

物 理

教育学部・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 8 ページからなる。解答用紙については、医学部は解答用紙 3 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必ず記入すること。
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 題である。教育学部・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

，

，

 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。

—問題訂正—

「物理」

(前期日程：教育学部・工学部・応用生物科学部)

<問題訂正>

理科『物理』 7ページ

大問4 上から4行目より

(誤) …点 A 方向を見たときの角度 $\angle BCA$ を

(正) …点 A 方向を見たときの進行方向からの角度を

1

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

図1のように、水平面の左側になめらかにつながる斜面を持つ台Lと、右側になめらかにつながる斜面をもつ台Rがある。台Lおよび台Rは水平面上にストッパーで固定されている。質量 m [kg] の小球 A が水平面上に静止している状態で、台Lの斜面上の水平面から高さ h_0 [m] の位置から質量 m の小球 B が初速度 0 で運動を開始した。斜面を下った小球 B は速度 v_0 [m/s] で小球 A と1回目の衝突をした。衝突直後、小球 A と小球 B の速度はそれぞれ v_{A1} [m/s] および v_{B1} [m/s] となった。なお、小球 A と小球 B の間の反発係数を 0.50 とする。また、小球 A は水平面上と台Rの斜面上のみ、小球 B は水平面上と台Lの斜面上のみを運動するものとする。

以下、問1から問6において、すべての小球は同一鉛直面内で運動し、速度は図の右向きを正とし、小球の大きさは無視できるものとする。また、すべての小球と水平面および斜面との間の摩擦および空気抵抗については無視できるものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

問1 1回目の衝突直前の小球 B の速度 v_0 を、 m 、 g 、 h_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問2 1回目の衝突直後の小球 A および小球 B の速度 v_{A1} 、 v_{B1} を、 v_0 を用いてそれぞれ表せ。

小球 A は台 R の斜面を上り、水平面から高さ h_1 [m] の位置に達した後に斜面を下った。小球 B は、台 R の斜面に達することなく水平面上を運動しており、小球 A と2回目の衝突をした。小球 B は2回目の衝突直後に速度 v_{B2} [m/s] で運動し、台Lの斜面を上り、水平面から高さ h_2 [m] の位置に達した後に、斜面を下り、水平面上で小球 A に衝突した。以下同様に小球 A と小球 B は水平面上のみで衝突を繰り返すものとする。

問3 比 $\frac{h_2}{h_0}$ を求めよ。

問4 $2n$ 回目の衝突後に、小球 B が台Lの斜面を上ったときの最高点の水平面からの高さを h_{2n} [m] とするとき、 $\frac{h_{2n}}{h_0}$ を、 n を用いて表せ。ただし n は正の整数とする。

次に、図1において台Rのみストッパーを外して水平面との固定をやめ、質量 M [kg] の台Rは摩擦なしで水平面上を運動することができるものとする。図1の小球 B と同様に質量 m の小球 C が台Lの斜面上の水平面から高さ h_0 の位置から初速度 0 で運動を開始した。小球 C は速度 v_0 で水平面上に静止している質量 m の小球 D と1回目の衝突をした。1回目の衝突後、小球 D は図2のように台Rの斜面を上り、水平面から高さ h_s [m] の位置に達した後に斜面を下った。ここで、小球 C と小球 D の衝突は弾性衝突であるものとする。

問 5 1 回目の衝突後の小球 D の台 R の高さ h_S における水平方向の速度成分を v_{DS} [m/s] とするとき、 v_{DS} を、 M 、 m 、 g 、 v_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 h_S を、 M 、 m 、 g 、 v_0 のうち必要なものを用いて表せ。

