

平成25年度一般入学試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より2科目選択)

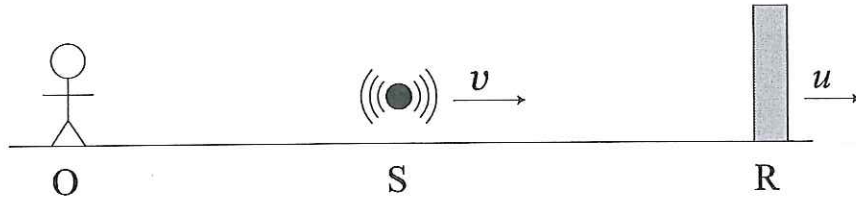
【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
2. 試験開始の合図があれば, 受験番号を問題用紙(この冊子)の表紙にはっきりと記入しなさい。
3. 物理, 化学, 生物の答案用紙(この冊子に挟み込まれている)の(1)にある受験番号欄すべてに受験番号をはっきりと記入しなさい。また, 選択する科目の答案用紙の選択欄に○印をはっきりと記入しなさい。選択しない科目の答案用紙には, 受験番号の他に何も記入してはいけない。
4. 問題用紙には, 物理計4問, 化学計3問, 生物計8問の問題が, それぞれ物1~物11, 化1~化5, 生1~生8の各ページに記載されている。問題の脱落や印刷の汚れに気づいたときは, 直ちに監督者に申し出なさい。
5. 選択した科目の解答をその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。解答を得るまでの計算・推考の過程を示す場合は, 答案用紙の指定された場所に簡潔に示しなさい。
6. 問題用紙の空白ページを下書きに利用してもよい。
7. 問題用紙および答案用紙を持ち帰ってはいけない。

受験番号	
------	--

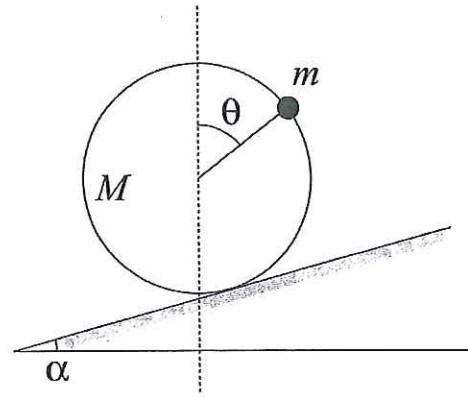
物 理

[問1] 次の設問 (1) ~ (5) に答えよ。計算問題は、導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。



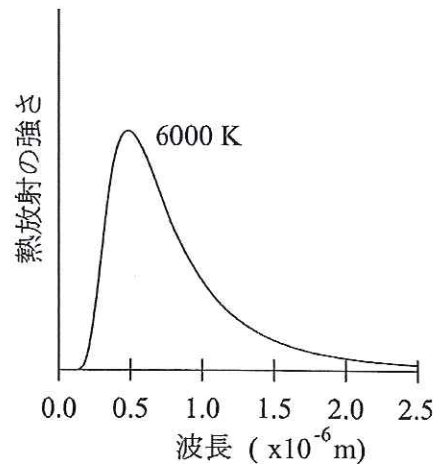
- (1) 図のように、一直線上に、静止している観測者 O、振動数 f の音を出す音源 S、音をよく反射する反射壁 R が並んでいる。音源 S は一定の速さ v で一直線上を反射壁 R のほうに向かって運動している。反射壁 R も音源 S と同じ方向に、一定の速さ u で運動している。音源 S から出た音が反射壁 R で反射して観測者 O に達するとき、観測される音の振動数はいくらか。ただし、音速を V ($V > v$, $V > u$) とし、風はないものとする。

- (2) 図のように、質量 M の一様な薄い円板の周上に大きさの無視できる質量 m のおもりを固定し、この円板を傾斜角 α のあらい斜面上に、円板面が鉛直軸と斜面の最大傾斜方向の線を含む面内にあるように立てたところ、静止した。円板の中心とおもりとを結ぶ直線の鉛直線に対する角を θ としたとき、 $\sin \theta$ の値を求めよ。

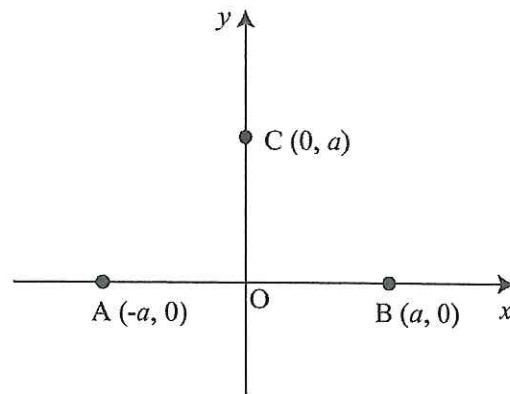


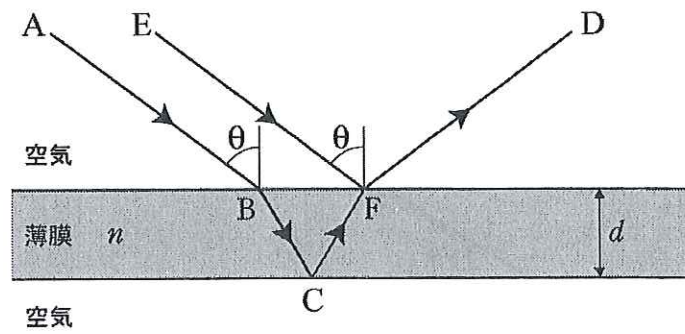
[問1] (続き)

(3) 有限の温度にある物体は、必ず電磁波を熱放射している。右図は、温度 6000 K での熱放射の強さを、波長の関数としてグラフにしたものである。解答用紙の図中 (6000 K での熱放射の波長分布が薄く示されている) に、温度 5000 K での熱放射の強さの波長分布を実線で、温度 4000 K での熱放射の強さの波長分布を点線で、それぞれ概形を書き込め。

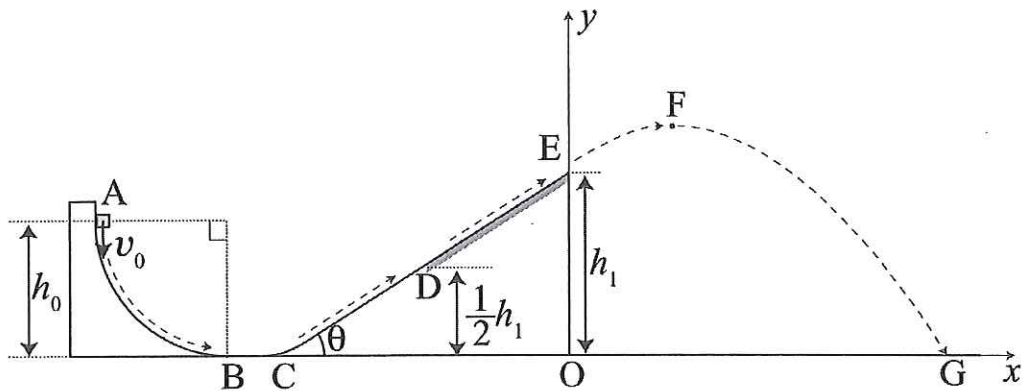


(4) 真空中において、図のような xy 座標軸をとり、点 $A(-a, 0)$ と点 $B(a, 0)$ に大きさ q の正の電荷を固定し、点 $C(0, a)$ に負の電荷 $-e$ を持つ電子を置く。はじめ点 C で静止していた電子が、電場から力を受けて y 軸上を動くとき、原点 O での速さを求めよ。ただし、真空中の電気に関するクーロンの法則の比例定数を k 、電子の質量を m とする。





- (5) 図のように、単色光で位相のそろった平面波を、絶対屈折率 1 の空気中からある媒質の薄膜に入射角 θ で斜めに入射させた。A 点から薄膜中を通過して空気との間で反射した光 ABCFD と、E 点から薄膜の表面で反射した光 EFD が D 点において強め合うときの最長の波長を λ_0 、2 番目に長い波長を λ_1 とするとき、その差 $\lambda_0 - \lambda_1$ を求めよ。ただし、薄膜の厚さを d 、薄膜の絶対屈折率を $n (>1)$ とする。



[問2] 図のように、高さ h_0 の地点から半径 h_0 の円弧（中心角が 90° ）状の斜面 AB が点 B で水平な面に接するように固定されている。また、水平な面に対して角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) をなす斜面 CE は、点 C で水平な面になめらかに接続されている。円弧状の斜面 AB、水平な面 BC および斜面 CD はなめらかな面であり、斜面 DE はあらい面である。小物体と斜面 DE との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗は無視するものとする。水平な面から点 D および点 E までの高さを、それぞれ $\frac{1}{2}h_1$

および h_1 とし、 $\frac{1}{2}h_1 < h_0 < h_1$ とする。また、点 E から水平面に垂線を下ろし、その交点を座標の原点 O とし、座標軸は水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。次の各問いに答えよ。計算問題は、導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

I. はじめに、円弧状の斜面上の点 A から、質量が m で大きさの無視できる小物体を速さ v_0 で滑り落とす。小物体は、円弧状の斜面 AB を滑り落ちた後、点 B をある速さで通過した。

(1) 小物体が点 B を通過するときの速さを、 v_0 を用いた式で表せ。

- II. (1)で求めた小物体が点 B を通過するときの速さを v_1 とする。点 B を通過した小物体は、なめらかな斜面 CD を上がり、点 D をある速さで通過した。
- (2) 小物体が点 C から D まで上がったとき、小物体の位置エネルギーの増加量を求めよ。
- (3) 小物体が点 D を通過するときの速さを、 v_1 を用いた式で表せ。

〔問2〕（続き）

III. (3)で求めた小物体が点Dを通過するときの速さを v_2 とする。点Dを通過した小物体は、あらい斜面DEを上がり、点Eから斜面DEに沿った方向にある速さで飛び出した。

- (4) 小物体が斜面DEを上がる時、小物体が斜面から受ける動摩擦力の大きさを求めよ。
- (5) 小物体がDE間を通過するのにかかる時間を、 v_2 を用いた式で表せ。
- (6) 小物体が点Dから点Eまで上がったとき、動摩擦力が小物体にした仕事の大きさ（絶対値） W ($W > 0$)を求めよ。
- (7) 小物体が点Eから斜面DEに沿った方向に飛び出す速さを、 v_1 および W を用いた式で表せ。
- (8) 小物体が点Eから斜面DEに沿った方向に飛び出すために v_0 が満たすべき条件を、 W を用いた式で表せ。

- IV. (7)で求めた小物体が、点 E から斜面 DE に沿って飛び出すときの速さを v_3 とする。
その後、小物体は、点 E から飛び出し、最高点 F に達した後、水平な面上の点 G に落ちた。
- (9) 小物体が点 E から斜面 DE に沿った方向に飛び出したとき、小物体が達する最高点 F の座標 (x_F, y_F) を、 v_3 を用いた式で表せ。
- (10) 小物体が飛び出した後、水平な面 OG に最初に到達する点の x 座標を、 v_3 を用いた式で表せ。

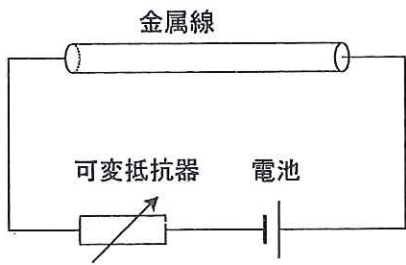


図 1

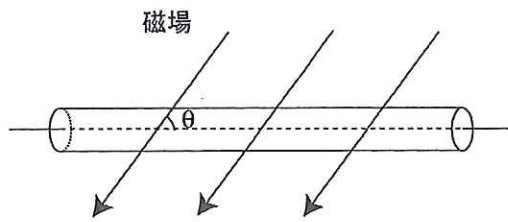


図 2

[問 3] 図 1 のように、長さ l 、断面積 S 、質量 M のまっすぐで一様な金属線が水平に置かれ、その両端に可変抵抗器と起電力 V の電池が導線で接続されている。①金属線内の自由電子は、電場から受ける力による加速と、熱振動する陽イオンなどとの衝突による減速とを繰り返しながら移動する。金属線の単位体積中の自由電子の数を n 、電気素量を e として、次の各問いに答えよ。ただし、電流による金属線の温度上昇および電池の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるものとする。計算問題は、導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

