

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 8 ページからなる。解答用紙等については、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。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. 問題冊子および白紙(白紙は医学部受験生のみ該当)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、水平面より角度 $\theta(0^\circ < \theta < 90^\circ)$ だけ傾いた斜面がある。斜面の下方には支持器が固定されていて、その支持器内には斜面に沿った方向に穴が貫通している。さらにその穴の中には棒が設置されていて、棒は穴の中を斜面に沿って移動できる。また、斜面は、地点Bから上方と地点Cから下方のそれぞれの区間ではなめらかであり、地点Bから地点Cまでの区間ではあらい。地点Aと地点B、地点Bと地点Cのそれぞれの区間の距離は l [m]である。

さて、斜面上の地点Aに質量 m [kg]の物体を静かに置いたとき、物体は斜面に沿ってすべり落ち始めた。そして、地点Cに到達したとき棒に衝突して、物体と棒は一体になって斜面に沿って x [m]だけ下方へ移動し、物体が支持器に到達する前に停止した。地点Bから地点Cまでの区間では、物体と斜面の間の動摩擦係数の大きさは μ' であり、物体は減速しながらすべり落ちた。また、物体の大きさおよび物体がすべり落ちるときの空気抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。棒の質量は無視でき、棒の支持器による抵抗力は一定でありその大きさを F [N]とする。図のように位置エネルギーの基準面は、地点Cにおける棒の先端の位置とする。

以下の問いでは、 m 、 g 、 l 、 θ 、 μ' 、 F の中から適切なものを用いて答えよ。

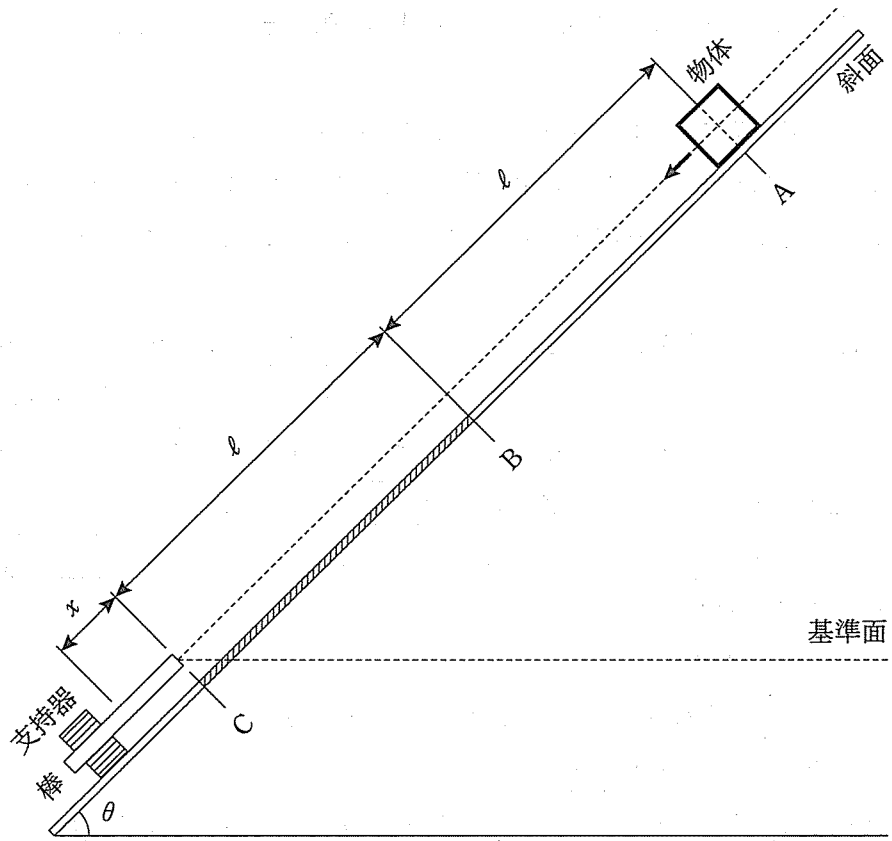
問 1 地点Aにおける物体の位置エネルギーを求めよ。

問 2 地点Bにおける物体の速度 v_B [m/s]を求めよ。

問 3 物体が地点Cに到達するための動摩擦係数 μ' に対する条件を求めよ。

問 4 物体が地点Bを通過してから地点Cに到達するまでに要する時間 t [s]を求めよ。

問 5 衝突後の棒の移動距離 x を求めよ。



图

2

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： $\frac{1}{4}$)

