

令和 7 年度 個別学力試験 問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120 分

配 点 各 100 点

科 目	ページ
物 理	1 ページ ～ 8 ページ
化 学	9 ページ ～ 14 ページ
生 物	15 ページ ～ 25 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答してください。

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入してください。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入してください。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認してください。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入してください。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

物 理

1. 物理は全部で4問題あり，合計8ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は表紙を除いて1ページあります。
4. 問題中の物理量は特にことわらない限り国際単位系(SI)を使って表されています。

1

図1—1に示すように、箱に車輪を取り付けた台車を考える。図のように箱の天井の点Aを支点とし先端が質量 m のおもりで他は質量を無視できる棒振子を設置した。支点では摩擦はなく、振子は鉛直面内を自由に回転でき、空気抵抗はないものとする。振子の長さは l_0 で、鉛直軸からの傾き角は反時計まわりを正、時計まわりを負とする。支点Aから長さ l_1 の位置で棒に糸を接続し、糸の反対側を天井に固定した。そのとき、図に示すように、振子の傾き角は $\theta_1 (> 0)$ 、糸の天井からの角度の大きさは ϕ_1 であった。振子の傾き角は十分小さく、糸は伸びないとし、糸の張力を T 、重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。以下の問いに答えなさい。

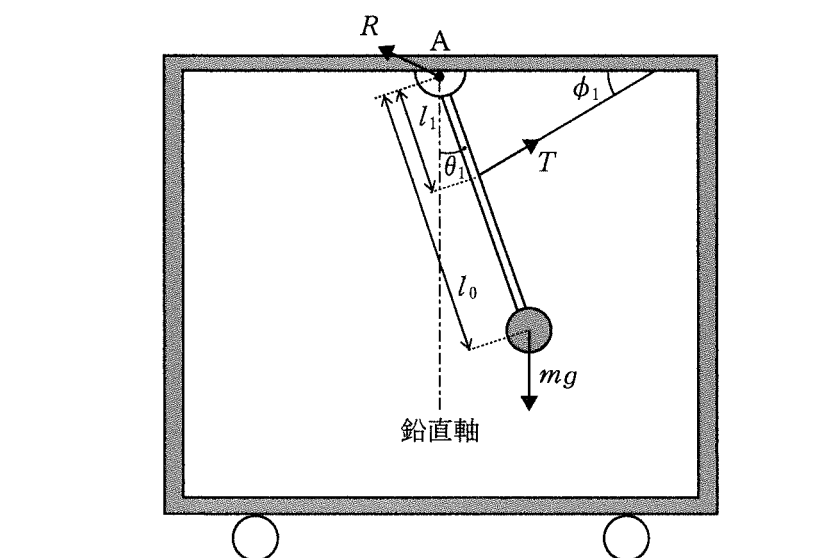


図1—1

問1 台車の車輪が動かないように固定し、台車を静止させた。

- (1) このときの支点Aまわりの力のモーメントのつり合いを表す式を T , m , g , l_0 , l_1 , θ_1 , ϕ_1 のうち、必要なものを用いて示しなさい。
- (2) 支点Aで支える力 R の水平成分と垂直成分をそれぞれ R_x および R_y とする。振子に働く力の水平成分と垂直成分のつり合いの式をそれぞれ T , m , g , R_x , R_y , θ_1 , ϕ_1 のうち、必要なものを用いて示しなさい。

問2 続いて、台車を一定の加速度で右向きに動かした。その加速度の大きさを a とする。以下では、箱の中から観測しているとする。

- (3) このときの糸の張力 T を m , g , a , l_0 , l_1 , θ_1 , ϕ_1 のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- (4) このときの支点Aで支える力 R の水平成分 R_x と垂直成分 R_y を T , m , g , a , θ_1 , ϕ_1 のうち、必要なものを用いて求めなさい。

問 3 台車が問 2 で示した一定の加速度で移動中、突然糸が切れ、図 1—2 の実線に示す状態になった。この後、振子は破線で示す位置 B まで振れ、周期 τ で往復運動を始めた。ただし、このときの振れ角は十分小さいとする。おもりに加わる重力と台車の加速度による慣性力の合力を f とし、 f と鉛直軸のなす角の大きさを ϕ_2 とする。以下の各問いに答えなさい。

