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　図１－１のように，なめらかな水平面上の点Ｏに軽くて伸び縮みしないひもをつけ，ひもの他端に小物体をつけた。小物体に水平向きの初速度を与えたところ，小物体の運動は鉛直上方からみて反時計回りの等速円運動となった。図の位置でひもが切れたとすると，その直後の小物体の速度は図中ア～クのどの向きになるか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

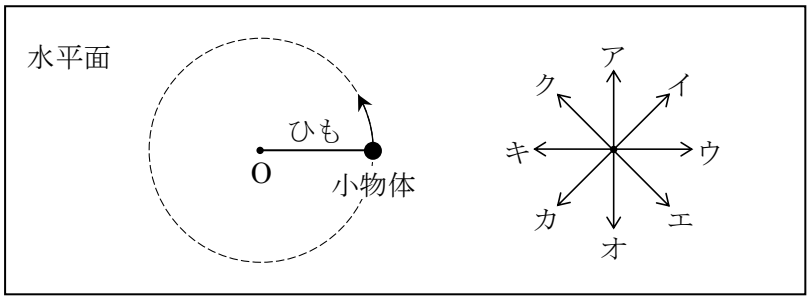


図１－１

① ア　② イ　③ ウ　④ エ

⑤ オ　⑥ カ　⑦ キ　⑧ ク

問２　音速が V の環境において，音源から一定の振動数の音が発生している。静止した音源に向かって速さ v（$<V$）で観測者が近づくときに観測される音の振動数を f_1，静止した観測者に向かって速さ v で音源が近づくときに観測される音の振動数を f_2 とするとき，f_1 と f_2 の大小関係はどのようになるか。最も適当なものを，次の選択肢①～④のうちから一つ選べ。

解答番号 2

① $f_1=f_2$ である　② $f_1>f_2$ である　③ $f_1<f_2$ である

④ 上記の条件だけでは f_1 と f_2 の大小関係は決まらない

問３　図１－２のように，断熱性が高く体積が等しい気室１と気室２を，開閉弁を備えた細管でつないだ。開閉弁は閉じていて，気室１には温度 600K の理想気体が入っている。気室２の中は真空である。開閉弁を開けて十分な時間の後，気体の温度［K］はいくらか。その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

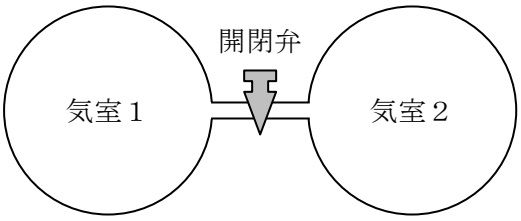


図１－２

① 200　② 300　③ 600

④ 1000　⑤ 1200　⑥ 1800

問４　抵抗値が 10Ω ですべて等しい 6 個の抵抗と電池，電流計を，図１－３のようにつないだ。電流計は 6.0A を示している。このとき，図中の矢印で示されている抵抗から 1.0 秒あたりに発生する熱量［J］はいくらか。その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

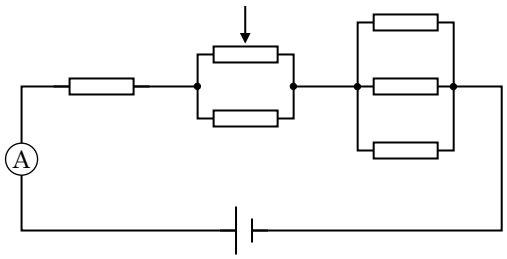


図１－３

① 20　② 30　③ 60

④ 90　⑤ 120　⑥ 360

第２問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

なめらかな水平面上に，質量がともに m の物体 A と物体 B が静止している。物体 B の左側にはばね定数 k の軽いばねが取り付けられている。図２のように，物体 A に速さ v_0 の初速度を与えたところ，まっすぐに物体 B に向かって進んだ。やがて，次の(a)から(e)の現象が次々に起こり，その後物体 A と物体 B は相対速度の大きさが v_0 で離れていく。

