

平成 21 年度 入学 試験 問題 (後期)

理 科

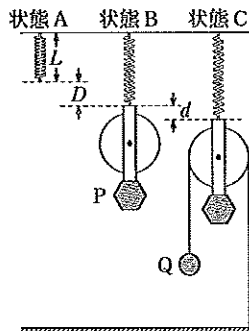
注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの 4 題、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机上に出しておくこと。

物 理 (後 期)

(その1)

I 図のように自然長 L (m)、ばね定数 k (N/m) のばねの上端を天井に固定してある(状態 A)。このばねの下端に軽い滑車をとりつけ、その下に質量 M (kg) のおもり P を接着した。このとき、ばねは長さ D (m) だけ伸びて静止した(状態 B)。さらに、伸び縮みしないひもを滑車に掛け、一端を滑車の右端の鉛直下に固定し、もう一端に質量 m (kg) のおもり Q を取り付けると、ばねはさらに長さ d (m) だけ伸びた状態で静止した(状態 C)。すべての摩擦や、ばね、滑車、及びひもの重さは無視できるものとし、重力加速度を g (m/s²) として、{ } 内に与えられた記号から必要なものを用いて以下の問に答えよ。



- (1) 状態 B のときの伸び D を表せ。{ M, m, g, k }
 - (2) 状態 B からおもり P を少し押し下げて手を離すと P は単振動をする。このときの周期を表せ。{ M, m, g, k }
 - (3) 状態 B から状態 C になったときのばねの伸び d を表せ。{ M, m, g, k }
 - (4) 状態 C から Q を鉛直下方向に長さ x_0 (m) ($x_0 > 0$) だけ手で押し下げたとき、連動して滑車の方が下がる距離を表せ。{ x_0 }
- 上述(4)の状態から手を離すと、ひもはたるむことなく、Q は単振動を続けた。この時の P, Q の運動について考える。ただし、Q の位置の座標 x (m) については、状態 C のときの Q の位置を原点とし、鉛直下向きを正とする。
- (5) Q が位置 x にあるとき、ばねが滑車に及ぼす力を表せ。{ D, d, x, k }
 - (6) ひもの張力を T (N)、P の加速度を a_P (m/s²)、Q の加速度を a_Q (m/s²) として、Q が位置 x にあるときの P, Q それぞれに対する運動方程式を表せ。{ $a_P, a_Q, T, g, M, m, x, k$ }
 - (7) 滑車とおもり Q の動きの間に成り立つ簡単な関係を使い、 a_P を a_Q を用いて表せ。{ a_Q }
 - (8) Q が位置 x にあるときの、 T の大きさを求めよ。{ M, m, g, x, k }
 - (9) 単振動をしている Q の周期を表せ。{ M, m, g, k }

II 自由に動くピストン PA, PB を備えた 2 つの同一の容器 A, B がある。2 つのピストンを図 1 のように棒で連結し水平面上に置いた。ピストンにはそれぞれ開閉のためのコックが付いている。容器の断面積を S (m²)、容器とピストンの質量をそれぞれ M (kg)、 m (kg) とし、2 つのピストンを連結している棒の質量は無視できるものとする。大気圧力は P (Pa)、温度は T (K) である。空気は理想気体として振る舞うものとし、重力加速度を g (m/s²) として、以下の文の () に適当な式を入れよ。なお、容器の壁の厚さおよび空気の質量は無視できるものとし、容器の内側とピストン間の摩擦はないものとする。

