

平成 29 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～11
化 学.....	12～25
生 物.....	26～49
地 学.....	50～57

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 解答用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、摩擦のある水平な床の上に、水平面との角度 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)の斜面を持つ台を固定している。また、天井から軽くて伸び縮みしない糸1で質量 M [kg]、長さ $3b$ [m]の密度及び断面が一様な剛体の棒を左端から b [m]の位置でつり下げた。さらに棒の左端には軽くて伸び縮みしない糸2を付け、台の上端に取り付けられた滑らかに回る質量が無視できる滑車を介して質量 m [kg]の小球とつないだ。このとき、棒は水平の位置で静止しており、小球の床からの高さは h [m]であった。重力加速度の大きさを g [m/s²]とし、小球と斜面の間の摩擦、滑車と糸2の間の摩擦は無視できるものとする。

- (1) 糸1に働く張力 T_1 [N]を、 M 、 g を用いて表せ。
- (2) 糸2に働く張力 T_2 [N]を、 m 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (3) M と m の間に成り立つ関係式を、 M 、 m 、 θ を用いて表せ。

その後、糸2を静かに切ったところ、小球は斜面を滑り、点Aを跳ねることなく滑らかに通過した後、点Aから距離 L [m]離れた点Bで静止した。ここで、小球と床との間の動摩擦係数を μ とし、小球の空気抵抗は無視できるものとする。

- (4) 小球が点Aを通過するときの速さ v_A [m/s]を、 g 、 h を用いて表せ。
- (5) 小球が点Aを通過してから点Bに到達するまでの時間 t [s]を、 h 、 μ 、 g を用いて表せ。
- (6) 点Aから点Bまでの距離 L を、 h 、 μ を用いて表せ。

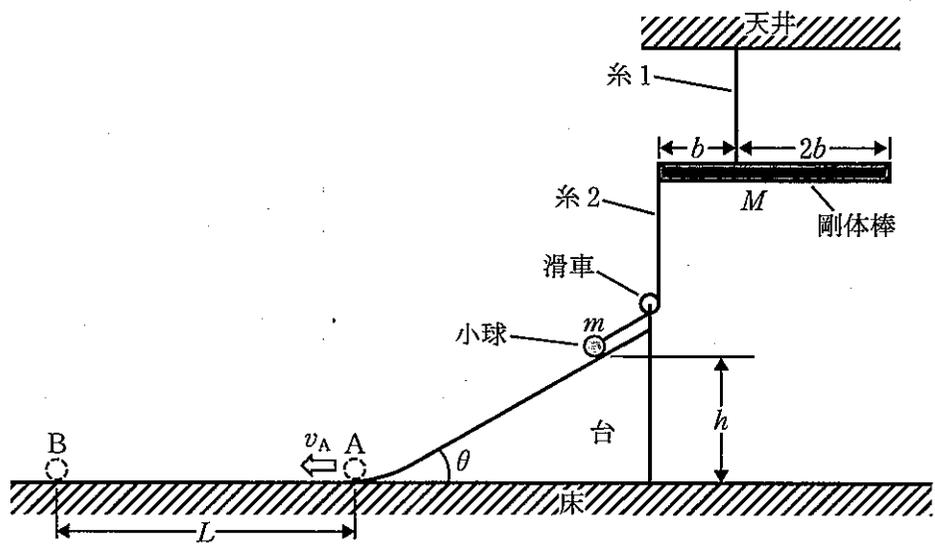


图 1

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

- I 図1に示すように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池とスイッチ S_1 が接続された平行板コンデンサー内に、厚さが無視できる2枚の金属板が平行板コンデンサーの極板に平行に挿入されている。平行板コンデンサーの極板を A, D, 挿入された2枚の金属板を B, C とする。C は D とスイッチ S_2 で接続されている。ABCD 間の誘電率は全て真空の誘電率 ϵ_0 [F/m] であり、それらの間隔は全て d [m] である。A, B, C, D は全て1辺の長さが l [m] の正方形である。 d は l に比べて十分小さい。回路は接地されており、この接地点での電位を 0 V とする。初めは S_1, S_2 は開けられており、A, B, C の電位も 0 V である。

