

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 17 ページ

化 学 18 ページ～ 32 ページ

生 物 33 ページ～ 47 ページ

地 学 48 ページ～ 59 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

物 理

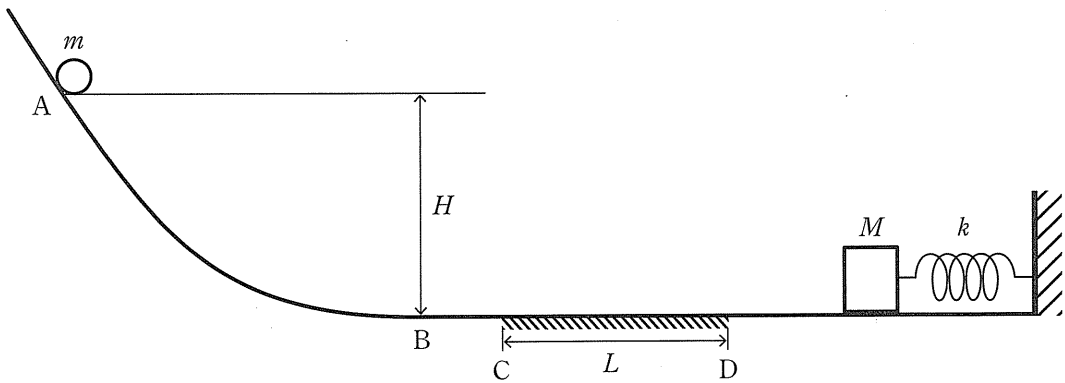
注意 1. 志望学部・学科等により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
教育学部 志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
理学部 数学・情報数理学科，化学科，生物学科，地球科学科志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
理学部 物理学科	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
工学部 総合工学科(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
工学部 総合工学科(都市環境システムコース，デザインコース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
医学部 志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
看護学部 志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理学関連分野	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(都市環境システムコース，デザインコース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)志望者，および化学関連分野，生物学関連分野志望者のうち物理を選択する者	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6

2. 解答は，すべて解答用紙の所定の欄に，指定された方法で記入しなさい。
3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

1 図のように、斜面と水平面があり、水平面の右側には、ばね定数 k の軽いばねが壁に取り付けられ、その先端に質量 M の物体が取り付けられている。斜面と水平面は点 B でなめらかに連結されていて、 CD 間(距離 L) 以外では摩擦は無視できるものとする。

いま、質量 m の小球を斜面上の点 A (水平面からの高さ H) で静かに放し、斜面をすべらせると、小球は CD 間を通りぬけ物体に衝突した。水平右向きを速度の正の向きとして、以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、 CD 間の水平面と小球との間の動摩擦係数を μ とする。



図

以下の問1～3については、 m , H , L , μ , g のうち必要な記号を用いて答えなさい。

問1 点 B における小球の速度 v_0 を求めなさい。

問2 CD 間で摩擦力が小球にする仕事の大きさ W を求めなさい。

問3 点 D における小球の速度 v_1 を求めなさい。

問4～7については、 m 、 M 、 k 、 g 、 v_1 のうち必要な記号を用いて答えなさい。ただし $m < M$ とし、衝突前、物体は静止しており、ばねは自然長の状態にあった。

