理　科

（B）

令和５年度入学試験問題

受験上の注意

1.　監督の指示により，解答用紙に受験番号（算用数字），氏名，フリガナ，解答する科目を記入し，受験番号，該当する試験日，解答する科目をマークしてください。記入については解答用紙の注意事項に従ってください。
2.　問題冊子の解答番号と解答用紙の番号を間違えないように注意してください。
3.　科目およびページは，次のとおりです。試験開始の合図があったら，まず受験する科目のページ数を確認してください。

科　目	ペ ー ジ
物　理	4 〜19
化　学	20〜26
生　物	28〜42
地　学	44〜55

4.　定規，分度器，コンパス，電卓は使用できません。
5.　受験票を試験時間中は，机上の受験番号の下に呈示しておいてください。
6.　質問，その他用件があるときは，手を上げて合図してください。
7.　試験時間中の退場は認めません。
8.　試験時間は60分です。
9.　この問題冊子は持ち帰ってください。

開始の合図があるまで開かないでください

物　理

〔 Ⅰ 〕〜〔 Ⅳ 〕の各問いに答えなさい。解答はそれぞれの問いの解答群から選び，解答用紙にその記号をマークしなさい。数値を問う問題においては，計算結果の最後の桁が解答群の値と完全に一致しない場合は，最も近い数値を選びなさい。なお，該当する解答がない場合には，記号ⓙをマークしなさい。

〔 Ⅰ 〕　図1のように，半頂角 θ の滑らかな斜面を持つ円すいの頂点Aに，長さ L[m]の伸び縮みしない軽い糸の一端を固定し，もう一端に質量 m[kg]の小球をつけたところ，小球は静止した。このとき，以下の問いに答えなさい。ただし，重力加速度の大きさを g[m/s^2]とする。また，円すいの中心軸は鉛直になっている。

［解答番号 $\boxed{\ 1\ }$ 〜 $\boxed{\ 5\ }$］

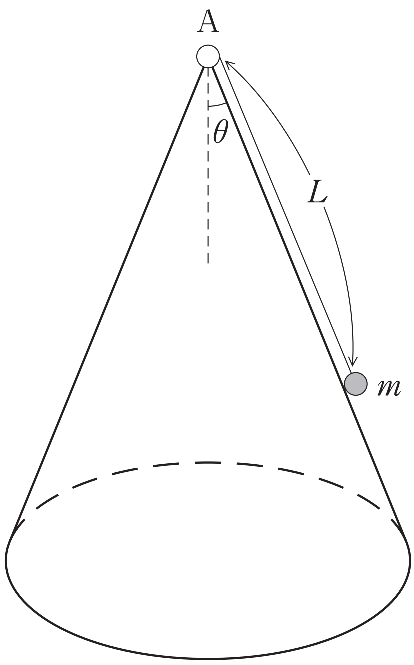

図1

⑴　糸の張力の大きさを求めよ。$\boxed{\ 1\ }$[N]

[$\boxed{\ 1\ }$の解答群]

ⓐ $\dfrac{1}{2}mg$　ⓑ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　ⓒ mg　ⓓ $mg\sin\theta$　ⓔ $mg\cos\theta$

ⓕ $mg\tan\theta$　ⓖ $\dfrac{mg}{\sin\theta}$　ⓗ $\dfrac{mg}{\cos\theta}$　ⓘ $\dfrac{mg}{\tan\theta}$

⑵　小球が円すいの斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。$\boxed{\ 2\ }$[N]

[$\boxed{\ 2\ }$の解答群]

ⓐ $\dfrac{1}{2}mg$　ⓑ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　ⓒ mg　ⓓ $mg\sin\theta$　ⓔ $mg\cos\theta$

ⓕ $mg\tan\theta$　ⓖ $\dfrac{mg}{\sin\theta}$　ⓗ $\dfrac{mg}{\cos\theta}$　ⓘ $\dfrac{mg}{\tan\theta}$

