物理基礎・物理

問題は第４問まであります

第１問　次の各問に答えよ。

問１　長さ L の軽くて伸び縮みしない糸で，質量 m の小球を点 O からつるし，鉛直から 60° の角度まで持ち上げる。図１－１のように，糸が張った状態から静かに小球をはなした。小球が点 O の真下にきたときの角速度 ω はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

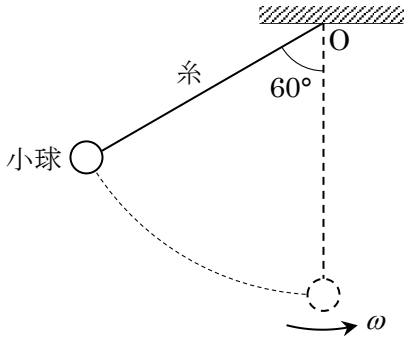


図１－１

① $\sqrt{\dfrac{L}{g}}$　② $\sqrt{\dfrac{L}{mg}}$　③ $\sqrt{\dfrac{gL}{m}}$

④ $\sqrt{\dfrac{g}{L}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{mg}{L}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{m}{gL}}$

問２　体積 V［m³］，密度 ρ［kg/m³］の金属塊がある。この金属塊に Q［J］（>0）の熱量を加えたところ，温度が T［K］上昇した。この金属塊の比熱［J/(g･K)］はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 2

① $\dfrac{Q\times10^3}{\rho VT}$　② $\dfrac{QV\times10^3}{\rho T}$　③ $\dfrac{\rho V\times10^3}{QT}$

④ $\dfrac{Q}{\rho VT\times10^3}$　⑤ $\dfrac{QV}{\rho T\times10^3}$　⑥ $\dfrac{\rho V}{QT\times10^3}$

問３　図１－２のように，屈折率 $n_1=1.2$ の媒質１と屈折率 $n_2=1.5$ の媒質２が x 軸を境に接している。境界面は x-y 平面に対して垂直である。境界面上の原点 O に媒質１側から入射した光が y 軸となす角を θ とする。θ が 0°から 90°まで変化する間に屈折光が点 A から点 G までのうちいくつかの点を横切る。その点をすべて挙げるとどのようになるか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，図中の格子の間隔はすべて等しく，屈折光は x-y 平面に対して平行に進むものとする。　**解答番号** 3

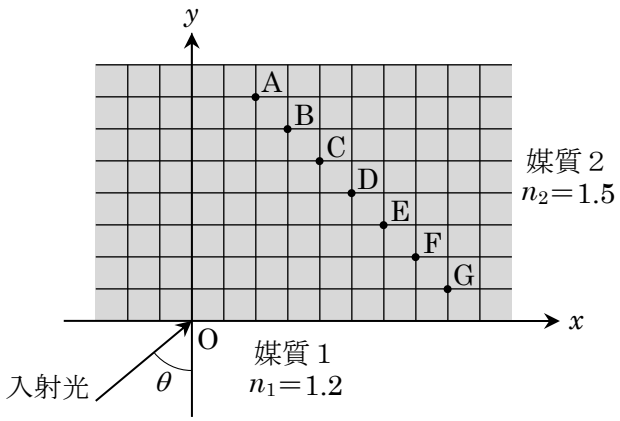


図１－２

① A, B, C　　② A, B, C, D　　③ A, B, C, D, E

④ B, C, D, E, F　　⑤ C, D, E, F, G　　⑥ D, E, F, G

問４　長さ L，断面積 S の円柱形の金属棒がある。図１－３のように，この金属棒の両底面に導線で起電力 E の電池をつないだ。電池の内部抵抗は無視できるものとする。また，金属棒の抵抗率 ρ は一様である。このとき，単位時間当たりに金属棒を通過する電気量はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 4



図１－３

① $\dfrac{\rho LE}{S}$　　② $\dfrac{\rho L}{SE}$　　③ $\dfrac{\rho S}{LE}$

④ $\dfrac{S}{\rho LE}$　　⑤ $\dfrac{SE}{\rho L}$　　⑥ $\dfrac{LE}{\rho S}$

第２問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

図２のように，水平面上にばね定数 k の軽いばねを置いて一端を固定し，ばねの他端には質量 m の小物体をつないだ。ばねの長さ方向に x 軸をとり，ばねが自然長のときの小物体の位置を原点 O とし，ばねが伸びる向きを x 軸の正の向きとする。ばねと水平面の間の摩擦は考えなくてもよい。重力加速度の大きさは g とする。

まず，小物体と水平面の間の摩擦が無視できる場合を考える。小物体を $x=d$ の位置まで移動して静かにはなした。小物体の運動は原点 O を中心とする単振動となった。

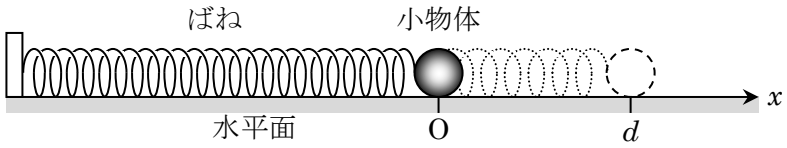


図２

問１　小物体が原点 O を通過する瞬間の速さを表す式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

① $\sqrt{\dfrac{kd}{m}}$　② $\sqrt{\dfrac{md}{k}}$　③ $d\sqrt{\dfrac{k}{m}}$

④ $\sqrt{\dfrac{m}{kd}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{k}{md}}$　⑥ $d\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

