物　　理

（解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{23}$）

第1問　次の問い(**問**1～5)に答えよ。(配点　25)

問 1　次の文章中の空欄 $\boxed{1}$ ・ $\boxed{2}$ に入れる式として最も適当なものを，それぞれの直後の $\{\quad\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

図1のように，紙面内に点 O($x=0$，$y=0$) を原点として x 軸，y 軸をとり，x 軸上の $x=a$ と $x=-a$ に紙面に垂直な長い導線を設置し，紙面の裏から表の向きにともに強さ I の等しい電流を流した。このとき，点 O における磁場(磁界)の強さは $\boxed{1}$ $\left\{ ①\ 0 \quad ②\ \dfrac{I}{2\pi a} \quad ③\ \dfrac{I}{\pi a} \right\}$ であり，点 A($x=2a$，$y=0$) における磁場の強さは $\boxed{2}$ $\left\{ ①\ \dfrac{I}{3\pi a} \quad ②\ \dfrac{2I}{3\pi a} \quad ③\ \dfrac{4I}{3\pi a} \right\}$ である。

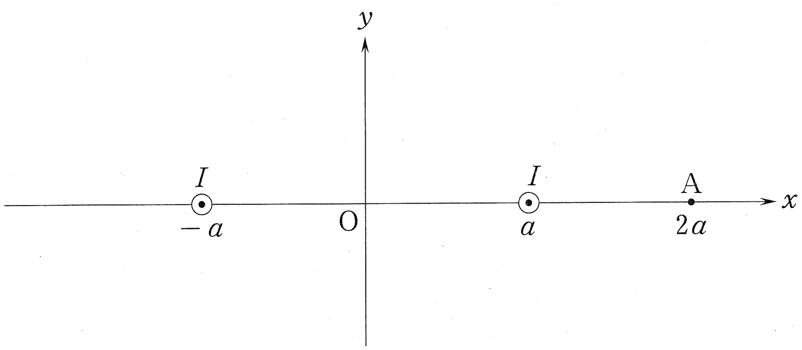


図　1

物　理

問 2　図2のように，半径 R の地球の表面から地表に垂直方向に初速 v_0 で小物体を打ち出すと，地表から高さ R の位置まで物体は上昇した。v_0 を表す式として正しいものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，万有引力定数を G，地球の質量を M，小物体の質量を m とすると，地球の中心から距離 $r\,(r \geqq R)$ の位置に物体があるとき，万有引力による位置エネルギーは，無限遠を基準として $-G\dfrac{Mm}{r}$ と表される。また，地球の自転や公転，大気の影響および他の天体の影響は無視できるものとする。$v_0 = \boxed{\ 3\ }$

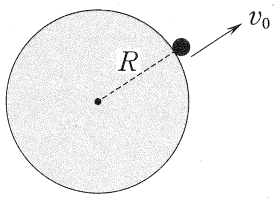


図　2

① $\dfrac{GM}{2R}$　　② $\dfrac{GM}{R}$　　③ $\sqrt{\dfrac{GM}{2R}}$　　④ $\sqrt{\dfrac{GM}{R}}$

問 3　図3のように，単スリットAと複スリットBおよびスクリーンを互いに平行に置き，単スリットAの左側に単色光の光源を置いた。破線は複スリットの垂直二等分線であり，単スリットとスクリーン上の点Oを通る。複スリットBのスリット間隔をd，複スリットBとスクリーンの距離をLとする。この装置を用いてスクリーン上に生じる干渉縞(じま)を観察した。このとき，生じる干渉縞についての記述として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，dはLに比べて十分小さく，またスリットの幅も十分小さいものとする。 $\boxed{\ 4\ }$

