

平成 19 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

| 出題科目 | ページ | 解答用紙枚数 |
|------|---------|--------|
| 物 理 | 1 ～ 7 | 4 |
| 化 学 | 8 ～ 15 | 5 |
| 生 物 | 16 ～ 29 | 7 |
| 地 学 | 30 ～ 43 | 6 |

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1 図のように滑らかな水平台の上で、ばね定数 k [N/m]、自然長 l_0 [m] で質量の無視できるばねの一端が左側の壁に固定され、他端に質量 m [kg] の板 A が取り付けられている。これを長さ l [m] まで縮め、板の前に質量 M [kg] の物体 B をおいて静かに手を放したとき、板と物体は一体となって動き出した。その後、板 A と物体 B は分離し、物体 B は P 点から水平に投げ出された。以下の問いに答えなさい。ただし、板 A および物体 B の大きさは考えないものとする。(配点 25)

問 1 板 A と物体 B が一体となって動き、ばねの長さが z [m] になったとき、板 A が物体 B を押す力 f [N] を求めなさい。

問 2 板 A と物体 B が離れるときのばねの長さはいくらですか。またその理由を述べなさい。

問 3 板 A と物体 B が離れるときの物体 B の速さ V [m/s] を求めなさい。

問 4 物体 B が離れた後での、板 A をつけたばねの長さの最大値 L [m] を求めなさい。ただし、このとき板は水平台上にあるものとする。

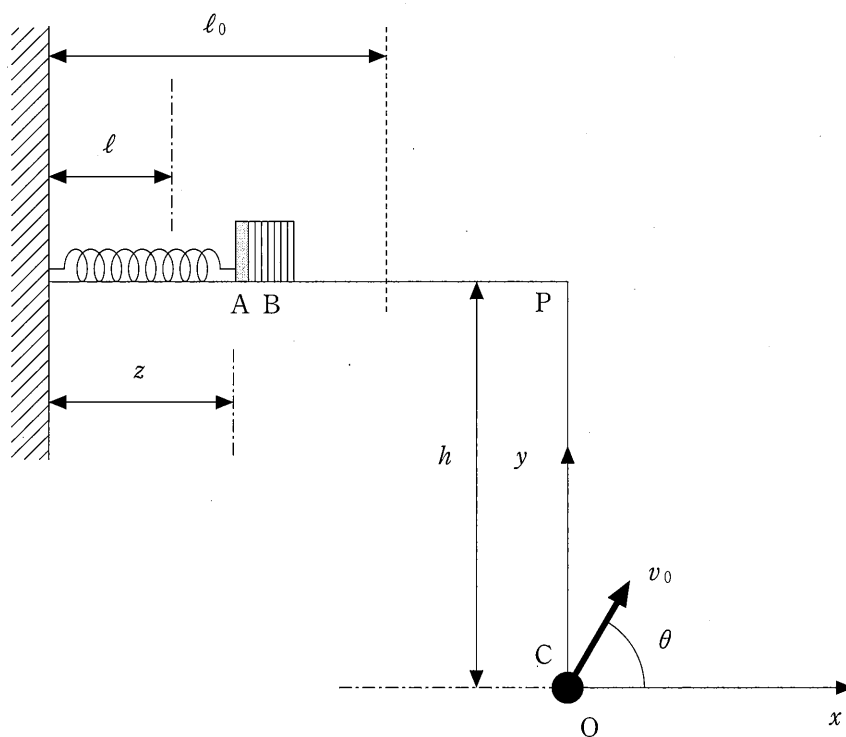
物体 B が速さ V で水平に投げ出される時刻を $t = 0$ とする。同時に図のように点 P の鉛直下方 h [m] の水平な床上の点 O から物体 C を初速 v_0 [m/s]、角度 θ [rad] で投げ上げた。物体 B と物体 C は床に着く前に、時刻 t_1 [s] で衝突した。ただし、点 O を原点とし、水平方向右向きを x 軸、鉛直方向上向きを y 軸として、物体 B と物体 C は xy 平面上で運動するものとする。また、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗および物体 C の大きさは考えないものとする。

問 5 時刻 t での物体 B の位置 (x_B, y_B) と物体 C の位置 (x_C, y_C) を求めなさい。
 ただし、 $0 \leq t \leq t_1$ とする。また、 V はそのまま用いてよい。

問 6 衝突するための V と v_0 および θ の関係を示しなさい。

問 7 t_1 を h , v_0 および θ で表しなさい。

問 8 床に着く前に物体 B と衝突するのに必要な v_0 の条件を、 g と h および V で表しなさい。



2 断熱性の布でできている気球を考える。気球の下部を開き、バーナーで気球内部の空気を熱する。最初、気球は飛ばないように固定してあるものとする。気球内部に空気を入れていないときの気球本体の質量を M [kg]、気球内部に入る空気の体積を V [m³] とする。地表における気圧を P_0 [Pa]、温度を T_0 [K] とし、以下の問いに答えなさい。ただし、空気 1 mol の質量を w [kg]、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。(配点 25)