問２　問１において，物体をはなしてからはじめて原点 O を通過するまでの時間を表す式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号** 2

① $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　② $\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　③ $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

④ $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　⑤ $\pi\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　⑥ $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{m}}$

次に，小物体と水平面の間に摩擦がはたらく場合を考える。小物体を $x=d$ の位置まで移動して静かにはなすと，小物体は動き出した。静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を μ_1 とする。

問３　小物体が 1 回目に止まった位置を，$x=-d+$［ア］と表すとき，［ア］に当てはまる式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 3**

① $\dfrac{\mu_0 mg}{2k}$　② $\dfrac{\mu_0 mg}{k}$　③ $\dfrac{2\mu_0 mg}{k}$

④ $\dfrac{\mu_1 mg}{2k}$　⑤ $\dfrac{\mu_1 mg}{k}$　⑥ $\dfrac{2\mu_1 mg}{k}$

問４，問５では，$k=\dfrac{2mg}{d}$ として計算せよ。

問４　小物体が１回目に止まった後に動き出すためのμ_0の条件を，$\mu_0<$［イ］と表すとき，［イ］の最大値を表す式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 4

① μ_1　② $2\mu_1$　③ $2\mu_1-1$

④ $1-2\mu_1$　⑤ $2(1-\mu_1)$　⑥ $2(\mu_1-1)$

問５　小物体は 3 回目に止まった後に動き出すことなく静止した。小物体がはじめに動き出してから 3 回目に止まるまでに移動した距離の合計を表す式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 5**

① $(4-7\mu_1)d$　② $4(1-\mu_1)d$　③ $(4-3\mu_1)d$

④ $3(2-3\mu_1)d$　⑤ $2(3-4\mu_1)d$　⑥ $6(1-\mu_1)d$

第３問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

図３のように，熱をよく通すシリンダー，断面積 S［m²］の軽いピストン，気体を注入するためのポンプによって実験装置をつくった。ピストンはシリンダー内を気室１と気室２に隙間なく隔てていて，シリンダー内をなめらかに移動できる。気室２にはポンプに接続した通気口があり，ポンプによって外気を気室２に注入することができる。気室１と気室２の，ピストンの移動方向の長さは L［m］，気室１と気室２の気体はどちらも圧力 P_0［Pa］，温度 T_0［K］，体積 SL［m³］の単原子分子からなる理想気体であり，外気も同種の気体である。この状態を初期状態とする。シリンダー内の気体の温度は常に外気温 T_0［K］とみなすことができる。また，通気口内の気体の体積は無視できるものとする。気体定数を R［J/(mol･K)］とし，物質量 $\dfrac{P_0SL}{RT_0}$ を n_0［mol］とする。

初期状態からポンプによって外気を気室２に一定の速さ n［mol/s］で注入を開始した。開始時刻を $t=0$s とする。また，気室１の気体を気体１，気室２の気体を気体２とする。ピストンは時間の経過とともに移動するが，初期状態からの移動距離が $\dfrac{1}{3}L$［m］のときを状態１，$\dfrac{1}{2}L$［m］のときを状態２，$\dfrac{2}{3}L$［m］のときを状態３とする。実験は，状態３になったところで終了とする。

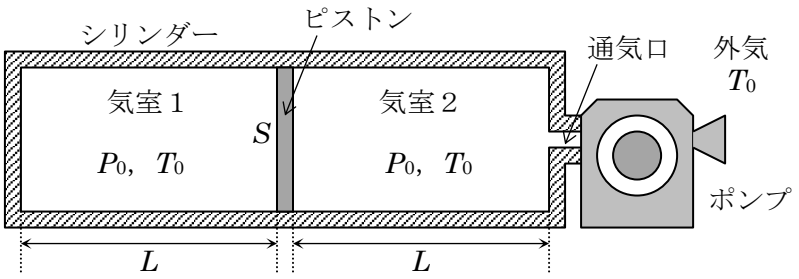


図３

問１　初期状態から状態３になるまでの気体１の状態変化について，最も適当なものを，次の選択肢①～⑤のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

① 定圧変化　　② 定積変化　　③ 等温変化

④ 断熱変化　　⑤ ①～④のいずれの状態変化にも該当しない

問２　状態１のときの気体１の圧力［Pa］はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 2**

① $\frac{7}{6}P_0$　② $\frac{4}{3}P_0$　③ $\frac{3}{2}P_0$

④ $\frac{5}{3}P_0$　⑤ $\frac{11}{6}P_0$　⑥ $2P_0$

問３　状態１のときの気体２の物質量［mol］はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 3**

① $\frac{7}{6}n_0$　② $\frac{4}{3}n_0$　③ $\frac{3}{2}n_0$

④ $\frac{5}{3}n_0$　⑤ $\frac{11}{6}n_0$　⑥ $2n_0$

問４　状態１から状態２になるまでの所要時間は t_1［s］であった。ポンプが気体を注入する速さ n［mol/s］はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 4**

① $\frac{n_0}{4t_1}$　② $\frac{n_0}{3t_1}$　③ $\frac{n_0}{2t_1}$

④ $\frac{n_0}{t_1}$　⑤ $\frac{3n_0}{2t_1}$　⑥ $\frac{2n_0}{t_1}$

問５　初期状態から状態３までの気体２の圧力 P［Pa］を時刻 t［s］を用いて表した式として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，気体を注入する速さは n［mol/s］とする。　**解答番号 5**

① $\frac{(n_0+nt)RT_0}{SL}$　② $\frac{(2n_0+nt)RT_0}{SL}$　③ $\frac{(4n_0+nt)RT_0}{SL}$

④ $\frac{(n_0+nt)RT_0}{2SL}$　⑤ $\frac{(2n_0+nt)RT_0}{2SL}$　⑥ $\frac{(4n_0+nt)RT_0}{2SL}$

第４問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

図４のように，抵抗値がそれぞれ 10Ω，20Ωの抵抗 R_1，R_2，電気容量がそれぞれ 10μF，40μF のコンデンサーC_1，C_2，起電力が 20V の電池 E，スイッチ S_1，S_2 を配線し，電気回路をつくった。抵抗 R_1，R_2 以外の回路内の抵抗は無視できるものとする。はじめ，スイッチ S_1，S_2 は開いていて，コンデンサーC_1，C_2 の電荷は 0 である。この状態を初期状態とする。

初期状態からスイッチ S_2 を開いたままスイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じた瞬間に抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは［　ア　］［A］であり，十分な時間の後にコンデンサーC_1 にたくわえられた電荷は［　イ　］$\times 10^{-4}$［C］である。

引き続き，スイッチ S_1 を開いてスイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_2 を閉じた瞬間に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは［　ウ　］［A］であり，十分な時間の後にコンデンサーC_2 にたくわえられた電荷は［　エ　］$\times 10^{-4}$［C］である。また，その間に抵抗 R_2 で［　オ　］$\times 10^{-3}$［J］のジュール熱が発生する。

ここで，以下のような一連のスイッチ切り替え操作を定義し，ON-OFF と呼ぶことにする。

> スイッチ S_1 を閉じて，十分な時間の後にスイッチ S_1 を開き，
> スイッチ S_2 を閉じて，十分な時間の後にスイッチ S_2 を開く。

初期状態に戻し，ON-OFF を２回繰り返した。そのときのコンデンサーC_2 にたくわえられた電荷は［　カ　］$\times 10^{-4}$［C］である。さらに ON-OFF を何度か繰り返したところ，コンデンサーC_2 に蓄えられた電荷は［　キ　］$\times 10^{-4}$［C］となり，それ以降は ON-OFF を繰り返してもコンデンサーC_1 と C_2 の電荷は変化しなくなった。初期状態からこの状態になるまでに電池がした仕事は［　ク　］$\times 10^{-2}$［J］であり，抵抗 R_1，R_2 から発生したジュール熱の総量は［　ケ　］$\times 10^{-2}$［J］である。

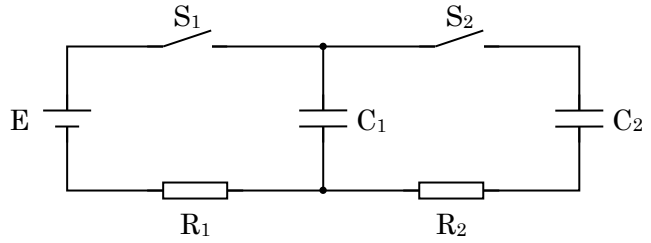


図４

問１　文中［ ア ］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 1

① 0.20　② 0.40　③ 0.60

④ 1.2　⑤ 1.6　⑥ 2.0

問２　文中［ イ ］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 2

① 0.40　② 0.80　③ 1.2

④ 2.0　⑤ 3.0　⑥ 6.0

問３　文中［ ウ ］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 3

① 0.10　② 0.40　③ 1.0

④ 1.6　⑤ 2.0　⑥ 2.4

問４　文中［ エ ］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 4

① 0.80　② 1.0　③ 1.2

④ 1.6　⑤ 2.0　⑥ 2.4

問５　文中［ オ ］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 5

① 0.20　② 0.60　③ 1.0

④ 1.6　⑤ 2.4　⑥ 3.6

問６　文中［　カ　］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 6**

① 1.6　② 2.9　③ 4.0
④ 3.2　⑤ 5.8　⑥ 8.0

問７　文中［　キ　］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 7**

① 1.6　② 2.9　③ 3.2
④ 4.0　⑤ 5.8　⑥ 8.0

問８　文中［　ク　］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 8**

① 1.0　② 2.0　③ 3.0
④ 4.0　⑤ 5.0　⑥ 6.0

問９　文中［　ケ　］に当てはまる数値として最も適当なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 9**

① 1.0　② 2.0　③ 3.0
④ 4.0　⑤ 5.0　⑥ 6.0