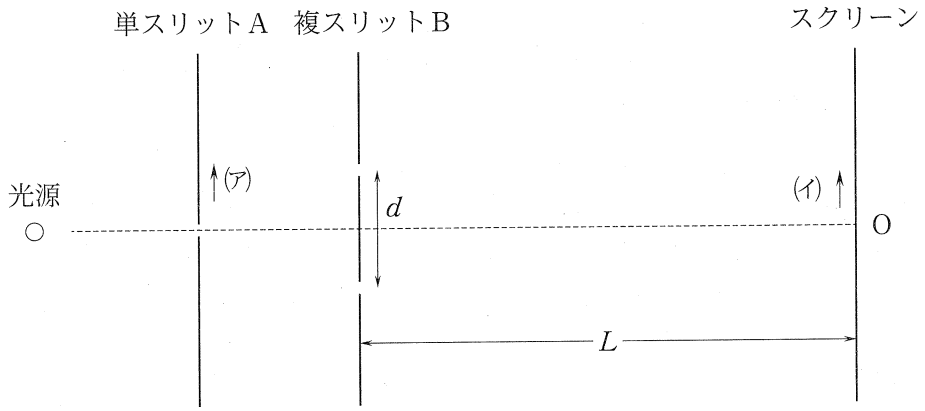


図　3

① 単スリットAを(ア)の向きにゆっくりと移動させると，スクリーン上の干渉縞は(イ)の向きへ移動する。

② 複スリットBをスクリーン側にゆっくりと移動させると，点Oの明るさは明暗を繰り返す。

③ 複スリットBをスクリーン側にゆっくりと移動させても，スクリーン上の点O付近の干渉縞の間隔は変化しない。

④ 単スリットAをスクリーン側にゆっくりと移動させても，スクリーン上の干渉縞の位置は変化しない。

物　理

問 4　図4のように，二つの抵抗と帯電していないコンデンサーに直流電源をつなぎ，電流計と電圧計が示す値を測定した。このとき，スイッチを閉じた時刻を0として，電流計が示す値(太実線)と電圧計が示す値(太破線)の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。ただし，直流電源と電流計の内部抵抗は無視でき，電圧計を流れる電流も無視できるものとする。また，グラフの縦軸の目盛りは，電流計および電圧計が示す値の最大値を1として描いてある。 $\boxed{5}$

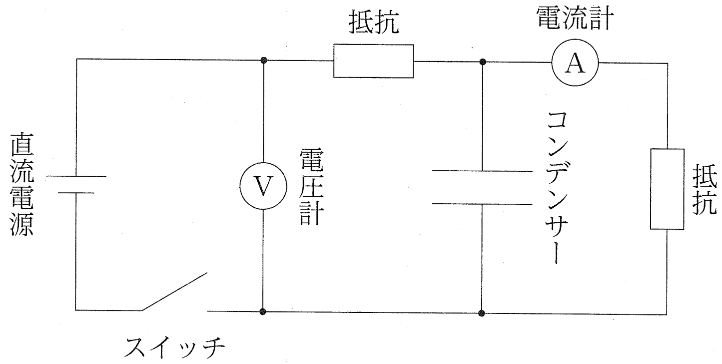
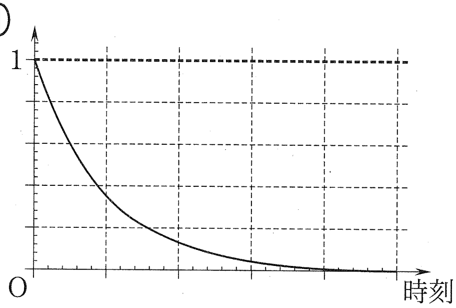
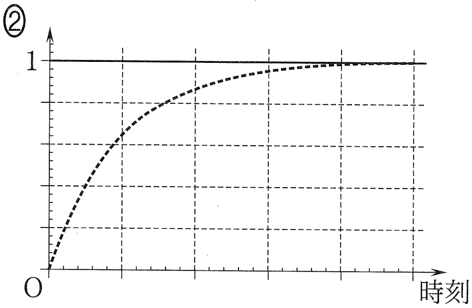


図 4

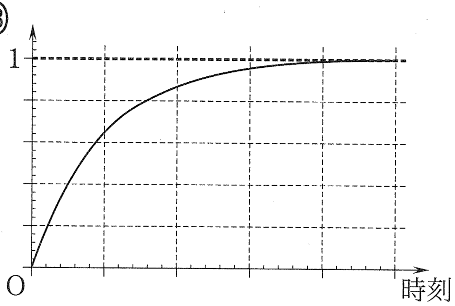
①



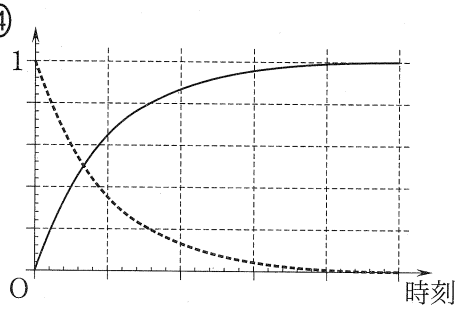
②



③



④



問 5　図5のように，200 g の水を入れた容器を用意し，ニクロム線に電圧 12 V の電源を接続して水を加熱した。温度計を用いて水温の変化を測定すると，加熱を始めてから 180 秒後に水温は 18 ℃から 24 ℃に上昇した。このとき，ニクロム線を流れた電流の値として最も適当なものを，後の①〜⑥のうちから一つ選べ。ただし，ニクロム線の抵抗は一定とし，熱の移動は水とニクロム線の間に限るものとする。水の比熱を 4.2 J/(g・K) とする。 $\boxed{\ 6\ }$ A