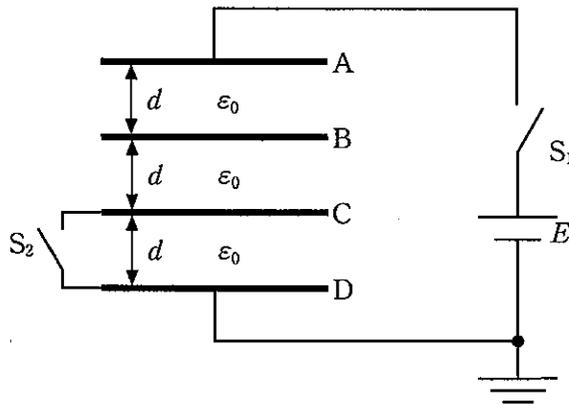


図1

- (ア) 最初に S_2 は開けたままにし、 S_1 のみを閉じる。十分時間が経過した後の BD 間の電圧 V_{BD} [V] を起電力 E を用いて表せ。
- (イ) 次に S_1 を開けて、金属板と同じ1辺の長さが l の正方形で、厚さ d 、比誘電率 10 の誘電体を B と C の間にすき間なく挿入する。なお誘電体は帯電していないものとする。 S_2 は開けたままである。このとき BD 間の電圧 V'_{BD} [V] を起電力 E を用いて表せ。

(ウ) その後、 S_1 は開けたままで、 S_2 を閉じた。このとき BD 間の電圧 V_{BD}'' (V) を起電力 E を用いて表せ。

(エ) S_1 は開けたまま、また S_2 は閉じたままで、誘電体を金属板間から完全に引き出す。このときの外力のする仕事 W (J) を求めよ。

II 直流電源装置，直流電流計及び直流電圧計を用いて未知の電気抵抗値 $R_x[\Omega]$ を測定する2つの実験を図2のような回路で行った。

実験1での直流電流計及び直流電圧計の指示値は，それぞれ $I_1[\text{A}]$ ， $V_1[\text{V}]$ であった。また実験2での直流電流計及び直流電圧計の指示値は，それぞれ $I_2[\text{A}]$ ， $V_2[\text{V}]$ であった。

なお，直流電流計及び直流電圧計の内部抵抗値はそれぞれ $r_A[\Omega]$ ， $r_V[\Omega]$ であり，直流電源装置の内部抵抗は無視できるものとする。

(a) 実験1での未知抵抗値 R_x の測定値 $R_1[\Omega] = \frac{V_1}{I_1}$ を， R_x 及び r_V を用いて表せ。

(b) 実験2での未知抵抗値 R_x の測定値 $R_2[\Omega] = \frac{V_2}{I_2}$ を， R_x 及び r_A を用いて表せ。

(*) 実験1及び実験2の測定結果は，いずれも未知抵抗値 R_x に対して誤差を有している。 R_1 及び R_2 の誤差の大きさをそれぞれ $\varepsilon_1[\Omega]$ 及び $\varepsilon_2[\Omega]$ とし， $\varepsilon_i = |R_i - R_x|$ ($i = 1, 2$) で定義することにする。 ε_1 が ε_2 より小さくなるための条件を， $\frac{R_x}{r_A}$ 及び $\frac{r_V}{R_x}$ を用いて表せ。

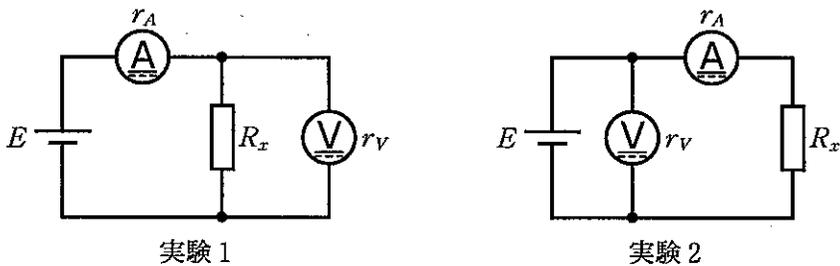


図2

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、2枚の薄い凸レンズ L_1 と L_2 を、光軸が一致するようにして離して置き、視点は L_2 のすぐ上にあるとする。 L_1 の焦点距離は f_1 [m]、 L_2 の焦点距離は f_2 [m]である。物体PQと L_1 の距離は x [m]である。

(a) L_1 によってできる実像 P_1Q_1 の L_1 からの距離 y [m]を、 f_1 と x を用いて表せ。ただし、 $x > f_1$ とする。

(b) L_1 による倍率 m_1 を、 f_1 と x を用いて表せ。

(c) L_1 と L_2 の距離を d [m]とし、実像 P_1Q_1 の虚像ができるための条件を、 x 、 f_1 、 f_2 、 d を用いて表せ。

(d) 実像 P_1Q_1 の虚像である P_2Q_2 が L_2 からの距離が z [m]の位置にはっきりと見えた。 L_1 と L_2 の距離 d を、 f_1 、 f_2 、 y 、 z のうち必要なものを用いて表せ。