問 1 地表における空気の密度 ρ_0 [kg/m³] を P_0 , w , R , T_0 を用いて表しなさい。

問 2 気球内部に体積 V の空気が入っている場合、気球にはたらく浮力の大きさ F [N] を P_0 , w , R , T_0 , V , g を用いて表しなさい。

問 3 気球内部の空気の温度を T [K]、密度を ρ [kg/m³] とする。このとき、 ρ_0 , T_0 , ρ , T の関係式を求めなさい。

問 4 気球内部の空気の温度が T のとき、気球内部の空気にはたらく重力の大きさ F_a [N] を P_0 , w , R , T , V , g を用いて表しなさい。

問 5 仮に気球の固定をはずした場合、この気球を浮上させるためには、気球内部の空気の温度 T を T_1 [K] より上げなければならない。温度 T_1 を求めなさい。

問 6 気球内部の空気を加熱し、温度が $T_2 (> T_1)$ [K] になったとき、気球の下部を閉じ、固定をはずした。気球はある高度まで上昇し、静止した。この間、気球内部の空気の体積、および温度は変化しないものとする。気球が静止した高度での外気の温度を T' [K] とし、外気の圧力 P' [Pa] を求めなさい。

3 図1のように、3つの抵抗 $R_1[\Omega]$, $R_2[\Omega]$, $R_3[\Omega]$, 2つのコンデンサー C_1 [F], C_2 [F], 起電力 V [V] の電池, 検流計, 2つのスイッチ S_1 , S_2 が接続された回路がある。最初の状態では、スイッチ S_1 と S_2 は開いており、2つのコンデンサーに電荷はないとする。以下の問いに答えなさい。(配点 25)

問 1 まず、スイッチ S_1 を閉じた。じゅうぶん時間がたった後に、抵抗 R_3 を流れる電流 I [A] を求めなさい。

問 2 スイッチ S_1 を閉じてじゅうぶん時間がたった後に、スイッチ S_2 を閉じたが検流計には電流が流れなかった。このとき、電気容量 C_1 と C_2 にどのような関係式が成り立つか、答えなさい。

以下では、図2のように $R_1 = R[\Omega]$, $R_2 = 2R[\Omega]$, $R_3 = 3R[\Omega]$, $C_1 = C$ [F], $C_2 = 2C$ [F] の場合を考える。スイッチ S_1 を閉じてじゅうぶん時間がたった後に、スイッチ S_2 を閉じた。

問 3 スイッチ S_2 を閉じる直前のコンデンサー C の電圧 V_0 [V] を求めなさい。

問 4 スイッチ S_2 を閉じてしばらくの間、検流計に電流が流れた。この電流の向きは、図2の「FからG」, 「GからF」のどちらですか。理由を述べて答えなさい。

問 5 スイッチ S_2 を閉じてじゅうぶん時間がたった後の、コンデンサー C の電圧 V_1 [V] とコンデンサー $2C$ の電圧 V_2 [V] を V で表しなさい。

問 6 スイッチ S_2 を閉じてじゅうぶん時間がたった後に、図2の極板 A と極板 B に蓄えられている電荷 Q_A [C] と Q_B [C] を C と V で表しなさい。

次に、スイッチ S_2 を開き、続いてスイッチ S_1 を開いた。

問 7 スイッチ S_1 を開いてからじゅうぶん時間がたった後に、コンデンサー C と $2C$ それぞれに蓄えられている電荷 $Q_1[C]$ 、 $Q_2[C]$ を C と V で表しなさい。

問 8 スイッチ S_1 を開いてからじゅうぶん時間がたつまでの間に、抵抗 R と $2R$ に発生するジュール熱の総量 $W[J]$ を C と V で表しなさい。