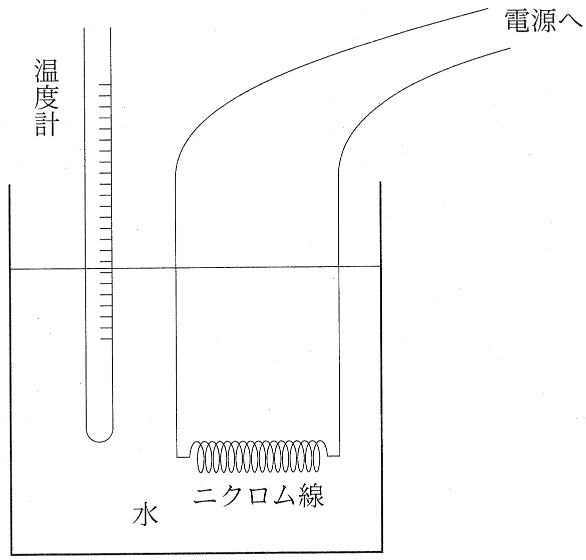


図　5

① 2.3　　② 2.7　　③ 3.1
④ 3.6　　⑤ 4.2　　⑥ 4.8

物　理

第２問　次の文章を読み，後の問い(**問１～４**)に答えよ。(配点　25)

ばね定数 k の軽いばねの一端に質量 m の小物体を取り付け，あらい水平面上に置き，ばねの他端を壁に固定した。図１のように，水平方向右向きに x 軸をとり，ばねが自然の長さのときの小物体の位置を原点Ｏとする。ただし，重力加速度の大きさを g，小物体と水平面の間の静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を $\mu'(\mu' < \mu_0)$ とする。小物体にはたらく力は x 軸の正の向きを正とする。また，空気抵抗は無視できるものとする。

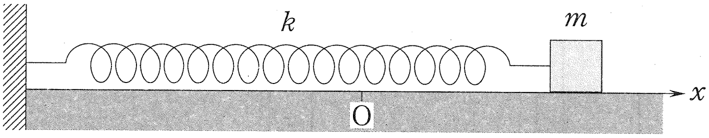


図　1

問１　$|x| \leqq d$ の位置で小物体を静かに放しても小物体は静止したままだったが，$|x| > d$ の位置で静かに放すと小物体はすべり始めた。μ_0 を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\mu_0 =$ $\boxed{7}$

① $\dfrac{k}{mg}$　　② $\dfrac{kd}{mg}$　　③ $\dfrac{kd^2}{mg}$

④ $\dfrac{k}{2mg}$　　⑤ $\dfrac{kd}{2mg}$　　⑥ $\dfrac{kd^2}{2mg}$

小物体を位置 $x=3d$ に移動し，静かに放すと小物体は x 軸負の向きにすべり始めた。そして $x<0$ のある位置でいったん静止した。この間の小物体の運動を「運動a」とする。

問 2 次の文章中の空欄 $\boxed{\ 8\ }$・$\boxed{\ 9\ }$ に入れる式として最も適当なものを，それぞれの直後の $\{\quad\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

運動 a のとき，小物体は左向きにすべっているので，右向きの動摩擦力と位置 x の正負によらず $-kx$ の弾性力を受ける。そして，

$x=x_1=\boxed{\ 8\ }$ $\left\{ ①\ 0 \quad ②\ \dfrac{\mu' mg}{k} \quad ③\ -\dfrac{\mu' mg}{k} \right\}$ で合力が 0 になり，小物体にはたらくこれらの合力の式より，運動 a は，周期が $\boxed{\ 9\ }$ $\left\{ ①\ 2\pi\sqrt{mk} \quad ②\ 2\pi\sqrt{\dfrac{k}{m}} \quad ③\ 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}} \right\}$，振動中心が x_1 の単振動の半周期分であることがわかる。

運動 a を行い，いったん静止した後，小物体は x 軸正の向きにすべり始め，その後 $x>0$ のある位置でいったん静止した。運動 a を行った後のこの運動を「運動 b」とする。

問 3 小物体が運動 b を行っているときに，位置 x ではたらく合力を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{\ 10\ }$

① $-kx$　　② kx　　③ $-kx-\mu' mg$

④ $-kx+\mu' mg$　　⑤ $kx-\mu' mg$　　⑥ $kx+\mu' mg$

物　理

問 4　次の文章中の空欄 $\boxed{11}$ ～ $\boxed{13}$ に入れる文として最も適当なものを，それぞれの直後の $\left\{\quad\right\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

運動 a および運動 b についての運動方程式から，x 軸負方向に運動するときと，x 軸正方向に運動するときで動摩擦力の向きだけが変わるので，単振動の振動中心の x 座標は，

$\boxed{11}$
① どちらの場合も $x=0$ である。
② 符号のみ変わる。
③ 符号と原点からの距離が変わる。

また，単振動の半周期は $\boxed{12}$
① どちらの場合も同じ値である。
② 運動 a のほうが長い値である。
③ 運動 b のほうが長い値である。

さらに，単振動の振幅は $\boxed{13}$
① どちらの場合も同じ値である。
② 運動 a のほうが大きい値である。
③ 運動 b のほうが大きい値である。

（下 書 き 用 紙）

物理の試験問題は次に続く。

物　理

第3問　次の文章(**A**・**B**)を読み，後の問い(**問1～5**)に答えよ。(配点　25)

A　単原子分子理想気体の状態を図1のように変化させた。過程Ⅰは圧力 P_0，体積 V_0 の状態Aから体積一定で圧力が状態Aの2倍の状態Bに変化させ，過程Ⅱは状態Aから圧力が体積に比例するように圧力および体積がともに状態Aの $\dfrac{3}{2}$ 倍の状態Cに変化させ，過程Ⅲは状態Aから圧力一定で体積が状態Aの2倍の状態Dに変化させる。

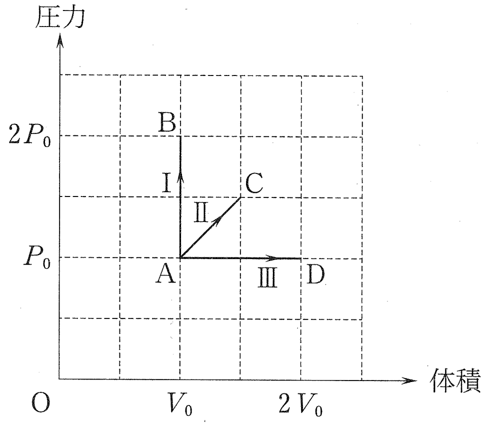


図　1

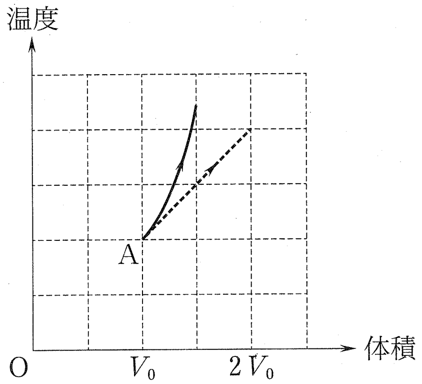
問1　過程Ⅰ，Ⅲで気体が吸収した熱量をそれぞれ，Q_1，Q_3 とする。$Q_3 - Q_1$ の値を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\boxed{14}$

① P_0V_0　　② $\dfrac{3}{2}P_0V_0$　　③ $2P_0V_0$

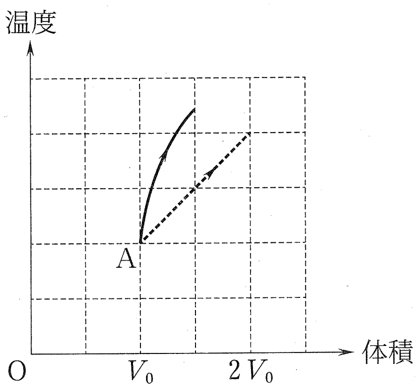
④ $\dfrac{5}{2}P_0V_0$　　⑤ $3P_0V_0$　　⑥ $4P_0V_0$

問 2　過程Ⅱの変化の様子を横軸に体積，縦軸に絶対温度をとったグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，過程Ⅲの変化を比較のために太破線で表してある。 $\boxed{15}$

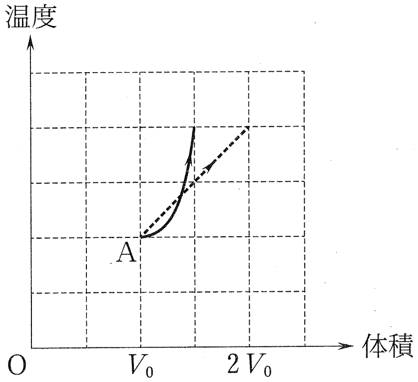
①



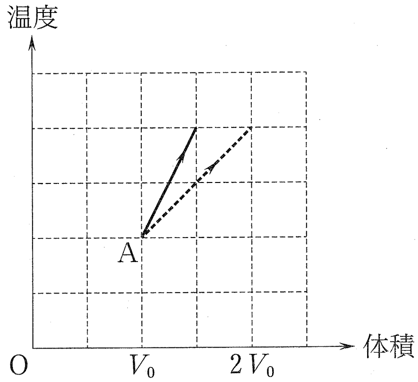
②



③



④



B　図2のように，凸レンズの左側に物体を置いたときに生じる像について考察する。図3は凸レンズの中心から物体までの距離を a〔cm〕，像の位置を凸レンズの右側に b〔cm〕として両者の関係を表したグラフである。凸レンズの右側に像が生じるときは $b>0$，凸レンズの左側に像が生じるときは $b<0$ とする。図3の直線 $a=5$ や直線 $b=5$ は，それぞれ b や a が限りなく大きくなったときのグラフが近づいていく直線(漸近線)を表している。

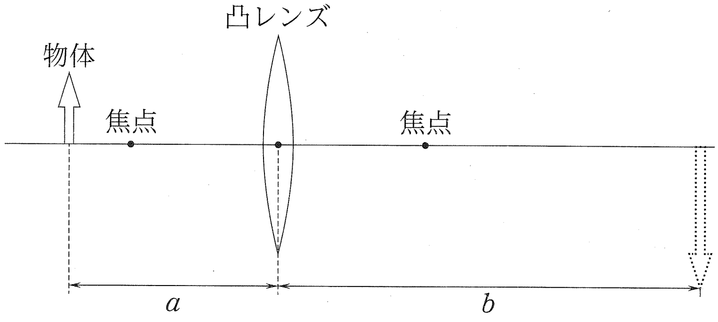


図　2

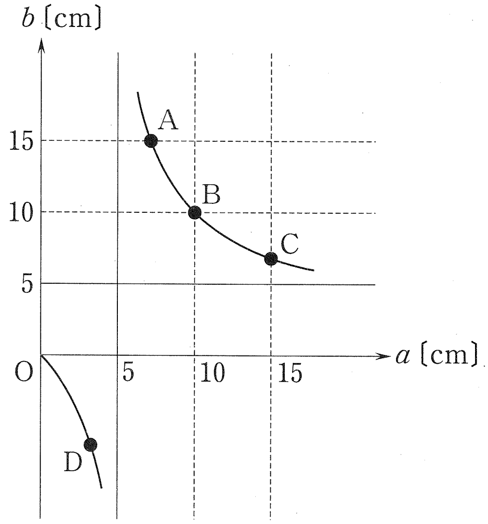


図　3

問 3　凸レンズの焦点距離 f の値として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$f=$ $\boxed{16}$ cm

① 2.5	② 5	③ 7.5
④ 10	⑤ 12.5	⑥ 15

問 4　図 3 に示した A～D の点では，それぞれどのような像が生じているか。その文章として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。$\boxed{17}$

① A では倍率が 1 より小さい倒立の実像が生じている。
② B では倍率が 1 の倒立の実像が生じている。
③ C では倍率が 1 より大きい正立の実像が生じている。
④ D では倒立の虚像が生じている。

問 5　図 2 の凸レンズを焦点距離 5 cm の凹レンズに取り換える。物体の位置を $a=10$ cm の所から凹レンズの位置までゆっくりと近づける。このとき，生じる像と倍率はどのようになるか。その文章として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。$\boxed{18}$

① 倒立の実像が生じ，倍率はしだいに小さくなる。
② 正立の虚像が生じ，倍率はしだいに小さくなる。
③ 倒立の実像が生じ，倍率はしだいに大きくなる。
④ 正立の虚像が生じ，倍率はしだいに大きくなる。

物　理

第4問　次の文章を読み，後の問い(**問**1～4)に答えよ。(配点　25)

電場(電界)，磁場(磁界)中での荷電粒子の運動を考える。図1のように，xy 平面上の $0 \leqq y \leqq d$ の領域に，強さ E の一様な電場を y 軸正の向きにかけ，$y > d$ の領域には紙面に垂直に裏から表の向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場をかける。いま，質量 m，電気量 $q\,(q > 0)$ の荷電粒子が時刻 $t = 0$ において原点Oから初速度0で運動を始めた。重力の影響は無視できるものとする。

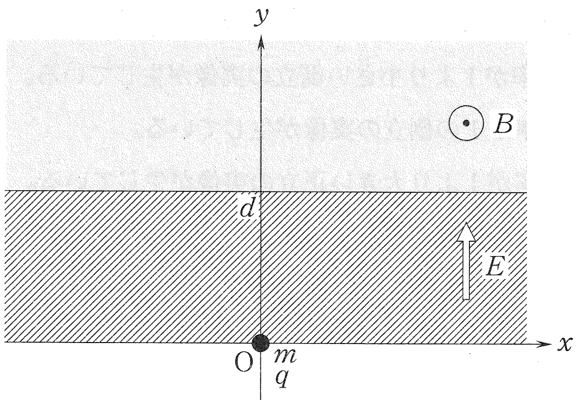


図　1

このとき，横軸を $|x|$，縦軸を y とすると，荷電粒子の運動の軌跡は図2の太実線のように表せる。

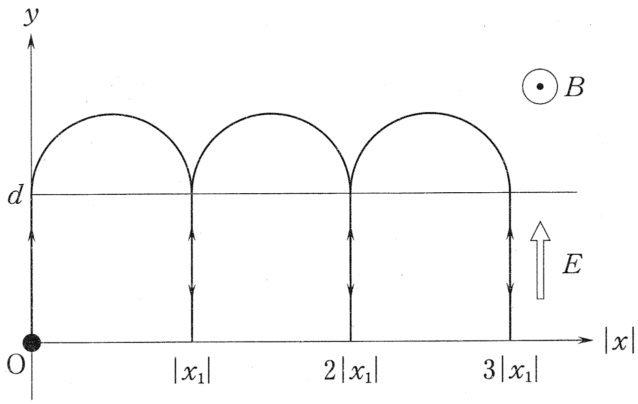


図　2

問 1　次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$・$\boxed{\text{イ}}$ に入れる式の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。$\boxed{19}$

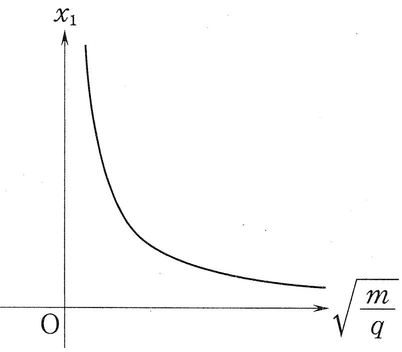
原点 O から運動を始め，$(x,\ y)=(0,\ d)$ に達したときの荷電粒子の速さ v_0 は $\boxed{\text{ア}}$ で与えられる。その後，磁場中を円運動した後，初めて速さが 0 になる座標を $(x_1,\ 0)$ とするとき，$x_1=$ $\boxed{\text{イ}}$ である。

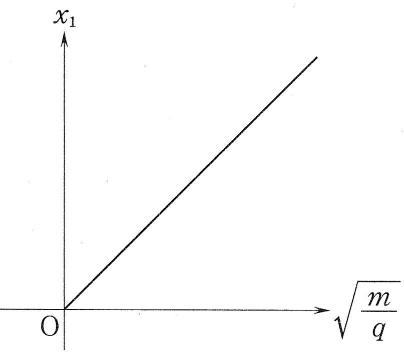
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	$\sqrt{\dfrac{qEd}{2m}}$	$\sqrt{\dfrac{qEd}{2m}}$	$\sqrt{\dfrac{qEd}{2m}}$	$\sqrt{\dfrac{qEd}{2m}}$	$\sqrt{\dfrac{2qEd}{m}}$	$\sqrt{\dfrac{2qEd}{m}}$	$\sqrt{\dfrac{2qEd}{m}}$	$\sqrt{\dfrac{2qEd}{m}}$
イ	$-\dfrac{2mv_0}{qB}$	$-\dfrac{mv_0}{qB}$	$\dfrac{mv_0}{qB}$	$\dfrac{2mv_0}{qB}$	$-\dfrac{2mv_0}{qB}$	$-\dfrac{mv_0}{qB}$	$\dfrac{mv_0}{qB}$	$\dfrac{2mv_0}{qB}$

