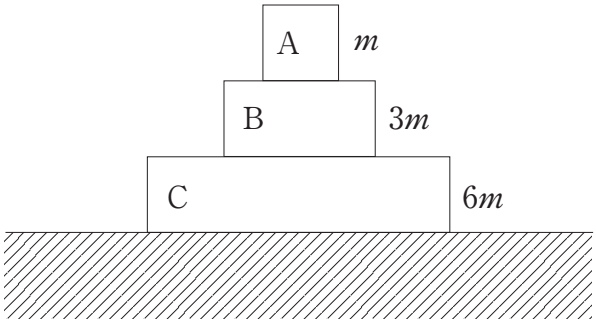
物　理

【問題１】次の問１から問５について，それぞれ指定されたように答えなさい．

（解答番号 $\boxed{1}$ − $\boxed{5}$）

問１　図のように，水平な床の上に，質量 m，$3m$，$6m$ の物体 A，B，C が重ねて置かれ，静止している．物体 B に物体 A が及ぼす力の大きさを F_1，物体 B に物体 C が及ぼす力の大きさを F_2 とする．力の大きさの比 $\frac{F_1}{F_2}$ として最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

$\boxed{1}$



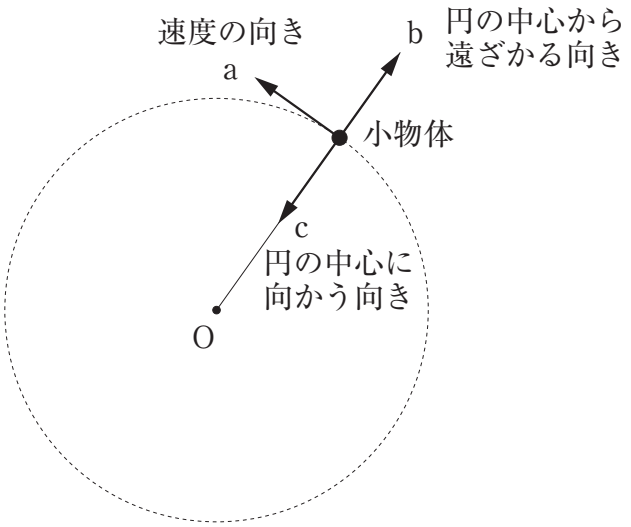
図

① 1　　② 2　　③ 3　　④ 4

⑤ $\frac{1}{2}$　　⑥ $\frac{1}{3}$　　⑦ $\frac{1}{4}$　　⑧ $\frac{3}{4}$

問２　図のように，原点Ｏにひもの一端が固定されており，その他端には小物体が取り付けられている．小物体が，原点Ｏを含むなめらかな水平面上を反時計回りに等速円運動している．このとき，静止している観測者から見た小物体の加速度と，小物体がひもから受ける力について述べた文として，最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．ただし，選択肢文中のａ，ｂ，ｃは図に示されている．

2

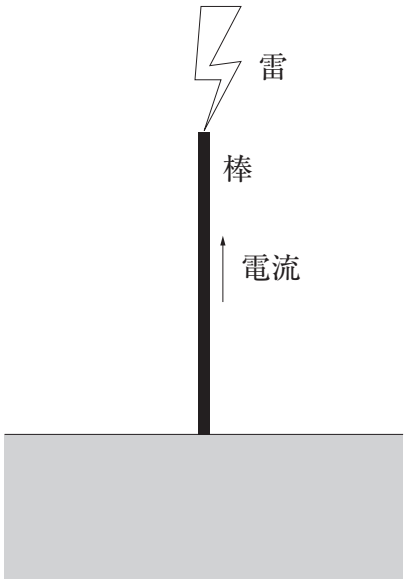


図

① 加速度の大きさは０であり，力の向きはａである．
② 加速度の大きさは０であり，力の向きはｂである．
③ 加速度の大きさは０であり，力の向きはｃである．
④ 加速度と力の大きさは，ともに０である．
⑤ 加速度と力の向きは，ともにａである．
⑥ 加速度と力の向きは，ともにｂである．
⑦ 加速度と力の向きは，ともにｃである．
⑧ 加速度の向きはｃ，力の向きはｂである．

