

理 科

9 : 00~11 : 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、32 ページある。このうち、「物理」は 2～7 ページ、「化学」は 8～16 ページ、「生物」は 17～25 ページ、「地学」は 26～32 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・専攻 科目 | 理 学 部 | | | | 医 学 部 | | | | | | 歯 薬 学 部 | | 工 学 部 | | | 農 学 部 | | | 獣 医 学 部 | 水 産 学 部 | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|---------|---------------|---------------|-----|-----|-------------|---------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|---|
| | 数 理 系 | 物 理 系 | 化 学 系 | 生 物 系 | 医 学 系 | 保 健 学 系 | 看 護 学 専 攻 | 放 射 線 技 術 科 | 科 学 専 攻 | 検 査 技 術 科 | 学 専 攻 | 理 学 療 法 学 専 攻 | 作 業 療 法 学 専 攻 | 学 部 | 学 部 | 材 料 ・ 化 学 系 | 情 報 エ レ ク ト ン 工 学 系 | 口 コ ン タ ク ト 工 学 系 | 物 理 工 学 系 | 社 会 工 学 系 | 農 ・ 総 合 系 | 農 ・ 化 学 系 | 農 ・ 生 物 系 | 医 学 部 | 産 学 部 | |
| 物理 | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 化学 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 生物 | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ |
| 地学 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

注：工学部(社会工学系)は、物理又は化学を含む2科目選択

4. 受験する科目の解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督員の指示に従って、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。
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

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

- 1 次の文章の の中に、適切な数式を入れよ。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、摩擦は無視できるものとする。

I 図1のように、斜面の先に水平面がつづいている。その水平面上に、表面を半径 R [m] の半円筒型にくりぬかれた物体 N が、固定されている。質量 m [kg] の小球が、円筒面の中心 O 点を基準にして、高さ h (> 0) [m] の P 点に静かに置かれた。その後、小球は円筒面上の Q 点 ($\angle AOQ = \theta$) に達した。

Q 点での小球は、 P 点に比べて位置エネルギー (1) [J] を失うので、 Q 点での小球の速さは (2) [m/s] である。また、小球に働く重力の QO 方向の成分は (3) [N] であり、遠心力は (4) [N] である。そのため、小球が円筒面から受ける抗力の大きさは、 (5) [N] となる。これより、小球が半円筒面上を落下せずに A 点まで達するためには、 h が (6) [m] 以上でなければならないことがわかる。

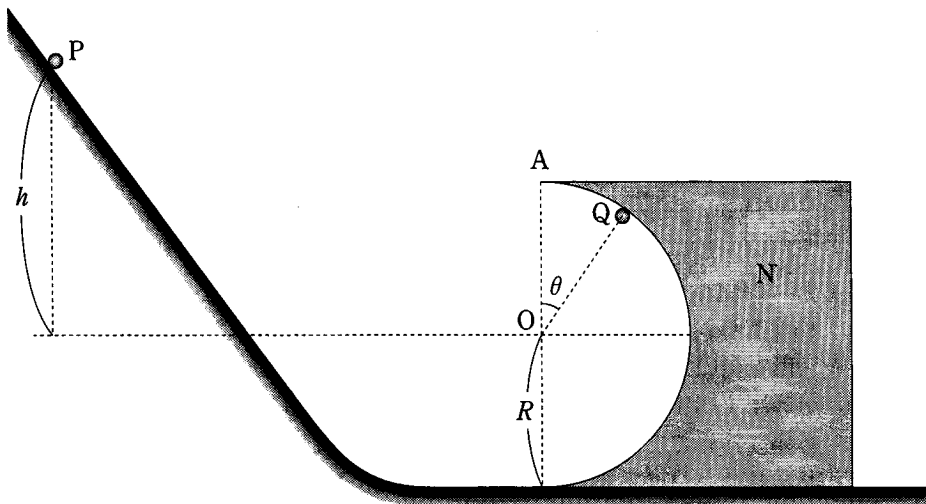


図 1

II 次に、物体 N が水平面上をなめらかに移動できるようにした。図 2 のように、小球を P 点に静かに置くと、この小球は水平面上に達した後、円筒面にそって上昇し、A 点に達した。はじめに静止していた物体 N は、底面が水平面に接した状態ですべりつづけた。物体 N の質量は $2m$ [kg] である。

水平面上から測った P 点の高さが $h + R$ [m] であるから、水平面に達したときの小球の速さは、 $\boxed{(7)}$ [m/s] である。小球が A 点に達したとき、物体 N の速度の大きさを V [m/s] とする。また、A 点での物体 N に対する小球の相対速度の大きさを v [m/s] (相対速度であることに注意) とする。すると、エネルギー保存の法則の式は $\boxed{(8)}$ である。一方、水平方向に関する運動量保存の法則の式 $\boxed{(9)}$ より、 v 、 h 、 R 、 g を用いて、速度 V を $\boxed{(10)}$ [m/s] と表せる。この速度 V を、エネルギー保存の法則の式に代入すると、A 点での物体 N に対する小球の相対速度の大きさ v は、 h 、 R 、 g を用いて、 $v = \boxed{(11)}$ [m/s] と書ける。これより、小球が半円筒面上を落下せずに A 点まで達するためには、 h が $\boxed{(12)}$ [m] 以上でなければならないことがわかる。小球の質量は m [kg] である。

