

(全6枚中の1枚目)

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

1 次の(1)～(4)に答えなさい。

(1) 図1のように、静止摩擦係数 μ のあらい床となめらかな鉛直な壁に、質量 m [kg]で長さ L [m]の一樣な棒 AB を、床と 60° の角度で立てかけて静止させた。次の①、②に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、点 A で壁からの垂直抗力を R [N]、点 B で床からの垂直抗力を N [N]、静止摩擦力を f [N]とする。

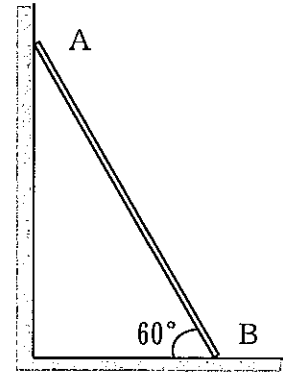


図1

- ① 点 B のまわりの力のモーメントのつりあいの式を書きなさい。
- ② 棒が静止するために必要な μ の条件を書きなさい。

(2) x 軸上で距離 $\frac{5}{2}\lambda$ だけ離れた2点に波源 P 、 Q があり、振幅 A 、波長 λ 、周期 T の正弦波を発生させる。 P から出た波は右方へ進み、 Q から出た波は左方へ進む。 P 、 Q は時刻 $t=0$ から同位相で単振動を始める。図2はある時刻における波形を示している。次の①、②に答えなさい。

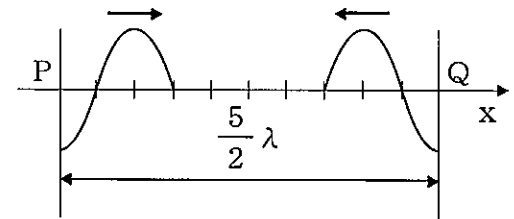


図2

- ① 図2のような波形となるときの時刻を書きなさい。
- ② PQ 間に定常波の節はいくつできるか、書きなさい。

(3) 図3のような一定の太さの電熱線を用いた電熱器がある。この電熱器を電圧 100V の電源に接続すると、消費される電力は 0.40 kW になる。次の①、②に答えなさい。

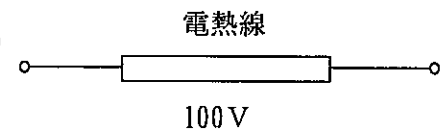


図3

- ① この電熱器を電圧 100V で1日に4時間使用したとすると、30日間での消費される電力量は何 kWh か、書きなさい。
- ② 図3の電熱線を $\frac{2}{3}$ の長さに切って、電圧 100V の電源に接続した。このときの電熱線の電気抵抗と消費される電力は元の長さのときの何倍となるか、それぞれ書きなさい。ただし、電熱線の電気抵抗の温度による変化は無視できるものとする。

(4) β 崩壊をするセシウム 137 の原子番号は55、その半減期は30年である。この β 崩壊により生じた原子核の原子番号と、このセシウムを含む物体の放射能の強さが 16 Bq (ベクレル) から 2 Bq に減少する時間を、それぞれ書きなさい。ただし、放射能の強さは、未崩壊の原子核数に比例するものとし、また、このセシウムの崩壊によって生じた物質は放射線を出さないものとする。

(全6枚中の2枚目)

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

2 円運動について、次の(1)、(2)に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、図1、図2は、模式的に表したものである。また、解答は、結果だけでなく、考え方や計算過程も書きなさい。

(1) 図1のように、天井の点Oから長さ L の伸びない軽い糸を垂らし、糸の先に質量 m のおもりAをつけ、水平面内を速さ v_0 で等速円運動させたとき、鉛直下方からの糸の角度は θ であった。次の①～③に答えなさい。ただし、糸の質量は無視できるものとする。