問３　落雷とは，積乱雲の下部（負に帯電している）と地表の間で放電が起こることによって電流が流れる現象である．立ち木への落雷現象を，図のように棒を伝わって電流が流れたものとして考える．ある落雷で，1×10^{3}A の一定の電流が，1×10^{-2} s の時間の間，流れたとする．棒の中で電流が流れていた部分の電気抵抗は $1\times10^{4}\,\Omega$ である．この落雷の間に棒で消費された電気エネルギーはいくらか．最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

3

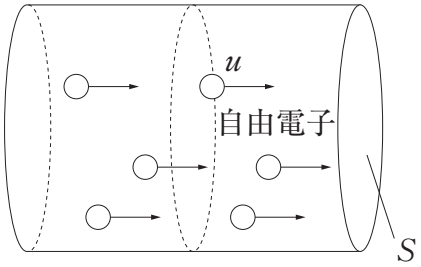


図

① 1×10^{4} J　② 1×10^{5} J　③ 1×10^{6} J
④ 1×10^{7} J　⑤ 1×10^{8} J　⑥ 1×10^{9} J

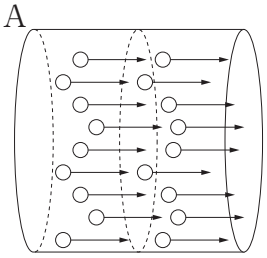
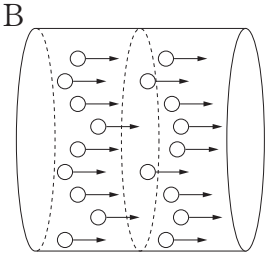
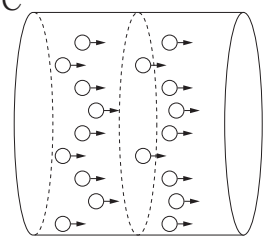
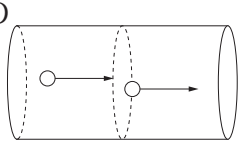
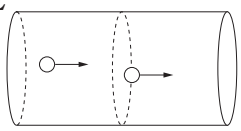
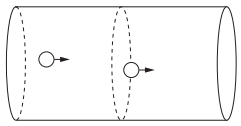
問４　円柱状の金属導線を流れる電流の大きさは，導線の断面を単位時間に通過する自由電子の電気量の総和である．図は，断面積 S の導線の一部分であり，自由電子が平均としてすべて一定の速さ u で同じ向きに進んでいる様子を模式的に表している．下の表は，導線の断面積が $3S$，$\frac{S}{3}$ の２通り，自由電子の速さが $3u$，u，$\frac{u}{3}$ の３通りからなる６通りの組合せを示している．ただし，導線内の単位体積あたりの自由電子の個数はすべて図と同じである（描かれている自由電子の数や矢印の長さは大小関係だけを表し，正確な比率を示すものではない）．表の A～F のうち，電流の大きさが図と同じになるのはどれか．正しいものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

4



図

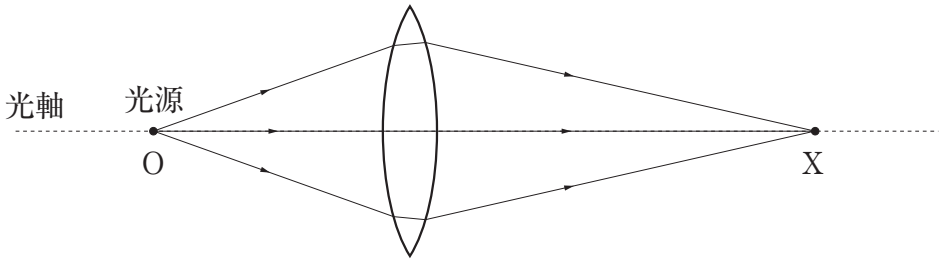
表

		自由電子の速さ		
		$3u$	u	$\frac{u}{3}$
導線の断面積	$3S$	A 	B 	C 
	$\frac{S}{3}$	D 	E 	F 

① A のみ　② B のみ　③ C のみ　④ D のみ　⑤ E のみ　⑥ F のみ
⑦ A と F　⑧ C と D　⑨ B と E　⓪ なし

問５　レンズは，プリズムと同様に光の屈折を利用している．光線は空気とガラスの境界面で屈折するが，このとき光の色によってわずかに屈折角が異なる．空気に対するガラスの屈折率は，青色の光の方が赤色の光よりも大きい．図のように凸レンズの光軸上の点Ｏに青色単色光の光源を置いたところ，光軸上の点Ｘに実像ができた．次に，青色単色光の光源のかわりに赤色単色光の光源を点Ｏに置いた．このとき観察される現象として最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

5



図

① 点Ｘに実像ができる．
② 点Ｘよりもレンズから遠い光軸上の点に実像ができる．
③ 点Ｘとレンズとの間の光軸上の点に実像ができる．
④ 点Ｘよりもレンズから遠い光軸上の点，および点Ｘとレンズとの間の光軸上の点の２点に実像ができる．

【問題２】次の文章を読んで，問１と問２に答えなさい．

（解答番号　6 － 7 ）

図１のように，同じ大きさのプラスチック製の筒（メガホン）を二つ用意し，それぞれメガホン A，B とする．メガホン A，B の小さな開口部に，同じ長さで同じ太さのホースを接続し，ホースの他端を束ねて筒 C に接続する．メガホン A，B の大きな開口部に入った音は，筒 C で重ね合わさり，筒 C の開口部から出て来る．筒 C の開口部の近くにマイクを置き，出て来た音の大きさを測定する．ただし，メガホンは十分に広い角度から来る音を拾うように作られており，マイクには筒 C 以外からの音は入らないようにしてあるものとする．

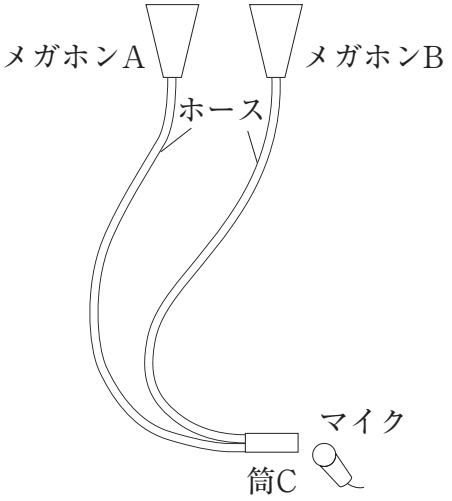


図１

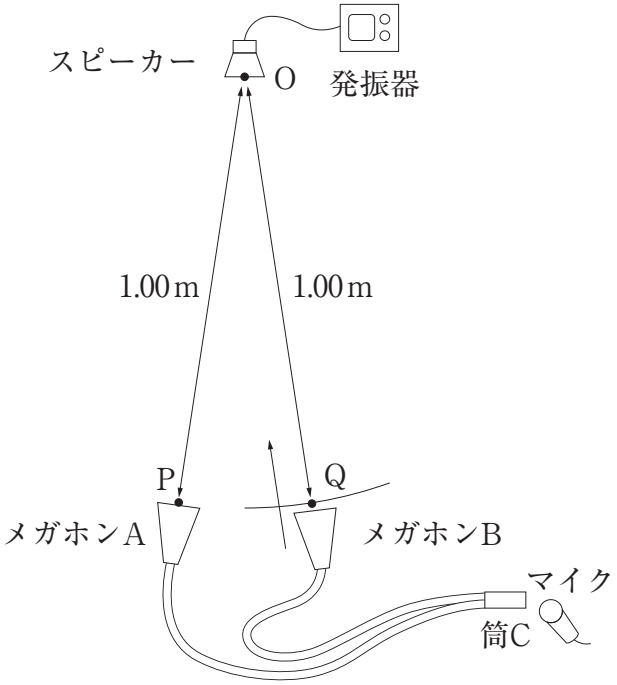


図２

問１　図２のように，点Ｏに置かれたスピーカーから振動数 1700 Hz の音を出す．メガホンＡを点Ｏから 1.00 m の点Ｐに固定し，メガホンＢを点Ｏから 1.00 m より少し離れた位置に置く．この位置からメガホンＢをゆっくり点Ｏに向かって近づけていったところ，筒Ｃから出てくる音が次第に大きくなり，点Ｏから 1.00 m の点Ｑを過ぎると，逆に音が小さくなっていった．さらにメガホンＢを点Ｏに向かって近づけていくと，ある点Ｒから再び音が大きくなりはじめた．距離 OR はいくらか．最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．ただし，音速を 340 m/s とする．

6

① 0.50 m　② 0.60 m　③ 0.70 m　④ 0.75 m
⑤ 0.80 m　⑥ 0.90 m　⑦ 0.95 m

問２　次に，図３のように，メガホンＡ，Ｂの位置を点Ｏから 1.00 m の点Ｐ，Ｑに固定した．PQ 間の距離は 50 cm とする．点Ｏ，Ｐ，Ｑのつくる平面内で，点Ｏを原点として，PQ に平行に x 軸をとり，x 軸に垂直に y 軸をとる．原点Ｏから 30 cm の距離にある x 軸上および y 軸上の点をそれぞれ，X_1，X_2，および，Y_1，Y_2 とする．

1700 Hz の音を出すスピーカーの位置を少しずつ変え，筒Ｃから出てくる音の大きさの変化を調べた．スピーカーの位置を x 軸に沿って点 X_1 から点 X_2 に徐々に変えた場合と，y 軸に沿って点 Y_1 から点 Y_2 に徐々に変えた場合の，筒Ｃから出て来る音の大きさの記述の組合せとして最も適当なものを，下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