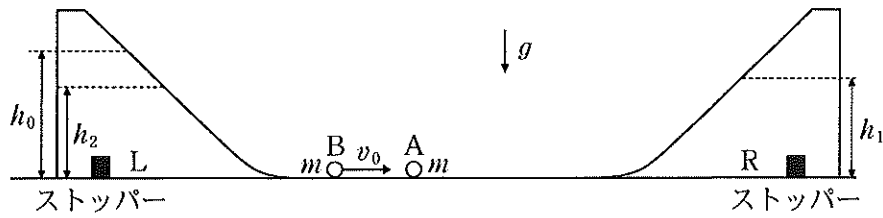


図 1

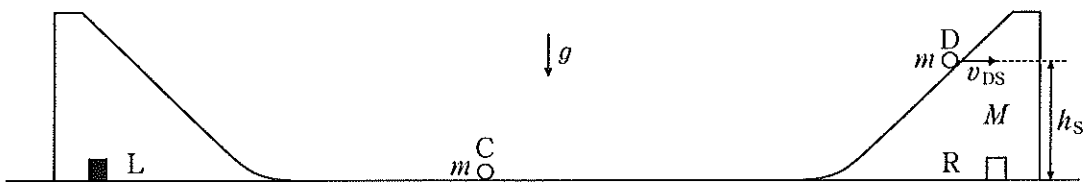


図 2

2

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

図1のように、真空中で十分長い直線導線Pが $x = 0$ で x 軸に垂直になるように固定しており、電流 I [A]が図中の矢印の向きに流れている。 x 軸と直線導線Pの交点を原点Oとする。さらに x 軸に平行に、2本の直線導線QとQ'が平行で間隔 h [m]となるように、導線Pと同一平面上に固定されている。導線QとQ'にはスイッチを介して抵抗値 R [Ω]の抵抗と起電力 E [V]の電源が接続されている。この2本の導線Q、Q'上に、質量 m [kg]の導体棒Sがあり、導線Pと平行なまま、なめらかに x 軸方向に動くことができるものとする。ただし、導線と導体棒の抵抗値は、 R に比べて十分小さく、無視できるものとする。スイッチを閉じたときに回路に流れる電流がつくる磁束密度の大きさは、電流 I がつくる磁束密度の大きさに比べて十分小さく、無視できるものとする。また、導体棒Sを含む回路に生ずる自己インダクタンスも無視できるものとする。真空の透磁率を μ_0 [N/A²]とする。

問1 スイッチを開けたまま、導体棒Sを導線Q、Q'上の $x = a$ [m] ($a > 0$)の位置に置いた。導体棒Sの位置における磁束密度 B_1 [T]の大きさを求めよ。

$x = a$ の位置で導体棒Sが静止した状態でスイッチを閉じた。

問2 $x = a$ の位置で導体棒Sが受ける力 F_1 [N]の大きさと向きを求めよ。

問3 導体棒Sが動き始め導線Q、Q'上の $x = b$ [m] ($b > 0$)で速度 v [m/s]になったとする。このとき、導体棒Sに流れる電流 I_S [A]と導体棒Sの加速度 a [m/s²]を求めよ。

次に、図1にあらたに十分長い直線導線P'を加えたものが図2である。ここでは、 x 軸の原点Oを導線PとP'の間と定義しなおし、 y 軸は原点Oを通り、 x 軸に直交するものとする。導線PとP'は y 軸に平行にそれぞれ $x = -d$ [m]と $x = d$ [m]の位置に固定されている。いずれも y 軸の正の向きに電流 I が流れている。また、紙面の裏から表向きを z 軸の正の向きとする。

問4 スイッチが開いているとき、位置 x ($-d < x < d$)における z 軸方向の磁束密度 B_2 [T]の大きさを求めよ。

問5 導体棒Sが原点 $x = 0$ 近傍の位置 $x = l$ に静止した状態でスイッチを閉じたとき、導体棒Sが x 軸の正の向きに受ける力 F_2 [N]を求めよ。

問 6 導体棒 S が磁場中を動くことにより発生する起電力は、 E より十分小さく無視できるものとする。問 5 において $|l| \neq 0$ かつ、 $|l|$ は $|d|$ より十分小さいとし、 $d^2 - l^2 \approx d^2$ と近似できるとすれば、導体棒 S が原点 $x = 0$ 近傍で単振動する。この条件における単振動の角振動数 ω (rad/s) を求めよ。

