

理 科

15:00~17:00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は42ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～19ページ、「生物」は20～33ページ、「地学」は34～42ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	総 合 入 試					学 部 別 入 試									
	理 系					医 学 部							歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医 学 系	保 健 学 系								
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 攻	検 査 技 術 科 学 攻	理 学 療 法 学 専 攻	作 業 療 法 学 専 攻				
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○										○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物 理

- 1 図1のように、点Oに一端が固定された長さ l [m]の糸の他端に質量 m [kg]の小球を取りつけ、この小球を鉛直面内で運動させる。以下の文章中の(1) ~ (9)に適切な数式または数値を入れよ。ただし、糸は伸び縮みせず、その質量は無視できる。また、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。

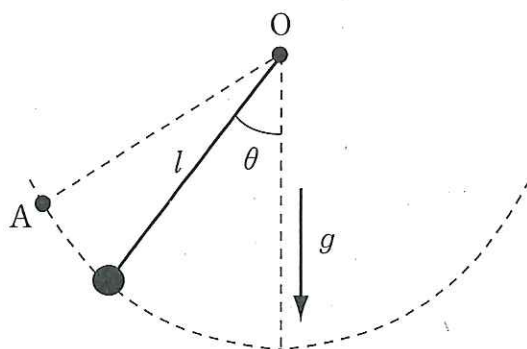


図1

- 問1 小球を点Aまで糸がたるまないように移動し、その後静かに離したところ、小球は単振り子として最下点を中心に振動した。振幅が十分に小さいときの周期は(1) [s]である。

つぎに、小球を最下点で静止させた後、速さ v_0 [m/s]で水平方向に打ち出した。このとき、小球は糸がたるむことなく運動した。糸と鉛直下向きとのなす角度が θ [rad]のとき、重力による小球の位置エネルギーは最下点にあるときと比べ(2) [J]増加し、小球の速さは(3) [m/s]となる。また、糸の張力は(4) [N]となる。糸がたるむことなく小球が単振り子として振動するためには θ の大きさが常に $\frac{\pi}{2}$ 以下となる必要がある。そこで、 $v_0^2 \leq$ (5) でなければならない。

問 2 図 1 の単振り子を加速度 a [m/s²] で水平方向に等加速度運動する車に乗せた。単振り子を車内で観察すると、図 2 のように糸が斜めに傾き、小球は点 P で静止していた。このときの糸の張力は $2mg$ [N] であったとすると、糸が鉛直下向きとなす角度 θ_1 は (6) [rad]、車の加速度 a は (7) [m/s²] である。また、点 P を中心として小球を小さく振動させると、その周期は (1) の (8) 倍となる。

この小球を再び点 P に静止させた後、糸に垂直な方向に速さ v_1 [m/s] で打ち出した。このとき糸がたるむことなく小球が点 O を中心に円運動を行うためには、 $v_1^2 \geq$ (9) という条件を満たす必要がある。

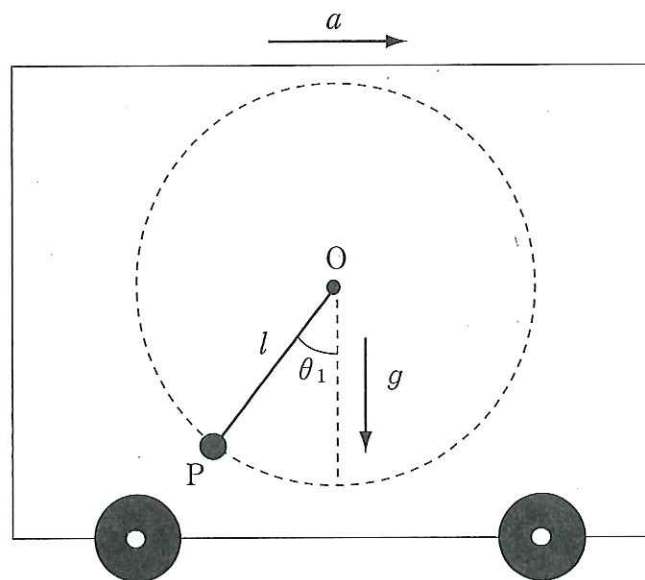


図 2

- 2 断熱材で作られた図1のようなシリンダーとピストンがある。シリンダー内には n [mol] の理想気体が封入されており、気体の温度を調節できる加熱冷却器がついている。ピストンはシリンダー内を鉛直方向になめらかに動くことができる。ピストンの可動距離には制限があり、気体の体積は V_0 [m³] から $2V_0$ の範囲で変化する。この気体の定積モル比熱は C_V [J/(mol・K)]、定圧モル比熱は C_p [J/(mol・K)] である。また、気体定数を R [J/(mol・K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。以下の文章中の (a) , (b) に等号または不等号を、(1) ~ (5) に適切な数式または数値を入れよ。また、(i) には図3の中から適切なものをひとつ選択してその番号を記入し、(ア) , (イ) は解答欄に作図せよ。