7

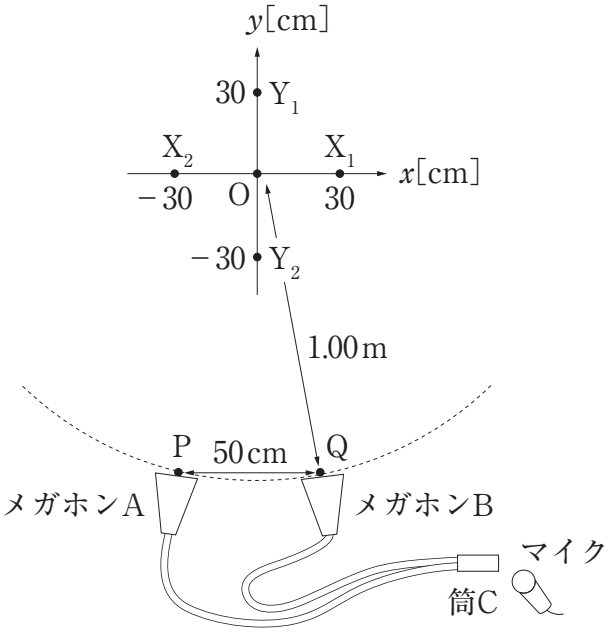


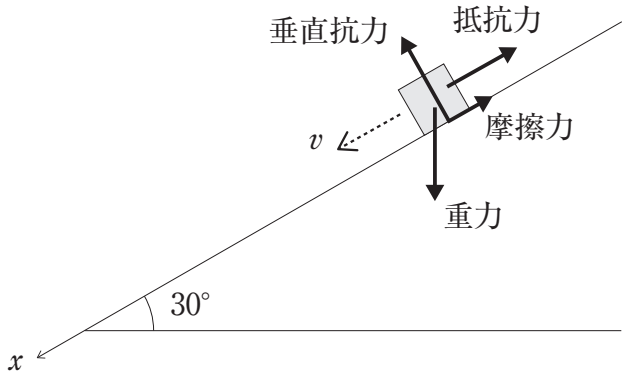
図 3

	点X_1 → 点X_2	点Y_1 → 点Y_2
①	変わらない.	原点Oで最小となる.
②	変わらない.	原点Oで最大となる.
③	変わらない.	徐々に大きくなる.
④	原点Oで最小となる.	原点Oで最小となる.
⑤	原点Oで最小となる.	原点Oで最大となる.
⑥	原点Oで最小となる.	徐々に大きくなる.
⑦	原点Oで最大となる.	原点Oで最小となる.
⑧	原点Oで最大となる.	原点Oで最大となる.
⑨	原点Oで最大となる.	徐々に大きくなる.

【問題 3】 次の文章を読み，問 1 から問 3 に答えなさい．

（解答番号 $\boxed{8}$ − $\boxed{10}$）

水平面に対する傾角 30° の傾斜をもつ長い台が床に固定されている．この斜面の上に質量 m の小物体をおいて，静かに手を離したところ，小物体は斜面に沿ってすべり落ち始めた．小物体には重力，斜面からの垂直抗力と摩擦力，および空気から受ける抵抗力がはたらいている．空気から受ける抵抗力は，小物体の速度とは逆向きに作用する力で，その大きさは速さに比例し，その比例係数を k とする．図のように，小物体が運動する斜面上の直線を x 軸に取り，下向きを x 軸の正の向きとする．重力加速度の大きさを g とし，小物体と斜面の間の動摩擦係数は $\dfrac{1}{2\sqrt{3}}$ とする．



図

問 1　小物体に x 方向に作用する力の式として正しいものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．ただし，小物体の速度を v とする．

$\boxed{8}$

① $mg - kv$　② $mg + kv$　③ $\dfrac{1}{4}mg - kv$　④ $\dfrac{1}{4}mg + kv$

⑤ $\dfrac{3}{4}mg - kv$　⑥ $\dfrac{3}{4}mg + kv$　⑦ $\dfrac{\sqrt{3}}{4}mg - kv$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}}{4}mg + kv$

問２　小物体がすべり落ち始めてから十分時間が経過すると，小物体の速度はほぼ一定になった．このときの速度として最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

9

① 0　② $\frac{1}{4k}mg$　③ $\frac{1}{2k}mg$　④ $\frac{3}{4k}mg$

⑤ $\frac{1}{4\sqrt{3}k}mg$　⑥ $4kmg$　⑦ $\frac{4}{3}kmg$　⑧ $\frac{4\sqrt{3}}{3}kmg$

問３　小物体がほぼ等速直線運動をするようになったとき，斜面の摩擦力と空気の抵抗力の合力が単位時間にする仕事の大きさはいくらか．最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

10

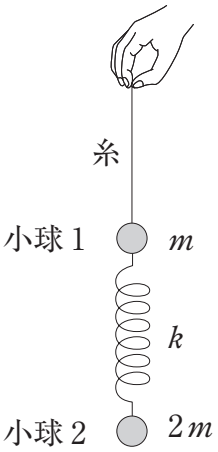
① 0　② $\frac{(mg)^2}{k}$　③ $\frac{(mg)^2}{2k}$　④ $\frac{(mg)^2}{4k}$　⑤ $\frac{(mg)^2}{8k}$

⑥ $\frac{(mg)^2}{\sqrt{3}k}$　⑦ $\frac{(mg)^2}{2\sqrt{3}k}$　⑧ $\frac{(mg)^2}{4\sqrt{3}k}$　⑨ $\frac{(mg)^2}{8\sqrt{3}k}$

【問題 4】 次の文章を読み，問 1 と問 2 に答えなさい．

（解答番号 $\boxed{11}$ − $\boxed{12}$）

図のように，質量 m と $2m$ の小球 1，2 をばね定数 k の軽いばねでつなぎ，軽い糸を小球 1 に取り付けて，全体をつり下げ静止させた．ただし，重力加速度の大きさを g とする．



図

問 1　この状態で，ばねは自然の長さより s だけ伸びており，糸が小球 1 を引く張力の大きさは T である．s と T を表す式の組合せとして正しいものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

$\boxed{11}$

	s	T
①	$\dfrac{mg}{2k}$	$3mg$
②	$\dfrac{mg}{2k}$	mg
③	$\dfrac{mg}{k}$	$3mg$
④	$\dfrac{mg}{k}$	mg
⑤	$\dfrac{2mg}{k}$	$3mg$
⑥	$\dfrac{2mg}{k}$	mg

問２　その後，糸を静かに離す．離した直後の，小球１，２それぞれの加速度の大きさ a_1，a_2 を表す式の組合せとして正しいものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

12

	a_1	a_2
①	g	$3g$
②	g	$2g$
③	g	0
④	$3g$	$3g$
⑤	$3g$	$2g$
⑥	$3g$	0

【問題 5】 次の文章を読み，問 1 から問 2 に答えなさい．

（解答番号 13 － 15）

図 1 のように，抵抗値が 10 Ω と 20 Ω の抵抗，抵抗値 R を自由に変えられる可変抵抗，電気容量が 0.10 F のコンデンサー，スイッチおよび起電力 6.0 V の内部抵抗が無視できる直流電源からなる回路がある．最初，スイッチは開いており，コンデンサーは充電されていないとする．

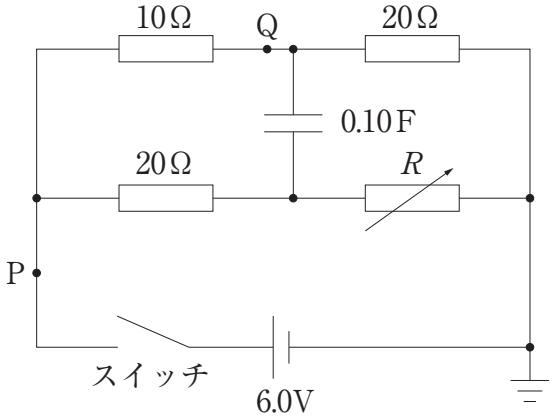


図 1

問 1　可変抵抗の抵抗値を $R = 20$ Ω に設定する．スイッチを閉じた瞬間はコンデンサーに電荷は蓄えられていないので，コンデンサーの両端の電位差は 0 V である．スイッチを閉じた瞬間の回路と同じ回路とみなせるものは図 2 の（ア），（イ）のどちらか．また，スイッチを閉じた瞬間に点 Q を流れる電流の大きさはいくらか．両者の答えの組合せとして最も適当なものを下のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