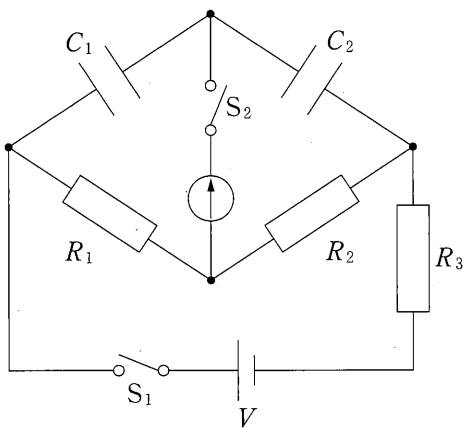


図 1

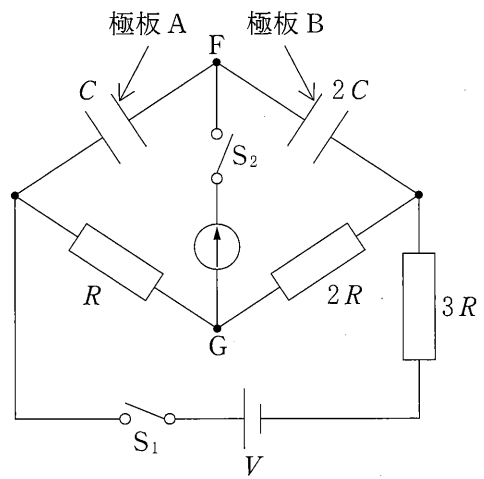


図 2

- 4 図1は水面波の実験用水槽を真上から見たときの図である。水槽は大きな長方形の形状をしており、図中のAA'に沿って段差がついてある。水面が静止しているとき、段差の左側の部分Iの水深を h_1 [m]、右側の部分IIの水深を h_2 [m]とする。ただし、 h_1 、 h_2 は一定とする。水槽の左端OO'には水面波発生装置が取り付けられてあり、水槽の周辺部からは波の反射が起こらないような工夫がされている。以下の問いに答えなさい。(配点25)

問1 以下の文章中の空欄の ~ に適切な語句または式を記入しなさい。

水面波発生装置で発生した平面波の波長 λ [m]、速さ v [m/s]、振動数 f [Hz]の間には なる関係がある。I、IIの境界AA'に対してIの部分から角度 θ_1 で入射した平面波は、IIの部分では角度 θ_2 の方向に伝わった。この現象を波の といい、 の原理によって説明できる。I、IIでの平面波の伝わる速さをそれぞれ v_1 [m/s]、 v_2 [m/s]とすると、 v_1 、 v_2 、 θ_1 、 θ_2 の間には なる関係式が成り立つ。平面波の波長を色々に変えながらその速さを測定したところ、波長が水深に比べて十分長いとき、速さは波長によらずほぼ一定であることがわかった。この実験結果から、水の表面を伝わる平面波の速さ v [m/s]は、波長が水深に比べて十分長いとき、水深 h [m]と重力加速度の大きさ g [m/s²]のみに依存すると推定した。

問2 力学的な物理量は、質量[M]、長さ[L]、時間[T]の組み合わせで表現できる。例えば、速さは[L T⁻¹]である。このとき速さは長さについて1次、時間について-1次の次元をもつという。問1のアンダーラインを引いた箇所を式で $v = cg^a h^b$ のように表した。ここで a 、 b 、 c は無次元の定数である。

- (1) 物理量の間関係式では両辺のM、L、Tに関する次元が等しい。このことを使って a 、 b を求めなさい。
- (2) $h_1 = 0.3$ m、 $\theta_1 = 45^\circ$ 、 $\theta_2 = 30^\circ$ のとき、 h_2 の値を求めなさい。
- (3) 上の(2)において、IIの部分を伝わる平面波の波長は、Iの部分を伝わる平面波の波長に比べて、長くなる、短くなる、変わらないのいずれですか。理由をつけて答えなさい。

問 3 図 2 には遠浅のまっすぐな海岸線に向かって沖から斜めに進む平面波の波面のひとつが示してある。海岸近くの海の等深線(深さの等しい点を連ねてできる線)は海岸線に平行であるとする。波が海岸に近づくとつれてその波面はどのように伝わりますか。理由をつけて簡潔に答えなさい。

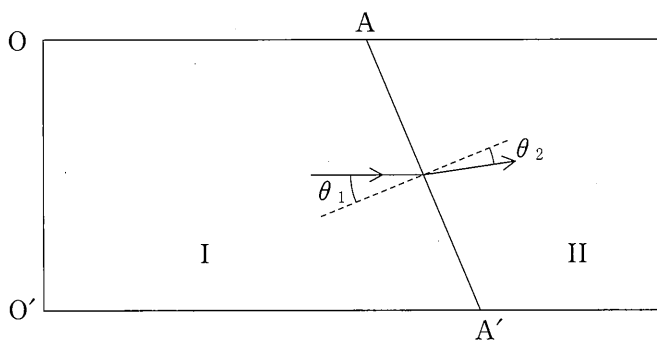


図 1

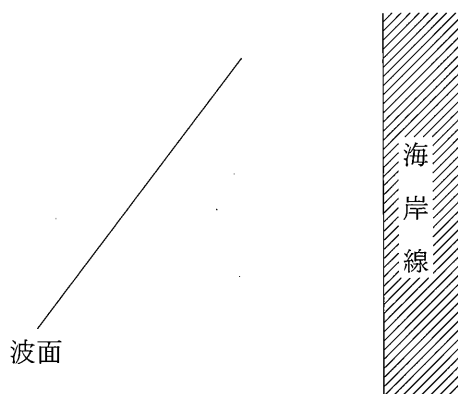


図 2