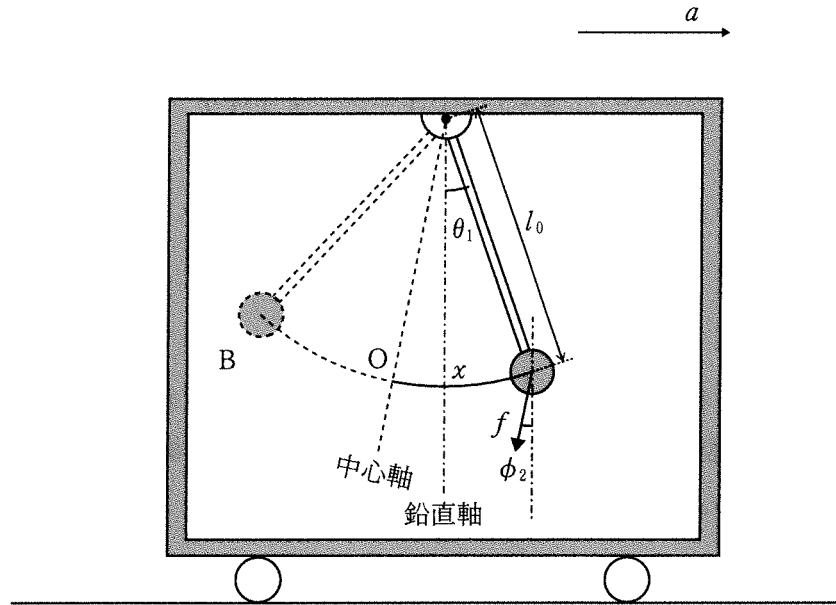


図 1—2

- (5) $\tan \phi_2$ の大きさを m, g, a, l_0, π のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- (6) 図に示すように周期 τ の往復運動の中心軸とおもりの円運動の円弧との交点 O からおもりまでの円弧に沿った距離を x とする。おもりの円運動の接線方向に作用する力 F を $F = Kx$ と表したとき、比例係数 K の値を m, g, a, l_0, π のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- (7) おもりの振動の周期 τ を m, g, a, l_0, π のうち、必要なものを用いて求めなさい。

2

図2に示すように太さが一様な金属の導体に、時間によって変化しない一定の直流電流が流れている。この電流により導体中の距離 L 離れた面 A と面 B の間に電位差 V が生じている。電流は自由電子の運動により生じており、また自由電子は一様に分布して断面に対して垂直に運動している。自由電子の電気量を $-e$ ($e > 0$)、質量を m とする。

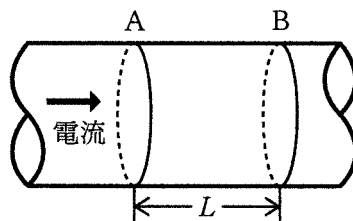


図 2

問 1 まず電流を、自由電子の長い時間の平均的な運動として考える。自由電子は熱運動している金属原子に運動を妨げられることで、速さ v_a に比例する抵抗力 kv_a を受けて等速運動をしているとする。

- (1) 面 B にある 1 つの自由電子が面 A に移動した際、この自由電子が電場よりされた仕事の大きさを L, V, e, m, k の中から必要なものを用いて表しなさい。
- (2) 速さ v_a を L, V, e, m, k の中から必要なものを用いて表しなさい。
- (3) 1 つの自由電子が 1 秒間に電場よりされた仕事の大きさを L, V, e, m, k の中から必要なものを用いて表しなさい。

問 2 つぎに、自由電子の運動をより短い時間で観察すると、電場により加速されるが、金属原子と衝突して速度を失っていることがわかる。ここで、全ての自由電子は一定の時間間隔 T で金属原子と衝突し、衝突により速さは 0 に戻ると仮定する。

- (4) 電場により自由電子が受ける加速度の大きさを L, V, e, m, T の中から必要なものを用いて表しなさい。
- (5) 金属原子に衝突する直前の自由電子の速さ v_b を L, V, e, m, T の中から必要なものを用いて表しなさい。

問 3 定常電流状態では、問 1, 2 で述べたように自由電子は電場より仕事をされるが、衝突により運動エネルギーを失うことで運動エネルギーは増加していないとみなすことができる。

- (6) 金属原子に衝突する直前の自由電子の速さ v_b を L, V, e, m, k の中から必要なものを用いて表しなさい。

次のページにも問題があります。

3

図3—1のように、弦を滑車に通し、質量 M のおもりを用いて張った。ただし、弦はどこも均質でその密度は位置によらず一定であるとする。また、弦を伝わる波の速さは、弦を張る力の $\frac{1}{2}$ 乗に比例するものとする。2つの支点 P と Q の間の距離を l とするとき、以下の問いに答えなさい。

