

問題は I から III までで、72 ページから 83 ページまであります。確かめなさい。

解答は解答番号 1 から 50 までにマークしなさい。

I 次の各文中の空欄 1 ～ 25 に入れるのに最も適当なものを、それぞれの解答群から選び、その番号をマークせよ。同じ解答群から複数選択する場合は、同じ解答を 2 回以上選んでもよい。

- (1) 図 1 のように、軽いばねの一端を天井に固定し、もう一方の端に質量 m の小球を取り付ける。ばねの自然長の位置を原点 O として、鉛直下向きに x 軸をとる。小球を支えて静かに移動させると、 $x = d$ の位置でつり合って小球が静止する。重力加速度の大きさを g とすると、このばねのばね定数は 1 となる。ここで、 $x = 2d$ の位置に小球を移動させて静かに放すと、小球は鉛直方向に単振動を始めた。空気の抵抗は無視でき、単振動は鉛直方向にのみ生じるものとする。単振動をしているとき、位置 x での加速度を a とすると、運動方程式は $ma =$ 2 となる。これより、小球は $x =$ 3 の位置を中心に、周期 4 の単振動を行う。また、この単振動の振幅は 5 となり、運動中の最大の速さは 6 となる。

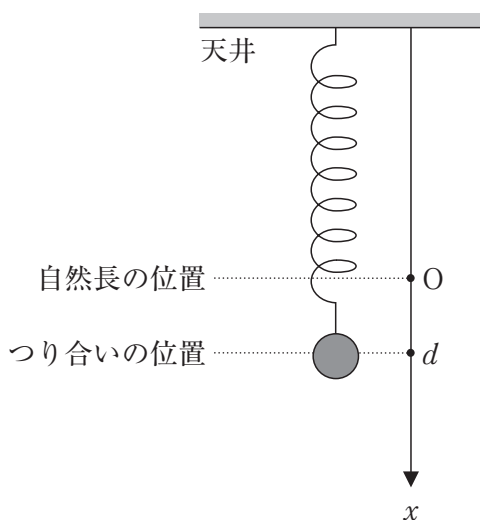


図 1

空欄 1 の解答群

- ① $\frac{mg}{2d}$ ② $\frac{mg}{d}$ ③ $\frac{2mg}{d}$ ④ $\frac{md}{2g}$ ⑤ $\frac{md}{g}$ ⑥ $\frac{2md}{g}$

空欄 2 の解答群

- ① $mg\left(1 - \frac{x}{2d}\right)$ ② $mg\left(1 - \frac{x}{d}\right)$ ③ $mg\left(1 - \frac{2x}{d}\right)$
④ $mg\left(1 + \frac{x}{2d}\right)$ ⑤ $mg\left(1 + \frac{x}{d}\right)$ ⑥ $mg\left(1 + \frac{2x}{d}\right)$

空欄 3 の解答群

- ① $-2d$ ② $-d$ ③ $-\frac{d}{2}$ ④ 0
⑤ $\frac{d}{2}$ ⑥ d ⑦ $2d$

空欄 4 の解答群

- ① $2\pi\sqrt{\frac{g}{2d}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{g}{d}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{2g}{d}}$
④ $2\pi\sqrt{\frac{d}{2g}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{2d}{g}}$

空欄 5 の解答群

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

空欄 6 の解答群

- ① $\frac{1}{2}\sqrt{gd}$ ② $\sqrt{\frac{gd}{2}}$ ③ $\sqrt{gd}$ ④ $\sqrt{2gd}$ ⑤ $2\sqrt{gd}$

- (2) 同じ長さ L の共鳴管が2本ある。1本は片方の端が閉じた閉管で、もう一方は両端が開いている開管である。以下では開口端補正は無視できるものとし、音の速さは V で変化しないものとする。