電流の流れているコイルにはエネルギーが蓄えられている。そのエネルギーと電流との関係を、起電力 V [V] の電池， R [Ω] の電気抵抗，自己インダクタンス L [H] のコイルがスイッチを介して接続された図 1 のような回路を用いて調べてみよう。なお，コイルの内部抵抗は無視してよい。

コイルに流れる電流が変化するとき，コイルには の法則にしたがい起電力が生じるため，スイッチ S を入れた直後では，コイルに流れる電流は である。また，回路に関する 法則を適用すると，コイルにかかる電圧は である。その後，コイルに流れる電流は増加していき，一定の値 に近づいていく。

回路の電流が I [A] から，時間 Δt [s] の間に ΔI [A] 増加するとき， による起電力 V_L [V] は次式で表される。

$$V_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

ここで， 法則から得られる式の両辺に $I\Delta t$ をかけると，次式となる。

$$VI\Delta t = LI\Delta I + \text{ } \Delta t \quad (2)$$

左辺と右辺第 2 項は，それぞれ電池と抵抗のエネルギーに関する量である。 の法則^(a)を考慮すると，右辺第 1 項 $LI\Delta I$ は Δt の間にコイルに蓄えられたエネルギーである。電流 I_0 [A] が流れているコイルに蓄えられているエネルギーを知るためには，電流 I をゼロから少しずつ増加させ，その各段階で蓄えられるエネルギー $LI\Delta I$ を次々と足し上げていき，電流 I が I_0 になるまでの総和を求めればよいと考えられる。この考え方は，ばねの弾性エネルギー(弾性力による位置エネルギー)^(b)を求める場合と同様である。この類推から，電流 I_0 が流れているコイルのエネルギー U_L [J] は， $U_L = \text{ }$ となる。

このエネルギーの式 U_L を用いて，図 2 に示すような電流 I_1 [A]， I_2 [A] が流れている 2 個のコイル L_1 ， L_2 (それぞれの自己インダクタンスを L_1 [H]， L_2 [H] とする) に等価なコイル(電流 I_3 [A] が $I_1 + I_2$ に等しいとき， L_1 ， L_2 に蓄えられているエネルギーの和と同じエネルギーをもつコイル) L_3 のインダクタンス L_3 [H] を求めよう。コイル L_1 と L_2 の相互の影響は無視してよい。

回路を流れる電流をゼロから増加させるとき，内部抵抗による電圧降下は による起電力に比べて無視できるものとする。まず， Δt の間に I_1 ， I_2 がそれぞれ ΔI_1 [A]， ΔI_2 [A] 変化したとする。このとき， L_1 と L_2 は並列に接続されているため， により生じるそれぞれの起電力は同じであるから，

$$\Delta I_1 : \Delta I_2 = \text{ } : \text{ } \quad (3)$$

である。この関係が常に成り立つのだから，式(3)の関係は I_1 と I_2 の比と考えることができる，すなわち

$$I_1 : I_2 = \text{ } : \text{ } \quad (4)$$

これを用いて、コイル L_1 , L_2 に蓄えられているエネルギーの和と L_3 に蓄えられているエネルギーが等しいことを考慮するとインダクタンス L_3 を決定できる。

問 1 空欄 ~ に適切な語句・数値・数式を答えよ。

問 2 下線部(a)の電池のエネルギーに関する量が電池のした仕事であることを、電気量とのかかわりがわかるように説明せよ。

問 3 下線部(a)の抵抗のエネルギーに関する量が抵抗で消費される電力量であることを、電気量とのかかわりがわかるように説明せよ。

問 4 ばね定数を k (N/m), 自然長からの伸びを x (m), x からの小さな伸びを Δx (m) として、下線部(b)の類推の内容を具体的に説明せよ。