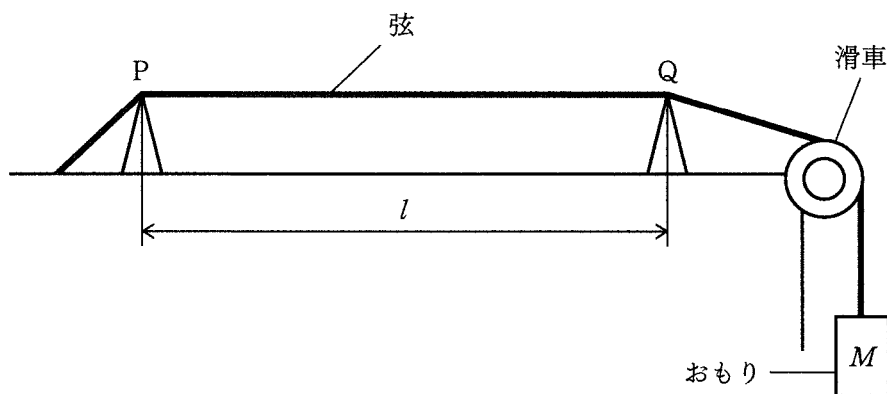


図3—1

問1 この弦を弾くと、PQ間に振動数 f の基本振動が観測された。以下の設問(1)から(4)に答えなさい。

- (1) この弦に伝わる波の速さを l と f を用いて表しなさい。
- (2) つぎに、弦のある点を指で軽く触れながら弦を弾くと、PQ間に3個の腹が観測された。この波の振動数を f を用いて表しなさい。
- (3) さらに、質量 M' のおもりにかえて、設問(2)と同様にして弦を弾くと、PQ間に3個の腹が観測されて、振動数が $2f$ になった。このときの弦に伝わる波の速さを l と f を用いて表しなさい。
- (4) 上の設問(3)のおもりの質量 M' と元のおもりの質量 M の比 $\frac{M'}{M}$ を求めなさい。ただし、分数になる場合は約分すること。

問2 つぎに、弦に定常波が生じる仕組みを考える。図3—2に示すようなPQ間を進むある波 S_1 について、点 P から x ($0 \leq x \leq l$) だけ離れた点の時刻 t における変位 y_1 がつぎのように表されるものとする。

$$y_1 = A \sin\left(\frac{\pi nx}{l} - ct\right)$$

ただし、 π は円周率であり、 $A > 0$ 、 $c > 0$ 、 $n > 0$ は定数である。なお、 n は自然数とし、この波の速さを v とする。以下の設問(5)から(7)までの文章中と数式内にある空欄①から⑦までを、適切な数および π 、 c 、 l 、 n の中から必要なものを用いた数式で答えなさい。

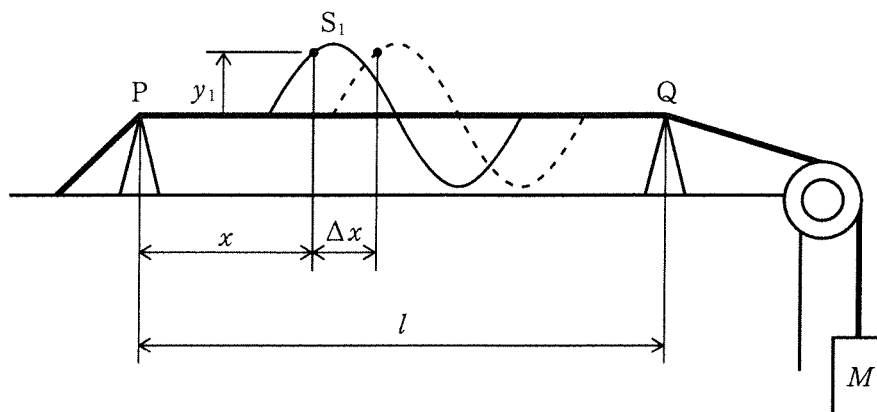


図 3—2

- (5) 時間が $\Delta t > 0$ だけ経過すると、波 S_1 は $\Delta x > 0$ だけ進み、図 3—2 の破線のような状態になった。このとき、時刻 $t + \Delta t$ での点 $x + \Delta x$ の変位 y_1' は、 $\Delta x = v \Delta t$ より、

$$y_1' = A \sin \left\{ \frac{\pi n x}{l} - ct + \left(\boxed{\text{①}} v - c \right) \Delta t \right\}$$

となる。 $y_1' = y_1$ が Δt について恒等的に成り立つためには、 $\boxed{\text{①}} v - c = 0$ であればよい。よって、この波の速さは $v = \boxed{\text{②}}$ と表される。なお、この波の周期は $T = \boxed{\text{③}}$ である。