まず、小球と物体が弾性衝突する場合を考える。

問4 衝突直後の物体の速度 V_1 と小球の速度 v_2 および小球の運動の向きを答えなさい。

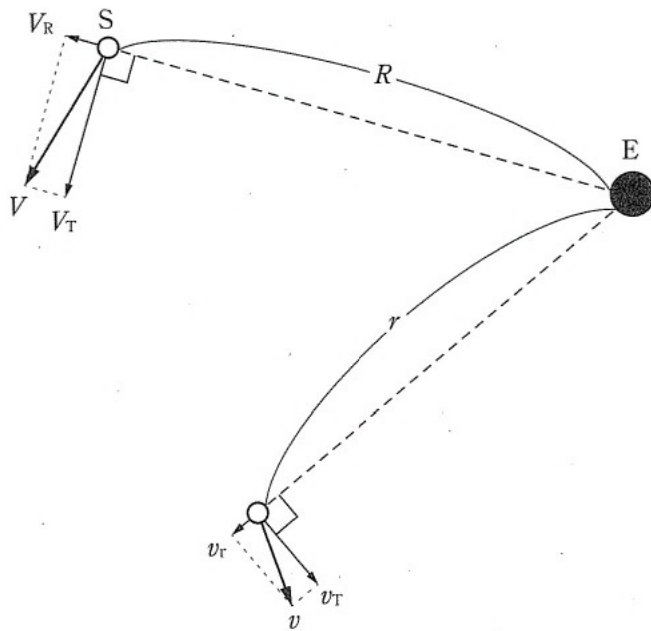
問5 衝突後のばねの縮みの最大値 d を求めなさい。

次に、物体の表面には粘着テープがついていて小球と物体が衝突した後は一体となって運動する場合を考える。

問6 衝突直後の物体の速度 V_2 を求めなさい。

問7 衝突後、小球と物体は一体となったまま単振動した。このときの振幅 S と周期 T を求めなさい。

- 2 地球Eのまわりを周回する質量 m の人工衛星Sがある。図のように、ある時刻 t_0 のときに人工衛星Sは地球Eから距離 R の位置を速度 \vec{V} (速さ V) で飛行していた。地球Eの質量を M 、万有引力定数を G とする。地球Eと人工衛星Sの大きさおよび空気抵抗は無視でき、地球Eは静止し続けているものとして、以下の問いに答えなさい。ただし、無限遠を位置エネルギーの基準にとるものとし、人工衛星Sは紙面内を運動するものとする。



図

- 問 1 図のように、速度 \vec{V} を地球Eと人工衛星Sを結ぶ直線に平行な成分 V_R と、その直線に垂直な成分 V_T に分ける。 V_R の絶対値を V 、 V_T を用いて表しなさい。
- 問 2 このときの人工衛星Sの力学的エネルギーを R 、 V 、 G 、 m 、 M を用いて表しなさい。
- 問 3 このときの人工衛星Sの面積速度を R 、 V_R 、 V_T 、 m のうち必要な記号を用いて表しなさい。面積速度とは人工衛星Sと地球Eを結ぶ線分が単位時間に描く面積である。

人工衛星 S はその後、飛行を続けた。図のように地球 E からの距離が r の位置にあるときの速度を \vec{v} (速さ v) とする。問 1 と同様に、地球 E と人工衛星 S を結ぶ直線に平行な成分を v_r 、その直線に垂直な成分を v_T とする。

問 4 v_T を R 、 r 、 V_T を用いて表しなさい。

問 5 このときの人工衛星 S の力学的エネルギーを r 、 v_r 、 v_T 、 G 、 m 、 M を用いて表しなさい。

問 6 人工衛星 S が地球 E のまわりを楕円軌道で周回するとき、軌道上で $v_r = 0$ となるような地点が何か所必要か答えなさい。

問 7 人工衛星 S が無限遠方に飛び去らないためには、 V はある値 V_0 より小さくなければならない。 V_0 を R 、 G 、 M 、 m のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 8 V が V_0 より小さいとき、地球 E を周回する人工衛星 S の軌道上から地球 E までの距離の最小値と最大値を R 、 V_R 、 V_T 、 G 、 M 、 m のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

問 9 人工衛星 S が地球 E のまわりを円運動で周回するとき、 V_R 、 V_T を R 、 G 、 M 、 m のうち必要な記号もしくは数値を用いて表しなさい。

問 10 V が V_0 より大きいとき、人工衛星 S が時刻 t_0 で地球 E にもっとも近づくために必要な V_R の絶対値を R 、 G 、 M 、 m のうち必要な記号もしくは数値を用いて表しなさい。

- 3 図1のように、紙面に垂直上向きの一様な磁束密度 B の磁場(磁界)中に2本の導体レール ab , dc を一定の間隔 ℓ で水平に設置する。2本のレールの右端 bc 間には起電力 E の電池と抵抗 R が接続されている。このレールの上に質量 m の導体棒を垂直におき、その交点を e , f とする。この導体棒は、レールと垂直の向きを保ちながらなめらかにすべり動くことができる。レールは十分に長く、導体棒がレールの端に到達することは考えなくてよいものとする。また、レールと導体棒の電気抵抗、レールを流れる電流が作る磁場は無視できるものとする。 eb 間を流れる電流を I_1 とし、その向きは e から b を正とする。以下の問いに答えなさい。

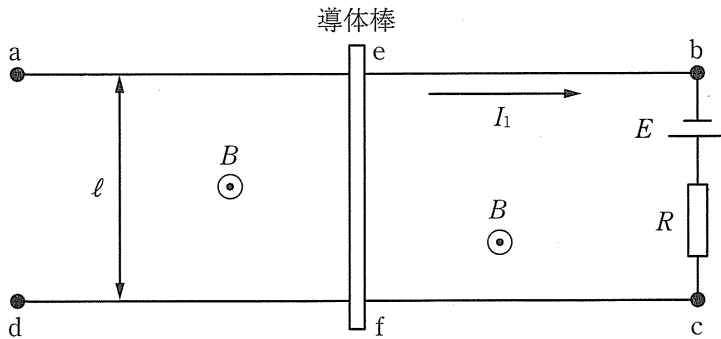


図1

まず、導体棒が固定されている場合について考える。

- 問1 電流 I_1 を E , R , ℓ , m , B のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- 問2 導体棒が磁場から受ける力の大きさを I_1 , ℓ , m , B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

次に、導体棒を静かに放すと、導体棒は動き始めた。e から b の向きの導体棒の速度を v とする。

問 3 e と f の間の電位差を v , E , R , ℓ , m , B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 4 電流 I_1 を v , E , R , ℓ , m , B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

図 2 に示すように、図 1 のレールの左端 ad 間に電気容量 C のコンデンサーとスイッチを接続する。スイッチが開いている状態で、このレール上に導体棒を垂直におき、その交点を e, f とし固定する。この状態でコンデンサーに電荷が蓄えられていないものとする。スイッチを閉じると同時に導体棒を静かに放すと、導体棒は動き始めた。e から b の向きの導体棒の速度を v 、加速度を A とする。eb 間に流れる電流 I_1 および ae 間に流れる電流 I_2 の向きは a から b を正とする。

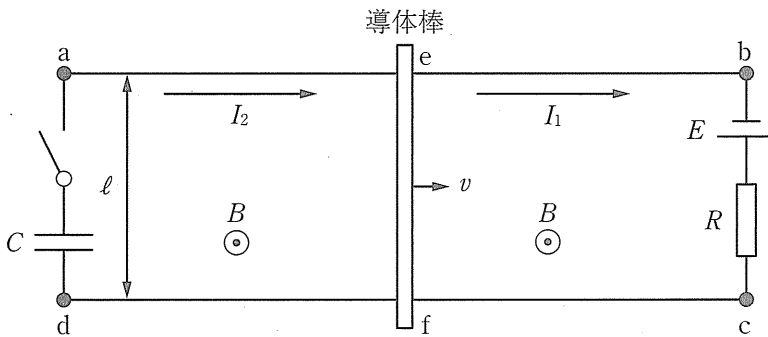


図 2

問 5 コンデンサーに蓄えられる電気量 Q を v , C , E , R , ℓ , m , B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 6 微小な時間 Δt の間に、コンデンサーに蓄えられている電気量 Q と導体棒の速度 v が、それぞれ ΔQ と Δv だけ変化したときに、電流 I_2 は $I_2 = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ 、導体棒の加速度 A は $A = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ と表すことができる。電流 I_2 を A, C, E, R, ℓ, m, B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 7 導体棒の運動方程式を I_1, I_2, ℓ, m, B, A のうち必要な記号を用いて表しなさい。

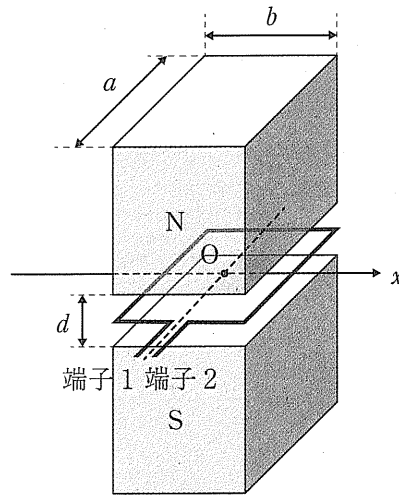
問 8 加速度 A を v, C, E, R, ℓ, m, B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 9 導体棒の速度 v は、十分な時間が経つと一定になった。このときの速度を C, E, R, ℓ, m, B のうち必要な記号を用いて表しなさい。

4 発電機の原理について考えてみよう。2辺の長さがそれぞれ a , b の磁石を図のように N 極と S 極の間隔が d となるように配置する。磁石が作る磁束密度の大きさ B は磁極間で一定であり、磁極間の外に磁束はもれないものとする。

磁極間に磁石と同じく 2 辺の長さがそれぞれ a , b の 1 回巻きの長方形コイルを、面が磁場(磁界)の向きに垂直になるように設置する。このコイルを動かすとコイルに誘導起電力が発生する。コイルには、端子 1 と端子 2 が取り付けられていて、発電した電力を外部に取り出すことができる。なお、端子 1 と端子 2 の距離は十分小さいものとする。

図のように辺 b に平行に x 軸をとり、磁石の中心の位置を原点 O とする。また、コイルの中心の位置の x 座標を x とする。コイルを x 軸に沿って正の向きに一定の速さ v で動かすときについて考える。このコイルの抵抗を r とし、自己インダクタンスの影響は無視できるものとして以下の問いに答えなさい。ただし、解答に用いる物理量を表す記号は、問題文中に与えられているもののみを用いること。



図

問 1 コイルを貫く磁束 Φ およびコイルに発生する誘導起電力 V を x の関数としてそれぞれ解答用紙のグラフに描きなさい。誘導起電力 V は、端子 2 を基準にした端子 1 の電圧とする。また、 x の範囲は $-b \leq x \leq b$ とし、 Φ と V の最大値および最小値、それらに対応する x の値をグラフにかきなさい。

問 2 端子 1 と端子 2 をつないでコイルを左から右に動かすとコイルに電流が流れ、コイルは x 軸に沿って力を受ける。コイルの位置が $-b < x < 0$ と $0 < x < b$ の場合について力を求めなさい。力の正の向きは x 軸の正方向とする。

問 3 コイルを $x = -b$ から $x = b$ まで動かすとき、コイルを動かすために加えた外力がする仕事を求めなさい。

問 4 次に端子 1 と端子 2 の間に抵抗値 R の外部抵抗をつなぐ。コイルを $x = -b$ から $x = b$ まで動かすとき、外部抵抗で発生するジュール熱を求めなさい。

この発電機の性能を向上させるため、以下の(ア)~(ウ)に示す 3 種類の改良を比較してみよう。

- (ア) コイルの巻き数を n 倍にする。
- (イ) コイルを動かす速度 v を n 倍にする。
- (ウ) 取りつける外部抵抗の抵抗値 R を n 倍にする。

これらの場合について、以下の問いに答えなさい。ただし、 $n > 1$, $R > r$ とする。

問 5 (ア)~(ウ)のそれぞれの場合について、端子 1 と端子 2 との間に発生する電圧が、問 4 の場合に比べて何倍になるか求めなさい。また、得られる電圧の大きい順に(ア)~(ウ)の記号を並べなさい。

問 6 コイルを動かすために外力がした仕事のうち、一部はコイルの内部抵抗で消費されて外部に取り出すことはできない。コイルにした仕事に対して、外部に取り出すことのできる仕事(すなわち、外部抵抗で発生したジュール熱)の割合を効率という。(ア)~(ウ)の場合において、効率は問 4 の場合に比べてそれぞれ何倍になるか求めなさい。また、効率の高い順に(ア)~(ウ)の記号を並べなさい。

5 図1, 2のように, 複スリットを用いて干渉縞を観測する。波長 λ の単色光を単スリット S_0 に当てて回折させ, その回折光を2本のスリット S_1, S_2 を通してスクリーンに当てる。 S_1 と S_2 の間隔は d である。 S_1 と S_2 の中点を原点 O とし, 紙面の右向きを x 軸, 上向きを y 軸にとる。スリット S_0 の座標を $(-\ell, 0)$ とする($\ell > 0$)。ただし, ℓ は d に比べて十分大きいものとし, 必要があれば $|t|$ の値が1に比べて十分小さいときに成り立つ近似式 $\sqrt{1+t} \doteq 1 + \frac{1}{2}t$, $\sin t \doteq \tan t \doteq t$ を用いてよい。また, 空気の屈折率を1とする。以下の問いに答えなさい。ただし, 解答に用いる物理量を表す記号は, 問題文中に与えられているもののみを用いること。

まず, 図1のように x 座標が $L (> 0)$ の位置に平面スクリーンを x 軸に垂直に置く。 L は d に比べて十分大きいものとする。

問1 点 $(L, 0)$ にできる線は明線となる。この理由を10字程度で答えなさい。

問2 点 $(L, 0)$ 付近(y 座標が L に比べて十分小さい範囲)にできる明線の間隔を求めなさい。

問3 $\ell = 5.0$ cm, $L = 10.0$ m, $d = 1.0$ mm, $\lambda = 4.0 \times 10^{-7}$ m のとき, 問2で求めた明線の間隔を単位を含めて求めなさい。

問4 スリット S_0 を点 $\left(-\ell, \frac{1}{2}d\right)$ まで移動させた。このとき, 点 $(L, 0)$ にあった明線は点 (L, y_1) へ移動した。 y_1 を求めなさい。

問 5 スリット S_0 を元の点 $(-\ell, 0)$ に戻し, S_1 に厚さ δ , 屈折率 $n(>1)$ の薄膜を装着した。このとき, 点 $(L, 0)$ にあった明線は点 $(L, -y_2)$ へ移動したように見えた。ここで, y_2 が正であり, 問 2 で求めた明線の間隔よりも小さいとき, 条件を満たす最小の薄膜の厚さを求めなさい。ただし, y_2 は L に比べて十分小さいものとする。

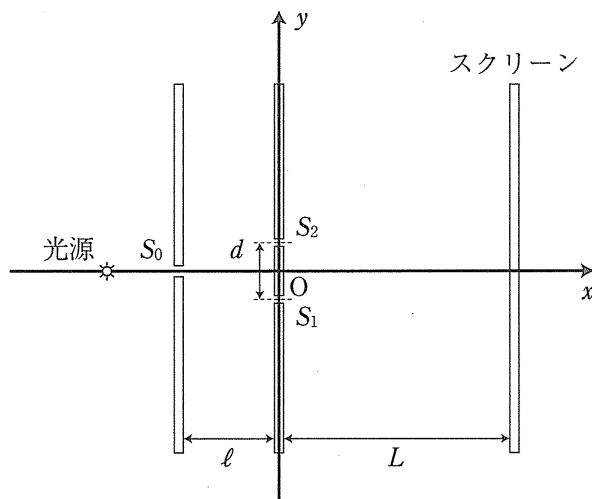


図 1

次に、薄膜を取り外し、図2のように半径 R の半円筒スクリーンを円の中心が原点となるように置く。 R は d に比べて十分大きいものとする。

問 6 スクリーン上の点 P の y 座標を y とする。スリット S_1, S_2 から点 P までの光の経路差(光路差)を求めなさい。ただし、 y は R に比べて十分小さいとは限らない。

問 7 $\ell = 5.0 \text{ cm}$, $R = 10.0 \text{ m}$, $d = 1.0 \text{ mm}$, $\lambda = 4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ のとき、スクリーン上の y 座標が $-\frac{1}{200}R \leq y \leq \frac{1}{200}R$ の範囲に、明線が何本あるか求めなさい。

問 8 図1のようにスクリーンを平面スクリーンに戻し、点 (L, y) 付近の隣り合う明線の間隔を考える。ここで、 y が $y > d$ であり L に比べて十分小さいとは限らないとき、スリット S_2 からの光の点 (L, y) への入射角は、点 $(L, 0)$ への入射角に比べてどうなるか、以下の(ア)~(ウ)から選んで記号で答えなさい。また、点 (L, y) 付近の隣り合う明線の間隔は点 $(L, 0)$ 付近と比べてどうなるか、以下の(ア)~(ウ)から選んで記号で答えなさい。

(ア) 大きくなる (イ) 変わらない (ウ) 小さくなる

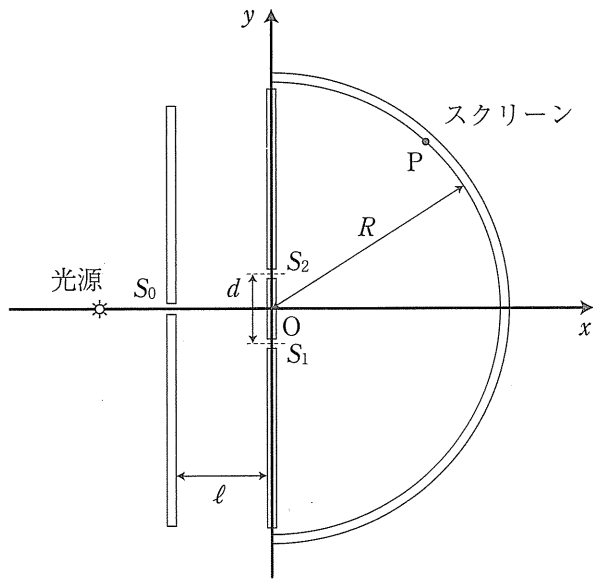
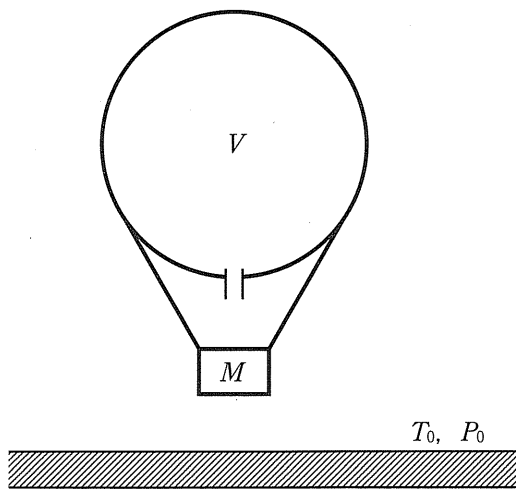


図 2

- 6 図のような熱気球がある。風船部分の体積を V ，全体の質量を M とする（風船内の空気の質量は含まない）。風船内の温度は大気の温度とは無関係に自由に制御できる一方，風船部分には空気の入出口があり，風船内の圧力は常に大気と同じ値に維持される。風船内部の空気を加熱すると，大気と比べて密度が低くなるため，熱気球は浮力を得る。地表付近の大気は，絶対温度 T_0 ，圧力 P_0 であった。気体定数を R ，空気の実質量（1モル当たりの質量）を m ，重力加速度の大きさを g とする。以下では，風船部分の体積 V は一定であり，風船部分以外からの浮力は無視できるものとする。また，気球の高さは十分小さく，風船内の空気の圧力は一様であるとみなしてよい。空気は理想気体として取り扱うことができるものとして，以下の問いに答えなさい。



図

はじめ，風船内の空気は大気と同じ温度であり，熱気球は浮上しておらず，地面に接していた。

問 1 風船内の空気の質量を T_0 ， P_0 ， m ， R ， V を用いて表しなさい。

問 2 地表付近の大気の密度 ρ_0 を T_0 ， P_0 ， m ， R を用いて表しなさい。

問 3 風船内の空気の温度をゆっくりと上げていくと、ある温度で熱気球が地面から離れた。このときの風船内の空気の密度 ρ_1 を ρ_0 , V , M を用いて表しなさい。また、このときの風船内の空気の温度 T_1 を ρ_0 , ρ_1 , T_0 を用いて表しなさい。

問 4 風船内の空気の温度をどれほど上げることができたとしても、熱気球の質量が大きすぎれば浮上しない。すなわち、熱気球が浮上することができるとき、その質量 M はある値 M_0 より小さくならなくてはならない。 M_0 を ρ_0 , V , g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 5 $T_0 = 300 \text{ K}$, $P_0 = 1000 \text{ hPa}$, $V = 2000 \text{ m}^3$ のとき、 M_0 を計算しなさい。必要なら $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $m = 29 \text{ g/mol}$, $R = 8.3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ を用いてよい。有効数字 1 けたまで求め、解答には単位も付すこと。

次に、浮上し始める温度 T_1 が $\frac{6}{5}T_0$ となるように熱気球の質量 M を調整した。

問 6 このときの熱気球の質量 M を T_0, P_0, m, R, V のうち必要なものを用いて表しなさい。

その後、風船内の空気の温度を T_1 よりわずかに上げ、熱気球が浮上した後すぐに空気の温度を T_1 に戻した。すると、熱気球は地表から $h(>0)$ の高さまで上昇し、静止した。大気の圧力と温度は高所では減少することが知られている。地表付近では、地表からの高さ x の関数として大気の圧力 $P(x)$ と温度 $T(x)$ を以下のように定数 α および β を用いて近似的に表すことができる。

$$P(x) = P_0 \left(1 - \frac{\alpha x}{T_0}\right),$$
$$T(x) = T_0 - \beta x$$

上式が常に成り立つものとして以下の問いに答えなさい。

問 7 高さ x での大気の密度を $T_0, P_0, m, R, g, \alpha, \beta, x$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 8 高さ h を T_0, α, β を用いて表しなさい。

問 9 $\alpha = 0.0341 \text{ K/m}$, $\beta = 0.00649 \text{ K/m}$ を用いて、 $T_0 = 300 \text{ K}$ のときの h を計算しなさい。有効数字 2 けたまで求め、解答には単位も付すこと。