13

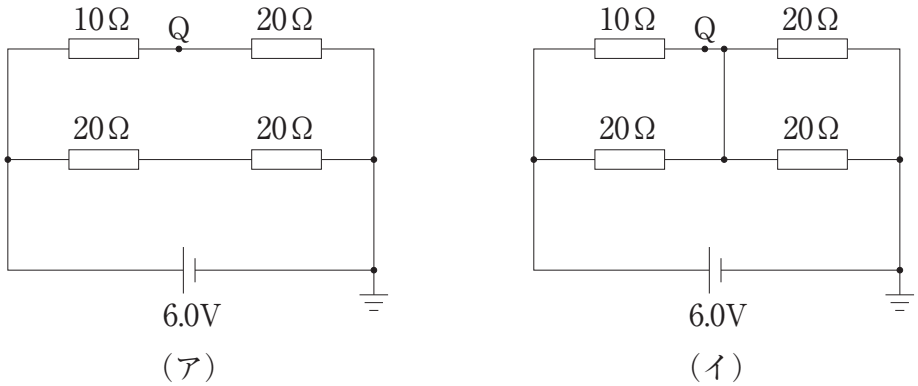


図 2

	回路	電流
①	（ア）	0.15 A
②	（ア）	0.18 A
③	（ア）	0.20 A
④	（ア）	0.24 A
⑤	（ア）	0.30 A
⑥	（イ）	0.15 A
⑦	（イ）	0.18 A
⑧	（イ）	0.20 A
⑨	（イ）	0.24 A
⓪	（イ）	0.30 A

問２　次の文章中の空欄 $\boxed{\ 14\ }$，$\boxed{\ 15\ }$ に入れる数値として最も適当なものを，下の解答群のうちから一つずつ選び，番号で答えなさい．ただし，同じものを繰り返し選んでもよい．

可変抵抗の抵抗値は $R=20\ \Omega$ にしたまま，スイッチを閉じて十分に時間が経過すると，コンデンサーに流れ込む電流は０となる．このとき，図１の点Ｐを流れる電流の大きさは $\boxed{\ 14\ }$ Ａで，コンデンサーに蓄えられた電気量は $\boxed{\ 15\ }$ Ｃであった．

解答群

① 0.10　② 0.15　③ 0.20　④ 0.25　⑤ 0.30

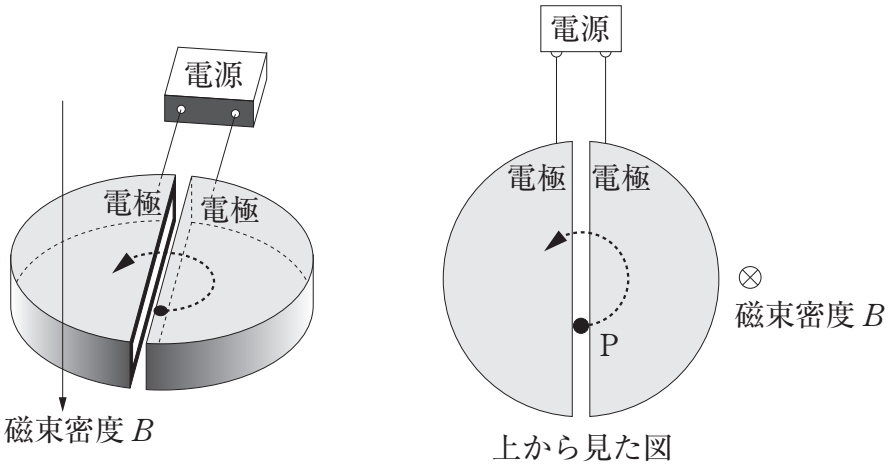
⑥ 0.35　⑦ 0.40　⑧ 0.45　⑨ 0.50　⓪ 0.55

【問題 6】 次の文章を読み，問 1 と問 2 に答えなさい．

（解答番号 16 － 17）

図のように，真空中で荷電粒子を加速する円型の装置を考える．この装置には，内部が中空で半円型の二つの電極が狭い間隔で向かい合わせて水平に設置され，それらの間に電圧をかけることができる．全体に一様で一定の磁束密度 B の磁場が鉛直下向きにかかっている．

質量 m，正電荷 q をもつ粒子が，図の点 P から右向きに入射され，中空電極内では磁場による力のみを受けて円運動を行い，半周ごとに電極間を通過する．電極間の電場の向きは粒子が半周するたびに反転して，電極間を通過する粒子は，大きさ V の電圧で常に加速されるものとする．



図

問 1　運動エネルギー E_0 をもつ粒子が電極内に入射し，電極間を n 回通過した．そのとき，粒子のもつ運動エネルギーを表す式として最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

16

① nqV　　② $\dfrac{nV}{q}$　　③ nqV^2

④ $nqV+E_0$　　⑤ $\dfrac{nV}{q}+E_0$　　⑥ nqV^2+E_0

問２　粒子が電極間を n 回通過した後の粒子のもつ運動エネルギーを E_n とする．そのときの粒子の速さ v と円運動の半径 r を表す式の組合せとして最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

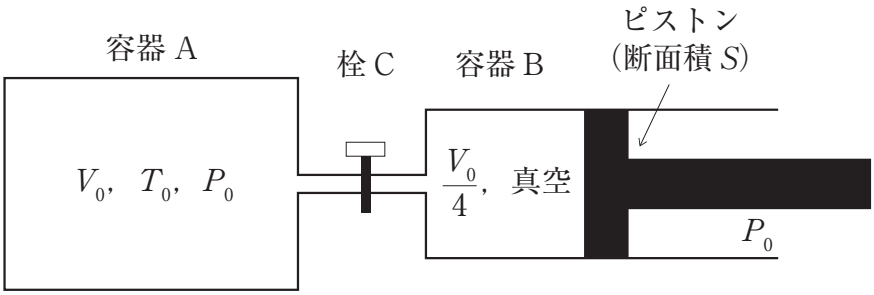
17

	速さv	円運動の半径r
①	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{mv}{qB}$
②	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{mB}{qv}$
③	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{qvB}{m}$
④	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{mv}{qB}$
⑤	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{mB}{qv}$
⑥	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{qvB}{m}$

【問題７】次の文章を読み，問１から問３に答えなさい．

（解答番号 $\boxed{18}$ － $\boxed{20}$）

図のように，栓Ｃが付いた細い管で繋がれた二つの円筒容器Ａ，Ｂがある．左の容器Ａの体積は V_0 で，右の容器Ｂには，なめらかに動く断面積 S のピストンが取り付けられている．はじめ，栓Ｃは閉じられており，容器Ａには温度 T_0 で外部と同じ圧力 P_0 の気体が入っている．また，容器Ｂの内部は真空であり，体積が $\frac{V_0}{4}$ となるようにピストンが固定されている．ただし，円筒容器，栓，ピストンは熱を通さず，細い管の体積は無視してよいものとする．



図

問１　ピストンの位置を保ったまま栓Ｃを開くと，気体が容器Ａ，Ｂ全体に一様に広がり，温度は変化しなかった．この過程に関する記述として正しいものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

$\boxed{18}$

① 気体は外部に対して仕事をせず，気体の圧力は減少した．
② 気体は外部に対して仕事をせず，気体の圧力は変化しなかった．
③ 気体は外部に対して仕事をせず，気体の圧力は増加した．
④ 気体は外部に対して仕事をし，気体の圧力は減少した．
⑤ 気体は外部に対して仕事をし，気体の圧力は変化しなかった．
⑥ 気体は外部に対して仕事をし，気体の圧力は増加した．

問２　問１で気体が一様に広がった後も，ピストンの位置を一定に保つために，人がピストンに加えなければならない力はいくらか．正しいものを次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．ただし，力は右向きを正とする．

19

① $\frac{P_0}{5}$　② $\frac{4P_0}{5}$　③ $-\frac{P_0}{5}$　④ $-\frac{4P_0}{5}$

⑤ $\frac{P_0S}{5}$　⑥ $\frac{4P_0S}{5}$　⑦ $-\frac{P_0S}{5}$　⑧ $-\frac{4P_0S}{5}$

問３　続いて，ピストンをゆっくり動かして容器Ｂ内の気体を容器Ａにすべて戻した．このとき，気体の温度 T_1，圧力 P_1 は T_0，P_0 に比べてどのようになるか．正しいものを次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

20

① $T_1 > T_0$，$P_1 < P_0$　② $T_1 < T_0$，$P_1 > P_0$　③ $T_1 > T_0$，$P_1 > P_0$

④ $T_1 < T_0$，$P_1 < P_0$　⑤ $T_1 = T_0$，$P_1 = P_0$