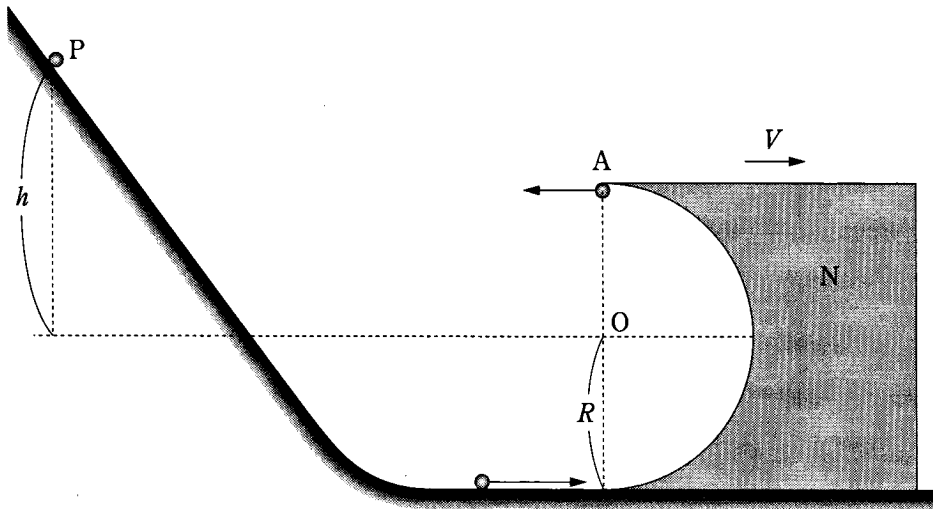


図 2

2 次の文章の の(1)~(9)には適切な数式を入れよ。(i)~(ii)では、数式または文章、あるいは両方で簡潔に答えよ。

図1のように、2つの容器A、Bが、コックCのついた細管で連結され、大気中におかれている。容器の内部にはヒーターがあり、気体に熱を与えることができる。2つの容器と細管、およびコックは断熱材で作られていて、細管の体積は無視できる。容器Bの上部は重さの無視できる断熱性のふたDで閉じられており、そのふたはなめらかに動く。コックCを閉じた状態で、容器AとBにはそれぞれ1 molの理想気体が入れている。ともに温度は T_0 [K]、体積は V_0 [m³]、圧力は p_0 [Pa(=N/m²)]である。ここで、 p_0 は大気圧に等しく一定とする。理想気体の定積モル比熱と定圧モル比熱をそれぞれ C_V [J/mol·K]、 C_p [J/mol·K]、気体定数を R [J/mol·K]とする。このとき $C_p - C_V = R$ の関係が成り立つ。特別な指示がない限り解答には、 T_0 、 V_0 、 p_0 と、 C_V 、 C_p 、 R 、および、問1と問2で与える熱量 Q [J]とを使用せよ。ただし、(i)~(ii)では、使用文字の制限はない。

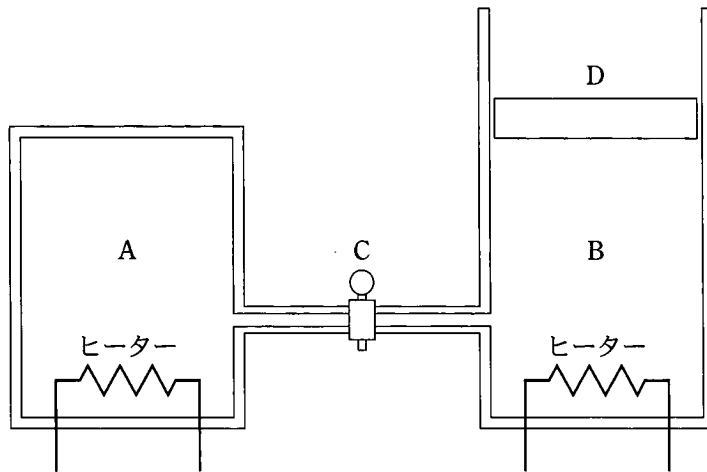


図 1

問 1 コック C を閉じた状態で、ヒーターから A の気体に熱量 Q [J] を与えた。このとき、気体の温度は $T_A =$ [K]、圧力は $p_A =$ [Pa] となり、内部エネルギーは $\Delta U_A =$ [J] だけ増加する。