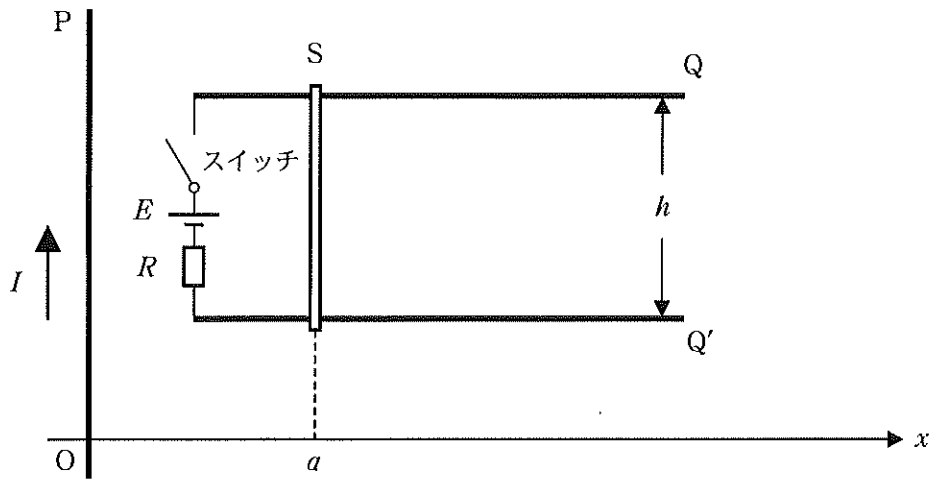


図 1

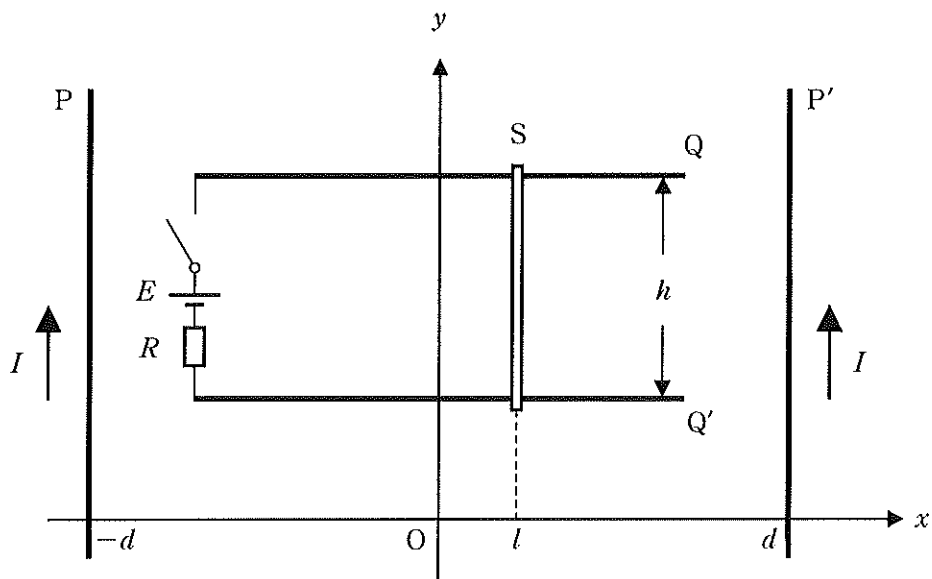


図 2

3

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

比熱比が γ の理想気体をピストンとシリンダーからなる容器に n (mol) 封入した。この理想気体を図に示すサイクルで状態をゆつくりと変化させる。このサイクルにおいては、状態 A から状態 B が断熱変化、状態 B から状態 C が定積変化、状態 C から状態 D が断熱変化、状態 D から状態 A が定積変化である。状態 A, B, C, D における温度をそれぞれ T_A (K), T_B (K), T_C (K), T_D (K) とし、状態 B, C の体積を V_1 (m³), 状態 A, D の体積を V_2 (m³) とする。なお、気体定数を R (J/(mol·K)), 定積モル比熱を C_V (J/(mol·K)) とする。また、断熱変化において温度 T (K) と体積 V (m³) に $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ という関係が成立することを必要に応じて用いてよい。

問 1 サイクルの 4 つの状態変化において、熱量、気体の仕事、気体の内部エネルギーの変化に対して適切なものを①～③のうちからそれぞれ選べ。

	選択肢		
熱量	① 気体が熱を吸収する	② 気体が熱を放出する	③ 気体が熱を吸収も放出もしない
気体の仕事	① 気体が外部に正の仕事をする	② 気体が外部から正の仕事をする	③ 気体が外部に仕事をするこも、されるこもない
気体の内部エネルギー	① 増加する	② 減少する	③ 変化しない