⑶　つぎに，小球を円すいの斜面に接したまま一定の角速度ω[rad/s]で円運動させた。このときの糸の張力の大きさを求めよ。$\boxed{\ 3\ }$[N]

[$\boxed{\ 3\ }$の解答群]

ⓐ $mg\sin\theta$　ⓑ $mg\cos\theta$　ⓒ $m(g+L\omega^2\sin^2\theta)$

ⓓ $m(g-L\omega^2\sin^2\theta)$　ⓔ $m(g+L\omega^2\cos^2\theta)$　ⓕ $m(g\cos\theta+L\omega^2\sin^2\theta)$

ⓖ $m(g-L\omega^2\cos\theta)\sin\theta$　ⓗ $m(g-L\omega^2\sin\theta)\sin\theta$

ⓘ $m(g\cos\theta-L\omega^2\sin^2\theta)$

⑷　上記⑶のときの，小球が円すいの斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

$\boxed{\ 4\ }$[N]

[$\boxed{\ 4\ }$の解答群]

ⓐ $mg\sin\theta$　ⓑ $mg\cos\theta$　ⓒ $m(g+L\omega^2\sin^2\theta)$

ⓓ $m(g-L\omega^2\sin^2\theta)$　ⓔ $m(g+L\omega^2\cos^2\theta)$　ⓕ $m(g\cos\theta+L\omega^2\sin^2\theta)$

ⓖ $m(g-L\omega^2\cos\theta)\sin\theta$　ⓗ $m(g-L\omega^2\sin\theta)\sin\theta$

ⓘ $m(g\cos\theta-L\omega^2\sin^2\theta)$

(5) 小球の円運動の角速度をゆっくりと増していくと，小球が円すいの斜面から離れた。小球が円すいの斜面から離れる直前の角速度を求めよ。$\boxed{5}$ [rad/s]

[$\boxed{5}$ の解答群]

ⓐ $\sqrt{gL}$　ⓑ $\sqrt{gL\sin\theta}$　ⓒ $\sqrt{gL\cos\theta}$　ⓓ $\dfrac{1}{\sin\theta}\sqrt{\dfrac{g}{L}}$

ⓔ $\dfrac{1}{\cos\theta}\sqrt{\dfrac{g}{L}}$　ⓕ $\sqrt{\dfrac{g\sin\theta}{L}}$　ⓖ $\sqrt{\dfrac{g\cos\theta}{L}}$　ⓗ $\sqrt{\dfrac{g}{L\sin\theta}}$

ⓘ $\sqrt{\dfrac{g}{L\cos\theta}}$

〔Ⅱ〕 図２のように，断熱材で覆われた２つの容器Ａ，Ｂがあり，栓Ｃのついた細い管でつながれている。容器Ａ，Ｂの容積はそれぞれ $V\,[\mathrm{m^3}]$，$2V\,[\mathrm{m^3}]$である。容器Ａにはヒーターがついており，容器内部の気体を加熱できるようになっている。はじめに，栓Ｃを閉じた状態で容器Ａ内に物質量 $n\,[\mathrm{mol}]$の単原子分子理想気体を入れ，容器Ｂ内は真空にした。容器Ａ内の気体の絶対温度は $T\,[\mathrm{K}]$であった。このとき，以下の問いに答えなさい。ただし，２つの容器をつなぐ管やヒーターの体積および熱容量は無視できるものとし，気体定数は $R\,[\mathrm{J/(mol\cdot K)}]$とする。