(a)　物体 A がばねに接触する。　　（このときの時刻 t を 0 とする）

(b)　ばねが縮んでいく。

(c)　ばねが最も縮んだ瞬間となる。　（時刻 $t=t_1$）

(d)　ばねが伸びていく。

(e)　物体 A とばねが離れる。　　（時刻 $t=t_2$）

一連の実験の中で，物体 A と物体 B は同一直線上を運動した。また，ばねは常にフックの法則にしたがうものとする。

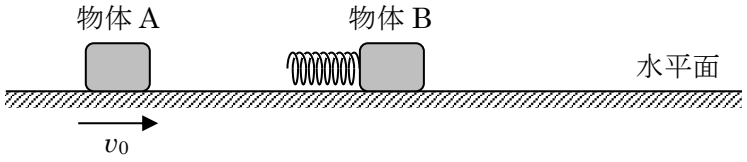


図２

問１　速さ v_0 が与えられた直後の物体 A の運動量の大きさはいくらか。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

① $\frac{1}{2}mv_0$　　② mv_0　　③ $2mv_0$

④ $\frac{1}{2}mv_0^2$　　⑤ mv_0^2　　⑥ $2mv_0^2$

問２　時刻 t_1 における物体 A の速さはいくらか。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 0　　② $\frac{1}{4}v_0$　　③ $\frac{1}{3}v_0$

④ $\frac{1}{2}v_0$　　⑤ $\frac{2}{3}v_0$　　⑥ v_0

問３　現象(a)の直前における物体Ａの運動エネルギーを K_A とすると，時刻 t_1 における物体Ａと物体Ｂの運動エネルギーの合計はいくらか。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 $\frac{1}{4}K_A$　② $\frac{1}{3}K_A$　③ $\frac{1}{2}K_A$

④ $\frac{2}{3}K_A$　⑤ $\frac{3}{4}K_A$　⑥ K_A

問４　時刻 t_2 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 $\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$　② $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　③ $\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

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

問５　時刻 t_2 の直後における物体Ｂの速さはいくらか。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 5**

① 0　② $\frac{1}{4}v_0$　③ $\frac{1}{3}v_0$

④ $\frac{1}{2}v_0$　⑤ $\frac{2}{3}v_0$　⑥ v_0

問６　一連の実験の中で，ばねを含む物体系全体の運動量の和と力学的エネルギーの和についての説明として最も適当なものを，次の選択肢①～④のうちから一つ選べ。　**解答番号 6**

① 運動量の和は保存されているが，力学的エネルギーの和は保存されていない。

② 運動量の和は保存されていないが，力学的エネルギーの和は保存されている。

③ 運動量の和も力学的エネルギーの和も保存されている。

④ 運動量の和も力学的エネルギーの和も保存されていない。

第３問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

単原子分子からなる理想気体において，その圧力 P を，物質量 n，体積 V，絶対温度 T，気体定数 R を用いて表すと，$P=$［ア］となる。この式を，気体の分子運動より求めてみよう。

図３のように，一辺の長さが L の立方体形の容器Ｖを，直交する容器の二辺が x 軸と y 軸に沿うように置く。$x=L$ において x 軸と直交する面を面Ｓとする。容器Ｖの中には単原子分子からなる理想気体が封入されていて，その分子の総個数を N，気体の絶対温度を T とする。また，考えやすくするために，気体分子の速さはすべて v で等しく，x 軸方向，y 軸方向，z 軸方向にそれぞれ$\frac{N}{3}$個が運動しているとみなすこととする。図３においては，x 軸方向に運動する分子のみが模式的に表されている。また，気体分子１個の質量を m，気体定数を R，アボガドロ定数を N_A とする。なお，気体分子と容器壁面の衝突は弾性衝突とする。

１個の分子が面Ｓに１回の衝突で与える力積の大きさは［イ］である。１個の分子が単位時間に面Ｓに衝突する回数は［ウ］回なので，$\frac{N}{3}$個の分子の衝突により，面Ｓにはたらく力の大きさは［エ］となる。よって，圧力は［オ］と表すことができる。ところで，分子 N 個のもつ運動エネルギーは，気体の内部エネルギーに等しいので，$\frac{1}{2}Nmv^2=$［カ］が成り立ち，［オ］の式と合わせて m と v を消去すると，$P=$［キ］となる。これは［ア］の式と等しいといえる。

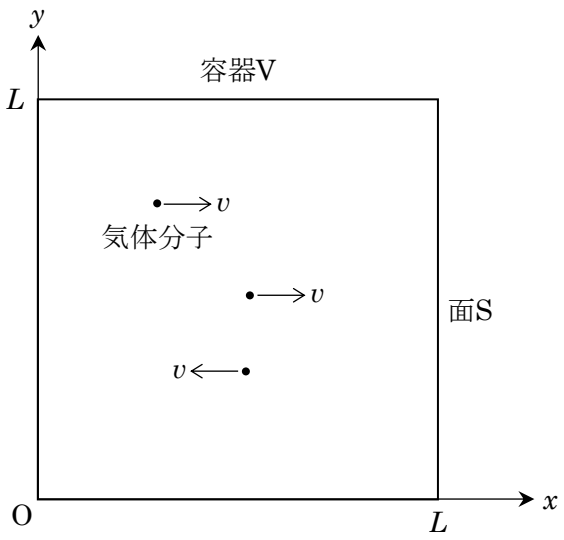


図３

問１　文中［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 1

① $\frac{nRT}{2V}$　② $\frac{nRT}{V}$　③ $\frac{3nRT}{2V}$

④ $\frac{2nRT}{V}$　⑤ $\frac{5nRT}{2V}$　⑥ $\frac{3nRT}{V}$

問２　文中［イ］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 2

① $\frac{1}{2}mv$　② mv　③ $2mv$

④ $\frac{1}{2}mv^2$　⑤ mv^2　⑥ $2mv^2$

問３　文中［ウ］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 $\frac{L}{2v}$　② $\frac{L}{v}$　③ $\frac{2L}{v}$

④ $\frac{v}{2L}$　⑤ $\frac{v}{L}$　⑥ $\frac{2v}{L}$

問４　文中［エ］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 4

① $\frac{Nmv}{6}$　② $\frac{Nmv^2}{6}$　③ $\frac{Nmv^2}{6L}$

④ $\frac{Nmv}{3}$　⑤ $\frac{Nmv^2}{3}$　⑥ $\frac{Nmv^2}{3L}$

問５　文中［　オ　］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 5**

① $\frac{Nmv}{L^2}$　② $\frac{Nmv}{L^3}$　③ $\frac{Nmv^2}{L^3}$

④ $\frac{Nmv}{3L^2}$　⑤ $\frac{Nmv}{3L^3}$　⑥ $\frac{Nmv^2}{3L^3}$

問６　文中［　カ　］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 6**

① $\frac{NRT}{2N_A}$　② $\frac{3NRT}{2N_A}$　③ $\frac{5NRT}{2N_A}$

④ $\frac{N_ART}{2N}$　⑤ $\frac{3N_ART}{2N}$　⑥ $\frac{5N_ART}{2N}$

問７　文中［　キ　］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 7**

① $\frac{NRT}{N_AL}$　② $\frac{NRT}{N_AL^2}$　③ $\frac{NRT}{N_AL^3}$

④ $\frac{N_ART}{NL}$　⑤ $\frac{N_ART}{NL^2}$　⑥ $\frac{N_ART}{NL^3}$

第４問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

図４のように x 軸，y 軸をとる。$L \leqq x < 2L$，$0 \leqq y$　のエリアには紙面表から裏に向かう磁束密度の大きさが B の磁場があり，$2L \leqq x < 3L$，$0 \leqq y$　のエリアには紙面裏から表に向かう磁束密度の大きさが $2B$ の磁場がある。一辺の長さが L の正方形コイル ABCD が辺 BC を x 軸に沿わせたまま，コイル面が x-y 平面に平行な状態を維持して，一定の速さで x 軸正の向きに進んでいる。コイルは一巻きで，一周分の抵抗値は R である。コイルの辺 AB が $x=0$ を通過する時刻を $t=0$，コイルの辺 AB が $x=5L$ を通過する時刻を $t=5t_0$ とする。

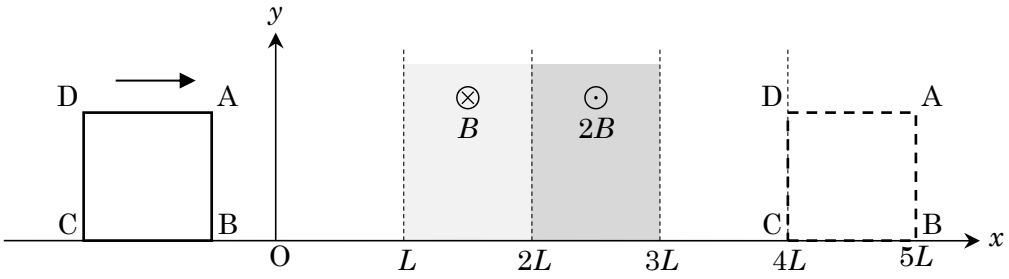


図４

問１　時刻 $t=\frac{3}{2}t_0$ において，コイルに流れる誘導電流は辺 AB をどちら向きに流れるか。最も適当なものを，次の選択肢①，②のうちから一つ選べ。　**解答番号** 1

① A→B の向き　　② B→A の向き

問２　問１において，誘導電流の大きさはいくらか。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 $\frac{BL}{2Rt_0}$　② $\frac{BL}{Rt_0}$　③ $\frac{3BL}{2Rt_0}$

④ $\frac{BL^2}{2Rt_0}$　⑤ $\frac{BL^2}{Rt_0}$　⑥ $\frac{3BL^2}{2Rt_0}$

問３　時刻 $t=\frac{5}{2}t_0$ において，コイルに流れる誘導電流は辺 AB をどちら向きに流れるか，または流れないか。最も適当なものを，次の選択肢①～③のうちから一つ選べ。 **解答番号 3**

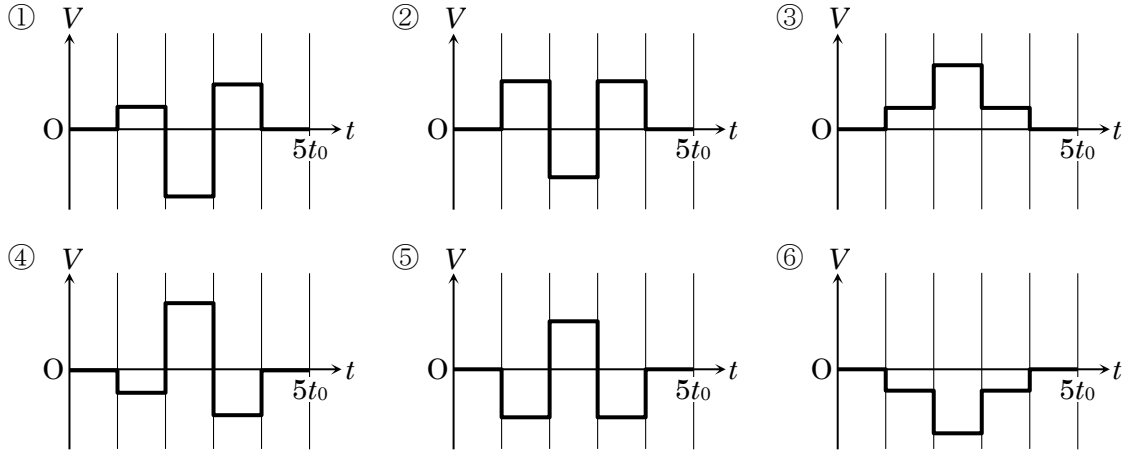
① A→B の向き　　② B→A の向き　　③ 流れない

問４　問３において，誘導電流の大きさはいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑦のうちから一つ選べ。 **解答番号 4**

① $\frac{BL}{Rt_0}$　② $\frac{2BL}{Rt_0}$　③ $\frac{3BL}{Rt_0}$

④ $\frac{BL^2}{Rt_0}$　⑤ $\frac{2BL^2}{Rt_0}$　⑥ $\frac{3BL^2}{Rt_0}$　⑦ 0

問５　時刻が $0 \leqq t \leqq 5t_0$ における，コイルに生じる誘導起電力の変化を，縦軸に誘導起電力 V，横軸に時刻 t をとって表したグラフの概形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，誘導電流が A→B の向きに流れるときの誘導起電力を正とする。 **解答番号 5**



問６　時刻が $t=t_0$ から $t=4t_0$ の間にコイル全体から発生するジュール熱を $a\times I^2Rt_0$ と表すとき，a の値はいくらか。最も適当なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，I は問２で求めた誘導電流の大きさである。 **解答番号 6**

① 8　② 9　③ 10　④ 11

⑤ 12　⑥ 13　⑦ 14　⑧ 15