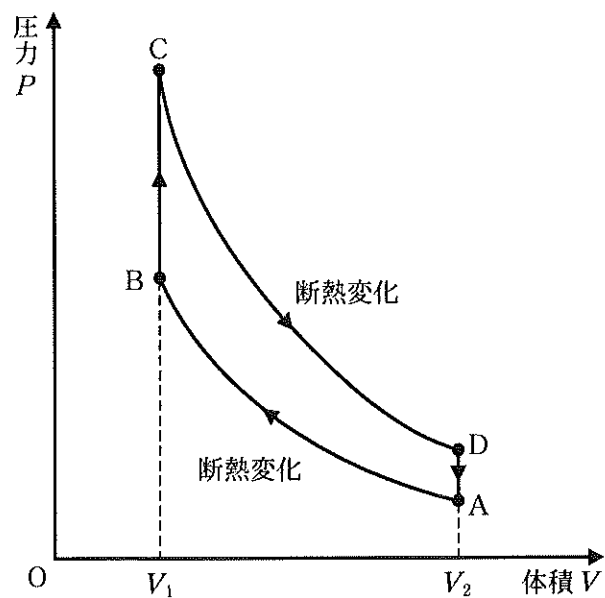
問 2 状態 A における圧力 P_A (Pa) を、 n , R , T_A , V_2 を用いて表せ。

問 3 1 サイクルにおいて気体が吸収した熱量 Q_1 (J), および気体が放出した熱量 Q_2 (J) を、 n , T_A , T_B , T_C , T_D , C_V のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 4 サイクルにおける温度比 $\frac{T_A}{T_B}$ と $\frac{T_D}{T_C}$ を、 V_1 , V_2 , γ を用いてそれぞれ表せ。

問 5 1 サイクルにおいて気体が外部にした仕事 W_1 (J), および外部からされた仕事 W_2 (J) を、 n , T_A , T_B , T_C , T_D , C_V のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 6 サイクルの熱効率 e を、 V_1 , V_2 , γ を用いて表せ。



图

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

図1のように、振動数 f_0 [Hz] の音波をあらゆる方向に出している音源を取り付けたドローンを載せたヘリコプターが、点Aの観測者の真上を通る水平でまっすぐな高さ H [m] の経路上を、紙面の左から右へ向かって v [m/s] の速さで飛行している。ヘリコプターの位置を点C、点Aの真上のヘリコプターの飛行経路上の点を点Bとし、ヘリコプターから点A方向を見たときの角度 $\angle BCA$ を θ [°] ($0 < \theta < 180$) とする。点Aで観測する音波の振動数を f [Hz] とする。音の速さは V [m/s] ($V > v$) とし、風の影響や地面による音の反射は無視できるものとする。三角関数の値が必要な場合は図2のグラフより読み取ること。

問1 f を、 f_0 、 V 、 v 、 θ を用いて表せ。

問2 ヘリコプターが紙面左側遠方 ($\theta \doteq 0^\circ$) から点B ($\theta = 90^\circ$) を通過し、右側へ遠ざかる ($\theta \doteq 180^\circ$) までの $\frac{f}{f_0}$ の変化を示すグラフとして最も適切なものを、図3の(ア)~(エ)のうちから選べ。

問3 ヘリコプターが点Dに到達したとき、点Aで観測した音波の振動数は f_D [Hz] であった。このときの角度は θ_1 [°] であった。 $f_D = \frac{24}{23} f_0$ 、 $v = \frac{1}{12} V$ が成立するとき、 θ_1 を求めよ。

問4 ヘリコプターが問3で示した点Dに到達したとき、音源を取り付けたドローンを点Aに向かってまっすぐに飛行させた。ドローンが、速度の水平成分の大きさが v 、鉛直成分の大きさが u [m/s] の等速直線運動で点Aに向かうとき、 u は v の何倍か、有効数字2桁で答えよ。また、この時に点Aで観測した音波の振動数 f_1 [Hz] を f_0 、 V 、 v を用いて表せ。

問5 ドローンを載せたままのヘリコプターが点Bに到達したとき、点Aで観測した音波の振動数は f_2 [Hz] であった。一方、図4のように音源を取り付けたドローンが、点Aと同じ高さを、速さ v で水平方向に点Aに向かって飛行しているとき、点Aで観測した音波の振動数は f_3 [Hz] であった。振動数 f_2 、 f_3 および問4で求めた f_1 の大小関係を答えよ。