- (6) つぎに、波 S_1 の反射波 S_2 について考える。波 S_2 の点 P から x だけ離れた点の時刻 t における変位 y_2 をつぎのように表す。

$$y_2 = A \sin \left(\frac{\pi n x}{l} + ct \right)$$

2 つの波 S_1 と S_2 は、振幅と周期が同じで、波の進む向きが互いに逆である。よって、2 つの波を合成してできる波 S_3 は定常波を形成する。実際、2 つの波を重ね合わせると、点 P から x だけ離れた点の時刻 t における波 S_3 の変位 y_3 はつぎのように表される。

$$y_3 = y_1 + y_2 = \boxed{\text{④}} A \sin \left(\frac{\pi n x}{\boxed{\text{⑤}}} \right) \cos(ct)$$

これは時間が経過しても進行しない定常波を表している。

- (7) ところで、この定常波の波長は n の値によって決まる。PQ 間を 3 : 4 に内分する点に節の一つがある定常波のうち、2 番目に長い波長 λ_2 をもつ波が観測されるのは、 $n = \boxed{\text{⑥}}$ のときであり、そのときの波長は $\lambda_2 = \boxed{\text{⑦}}$ である。

4

単原子分子の理想気体を図4のように圧力・体積を状態Ⅰから状態Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ(そしてⅠ)の順に変化させる。状態変化の間, 物質量は変化しないとして以下の問いに答えなさい。ただし, この場合の断熱変化において, 圧力 p と体積 V との間には $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成立するものとする。

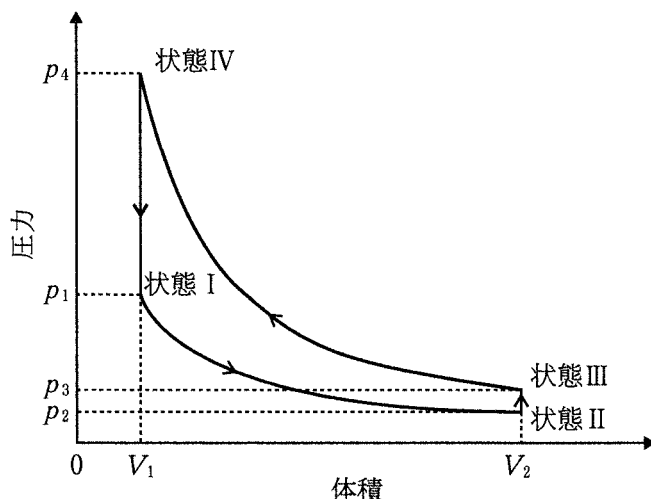


図4

問1 状態Ⅰにおける理想気体の圧力を p_1 , 体積を V_1 , 温度を T_1 とする。この気体が断熱膨張により圧力 p_2 , 体積 V_2 の状態Ⅱになったとする。

- (1) 状態Ⅱの気体の温度 T_2 を V_1 , V_2 , T_1 を用いて表しなさい。
- (2) この過程における内部エネルギーの増加 ΔU_{12} を p_1 , V_1 , V_2 を用いて表しなさい。

問2 次に理想気体の体積は V_2 で一定のまま外部から熱を吸収し, 圧力 p_3 になった(状態Ⅲ)。

- (3) 状態Ⅲにおける理想気体の温度 T_3 を p_2 , p_3 , T_2 を用いて表しなさい。
- (4) この過程で理想気体が外部から吸収した熱量 Q_{23} を p_2 , p_3 , V_2 を用いて表しなさい。

問3 さらに理想気体は体積 V_1 まで断熱圧縮され, 圧力は p_4 となった(状態Ⅳ)。その後, 蓄えていた熱を外部に放出して状態Ⅰに戻った。

- (5) 状態Ⅳの理想気体の温度 T_4 を p_1 , p_4 , T_1 を用いて表しなさい。
- (6) 状態Ⅲから状態Ⅳの過程の間で理想気体が外部からされた仕事 W_{34} を p_4 , V_1 , V_2 を用いて表しなさい。
- (7) 状態Ⅳから状態Ⅰの過程で理想気体が放出した熱量を Q_{41} とする。特別に $p_3 = p_1$ の場合を考えれば, $\frac{Q_{41}}{W_{34}}$ は V_1 , V_2 のみで表すことができる。このときの式を表しなさい。また V_1 が V_2 の $\frac{1}{8}$ に圧縮されるとしたとき, $\frac{Q_{41}}{W_{34}}$ の値を四捨五入して小数点以下第2位まで求めなさい。