［解答番号 $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ ］

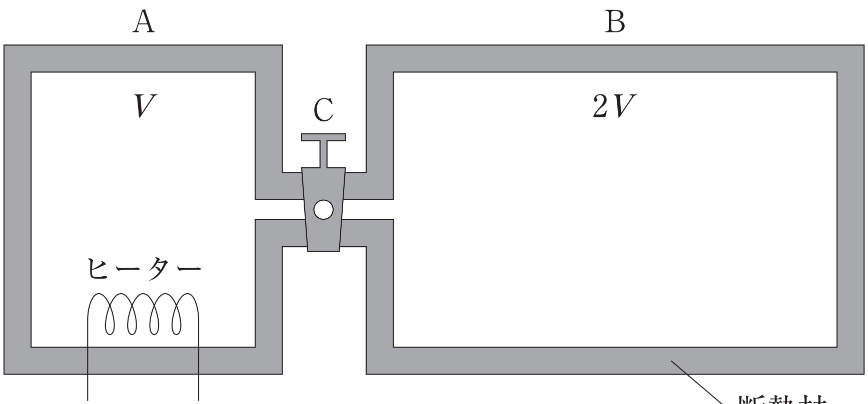

図２

(1) 容器Ａ内の気体の内部エネルギーはいくらか。$\boxed{6}$ [J]

［ $\boxed{6}$ の解答群］

ⓐ $\frac{1}{3}nRT$　ⓑ $\frac{2}{5}nRT$　ⓒ $\frac{1}{2}nRT$　ⓓ $\frac{2}{3}nRT$　ⓔ nRT

ⓕ $\frac{4}{3}nRT$　ⓖ $\frac{3}{2}nRT$　ⓗ $2nRT$　ⓘ $\frac{5}{2}nRT$

(2) つぎに，栓Cを開いてしばらくしたとき，容器内の気体の圧力はいくらか。

$\boxed{\ 7\ }$ [Pa]

[$\boxed{\ 7\ }$ の解答群]

ⓐ $\dfrac{nRT}{5V}$　ⓑ $\dfrac{nRT}{3V}$　ⓒ $\dfrac{nRT}{2V}$　ⓓ $\dfrac{nRT}{V}$　ⓔ $\dfrac{3nRT}{2V}$

ⓕ $\dfrac{2nRT}{V}$　ⓖ $\dfrac{5nRT}{2V}$　ⓗ $\dfrac{3nRT}{V}$　ⓘ $\dfrac{5nRT}{V}$

(3) 続いて，栓Cを再び閉じた後，容器A内の気体をヒーターで加熱して絶対温度を $3T$[K]にした。この間に，容器A内の気体に与えられた熱量はいくらか。

$\boxed{\ 8\ }$ [J]

[$\boxed{\ 8\ }$ の解答群]

ⓐ $\dfrac{1}{3}nRT$　ⓑ $\dfrac{2}{5}nRT$　ⓒ $\dfrac{1}{2}nRT$　ⓓ $\dfrac{2}{3}nRT$　ⓔ nRT

ⓕ $\dfrac{4}{3}nRT$　ⓖ $\dfrac{3}{2}nRT$　ⓗ $2nRT$　ⓘ $\dfrac{5}{2}nRT$

(4) つぎに，栓Cを再び開いてしばらくしたところ，容器A，B内の気体は混合して熱平衡状態に達した。このとき，容器内の気体の絶対温度はいくらか。$\boxed{\ 9\ }$ [K]

[$\boxed{\ 9\ }$ の解答群]

ⓐ T　ⓑ $\dfrac{6}{5}T$　ⓒ $\dfrac{4}{3}T$　ⓓ $\dfrac{3}{2}T$　ⓔ $\dfrac{5}{3}T$　ⓕ $\dfrac{9}{5}T$

ⓖ $2T$　ⓗ $\dfrac{5}{2}T$　ⓘ $3T$

⑸　上記⑷のとき，容器内の気体の圧力はいくらか。$\boxed{10}$ [Pa]

［$\boxed{10}$ の解答群］

ⓐ $\dfrac{nRT}{3V}$　ⓑ $\dfrac{2nRT}{5V}$　ⓒ $\dfrac{4nRT}{9V}$　ⓓ $\dfrac{nRT}{2V}$　ⓔ $\dfrac{5nRT}{9V}$

ⓕ $\dfrac{3nRT}{5V}$　ⓖ $\dfrac{2nRT}{3V}$　ⓗ $\dfrac{5nRT}{6V}$　ⓘ $\dfrac{nRT}{V}$

〔Ⅲ〕 図3(a)のように，平面ガラスの上に，球面の半径が R[m]の平凸レンズの凸面が点Cで接するように置く。真上から波長 λ[m]の単色光を照射して上方から見ると，同心円状に明暗の環が見える。これは，平凸レンズの下面で反射した光と，平面ガラスの上面で反射した光が干渉することによって生じるもので，ニュートン・リングと呼ばれる。このとき，以下の問いに答えなさい。

［解答番号 $\boxed{11}$ 〜 $\boxed{15}$］

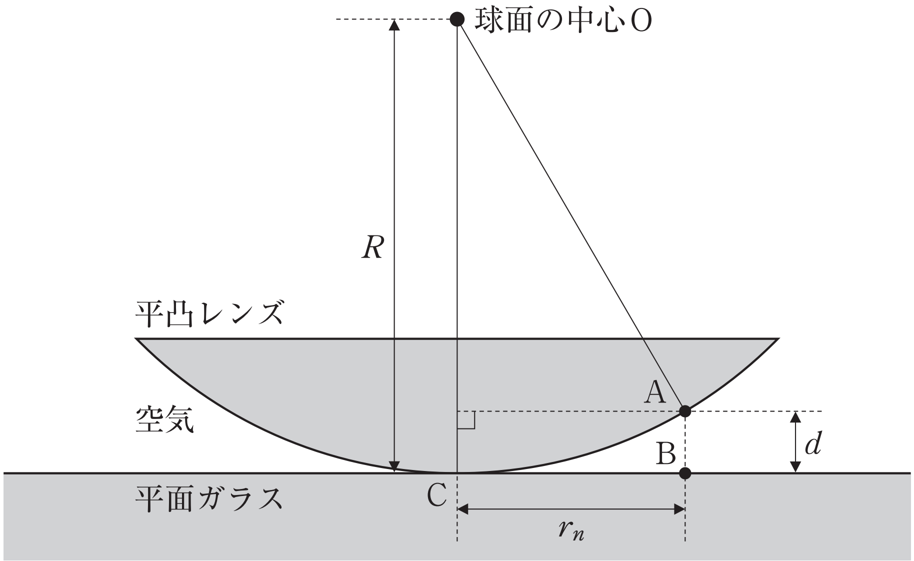

図3(a)

(1) 平凸レンズの中心部分（点C付近）を上方から観察したら，どのように見えるか。

$\boxed{11}$

［$\boxed{11}$ の解答群］

ⓐ 明るく見える　ⓑ 紫色に見える　ⓒ 青色に見える

ⓓ 黄色に見える　ⓔ 橙色に見える　ⓕ 赤色に見える

ⓖ 虹色に見える　ⓗ 暗く見える

ⓘ 無限に細かい明暗の環が集まっているように見える

⑵　平凸レンズの中心部分（点C付近）を数えないで，中心から n（$=1, 2, \cdots$）番目の暗線の半径 r_n[m]は R と AB 間の長さ d[m]で表すとどうなるか。ただし，R に比べて d は充分に小さいので，$1-\dfrac{d}{2R} \fallingdotseq 1$ と近似できる。$\boxed{12}$ [m]

[$\boxed{12}$ の解答群]

ⓐ $\sqrt{Rd}$　ⓑ $\sqrt{2Rd}$　ⓒ $\sqrt{3Rd}$　ⓓ $2\sqrt{Rd}$　ⓔ $\dfrac{1}{2}\sqrt{Rd}$

ⓕ $\dfrac{1}{3}\sqrt{Rd}$　ⓖ $\dfrac{1}{4}\sqrt{Rd}$　ⓗ $\dfrac{2}{3}\sqrt{Rd}$　ⓘ $\dfrac{3}{4}\sqrt{Rd}$