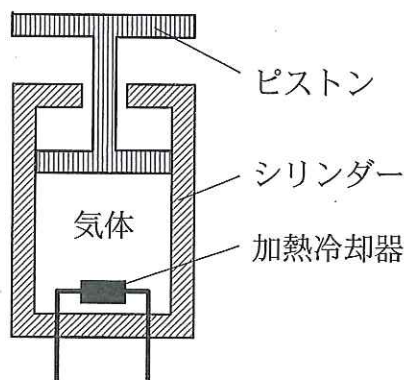


図1

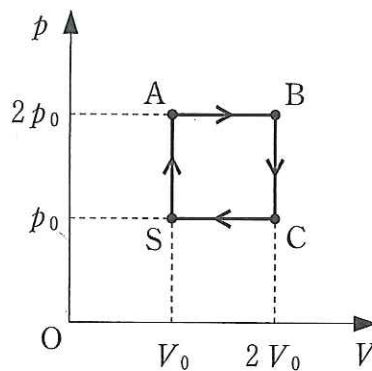


図2

- 問1 はじめ、圧力 p_0 [Pa]、温度 T_0 [K]、体積 V_0 [m³] の状態Sにある気体を、加熱冷却器で一定の温度に保ちながらピストンでゆっくり膨張させた。この等温変化による気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] は、 ΔU (a) 0 となる。つぎに、気体を状態Sに戻し、加熱冷却器を停止した後、ピストンをゆっくり引き上げて断熱膨張させた。この断熱変化による気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、 ΔU (b) 0 となる。状態Sから気体の体積が $2V_0$ になるまで、上記の等温変化と断熱変化における圧力と体積の関係を図に表すと (ア) となる。ただし、等温変化は実線で表し、その始点と終点を圧力と体積の値がわかるように黒丸(●)で示せ。断熱変化は破線で表し、等温変化との圧力の大小関係がわかるようにその概略を作図せよ。断熱変化の終点の圧力は計算しなくてよい。

問 2 つぎに、この気体を図 2 の $S \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow S$ の順にゆっくり状態変化させる。 $S \rightarrow A$ の状態変化で気体が吸収した熱量を $Q_{SA}[\text{J}]$ とすると、 $Q_{SA} = \boxed{(1)} \times nC_V T_0$ となる。また、 $A \rightarrow B$ の状態変化で気体が吸収した熱量を $Q_{AB}[\text{J}]$ 、気体が外部にする仕事を $W_{AB}[\text{J}]$ とすると、それぞれ、 $Q_{AB} = \boxed{(2)} \times nC_p T_0$ 、 $W_{AB} = \boxed{(3)} \times nRT_0$ となる。同様に $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow S$ の状態変化を考えると、このサイクルの熱効率が求まる。 $C_p - C_V = R$ の関係を考慮し、比熱比 $\gamma (\gamma = \frac{C_p}{C_V})$ を用いて表すと、熱効率は $\boxed{(4)}$ となる。

問 3 図 1 の装置を図 2 の $S \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow S$ のサイクルで働く熱機関として用いる。この熱機関では、状態 S のときピストンの上に荷物を載せる。つぎに、状態 S にある気体を加熱冷却器で加熱して圧力を増加させると、気体の圧力がある値を超えたとき、ピストンが上がり始める。 $h[\text{m}]$ 上昇したところでピストンは止まり、荷物を降ろす。その後、加熱冷却器で気体を冷却して圧力を減少させる。気体の圧力がある値より下がるとピストンは下降し始める。ピストンが h だけ下降し、気体は状態 S に戻る。

図 2 の $B \rightarrow C$ の変化中における荷物の有無、ピストンとシリンダーの位置関係を表すのは、図 3 の $\boxed{(i)}$ である。ピストンが上昇し始めるときと下降し始めるときの力のつり合いを考えると、この装置を用いて持ち上げることができる荷物の質量は、 $\boxed{(5)} \times nRT_0[\text{kg}]$ となる。荷物を h だけ持ち上げるのに必要な仕事を $p - V$ 図上の領域に斜線をつけて表すと、 $\boxed{(i)}$ となる。