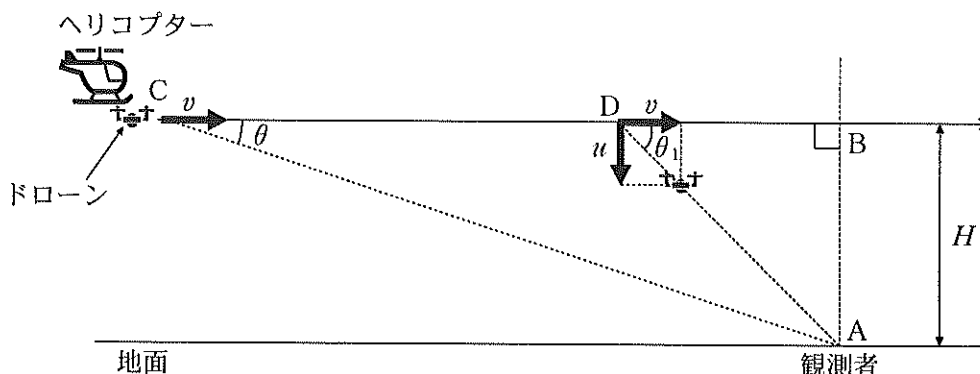


図1

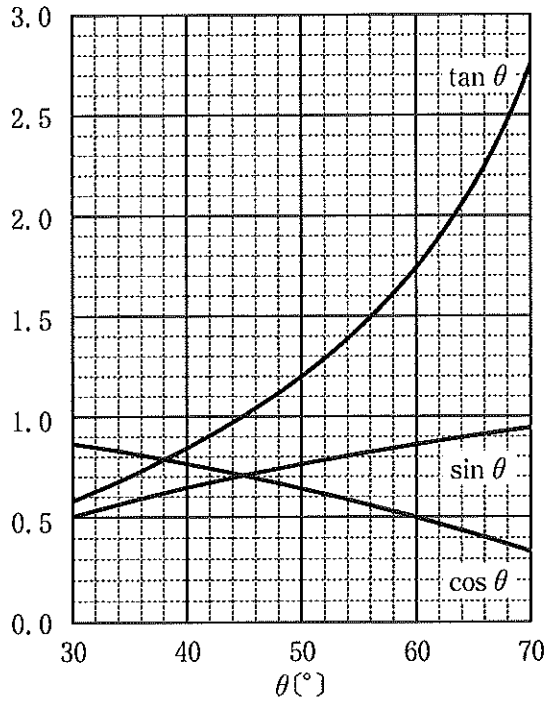


图 2

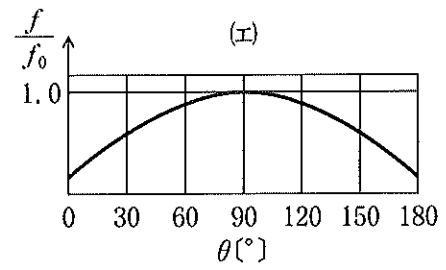
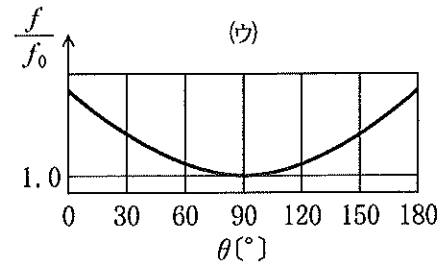
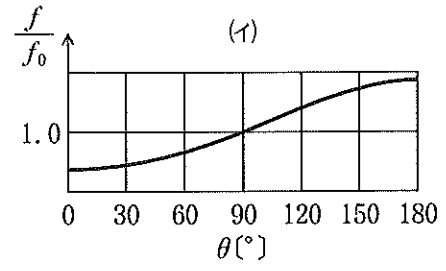
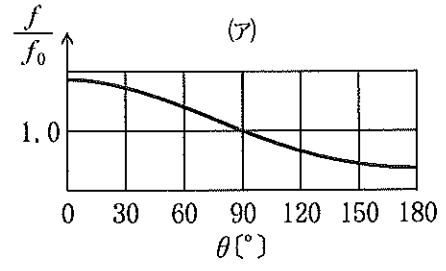


图 3

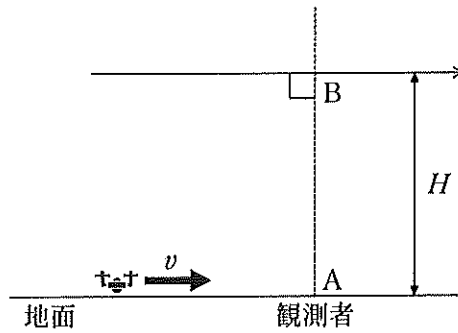


图 4