⑶　光が反射するときの位相変化について考える。点Aでの位相変化 θ_A[rad]と点Bでの位相変化 θ_B[rad]の組み合わせ（θ_A，θ_B）は，どうなるか。$\boxed{13}$

[$\boxed{13}$ の解答群]

ⓐ $(0,\ 0)$　ⓑ $\left(\dfrac{\pi}{4},\ 0\right)$　ⓒ $\left(0,\ \dfrac{\pi}{4}\right)$　ⓓ $\left(\dfrac{\pi}{2},\ 0\right)$　ⓔ $\left(0,\ \dfrac{\pi}{2}\right)$

ⓕ $(\pi,\ 0)$　ⓖ $(0,\ \pi)$　ⓗ $(\pi,\ \pi)$　ⓘ $(\pi,\ -\pi)$

⑷　暗線ができる位置において，波長 λ と暗線の番号 n を用いると，d はどうなるか。

$\boxed{14}$ [m]

[$\boxed{14}$ の解答群]

ⓐ $\dfrac{n}{8}\lambda$　ⓑ $\dfrac{n}{4}\lambda$　ⓒ $\dfrac{n}{2}\lambda$　ⓓ $n\lambda$　ⓔ $2n\lambda$

ⓕ $\dfrac{1}{8}\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　ⓖ $\dfrac{1}{4}\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　ⓗ $\dfrac{1}{2}\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　ⓘ $\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$

(5) $R=20$ m の平凸レンズを使って暗線の半径 r_n（$n=1,2,\cdots$）を測定したところ，図 3(b)を得た。この図で，横軸は n，縦軸は暗線の半径の 2 乗 $r_n{}^2$[m^2]，黒点は測定結果，実線は測定結果を最もよく説明する直線である。このとき，単色光の波長 λ はいくらか。 15

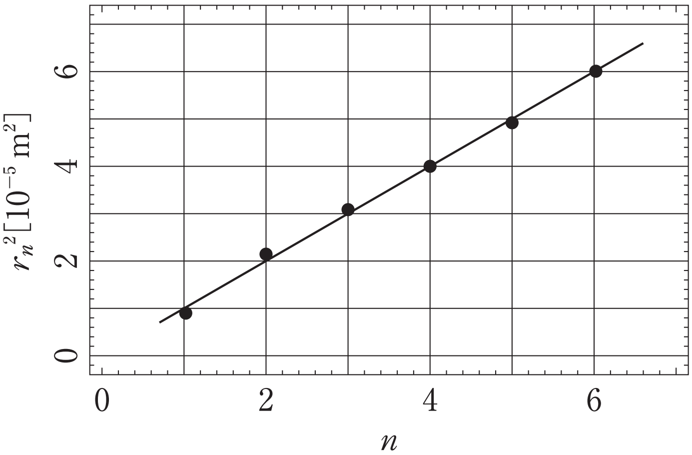

図 3(b)

[15 の解答群]

ⓐ 5.0×10^{-6} m　ⓑ 2.5×10^{-6} m　ⓒ 2.0×10^{-6} m　ⓓ 1.0×10^{-6} m

ⓔ 8.0×10^{-7} m　ⓕ 5.0×10^{-7} m　ⓖ 2.5×10^{-7} m　ⓗ 2.0×10^{-7} m

ⓘ 1.0×10^{-7} m

〔Ⅳ〕 図4(a)のように，鉛直上向きの一様な磁束密度 B[Wb/m^2]の磁場がある。水平面内に2本の導体のレールが距離 d[m]だけ離れて平行に置かれ，抵抗値 R[Ω]の抵抗に導線でつながれている。導体棒abが水平面内でレールと直交する方向に置かれていて，導体棒，レール，導線，抵抗が電気回路を構成している。導体棒は絶縁体のひもによって，滑車を介して，質量 M[kg]のおもりにつながっている。はじめ，おもりは固定されている。このとき，以下の問いに答えなさい。ただし，重力加速度の大きさは g[m/s^2]とする。導体棒やレールと導線の抵抗，導体棒やひもの質量，摩擦力は無視でき，回路を流れる電流がつくる磁場がおよぼす効果も無視できるものとする。[解答番号 16 〜 20]

