

2021年度
一般前期入学試験
理 科

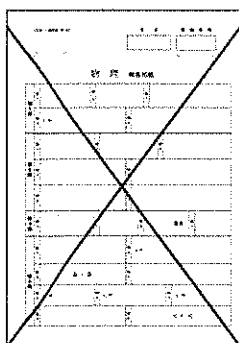
科目選択について			問題ページ
右記①～③のうち 2つを選択	①	物理	1～5
	②	化学	7～12
	③	生物	13～25

注意：答えはすべてそれぞれの解答用紙に記入しなさい。

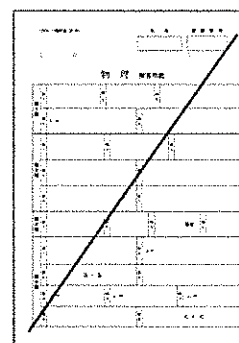
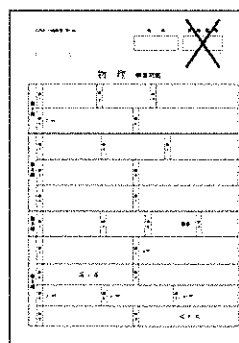
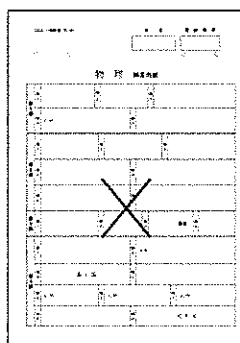
非選択科目の解答用紙への記入について（注意事項）

- ・試験開始 30 分後に、非選択科目の解答用紙を回収します。
- ・非選択科目の解答用紙にも氏名、受験番号を記入し、解答用紙全体に隅から隅まで大きく『X(バツ)』を記入して下さい。

良い書き方



良くない書き方



物 理 (その1)

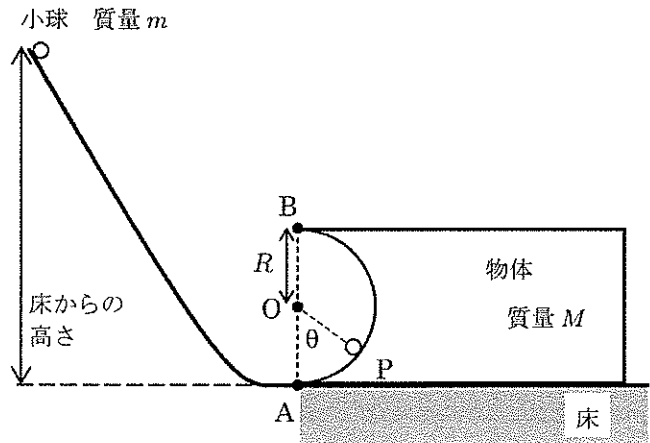
第1問

図のように、物体が水平な床の上に置かれている。この物体は左側の側面が半径 R の半円筒面になっている。図中の点 O はこの側面の断面の半円（半径 R ）の中心であり、直径 AB は鉛直方向に一致する。物体の左側には床となめらかにつながった斜面がある。

以下の問いにおいて、斜面上に小球（質点）を置いて静かに手をはなす場合を考える。

小球と斜面、小球と床、小球と物体の左側面

の間には摩擦はないものとする。また、小球が物体の端点 A を通過するとき、抵抗を受けることなくなめらかに通過するものとする。そして、物体と床との間にのみ摩擦があり、その静止摩擦係数を μ とする。



小球が物体の端点 A を通過した後の任意の瞬間における小球の位置を点 P とし、半円の中心 O に対して角 $AOP = \theta$ とする。物体の質量を M 、小球の質量を m 、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。

[A] 小球をはなす位置の床からの高さを $n_1 R$ (R の n_1 倍) としたとき、小球が物体の左側面を上がっている間、物体から離れることなく点 B を通過した。この間、物体は床に対して静止したままだった。いま、角 $AOP = \theta$ の位置での、小球の速さを v 、小球が受ける垂直抗力の大きさを N とするとき、

問1 v と N を m 、 n_1 、 R 、 θ 、 g の中から必要な記号を用いて表せ。

問2 n_1 の最小値を求めよ。

物 理 (その2)