(e) この組合せレンズの倍率 m_{12} を、 f_1 、 f_2 、 x 、 z のうち必要なものを用いて表せ。

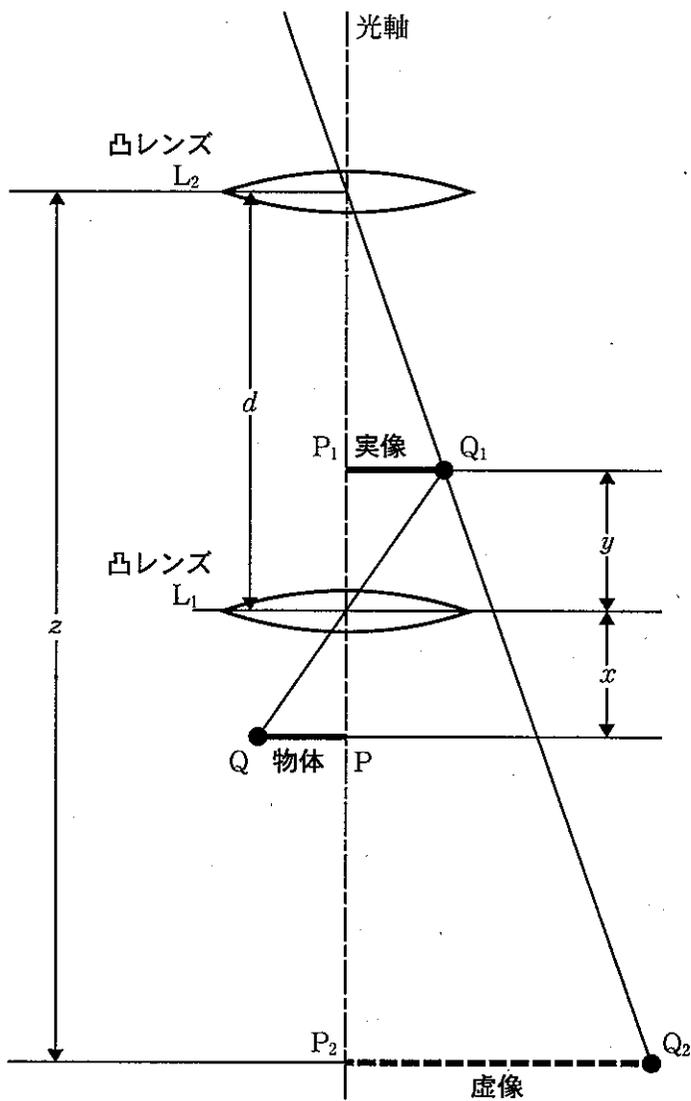


図 1

II 光の干渉に関する以下の文中の空欄(f), (g), (h)内に入れる式または数値として最も適当なものを, それぞれの解答群から一つずつ選べ。ただし, 数値は最も近いものを選べ。

チタン板の表面を酸化させ, 薄膜の二酸化チタンを作成し, 光をチタン面に垂直にあててみる。光は二酸化チタン中を進行し, チタン面で反射する。ただし, チタンの屈折率は二酸化チタンの屈折率より小さいとする。この反射光は二酸化チタン表面での反射光と干渉する。同位相のときに強めあう。光は空気と二酸化チタンの反射面で π (半波長分) だけ位相がずれる。真空中の光の速さを c [m/s]とし, 二酸化チタンの屈折率を n とすれば, 二酸化チタン中の光速は となる。二酸化チタンの薄膜の厚さを d [m]とすると, 波長 λ [m]の光は次の条件を満たすとき, 干渉して, 強めあう。

$$\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda = \text{ } \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

同様に, 次の条件を満たすとき, 逆位相となり, 暗くなる。

$$m\lambda = \text{ } \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

ところで, 自然光は白色光とも呼ばれ, あらゆる波長を含む連続スペクトルを有する。波長が400 nmでは紫色, 520 nmでは緑色, 570 nmでは黄色, 650 nmでは赤色という具合に知覚される。そこで, 二酸化チタンの薄膜の厚さを調整して, 様々な色のチタンを作ることができる。

ここで, (2)式により赤色光が弱まる条件を考える。このとき, 薄膜の最小の厚さは nmである。ただし, 二酸化チタンの屈折率は2.616とする。

[の解答群]

A nc B $\frac{c}{n}$ C $2nc$ D $\frac{2c}{n}$ E $\frac{2n}{c}$ F $\frac{n}{c}$ G $4nc$

[の解答群]

A $2d$ B nd C $2nd$ D $2n$ E $\frac{2d}{n}$ F $\frac{d}{n}$ G $\frac{2n}{d}$

[の解答群]