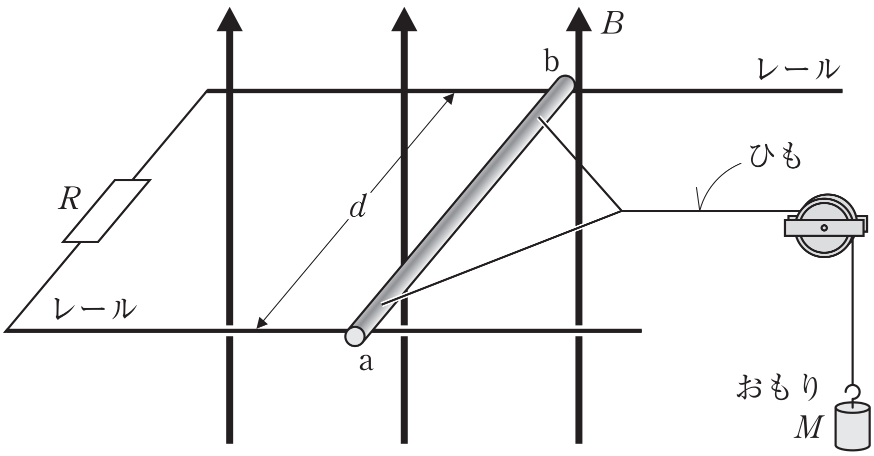

図4(a)

(1)　おもりの固定をはずすと，導体棒は図の右側に向かって動きはじめた。導体棒が速さ v_1[m/s]で動いている瞬間，導体棒を流れる電流の大きさと向きはどのようになるか。$\boxed{16}$

[$\boxed{16}$ の解答群]

ⓐ　大きさ：$\dfrac{2v_1Bd}{R}$，向き：a→b　　ⓑ　大きさ：$\dfrac{v_1Bd}{R}$，向き：a→b

ⓒ　大きさ：$\dfrac{v_1Bd}{2R}$，向き：a→b　　ⓓ　0

ⓔ　大きさ：$\dfrac{2v_1Bd}{R}$，向き：b→a　　ⓕ　大きさ：$\dfrac{v_1Bd}{R}$，向き：b→a

ⓖ　大きさ：$\dfrac{v_1Bd}{2R}$，向き：b→a

(2)　おもりの固定をはずしてしばらくすると，導体棒の速さは一定値に落ち着いた。このときの導体棒の速さを M，g，R，B，d のうち必要なものを用いて表すとどのようになるか。$\boxed{17}$[m/s]

[$\boxed{17}$ の解答群]

ⓐ　0　　ⓑ　$\dfrac{1}{2}gd$　　ⓒ　gd　　ⓓ　$2gd$　　ⓔ　$\dfrac{MgR}{2B^2d^2}$

ⓕ　$\dfrac{MgR}{B^2d^2}$　　ⓖ　$\dfrac{2MgR}{B^2d^2}$　　ⓗ　$\dfrac{MgR}{2B^2d^2}+gd$　　ⓘ　$\dfrac{MgR}{B^2d^2}+gd$

(3)　図 4(a)の回路に，図 4(b)のように，起電力が E[V]で内部抵抗が無視できる電池とスイッチ S を追加した。スイッチを閉じると導体棒は左向きに動き，ある瞬間の速さは v_2[m/s]であった。このとき，導体棒を流れる電流の大きさと向きはどのようになるか。 $\boxed{18}$