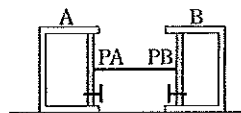


図 1

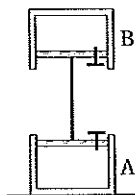


図 2

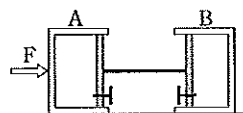


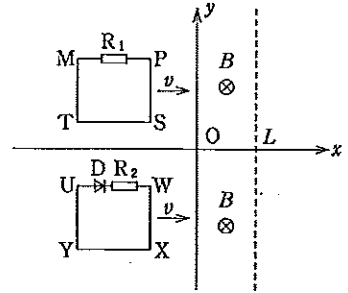
図 3

- (1) コックを開いて大気を入れ、そのままピストンを動かし適当な位置に静止させた後、コックを閉じた。この後、容器 A の底面を下にして水平面上に立てた(図 2)。このとき、容器 A 中の空気の圧力は (①) (Pa)、B 中の圧力は (②) (Pa) になる。
- (2) 次に 2 つの容器を水平面上に横にして置いた(図 3)。その後、コックを開きピストンを動かして適当な位置に静止させ、コックを閉じた。水平面と容器の間の静止摩擦係数と動摩擦係数はどちらも μ とする。容器 A の底面に加える力 F (N) を徐々に大きくしていくと容器 A は右に動き始めた。このときの力 F の大きさは (③) (N) であり、容器内の空気の圧力はそれぞれ、A が (④) (Pa)、B が (⑤) (Pa) である。力 F を加減しながら容器 A の底面をさらにゆっくり押ししていくと容器 B も動き始めた。このときの力 F は (⑥) (N) であり、容器中の空気の圧力は、それぞれ、A が (⑦) (Pa)、B が (⑧) (Pa) である。
- (3) 上と同様に 2 つの容器を水平面上に置いてコックを開け、ピストンを動かして容器 A と容器 B とに同体積の空気を入れ、コックを閉じた。その後、容器 B 中の空気の温度をゆっくりと下げていくと、当初は容器は動かず、ピストンのみが動き始めた。さらに空気の温度を下げていくと、ついにピストンだけでなく容器も動き始めた。このとき容器 A と容器 B 中の空気の圧力は、それぞれ、A が (⑨) (Pa)、B が (⑩) (Pa) であり、容器 B 内の空気の温度は T から (⑪) (K) だけ低下していた。なお、この間ピストンが動いても、ピストンが容器からはずれず、容器 A 中の空気の温度は変化しないものとする。

物 理 (後 期)

(その2)

III 細い導体でできた長方形の閉回路 MPST と閉回路 UWXY がある。図のように、回路 MPST には、M と P の間に大きさ $r(\Omega)$ の電気抵抗 R_1 が、また、回路 UWXY には、U と W の間に R_1 と同じ大きさの電気抵抗 R_2 と理想的なダイオード D が直列につながれている。(ダイオードは U から W の向きが順方向になるように接続されている。) 辺 MP 及び辺 UW の長さはどちらも $a(\text{m})$ 、辺 PS 及び辺 WX の長さはどちらも $b(\text{m})$ である。
(注: 理想的なダイオードとは、順方向には電気抵抗 0Ω 、逆方向には無限に大きな電気抵抗を持つ抵抗器である。)



xyz 空間には、 $x=0$ から $x=L(\text{m})$ ($L < a$) の間に、 z 軸に平行で、 z 軸の負の方向を向いた一様な磁束密度 $B(\text{T})$ の磁界が存在する。(図では、紙面に垂直で、紙面の表から裏に向いている。) 二つの閉回路は、この空間の xy 平面上に、回路の辺 MP および辺 UW のそれぞれが x 軸に平行になるように置かれ、この状態を保ったまま、 x 軸の負の領域から正の方へ、 x 軸に平行に一定の速さ $v(\text{m/s})$ で運動し、磁界の存在する領域を通過する。

点 P の x 座標を x_P 、点 W の x 座標を x_W と表す。起電力の向きは、点 M に対して点 P が高電位になるとき、点 U に比べて点 W が高電位になるときを正の向きとし、電流は点 P から点 M の方へ、点 W から点 U の方へ流れるときを正とする。また、力の成分は座標軸の正の向きを向いているときが正である。