[B] 小球をはなす位置の床からの高さを n_2R (R の n_2 倍) にしたとき、 $\theta = 120^\circ$ の位置で小球が物体の側面から離れた。この間、物体は床に対して静止したままだった。

問3 n_2 を求めよ。

問4 小球が物体の側面から離れた瞬間の、小球の速さを R 、 g を用いて表せ。

問5 小球が物体から離れた後、線分 AB 上に達する瞬間における小球の床からの高さを求めよ。

[C] つぎに、小球をはなす位置の高さを R の 10 倍にしたら、小球が $\theta = 60^\circ$ の位置まで物体の側面を上がった瞬間に物体が床の上をすべり始めた。

物体が床の上をすべり出す前、小球が $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の位置にあるとき、物体が小球から受ける垂直抗力の大きさを N_1 、物体が床から受ける垂直抗力の大きさを N_2 、静止摩擦力の大きさを f とする。

問6 水平方向および鉛直方向の各々に対して、物体に働く力のつり合いの式を、 N_1 、 N_2 、 f 、 M 、 g 、 θ の中から必要な記号を用いて表せ。

問7 $M/m = 50$ として、物体と床との間の静止摩擦係数 μ の値を求め、有効数字 2 桁で答えよ。

物 理 (その3)

第2問

地上から高さ z での大気の圧力が、 z の関数として、 $P(z) = P_0 e^{-\frac{z}{H}}$ (ここで、 H は定数、 e は自然対数の底) で与えられ、この大気の絶対温度 T_0 が高さによらず一定であるとする。このような大気の中で、風船にゴンドラを取り付けた気球を用意し、風船の中に大気より軽い理想気体 (これ以降、「ガス」と呼ぶ) を入れて地上から浮き上がらせることを考える。風船は断熱材でできており、この断熱材は十分に薄く、風船の体積とガスの体積とは等しいとする。そして、風船の体積は大気とガスの圧力が常に等しくなるように変化するものとする。ガスが入っていない状態の風船とゴンドラの質量の合計を M 、大気の実モル質量 (1 mol あたりの質量) を m_0 、ガスの実モル質量 (1 mol あたりの質量) を m ($m < m_0$)、ガスの定積モル比熱を C_v 、気体定数を R 、重力加速度の大きさを g とする。気球の鉛直方向の長さは十分に小さく、風船内のガスの圧力は一様であるとみなしてよい。また、ゴンドラの体積は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

まず、気球を地上 ($z = 0$) に固定し、風船に絶対温度 T ($T < T_0$)、物質質量 (モル数) n のガスを入れた。その後、風船のガスの絶対温度が大気と同じ絶対温度になるまでガスに熱を加えた。風船は断熱材でできているので、この時に加えた熱以外の熱の出入りはないものとする。

問1 気球内のガスの絶対温度を T から T_0 にするために加えた熱量を求めよ。

問2 地上 ($z = 0$) で熱を加えた後のガスの体積を求めよ。

問3 地上 ($z = 0$) での大気の密度を求めよ。

問4 気球が浮き上がるために必要な物質質量 (モル数) n はいくらより大きいか。

つぎに、ガスの絶対温度を T_0 にした後、気球の固定を外すと、気球はその速度に比例する抵抗 (比例定数を k ($k > 0$) とする) を受けながらゆっくり上昇した。

断熱変化では (圧力) \times (体積) $^\gamma =$ (一定) という関係がある。ここで、 γ は比熱比である。

問5 高さ z での大気の密度を求めよ。

問6 気球が高さ z にあるとき、ガスの体積とガスの絶対温度を各々求めよ。

問7 気球が高さ z にあるとき、気球の加速度を a 、速度を v とし、気球の運動方程式をかけ。

十分に時間経過した後、気球はある高さで静止した。

問8 気球が静止する高さとその時のガスの絶対温度を求めよ。

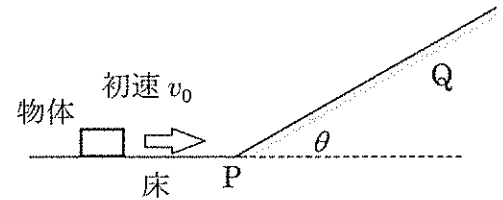
物 理 (その4)

第3問

水平な床と傾斜角 θ の斜面が点 P でなめらかにつながっている。傾斜角 θ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲で変えることが出来るとする。床はなめらかで、斜面には摩擦があり、物体と斜面の間の動摩擦係数を μ' 、静摩擦係数を μ とする。重力加速度の大きさを g とし以下の問いに答えよ。