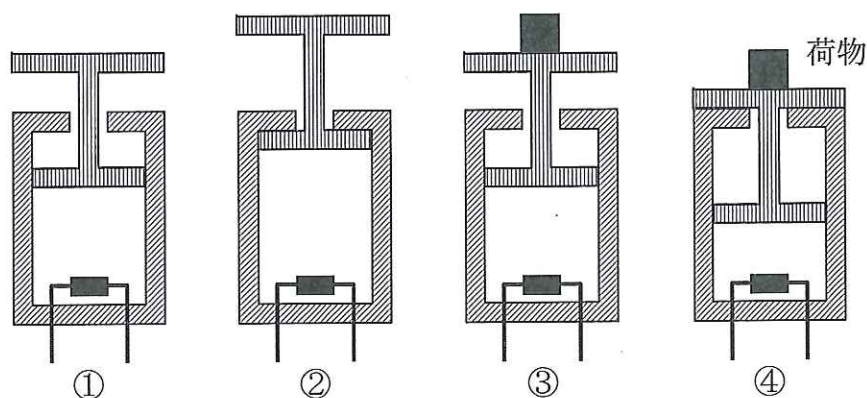


図 3

- 3 以下の文章中の (1) ~ (6) に適切な数式を入れ、(a) と (b) には適切な語句を末尾の選択肢の中から選び、記号で答えよ。また、(A) は 30 文字以内の文で答えよ。ただし、クーロンの法則の比例定数を $k[\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2]$ 、重力加速度の大きさを $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とする。

問 1 図 1 のように、点 O を通る水平面上に x 軸をとり、鉛直上向きに z 軸をとる。 x 軸上で x 座標が $x = L[\text{m}]$ の点と、 $x = -L[\text{m}]$ の点に正の電気量 $Q[\text{C}]$ をもつ点電荷を固定した。このとき、 z 軸上に置かれた質量 $M[\text{kg}]$ 、正の電気量 $q[\text{C}]$ をもつ荷電粒子の運動について考える。ただし、荷電粒子は z 軸上でのみ運動する。

荷電粒子が点 O から距離 $h[\text{m}]$ 上の点にあるときに受ける静電気力の x 成分は (1) $[\text{N}]$ 、 z 成分は (2) $[\text{N}]$ となる。荷電粒子を点 O から鉛直上向きに動かしていくと、荷電粒子が受ける静電気力の大きさは増加していき、点 R で最大値に達した後、次第に小さくなる。これに対して、荷電粒子に働く重力の大きさは一定なので、 M が小さいときには、静電気力と重力は点 R の上下の点 A と点 B の 2 点でつり合う。下のつり合いの位置 A より低い点から荷電粒子を静かに離すと、荷電粒子は落下する。このとき、荷電粒子が点 O を通過するときにもつ運動エネルギーは、荷電粒子を離す点の z 座標を $z = d[\text{m}]$ とすると、(3) $[\text{J}]$ となる。

つぎに、荷電粒子を点 R から静かに離した。このときの荷電粒子の運動を説明せよ (A) 。

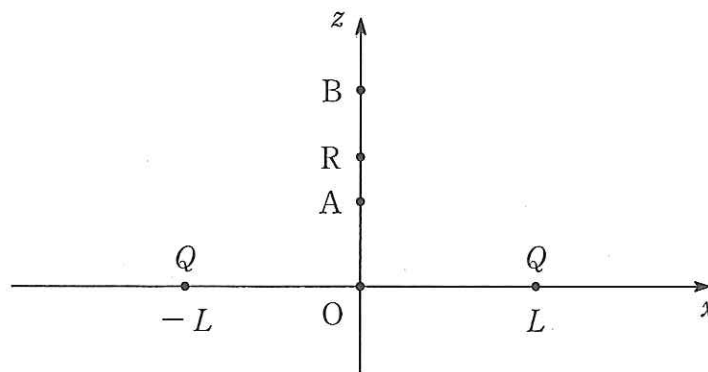


図 1

問 2 図 2 のように、鉛直上向きの磁束密度 B [T] の一様な磁場 (磁界) 中で、時刻 $t = 0$ [s] に、質量 M [kg]、正の電気量 q [C] をもつ荷電粒子を大きさ v [m/s] の速度で水平に発射した。発射直後には、荷電粒子は磁場から大きさ (4) [N] の力を速度と垂直な方向に受ける。そのため、もし荷電粒子に重力が働かなければ、荷電粒子は半径 (5) [m] の等速円運動をし、その運動方向は鉛直上方から見て (a) である。しかし、実際には荷電粒子は重力を受けるので、時刻 t における速さは (6) [m/s] となる。このとき、水平面に平行な運動は (b) である。

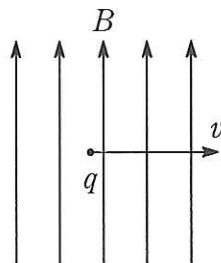


図 2

- (a) の選択肢 (ア) 時計回り, (イ) 反時計回り
- (b) の選択肢 (ア) 次第に半径が大きくなるような回転運動,
 (イ) 等速円運動,
 (ウ) 次第に半径が小さくなるような回転運動