- (1) 閉回路 MPST が、次の範囲 (i) $0 < x_P < L$, (ii) $L < x_P < a$, (iii) $a < x_P < L + a$, (iv) $L + a < x_P$ を運動するとき、それぞれの範囲について下の諸量を v, a, b, L, B, r のうちから適当と思われる記号を用いて表せ。
 - (a) 磁界によって閉回路 MPST に発生する起電力 $V_1(\text{V})$ 。
 - (b) 抵抗 R_1 に流れる電流 $I_1(\text{A})$ 。
 - (c) 回路 MPST を一定の速さ v に保つために必要な外力 $F_1(\text{N})$ 。
- (2) 閉回路 UWXY を閉回路 MPST と同じように運動させ、 x_W に対して x_P と同じ範囲を考えると、下の諸量について答えよ。
 - (a) 磁界によって閉回路 UWXY に発生する起電力 $V_2(\text{V})$ 。
 - (b) 抵抗 R_2 に流れる電流 $I_2(\text{A})$ 。
 - (c) 回路 UWXY を一定の速さ v に保つために必要な外力 $F_2(\text{N})$ 。
- (3) 2つの閉回路が磁界領域に入り始めてから磁界領域から完全に抜け出てしまうまでの間に、回路 MPST に外から加えなければならない仕事量 $W_1(\text{J})$ と、回路 UWXY に外から加えなければならない仕事量 $W_2(\text{J})$ を記せ。

IV 以下の問に答えよ。

- (1) 図のように液体 A と液体 B の境界に固体 C が浮かんでいる。それぞれの密度を $\rho_A(\text{kg/m}^3)$, $\rho_B(\text{kg/m}^3)$, $\rho_C(\text{kg/m}^3)$ ($\rho_A < \rho_C < \rho_B$) とする。液体 A 中の固体 C の体積を $V_A(\text{m}^3)$ 、液体 B 中の固体 C の体積を $V_B(\text{m}^3)$ とするとき、 V_A/V_B を ρ_A, ρ_B, ρ_C で表せ。
- (2) レンズから 10 cm のところに物体をおくと、6 倍の大きさの虚像ができた。レンズの焦点距離はいくらか。
- (3) 振動数 600 Hz の音を発している音さがある。音速は 340 m/s とする。
 - ① 音さが、静止している観測者に速さ 50 m/s で近づくと、観測者が聞く音の振動数はいくらか。
 - ② 観測者が、静止している音さに速さ 50 m/s で近づくと、観測者が聞く音の振動数はいくらか。
 - ③ 音さも観測者も静止しており、風速 10 m/s の風が音さから観測者に向かって吹いている。観測者が聞く音の振動数はいくらか。
- (4) 音波が 4℃ の低温室から 20℃ の室外へ出るとき、その音波の速さ、振動数、波長はどのように変化するか簡単に答えよ。
- (5) つぎの文の()を埋めよ。なお、Ⓐには抵抗、Ⓑにはコイル、Ⓒにはコンデンサーのうち該当する素子名をすべて入れよ。
抵抗値 $R(\Omega)$ の抵抗、自己インダクタンス $L(\text{H})$ のコイル、電気容量 $C(\text{F})$ のコンデンサーに、それぞれ角周波数 $\omega(\text{rad/s})$ の交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t(\text{V})$ を加えた。このとき、抵抗に流れる電流値は(①) [A] であり、抵抗で消費される電力は(②) [W] である。また、コイルのリアクタンスは(③) [Ω] であり、電流の位相は電圧より(④) [rad] だけ遅れるので、コイルに流れる電流値は(⑤) [A] である。 $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$ を用いて式を簡単にすると、消費電力は(⑥) [W] と表される。一方、コンデンサーのリアクタンスは(⑦) [Ω] であり、電流の位相は電圧より(④) [rad] だけ進むので、コンデンサーに流れる電流値は(⑧) [A] と表され、 $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$ を用いて式を簡単にすると消費電力は(⑨) [W] と表される。従って、(⑩) で消費される電力の時間平均はゼロであることが分かる。