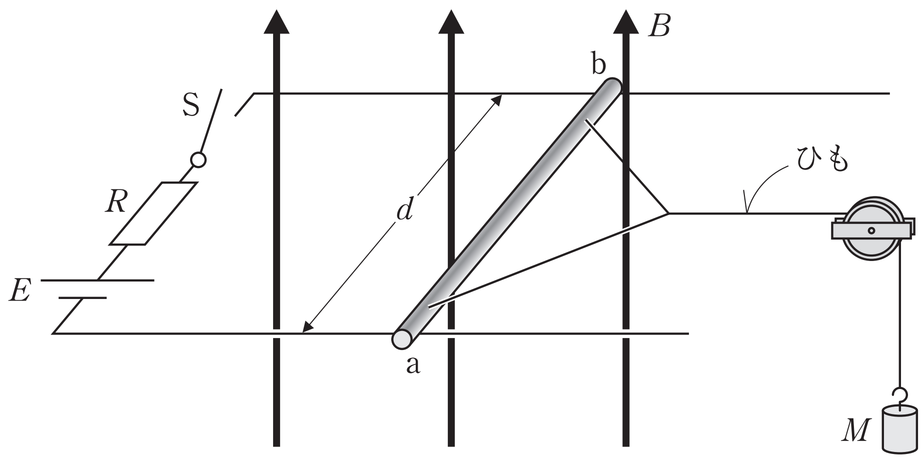

図 4(b)

[$\boxed{18}$ の解答群]

ⓐ　大きさ：$\dfrac{E-2v_2Bd}{R}$，向き：a → b　　ⓑ　大きさ：$\dfrac{E-v_2Bd}{R}$，　向き：a → b

ⓒ　大きさ：$\dfrac{E+v_2Bd}{R}$，　向き：a → b　　ⓓ　大きさ：$\dfrac{E+2v_2Bd}{R}$，向き：a → b

ⓔ　大きさ：$\dfrac{E}{R}$，　　　　　向き：b → a　　ⓕ　大きさ：$\dfrac{E-2v_2Bd}{R}$，向き：b → a

ⓖ　大きさ：$\dfrac{E-v_2Bd}{R}$，　向き：b → a　　ⓗ　大きさ：$\dfrac{E+v_2Bd}{R}$，　向き：b → a

ⓘ　大きさ：$\dfrac{E+2v_2Bd}{R}$，向き：b → a

(4)　上記(3)のとき，導体棒が磁場から受ける力の大きさと向きはどのようになるか。

$\boxed{19}$

[$\boxed{19}$ の解答群]

ⓐ　大きさ：$\dfrac{(E-2v_2Bd)Bd}{R}$，向き：左向き

ⓑ　大きさ：$\dfrac{(E-v_2Bd)Bd}{R}$，　向き：左向き

ⓒ　大きさ：$\dfrac{(E+v_2Bd)Bd}{R}$，　向き：左向き

ⓓ　大きさ：$\dfrac{(E+2v_2Bd)Bd}{R}$，向き：左向き

ⓔ　0

ⓕ　大きさ：$\dfrac{(E-2v_2Bd)Bd}{R}$，向き：右向き

ⓖ　大きさ：$\dfrac{(E-v_2Bd)Bd}{R}$，　向き：右向き

ⓗ　大きさ：$\dfrac{(E+v_2Bd)Bd}{R}$，　向き：右向き

ⓘ　大きさ：$\dfrac{(E+2v_2Bd)Bd}{R}$，向き：右向き

(5)　しばらくして，導体棒の速さは一定値に落ち着いた。このときの導体棒の速さ[m/s]を M，g，R，B，d，E のうち必要なものを用いて表すとどのようになるか。

$\boxed{20}$ [m/s]

[$\boxed{20}$ の解答群]

ⓐ　0　　ⓑ　$\dfrac{E}{Bd}$　　ⓒ　$\dfrac{MgR}{B^2d^2}$　　ⓓ　$\dfrac{EBd+MgR}{B^2d^2}$

ⓔ　$\dfrac{EBd-MgR}{B^2d^2}$　　ⓕ　gd　　ⓖ　$\dfrac{MgR}{2B^2d^2}$　　ⓗ　$\dfrac{2MgR}{B^2d^2}$

ⓘ　$\dfrac{MgR}{B^2d^2}+gd$