共鳴管から音が聞こえる場合、共鳴管内には定常波が生じている。閉管の閉じた側では 反射が生じ、定常波の となる。一方、開いた側では 反射が生じ、定常波の となる。2本の共鳴管を並べ、その前に振動数を変えることができる音源を置き、音源の振動数を0から徐々に大きくしていったところ、振動数が のとき最初の共鳴音が聞こえ、振動数が のとき次の共鳴音が聞こえた。音源の振動数を大きくしはじめてから4回目に共鳴音が聞こえるときの振動数は である。

空欄 ～ の解答群

- ① 自由端 ② 固定端 ③ 全 ④ 腹 ⑤ 節

空欄 ～ の解答群

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

- (3) 電圧 V の電源 E 、抵抗値 R の抵抗 R 、電気容量 C のコンデンサー C 、自己インダクタンス L のコイル L 、スイッチ S を、図2のように接続した回路がある。回路内において、電気抵抗 R 以外の電気抵抗はすべて無視でき、また、回路を流れる電流による磁場も無視できるものとする。最初、スイッチ S は開いており、コンデンサー C には電荷が蓄えられていない。

スイッチ S を閉じると、この直後に抵抗 R に流れる電流の大きさは である。スイッチ S を閉じてから十分に時間が経過した後の抵抗 R に流れている電流の大きさは であり、コンデンサー C に蓄えられている電気量は である。ここで、スイッチ S を開くと、コンデンサー C とコイル L からなる回路に電気振動が生じる。

$V = 30 \text{ V}$ 、 $R = 1.5 \text{ k}\Omega$ 、 $C = 200 \text{ }\mu\text{F}$ 、 $L = 0.50 \text{ H}$ とする。この場合、電気振動の周期は s であり、コンデンサー C に蓄えられる電気量の最大値は C、コイルを流れる電流の大きさの最大値は A となる。

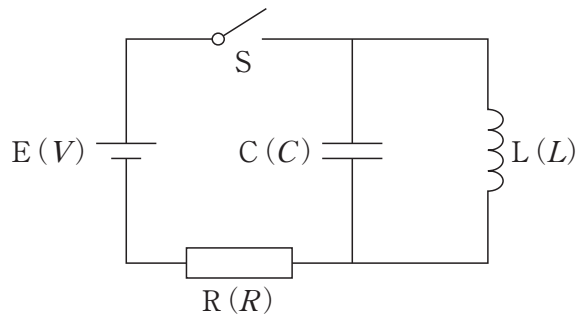


図 2

空欄 14 と 15 の解答群

- ① 0 ② $\frac{V}{2R}$ ③ $\frac{V}{R}$ ④ $\frac{V}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ ⑤ $V\sqrt{\frac{C}{L}}$

空欄 16 の解答群

- ① 0 ② $\frac{CV}{2}$ ③ CV ④ $\frac{V}{2R}\sqrt{LC}$ ⑤ $\frac{V}{R}\sqrt{LC}$

空欄 17 の解答群

- ① 3.1×10^{-3} ② 3.1×10^{-2} ③ 3.1×10^{-1}
 ④ 6.3×10^{-3} ⑤ 6.3×10^{-2} ⑥ 6.3×10^{-1}
 ⑦ 9.4×10^{-3} ⑧ 9.4×10^{-2} ⑨ 9.4×10^{-1}

空欄 18 の解答群

- ① 2.0×10^{-4} ② 2.0×10^{-3} ③ 2.0×10^{-2}
 ④ 4.0×10^{-4} ⑤ 4.0×10^{-3} ⑥ 4.0×10^{-2}
 ⑦ 6.0×10^{-4} ⑧ 6.0×10^{-3} ⑨ 6.0×10^{-2}

空欄 19 の解答群

- ① 1.0×10^{-3} ② 1.0×10^{-2} ③ 1.0×10^{-1}
 ④ 2.0×10^{-3} ⑤ 2.0×10^{-2} ⑥ 2.0×10^{-1}
 ⑦ 3.0×10^{-3} ⑧ 3.0×10^{-2} ