

平成30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. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、問題冊子と答案用紙（物理, 化学, 生物の答案用紙すべて）の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する2科目**の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
4. 問題冊子には、物理計5問、化学計3問、生物計6問の問題が、それぞれ物1～物9ページ、化1～化6ページ、生1～生11ページに記載されています。落丁、乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には、必ず鉛筆（黒「HB」「B」程度）またはシャープペンシル（黒「HB」「B」程度）を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし、解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	
------	--

物 理

〔問 1〕以下の問い (1) ～ (4) に答えよ。導出過程が必要な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。単位が必要なものは単位も記入すること。

(1) 図 1a のように、中点 P で 120° の折れ曲がりを持つ軽い棒の一端 A に 200 g の小物体、他端 B に 100 g の小物体を取り付け、P 点で自由に回転できるようにしてつるした。AP と鉛直線とのなす角を θ とする。次の各問いに答えよ。

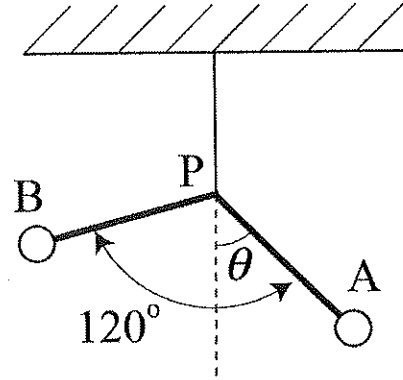


図 1a

- ① つり合いの状態、AP と鉛直線とのなす角 θ を求めよ。
- ② この状態から、さらに、BP の中点におもりを取り付け、両端の A と B とが水平の状態でつり合うようにしたい。おもりの質量をいくりにすればよいか。

(2) ある媒質中を、位置 $x\text{ [m]}$ で変位 $y\text{ [m]}$ の振動が x 軸の正の向きに速さ 10 m/s で伝わっている波を考える。時刻 $t=0\text{ s}$ における波の変位 $y\text{ [m]}$ は図 1b のような正弦波であった。次の各問いに答えよ。

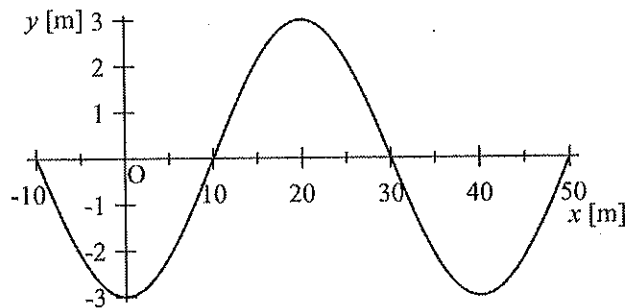


図 1b

- ① この波の周期を求めよ。
- ② $x=10\text{ m}$ での変位は時間 $t\text{ [s]}$ とともにどのように変化するか。波の変位 $y\text{ [m]}$ を時間 $t\text{ [s]}$ の関数としてグラフに表せ。ただし、グラフには縦軸・横軸ともに軸目盛を記入し、時間は $t=0\text{ s}$ から 2 周期分の範囲を示すこと。

[問1 続き]

(3) 図1cのように、空気中で鉛直にスクリーンSを立て、三角柱のプリズムRを置く。プリズムRの紙面に垂直な方向の面OQはスクリーンSの面と平行で、その間隔はLである。またプリズムRの角POQの大きさは α である。このプリズムRの紙面に垂直な方向の面OPの一点に非常に細い白色光を面OPに垂直に入射させると、スクリーンには赤から紫に変化する虹のような色の帯が現れた。プリズムの赤色光と紫色光に対する絶対屈折率がそれぞれ n_1 、 n_2 であるとき、次の各問いに答えよ。ただし、 $n_2 > n_1 > 1$ であり、空気の絶対屈折率を1とする。

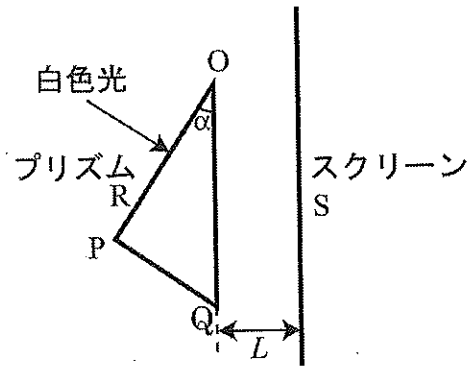


図1c

- ① 赤色光の面OQにおける屈折角を β_1 としたとき、 $\sin\beta_1$ を n_1 、 α を用いて表せ。
- ② スクリーンS上に現れた赤色から紫色までの色の帯の幅を、 L 、 n_1 、 n_2 、 α を用いて表せ。

(4) 原子核の放射性崩壊について考える。計算を簡単にするために、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ および ${}^{235}_{92}\text{U}$ の半減期をそれぞれ45億年、9億年とし、地球の年齢を45億年とする。ただし、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ および ${}^{235}_{92}\text{U}$ の存在量に関しては、上記放射性崩壊以外の原子核反応での増減はないものとする。次の各問いに答えよ。

- ① 地球誕生時の ${}^{235}_{92}\text{U}$ の存在量は、現在の何倍であったか。
- ② 現在地球上にある ${}^{238}_{92}\text{U}$ と ${}^{235}_{92}\text{U}$ の存在比が140 : 1であるとすると、地球誕生時の ${}^{238}_{92}\text{U}$ と ${}^{235}_{92}\text{U}$ の存在比はいくらであったと推定されるか。簡単な整数比で表せ。

〔問2〕 図2のように、鉛直方向になめらかな面を持つ固定された壁 W と、固定された支点 P とがある。支点 P には、長さ l の伸縮しない糸を結び付け、その先に質量 m の小球が付けられている。はじめ、小球は、糸をびんと張った状態で支点 P よりわずかに下の点 A にあった。この小球を静かに離すと、糸がまっすぐに伸びた状態で運動し、壁 W 上の点 B において速さ v で壁に衝突した。このとき、糸と壁 W とのなす角度は θ ($\theta \leq 30^\circ$) であった。その後、壁 W ではね返った小球は糸がたるんだ状態で運動し、支点 P 直下の点 C において最も高くはねあがった。次の各問いに答えよ。ただし、糸の質量や小球の大きさは無視でき、空気抵抗や支点 P での摩擦はないものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。小球の壁 W への衝突は、必ずしも完全弾性衝突とは限らないことに注意せよ。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。

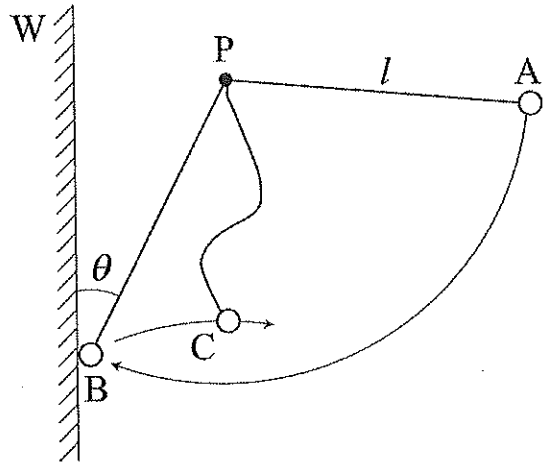


図 2

- (1) 壁 W への衝突直後における小球の速度の鉛直成分の大きさを求めよ。
- (2) 点 C と支点 P との間の高低差を求めよ。
- (3) 壁 W への衝突直後から、再び糸がびんと張る状態になるまでの時間を求めよ。
- (4) 壁 W への衝突直後における小球の速度の水平成分の大きさを求めよ。
- (5) 壁のはねかえり係数 (反発係数) を求めよ。

(このページは白紙である)

〔問3〕 ある物質量の単原子分子からなる理想気体を、図3のように、圧力 p 、体積 V である p - V 図での $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ に沿って状態変化させた。ここで、 $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow A$ の各状態変化は、 p - V 図上での直線に沿っての変化である。状態Aにおける気体の温度を T_0 、圧力を p_0 、体積を V_0 、状態Bにおける気体の圧力を $3p_0$ 、体積を $\frac{3}{2}V_0$ とする。また、状態Bにおける気体の温度と状態Cにおける気体の温度は等しく、状態Cにおける圧力は p_0 に等しい。次の各問いに答えよ。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。解答で分数が現れた場合は、分数のまま記してよい。

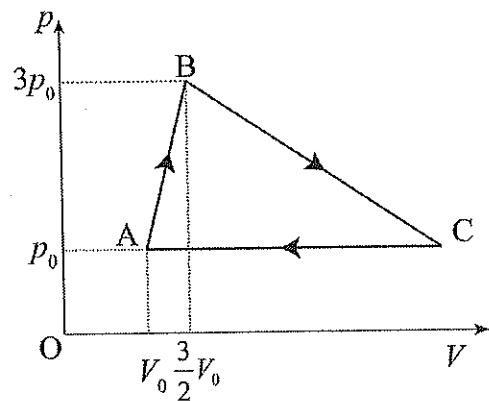


図3

- (1) 状態Bにおける気体の温度を求めよ。
- (2) $A \rightarrow B$ の過程で、理想気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- (3) $B \rightarrow C$ の過程で、理想気体がした仕事を求めよ。
- (4) $B \rightarrow C$ の過程の間で、理想気体の温度が最大になるとき、理想気体の体積および温度をそれぞれ求めよ。
- (5) 熱サイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の熱効率を求めよ。

(このページは白紙である)

〔問4〕 図4のように、面積 S で形の同じ導体極板AとBとを間隔 d で平行に配置した。最初に、極板Aと極板BとをスイッチSW1を介して接続し、極板A側を接地した。また、極板AとBとの間には、極板と同形・同面積の金属板Pを、極板Aから距離 x だけ離して平行に置き、平行板コンデンサーとした。金属板PにはスイッチSW2を介して電池につなぎ、正電荷を帯電させることができる。これらが真空中に置かれているものとして、次の問いに答えよ。ただし、極板や金属板の電場に対する端の影響は無視でき、電気力線は極板間に限られるものとする。また、真空の誘電率を ϵ_0 とし、導線、極板、金属板の電気抵抗、極板と金属板の厚さおよび重力は無視できるとする。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。

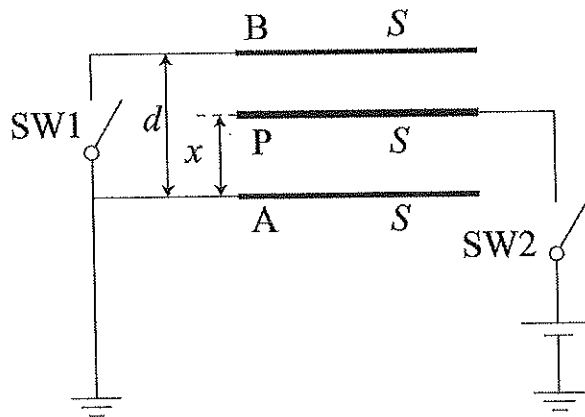


図4

I. 最初、スイッチSW1およびスイッチSW2はともに開かれた状態で、極板A、極板Bおよび金属板Pはすべて帯電していなかった。

(1) 極板Aと極板Bとの間の電気容量を求めよ。

II. 次に、スイッチSW1およびスイッチSW2をともに閉じて、十分時間が経過した後、金属板Pは電気量 Q の正電荷を帯電した。

(2) この電荷によって極板AとBに誘起される電気量をそれぞれ求めよ。

(3) この状態で平行板コンデンサー全体に蓄えられている静電エネルギーを求めよ。

III. 次に、スイッチSW1は閉じたままでスイッチSW2を開き、金属板Pを電気量 Q の正電荷で帯電させたまま、金属板の位置を x から $x+\Delta x$ まで微小変化させた。

(4) この変化に伴う平行板コンデンサー全体の静電エネルギーの変化量を求めよ。ただし、 x や d に比べて $|\Delta x|$ は十分小さいので、 $(\Delta x)^2$ の項は無視できるとする。

(5) 微小変位によりエネルギーが変化するという事は、金属板Pが電場から力を受けていることを意味する。金属板Pが電場から受ける力を求めよ。ただし、微小変位の間受ける力の大きさを一定であるとみなして良い。極板AからBに向かう向きを正として解答すること。

(このページは白紙である)

[問 5] 光の粒子性に関する次の各問いに答えよ。導出過程が必要な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) 次の文の空欄 ~ に適切な語句や数式を記入せよ。

金属の表面に紫外線や波長の短い可視光を照射すると、金属から電子が飛び出してくる。この現象をと言ひ、飛び出してきた電子のことを光電子と言う。この現象では、照射する光の強さがいくら大きくても、光の振動数がある値よりも小さいと光電子は飛び出さない。これは光が波としての性質のみを持つと考えると説明がつかない。そこで、アインシュタインは光が粒子としての性質も持つのではないかと考えた。この粒子をと呼び、そのエネルギーは、光の電磁波としての振動数を ν 、プランク定数を h とすると、と表すことができる。光が金属に当たると、金属中の個々の電子はを1個だけ吸収して、そのエネルギーを受け取る。光電子が飛び出すには、金属内部の自由電子が、金属原子からの引力の束縛を断ち切る必要があり、このためのエネルギーの最小値をと呼ぶ。を W とおくと、で飛び出した光電子の運動エネルギーの最大値は、と表すことができる。

(2) (1)の現象において、右の図は、さまざまな振動数の光をある金属にあてたとき、飛び出してくる光電子の運動エネルギーの最大値 E_k [J]と光の振動数 ν [Hz]との関係を表している。

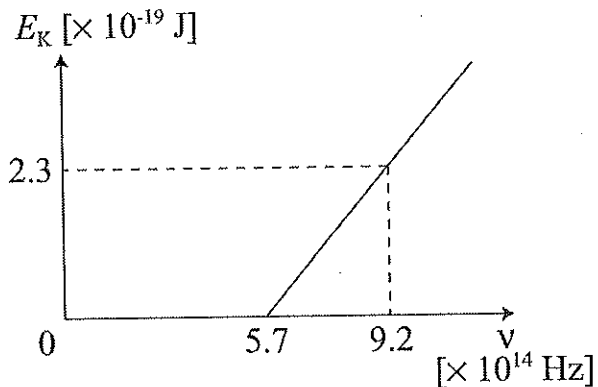


図 5

① プランク定数の値を、グラフから計算し、有効数字 2 けたで単位をつけて求めよ。導出過程を必ず示すこと。

② この金属の W の値を、グラフから計算し、有効数字 2 けたで単位をつけて求めよ。

③ 金属としてセシウム(Cs)を用いた場合、 W の値は 3.1×10^{-19} Jであった。セシウムの E_k [J]と ν [Hz]との関係を、解答欄のグラフ中に実線で書き入れよ。グラフ中には必ず光電子の飛び出す最小の振動数の値を、有効数字 2 けたで記入すること。