問 2 同様にコック C を閉じた状態で、ヒーターから B の気体に同じ熱量 Q [J] を与えた。このとき、気体の温度は $T_B =$ [K]、体積は $V_B =$ [m³]、気体が外部にする仕事は $W_B =$ [J] となり、内部エネルギーは $\Delta U_B =$ [J] だけ増加する。

問 3 温度の差 $T_A - T_B$ を計算し、 $T_A > T_B$ であることを解答欄 に示せ。また、なぜそのようになるのか、熱力学の第一法則の観点から簡潔に解答欄 に説明せよ。

問 4 つぎに、コック C を静かに開き、状態 (p_A, V_0, T_A) にある A の気体と状態 (p_0, V_B, T_B) にある B の気体を混合させた。平衡に達したときの気体の温度を T_1 [K]、容器 B の体積を V_1 [m³] とすれば、熱力学の第一法則は 、状態方程式は と書ける。ここでは、 V_1, T_1 、および、 V_B, T_A, T_B も解答に使用できる文字とする。

3 次の文章の の(1)~(12)に適切な数式, または数値を入れよ。また, (i)には適切な文章を入れよ。

図1に示すような3つのスイッチ S_1, S_2, S_3 をもった電気回路について以下の問いに答えよ。ただし, V は起電力 V [V] の電池, R_1 および R_2 は, それぞれ抵抗値 R_1 [Ω] および R_2 [Ω] の抵抗, C_1 および C_2 は, それぞれ電気容量 C_1 [F] および C_2 [F] のコンデンサー, L は自己インダクタンス L [H] のコイルである。最初にすべてのスイッチは開いており, 各コンデンサーは帯電していない。また, 電池とコイルの内部抵抗は無視する。

問 1 スイッチ S_2 と S_3 を開いた状態でスイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じた直後, コンデンサー C_1 の極板間の電圧は (1) [V] であり, 抵抗 R_1 には (2) [A] の電流が流れる。その後じゅうぶんに時間が経過すると, コンデンサー C_1 の極板間の電圧は (3) [V] となり, 抵抗 R_1 には (4) [A] の電流が流れる。このとき, コンデンサー C_1 に蓄えられた電気量は (5) [C] である。

問 2 前問でコンデンサー C_1 に蓄えられた電気量を Q_1 [C] とする。 C_1 にこの電気量が蓄えられた状態で, スイッチ S_1 を開き, その後スイッチ S_2 を閉じた。じゅうぶんに時間が経過した後, コンデンサー C_1 の極板間の電圧は (6) [V] となる。このとき, コンデンサー C_1 には (7) [C] の電気量が残っているから, スイッチ S_2 を閉じた後, コンデンサー C_1 からコンデンサー C_2 に (8) [C] の電気量が移動したことになる。また, コンデンサー C_1 とコンデンサー C_2 に蓄えられた静電エネルギーの和は (9) [J] である。したがって, スイッチ S_2 を閉じたことによって (10) [J] の静電エネルギーが失われたことになる。この静電エネルギーはどこでどのように失われたのかを, 解答欄 (i) に説明せよ。

問 3 前問でコンデンサー C_2 に蓄えられた電気量を Q_2 [C] とする。 C_2 にこの電気量が蓄えられた状態で、スイッチ S_2 を開き、その後スイッチ S_3 を閉じた。このとき、コイル L とコンデンサー C_2 の間で電気振動が起こる。コイルに流れる電流を I [A] とすると、コイルに蓄えられるエネルギーは $\frac{1}{2} LI^2$ [J] である。コイルとコンデンサーに蓄えられる電気的エネルギーの和は一定に保たれるので、コイル L に流れる電流の最大値は $\boxed{\text{(11)}}$ [A] となる。この電気振動の周期は $2\pi\sqrt{LC_2}$ [s] であるから、電流の大きさがはじめて最大となるのは、スイッチ S_3 を閉じてから $\boxed{\text{(12)}}$ [s] 後である。

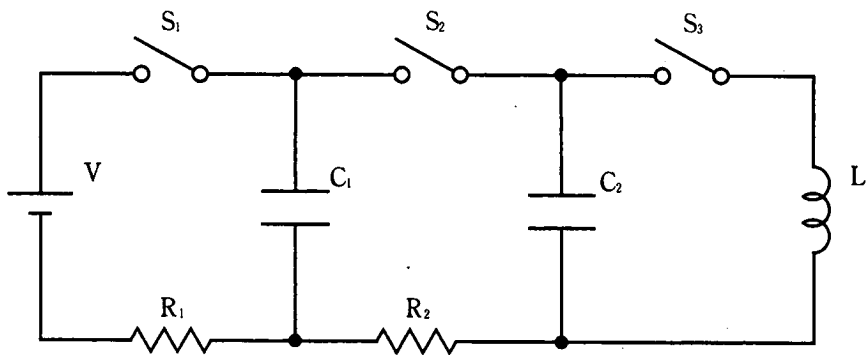


図 1