問 5 下線部(c)を実行して、 L_3 を L_1 と L_2 を用いて表せ。なお、解答用紙の導出過程欄に考えた道筋を明記すること。

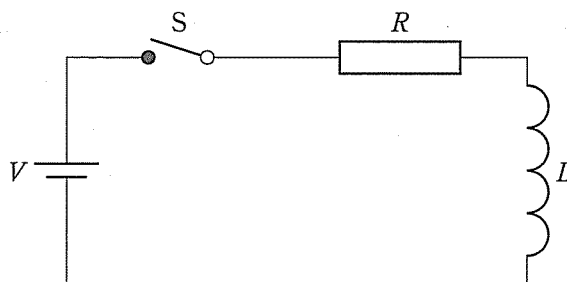


図 1

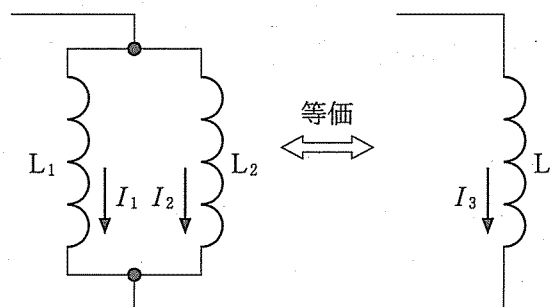


図 2

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

振動数 f [Hz] の汽笛を鳴らす船 A が海を航行している。風はなく、空気中の音速は V [m/s] とする。

問 1 図 1 のように、船 A は港の鉛直平面状の岸壁に対して垂直に進行しており、岸壁で聞こえた船 A の汽笛の振動数が f_1 [Hz] ($f_1 > f$) であった。船 A は岸壁に近づいているか、遠ざかっているか、解答欄の該当する方を丸で囲め。また、船 A の速さを求めよ。

問 2 船 A が岸壁に対して垂直に速さ v [m/s] で近づいている。船 A が汽笛を鳴らしたところ、汽笛を鳴らしてから t [s] 後に、岸壁で反射した汽笛が船 A で聞こえた。汽笛が聞こえたときの船 A の岸壁からの距離を求めよ。

問 3 図 2 のように、船 A が岸壁に対して垂直に速さ v [m/s] で近づいているとき、船 B は船 A の後ろで止まっていた。船 B の乗員には、船 A から直接届く汽笛と岸壁で反射した汽笛が重なって聞こえた。1 秒あたりのうなりの回数を求めよ。

問 4 船 A が速さ 0 m/s から v_A [m/s] の範囲でいろいろな方向に航行しながら漁をしているとき、振動数 f_B [Hz] の汽笛を鳴らす船 B が速さ v_B [m/s] で岸壁に対して垂直に近づいてきた。岸壁で船 A の汽笛と、船 B の汽笛を聞いた。このとき、船 A から聞こえる汽笛の振動数の範囲内に、船 B から聞こえる汽笛の振動数が入らないための f_B に対する条件を求めよ。

問 5 船 A が速さ v_A [m/s] で、船 B が速さ v_B [m/s] で互いにまっすぐに近づいているとき、船 A が長さ T [s] の汽笛を鳴らした。船 B で汽笛が聞こえる時間、及び汽笛の振動数を、次のように求めるとして、文章の から にあてはまる数式を答えよ。

船 A が汽笛を鳴らし始めた時刻を $t = 0$ s とし、このときの 2 隻の間の距離が L [m] であったとする。船 B で汽笛が聞こえ始めた時刻を $t = t_0$ [s] とすると、 $L =$ となるから、 $t_0 =$ となる。さらに時刻 $t = T$ の時、2 隻の間の距離は となり、この時発せられた汽笛が時刻 $t = t_1$ [s] に船 B に到達したとすると、距離 は t_1 を用いて とかけるから、 $t_1 =$ となる。よって、船 B では $t_1 - t_0 =$ の間、汽笛が聞こえたことになる。この間、船 A から発せられた汽笛の波の数は であるから船 B で聞こえる船 A の汽笛の振動数は となる。

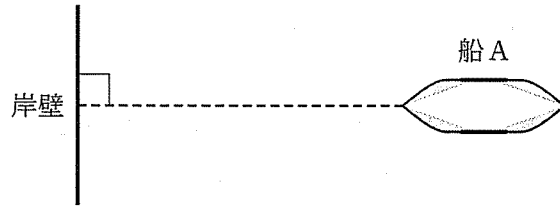


图 1

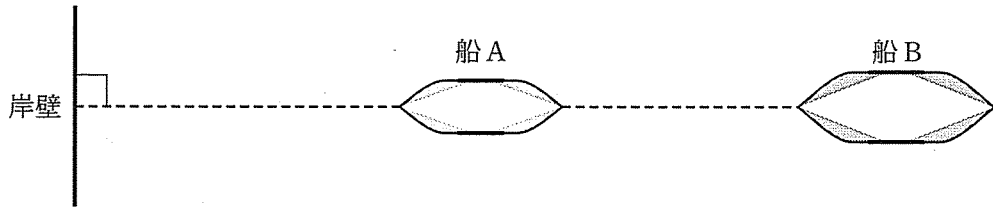


图 2

4

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

なめらかに動くピストンのついた断面積 S [m²] の固定された容器に物質 n [mol] の単原子分子理想気体を入れ、図のようにピストン上部と質量 m [kg] のおもりをひもでつなぎ、なめらかに回転する定滑車を使ってピストンをつり上げた。ピストンはおもりに引き上げられて容器の最上部で停止し、そのときの容器内の気体の圧力と体積はそれぞれ p_1 [Pa] と V_1 [m³] であった。この状態を状態 A と呼ぶ。この状態から容器内の気体の温度をゆっくり変化させはじめた。しばらくすると、気体の体積の収縮とおもりの上昇がはじまった。その時点の容器内の気体の圧力は p_2 [Pa] であった。この状態を状態 B と呼ぶ。そのまま、気体の温度を変化させ続けると、ピストンが移動して気体の体積が V_2 [m³] になった。この状態を状態 C と呼ぶ。なお、ピストンとひもの質量は無視できる。重力加速度の大きさを g [m/s²]、気体定数を R [J/(mol·K)]、大気圧を p_0 [Pa] とする。

問 1 状態 A, B, C での気体の温度 T_A [K], T_B [K], T_C [K] について正しい大小関係を (ア) から (エ) の中から選んで記号を答えよ。

(ア) $T_A < T_B < T_C$ (イ) $T_A = T_B > T_C$ (ウ) $T_A > T_B = T_C$ (エ) $T_A > T_B > T_C$

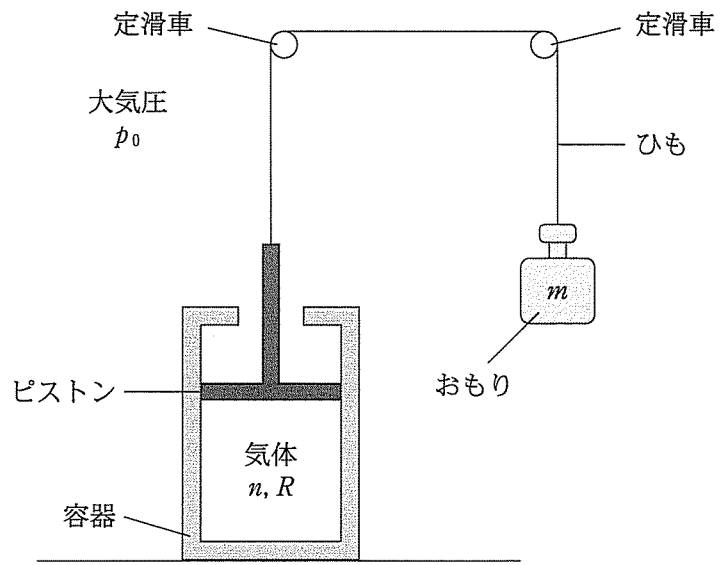
問 2 状態 A → B → C の変化において、気体の圧力 p と体積 V の関係を解答用紙の p - V 図に示せ。 p 軸、 V 軸の空欄 に p_1 , p_2 , V_1 , V_2 を適切に記入し、各状態の位置を●印で示し、A, B, C を明記せよ。そのうえで、状態変化の経路を●印をつなぐ実線で示せ。

問 3 状態 A における気体の内部エネルギー U_A [J] を n , p_1 , V_1 , R のうち適切なものを用いて表せ。

問 4 状態 B における気体の圧力 p_2 を g , m , n , p_0 , R , S のうち適切なものを用いて表せ。

問 5 状態 B から状態 C へ変化したときの気体の内部エネルギーの変化量 ΔU_{BC} [J] を n , p_1 , p_2 , V_1 , V_2 , R のうち適切なものを用いて表せ。

問 6 状態 B から状態 C へ変化したとき、気体が外部からされた仕事 W [J]、および、気体が受け取る熱量 Q [J] を n , p_1 , p_2 , V_1 , V_2 , R のうち適切なものを用いて表せ。



図