A 124 B 248 C 372 D 400 E 520 F 570 G 650

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、容積 V [m³] の容器 A と、断面積が S [m²] で質量が M [kg] のピストンが付いた容器 B がコックのついた細管でつながれている。ピストンは気密性を保ったまま滑らかに動くことができる。細管の容積は無視できる。

最初、コックを開いたまま、容器 B のピストン下の体積が V になるように、外気と同じ温度 T_1 [K] の単原子分子理想気体（以下、気体という）を封入する。この状態を状態 1 と呼ぶ。封入した気体の物質量は全部で n [mol]、圧力は P_1 [Pa] である。外気の圧力を P_0 [Pa]、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。

(a) 圧力 P_1 を、 M 、 g 、 S 、 P_0 を用いて表せ。

(i) コックを閉じ、容器 B のピストン下の体積が $\frac{V}{3}$ になるようにピストンを徐々に移動させて等温圧縮する。この状態を状態 2 と呼ぶ。このときの、容器 B 中の気体の圧力 P_2 [Pa] を、 P_1 を用いて表せ。

(ii) 状態 2 からピストンの位置を固定したまま、コックを開き、平衡になったらコックを閉じる。この状態を状態 3 と呼ぶ。このときの、容器 A と容器 B 中の気体の圧力 P_3 [Pa] を、 P_1 を用いて表せ。また、状態 2 から状態 3 の過程で容器 B から容器 A に移動した気体のモル数 n_3 を、 n を用いて表せ。

(え) 状態3から、ピストンを急に引き上げて、容器B内外で熱の出入りを起こさせず、気体の体積が $\frac{8V}{3}$ になるように断熱膨張させる。この状態を状態4と呼ぶ。このときの、容器B中の気体の圧力 P_4 [Pa]を、 P_3 を用いて表せ。また、この過程による気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J]を、増加を+、減少を-とし、 P_1 、 V を用いて表せ。ただし、断熱変化においては圧力 P と体積 V の間には $PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成り立つものとする。

(お) 状態3から、容器Aを加熱し、温度を $2T_1$ にする。この状態を状態5とする。このときの、容器A中の気体の圧力 P_5 [Pa]を、 P_3 を用いて表せ。また、このとき、気体分子1個あたりの平均運動エネルギー K [J]を、ボルツマン定数 k [J/K]と T_1 を用いて表せ。

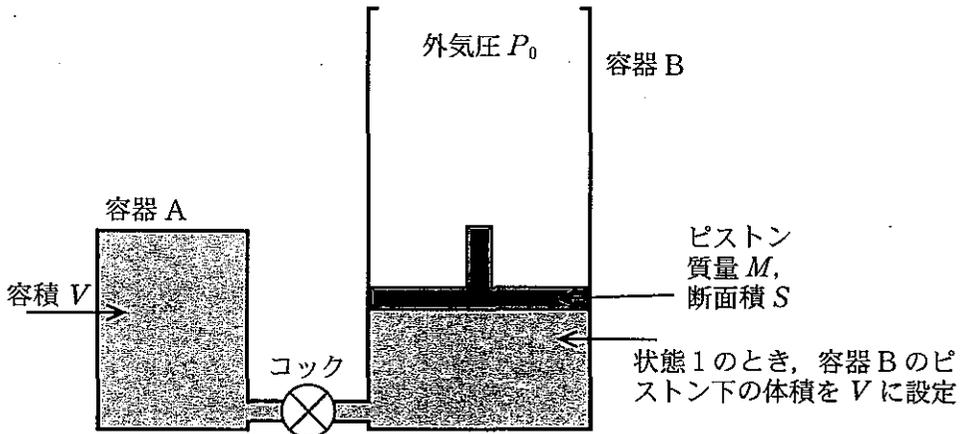


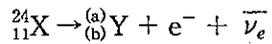
図1

II 以下の X, Y は実際の元素記号ではなく, 何らかの元素記号をさすものとする。

ある放射性核種 (放射能を持つ核種) ${}^{24}_{11}\text{X}$ は β^- 崩壊 (壊変) し, 半減期は 15 時間である。

(か) 以下の β^- 崩壊の式の (a) (b) に当てはまる数値を答えよ。

なお, 「 β^- 崩壊」は, 簡略化して「 β 崩壊」と書かれることがあり, $\bar{\nu}_e$ は簡略化して $\bar{\nu}$ あるいは ν と書かれることがある。



(き) 90 時間が経過したとき, ${}^{24}_{11}\text{X}$ の原子核の数はもとの何%になっているか。有効数字 2 桁で答えよ。

(く) ${}^{24}_{11}\text{X}$ の原子核の数がもとの $\frac{1}{1024}$ になるのは何時間が経過したときか。