I. はじめに、可変抵抗器の抵抗値を R_1 としたところ、金属線を通る電流の大きさは I であった。

(1) 金属線の両端に加わる電圧はいくらか。 I を含んだ式で表せ。

(2) 金属線の中で、電場が一様であるとする、電場の大きさはいくらか。 I を含んだ式で表せ。

II. 問題文での下線部①について考えよう。簡単のために、自由電子はすべて電場によって力を受ける方向にのみ等加速度直線運動で移動し、衝突により減速されると仮定する。質量 m の自由電子が陽イオンなどと衝突してから電場中で加速され、次の陽イオンなどと衝突するまでの時間を τ とする。また、自由電子は衝突した直後に、速度は 0 になるものと仮定する。

(3) 自由電子が衝突してから、その後衝突せずに時間 τ 経過した後の自由電子の速度の大きさ (速さ) はいくらか。 I を含んだ式で表せ。

(4) 自由電子の速さを時間の関数で表すグラフを書いて自由電子の平均の速さを求める方法を説明し、自由電子の平均の速さを、 I を含んだ式で表せ。ただし、時刻 0 の直前で、自由電子は衝突したものとする。

III. II.における自由電子の運動をじゅうぶん長い時間で平均して考えると、②自由電子の平均の速さに比例した平均の抵抗力を自由電子が受けて、電場から受ける力とつり合い、等速直線運動をしていると近似することもできる。以降、抵抗力における比例係数（抵抗力の大きさを平均の速さで割った値）を k としよう。また、③電流は金属線の断面を単位時間に通過する電気量で表されることを用いて、金属線を流れる電流について考えよう。これ以降の問題では、 k を用いて解答し、解答に τ を用いてはならない。

(5) 下線部②の考え方で、自由電子の平均の速さを、 I を含んだ式で表せ。

(6) 下線部③の考え方で、電流 I を求めよ。

(7) 金属線の抵抗値を、 I を含まない式で表せ。

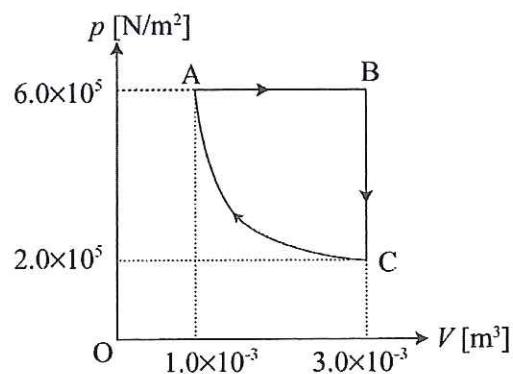
IV. 次に、金属線に電流を流したまま、図2のように、金属線の中心軸と角度 θ をなす方向に、磁束密度 B の磁場を金属線全体に加えた。

(8) 磁場が金属線の単位長さあたりに及ぼす力の大きさを、 I を含まない式で表せ。

V. 最後に、(8)で求めた力が鉛直上向きになるようにし、可変抵抗器の抵抗値を R_2 にしたところ、磁場が金属線に及ぼす力と重力とがつりあった。重力加速度の大きさを g とし、磁場による金属線の抵抗の変化及び電流によって生じる磁場の影響は無視できるものとする。また、金属線以外の部分は、金属線に力を及ぼさないとする。

(9) R_2 の値を、 I を含まない式で表せ。

[問4] 密閉された容器の中に、単原子分子の理想気体を閉じ込め、圧力 p 、体積 V について、図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順でゆるやかに状態変化させた。 $C \rightarrow A$ は温度 300 K での等温過程である。気体定数を $8.3\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ として、次の各問いに答えよ。解答は、導出過程も簡潔にまとめて記し、有効数字を2桁として単位を付して答えよ。解答は解答欄に記すこと。



- (1) 理想気体の物質量はいくらか。
- (2) 状態Bでの温度を求めよ。
- (3) $A \rightarrow B$ の過程で気体がした仕事を求めよ。仕事の符号は、理想気体が外部に仕事をする場合を正とする。
- (4) $A \rightarrow B$ の過程で気体が吸収した熱量を求めよ。熱量の符号は、熱を吸収する場合を正とする。
- (5) $B \rightarrow C$ の過程で気体が吸収した熱量を求めよ。熱量の符号は、熱を吸収する場合を正とする。
- (6) 状態Cでの気体の内部エネルギーを求めよ。