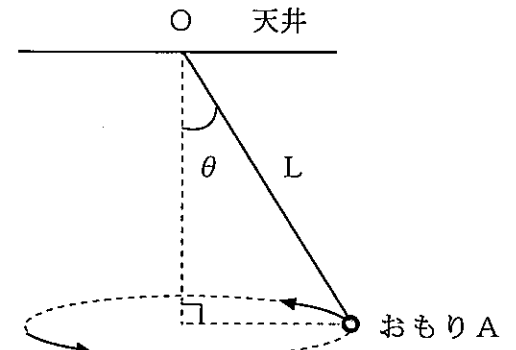


図1

① おもりAの円運動の向心力の大きさを m 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

② おもりAの速さ v_0 を g 、 L 、 θ を用いて表しなさい。

③ 糸がおもりAを引く力を m 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

(2) 図2のように、一端を天井の点Oに固定した長さ L の伸びない軽い糸に質量 m のおもりBを取り付け、天井の点Oから距離 L だけ離れたところからおもりBを鉛直下向きにおもりAと同じ速さ v_0 で打ち出した。このとき、おもりAは等速円運動を続けている。その後、おもりAとBは衝突して一体となり、質量 $2m$ の質点となった。次の①～③に答えなさい。ただし、糸の質量は無視できるものとし、衝突はOBを含む鉛直面内で点Oから見ておもりBの反対側で起こるものとする。

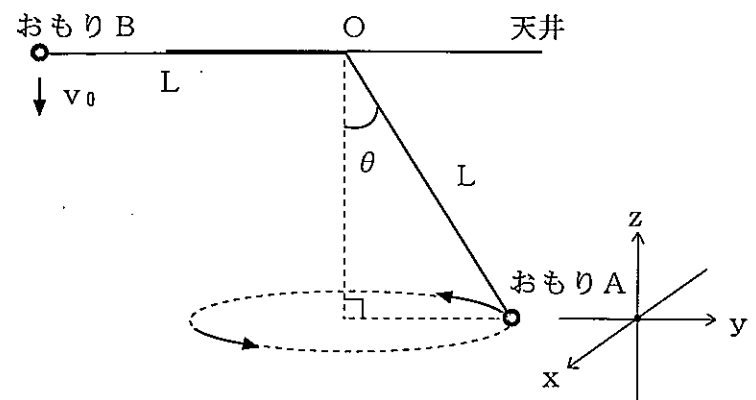


図2

① おもりBがおもりAと衝突する直前のBの速さ v_B を g 、 L 、 θ を用いて表しなさい。

② 図2のように x 、 y 、 z 軸を定め、おもりAとBが一体となった直後の速度 v_c の x 、 y 、 z 成分を v_{cx} 、 v_{cy} 、 v_{cz} とする。 v_{cx} 、 v_{cy} 、 v_{cz} を、 v_0 、 v_B 、 θ のうち必要なものを用いて表しなさい。

③ v_c の大きさを、 g 、 L 、 θ を用いて表しなさい。

(全6枚中の3枚目)

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

3 熱力学について、次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 図1のような半径 r の球形の中空容器の中に単原子分子の理想気体を入れる。
この気体分子1個の質量は m 、容器に入れた分子の個数は n 個であった。次の
①~④に適する式を書きなさい。

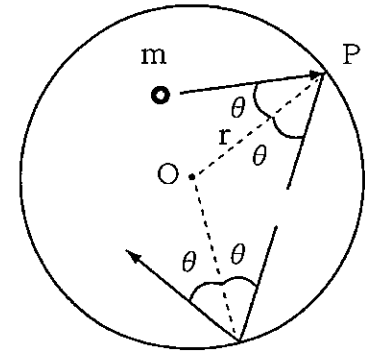


図1

速さ v の気体分子1個が器壁の点 P と球の中心 O とを結ぶ法線と θ の角度をなして弾性衝突するとき、衝突による気体分子の運動量の変化の大きさは、(①) となる。この気体分子が単位時間に器壁に衝突する回数は (②) である。容器内の気体分子の速さがすべて v であるとして、全気体分子が器壁に与える力の大きさは (③) であり、容器内の気体の圧力は (④) である。

(2) 理想気体を容器に入れ、状態をゆっくり変化させた。この気体の圧力 P 、体積 V は図2に示すように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ と変化した。次の①~④に答えなさい。