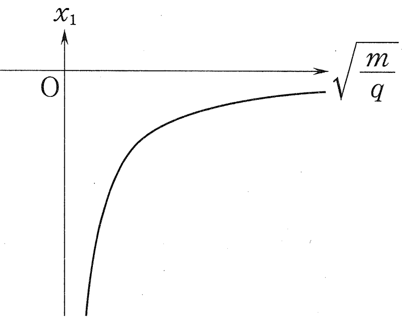
物　理

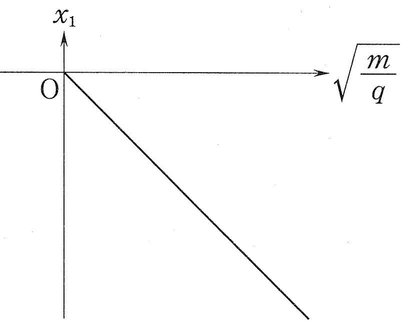
次に，荷電粒子の質量 m と電気量 $q\ (q>0)$ の大きさを変え，他の条件は同じにして同様の実験を行った。

問 2　横軸に $\sqrt{\dfrac{m}{q}}$，縦軸に x_1 をとる場合，それらの変化を表すグラフとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{20}$

①


②


③


④


再び，一定の質量 m，一定の電気量 $q\ (q>0)$ の荷電粒子の運動を考える。

問 3　次の文章中の空欄 $\boxed{21}$・$\boxed{22}$ に入れる式として最も適当なものを，それぞれの直後の $\{\quad\}$ で囲んだ選択肢のうちから一つずつ選べ。

原点Oを出発した後，N 回目に x 軸に達する時刻 $t=t_N$ を求めてみよう。ただし，N は自然数とする。$(x,\ y)=(0,\ 0)$ から $(x,\ y)=(0,\ d)$ に達するまでの時間 Δt は，荷電粒子の運動量変化を表す式

$\boxed{21}$
① $-mv_0=qE\Delta t$
② $mv_0=qE\Delta t$
③ $-mv_0=\frac{1}{2}qE\Delta t$
④ $mv_0=\frac{1}{2}qE\Delta t$

により求められる。また，$T=\dfrac{2\pi m}{qB}$ とすると，$t_N=\boxed{22}$
① $\frac{N}{2}(\Delta t+T)$
② $N\left(\frac{\Delta t}{2}+2T\right)$
③ $N\left(2\Delta t+\frac{T}{2}\right)$
④ $2N(\Delta t+T)$

と求まる。

問 4　最後に図3のように，磁場の向きを紙面に垂直で表から裏の向きに変えて，電場と磁場の大きさも変える。荷電粒子を x 軸正の向きに初速度 V_0 $(V_0>0)$ で打ち出した場合を考える。このときの荷電粒子の運動を説明する文として**適当でないもの**を，後の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{23}$

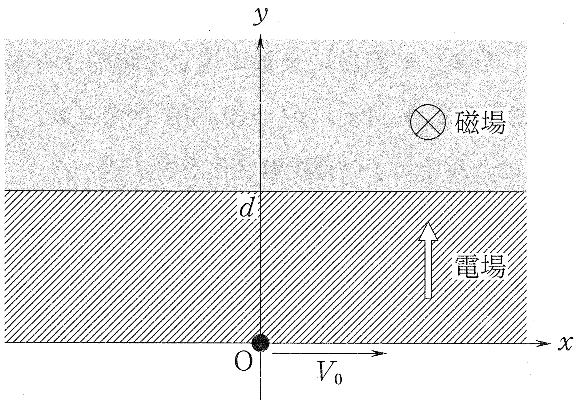


図　3

① 電場中では等加速度運動をする。

② 運動を始めてから最初に $y=d$ に達したとき，x 軸正の向きの速度成分は V_0 である。

③ $y>d$ の領域では円弧を描き，その円の中心が y 軸上にあれば，原点Oに戻ってくる。

④ $y>d$ の領域で円弧を描くことはない。