z^2}$ を用いて (カ) と表される。ここで、速度成分の二乗平均はどの成分についても等しいと考えると、 N 個の気体分子の速度の二乗平均 $\overline{v^2}$ を用いて、圧力を (キ) と書くことができる。

(2) 容器内に、分子量 40.0 の単原子分子理想気体 0.100 mol が封入されているとする。容器の体積を $1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 、分子の二乗平均速度を $\sqrt{\overline{v^2}} = 400 \text{ m/s}$ として、気体の圧力(ア)を有効数字3桁で求めよ。単位は Pa で表すこと。また、気体の絶対温度(イ)も有効数字3桁で求めよ。必要なら、気体定数 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ を用いよ。

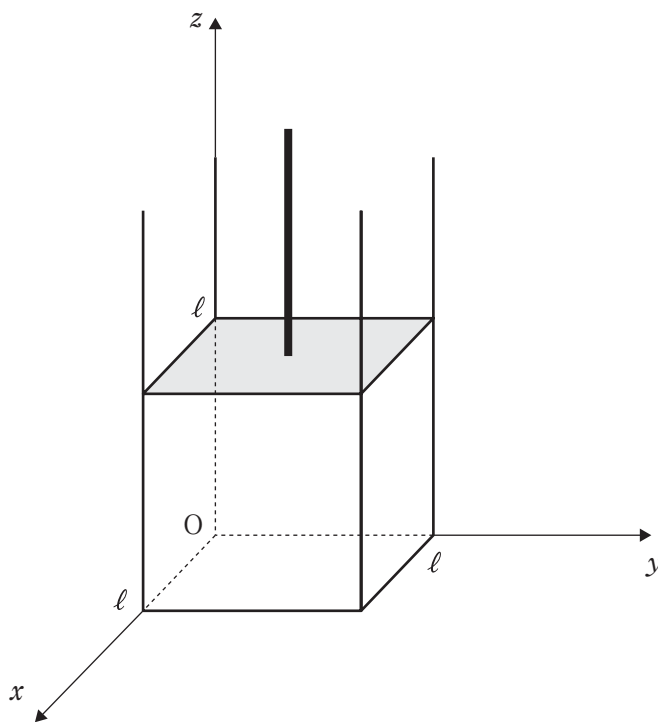
封入された気体に熱を加えて温めたところ、容器内の圧力が一定に保たれたまま、ピストンが z 軸の正方向に $\Delta \ell$ だけ動いて止まった。熱を加える前の圧力と温度を、それぞれ P_0, T_0 とする。

(3) このときの気体の温度(ア)と加えた熱(イ)を、 $P_0, T_0, \ell, \Delta \ell, N, k$ の中から必要な文字を用いて表せ。

次に、容器側面と底面をすみやかに断熱材で包み、ピストンの上に質量 M のおもりを静かに載せたところ、ピストンはゆっくりと下がっていき、最終的に容器底面から高さ l のところで静止した。

- (4) このときの気体の圧力(ア)と温度(イ)を P_0, T_0, l, M, g の中から必要な文字を用いて表せ。
- (5) おもりを載せてピストンが動き出してから静止するまでの間に、容器内の気体がされた仕事はいくらか。 $P_0, T_0, l, \Delta l, M, g, N, k$ を用いて表せ。

(配点率 34%)



図

(以上)