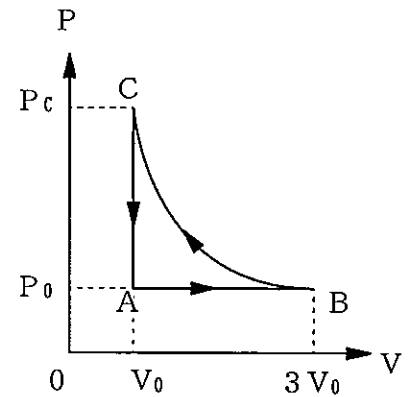


図2

- ① $A \rightarrow B$ の過程で気体が外部にした仕事 W はいくらか、 P_0 、 V_0 を用いて表しなさい。
- ② $B \rightarrow C$ は等温変化である。Cにおける圧力 P_c はいくらか、 P_0 を用いて表しなさい。
- ③ $B \rightarrow C$ で気体が放出した熱を Q とすると、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の1サイクルで気体が外部にした仕事はいくらか、 Q 、 P_0 、 V_0 を用いて表しなさい。
- ④ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の1サイクルにおける気体の体積 V と絶対温度 T との関係をグラフに書きなさい。ただし、状態Aのときの温度を T_0 とする。

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

4 図1のように、振動数が変わる振動装置に糸の一端をつけて弦を張り、なめらかな滑車を通して糸の他端におもりをつるした。滑車は水平方向に移動させることができ、弦の長さとなる振動装置と滑車の間の距離を変えることができる。振動装置を振動させたときの弦の振動の様子について調べた。弦を伝わる横波の速さは弦の張力の平方根に比例し、弦の線密度の平方根に反比例することがわかっている。はじめ、弦の長さは L で、おもりの質量は M である。下の(1)～(4)に答えなさい。

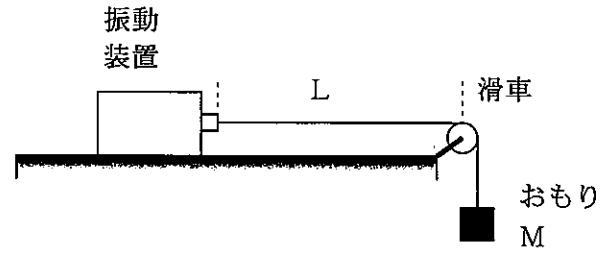


図1

- (1) 振動装置の振動数を0からしだいに大きくしていくと、振動数が f となったところではじめて弦が共振した。弦を伝わる横波の速さを v としたとき、 f を書きなさい。
- (2) (1)の状態では振動装置の振動数を f に保ち、おもりの質量だけを少しずつ変化させる。このときの弦の様子を述べた文として最も適するものを、次のア～カから1つ選び、その記号を書きなさい。

- ア おもりの質量を変えても弦は共振したままである。
- イ おもりの質量を大きくしていくと、弦は共振しなくなるが、質量が $2M$ となったところで再び共振する。
- ウ おもりの質量を大きくしていくと、弦は共振しなくなるが、質量が $4M$ となったところで再び共振する。
- エ おもりの質量を小さくしていくと、弦は共振しなくなるが、質量が $\frac{1}{2}M$ となったところで再び共振する。
- オ おもりの質量を小さくしていくと、弦は共振しなくなるが、質量が $\frac{1}{4}M$ となったところで再び共振する。
- カ おもりの質量が M 以外では弦は共振しない。

- (3) (1)の状態からさらに振動装置の振動数を大きくしていくと、弦は何度か共振した。弦が何度目かに共振している状態で振動装置の振動数を固定し、滑車を動かして弦の長さを L からゆっくりと長くしていくと、弦は共振しなくなったが、図2のように弦の長さが $\frac{5}{4}L$ になったときに再び共振した。このとき、弦を伝わる横波の振動数は f の何倍になるか、求めなさい。

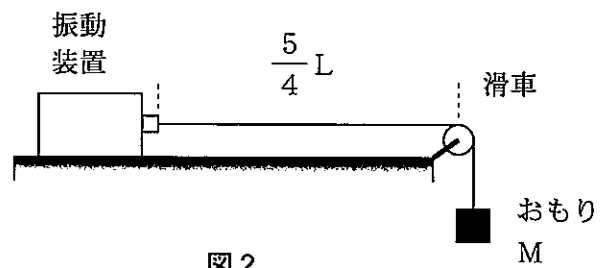


図2

- (4) 図3のように、弦を異なる線密度をもつ2本の線をP点でつないでつくった1本の弦につなぎかえた。OP間の長さは L_1 [m]で線密度は ρ [kg/m]、PQ間の長さは L_2 [m]で線密度は 4ρ [kg/m]である。この弦に振動数 f_1 [Hz]の振動を加えたところ、点O、P、Qのみが節となる定常波が生じた。この弦に加えた振動数 f_1 [Hz]を求めなさい。ただし、 $L_1 + L_2 = 0.30$ [m]、 $\rho = 4.9 \times 10^{-4}$ [kg/m]、おもりの質量を 0.50 [kg]、重力加速度の大きさを 9.8 [m/s²]とする。

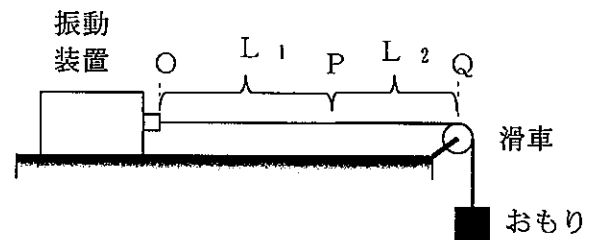


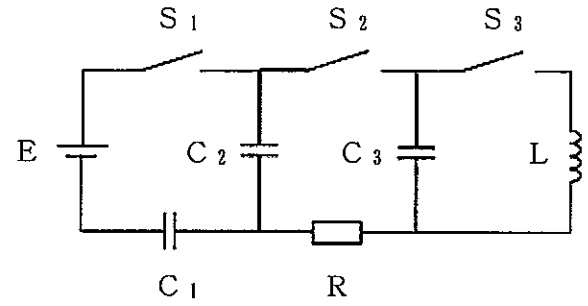
図3

(全6枚中の5枚目)

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

5 図に示す電気回路がある。電池 E の起電力は E 、コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 の電気容量はそれぞれ C_1 、 C_2 、 C_3 、電気抵抗 R の抵抗値は R 、コイル L の自己インダクタンスは L である。最初に3つのスイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 は開いており、3つのコンデンサーには電荷がたくわえられていない。コイルの内部抵抗は無視できる。次の(1)～(3)に答えなさい。解答は、結果だけでなく、考え方や計算過程も書きなさい。



図

(1) スイッチ S_2 と S_3 を開いたまま、スイッチ S_1 を閉じ、十分に時間が経過した。次の①、②に答えなさい。

- ① コンデンサー C_2 にたくわえられている電気量を求めなさい。
- ② コンデンサー C_2 にたくわえられているエネルギーを求めなさい。

(2) (1)の操作の後、スイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_3 は開いたままである。次の①～③に答えなさい。ただし、(1)でコンデンサー C_2 にたくわえられた電気量を Q_2 とする。

- ① スイッチ S_2 を閉じた直後に電気抵抗 R を流れる電流を求めなさい。
- ② スイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過した。コンデンサー C_2 と C_3 にたくわえられている電気量を求めなさい。
- ③ コンデンサー C_2 と C_3 にたくわえられているエネルギーの和は(2)の操作の前と比べてどれだけ変化したか。その変化量を求めなさい。

(3) (2)の操作の後、スイッチ S_2 を開き、スイッチ S_3 を閉じた。スイッチ S_1 は開いたままである。このとき、周期 T の電気振動が観測された。次の①、②に答えなさい。

- ① (2)でコンデンサー C_3 にたくわえられた電気量を Q_3 としてコイル L を流れる電流の最大値を求めなさい。
- ② スイッチ S_3 を閉じてからコイル L を流れる電流がはじめて最大になるまでの時間を T を用いて表しなさい。

(全6枚中の6枚目)

③ 高等学校 物 理

(解答は、すべて解答用紙に記入すること)

6 重力加速度の大きさを測定するにあたって、精度の高い結果を得ることを目標に授業で実験を展開したい。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 重力加速度の大きさを測定するための実験方法を、その手順にも触れながら、1つ挙げなさい。

(2) (1)で述べた実験において、より精度の高い結果を得るための工夫を説明しなさい。

7 次の文は、新高等学校学習指導要領(平成30年告示)「理科」の「各科目」の「物理」の「目標」である。次の①~⑤にあてはまる語句を書きなさい。

1 目標

物理的な事物・現象に関わり、理科の(①)・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、物理的な事物・現象を(②)するために必要な資質・(③)を次のとおり育成することを目指す。

(1) 物理学の基本的な(④)や原理・法則の理解を深め、(②)するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。

(2) 観察、実験などを行い、(②)する力を養う。

(3) 物理的な事物・現象に(⑤)的に関わり、(②)しようとする態度を養う。