質量 m の物体を水平面上で斜面に向けて初速度 v_0 を与えて運動させる (図)。

斜面の傾斜角を θ_0 にしたとき、物体が斜面を上がって斜面上の点 Q で止まった。



問1 距離 PQ を求めよ。

斜面の傾斜角を θ_1 にしたとき、同様に物体に初速度 v_0 を与えたところ、物体が斜面のある位置まで上がってから下り始め、床まで戻ってきた。

問2 物体が床 (点 P) まで戻ってきた時点での物体の速さを求めよ。

問3 上記の問題を考えていたある生徒が、

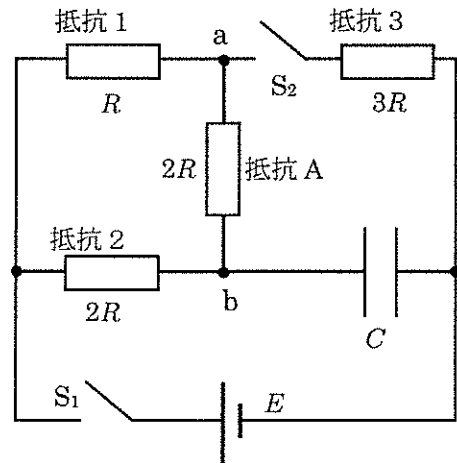
「この問題では物体と斜面の間に摩擦があるので、物体は斜面を下りて来る間に減速する可能性がある。だから、点 P に戻ってくる前に斜面の途中で止まる場合もあるはずだ。」と考えた。この様な場合があり得るかどうかについて、その根拠と共に説明せよ。

物 理 (その5)

第4問

抵抗1、抵抗2、抵抗3、抵抗A、起電力 E の直流電源、電気容量 C のコンデンサー、およびスイッチ S_1 、 S_2 からなる、右図のような回路がある。

最初、コンデンサーには電荷は蓄えられていないものとする。抵抗1の抵抗値を R 、抵抗2の抵抗値を $2R$ 、抵抗3の抵抗値を $3R$ 、抵抗Aの抵抗値を $2R$ として以下の問いに答えよ。



まず、スイッチ S_2 を開いたまま、スイッチ S_1 だけ閉じる。

問1 スイッチ S_1 を閉じた直後に、抵抗Aに流れる電流の大きさを求めよ。また、この電流の向きを答えよ ($a \rightarrow b$ または $b \rightarrow a$ というように向きを記号でかけ)。

続いて、十分に時間が経過した後、一旦、スイッチ S_1 を開いてから、スイッチ S_2 を閉じる。

問2 スイッチ S_2 を閉じた直後に、抵抗Aに流れる電流の大きさを求めよ。また、この電流の向きを答えよ ($a \rightarrow b$ または $b \rightarrow a$ というように向きを記号でかけ)。

さらに、スイッチ S_2 を閉じて十分に時間経過した後、再びスイッチ S_1 を閉じる。このとき、スイッチ S_1 を閉じた時刻を $t=0$ とする。

問3 スイッチ S_1 を閉じ十分に時間が経過した後、抵抗Aに流れる電流の大きさを求めよ。また、この電流の向きを答えよ ($a \rightarrow b$ または $b \rightarrow a$ というように向きを記号でかけ)。

問4 時刻 $t=0$ 以降のある時刻において、コンデンサーに蓄えられている電気量の大きさを Q とする。このとき、 $a \rightarrow b$ の向きを正の向きとして抵抗Aに流れる電流を C 、 E 、 R 、 Q を用いて表せ。ただし、図中左側の電極に正の電荷が蓄えられているとせよ。

問5 抵抗Aに電流が流れなくなる瞬間に、コンデンサーに蓄えられている電気量の大きさを求めよ。

問6 スイッチ S_1 を閉じ十分に時間が経過した後、コンデンサーに蓄えられる電気量の大きさを求めよ。

問7 横軸をコンデンサーに蓄えられている電気量の大きさ Q 、縦軸を抵抗Aに流れる電流とし、 $a \rightarrow b$ の向きを電流の正の向きとして、時刻 $t=0$ 以降の抵抗Aに流れる電流のグラフを描け。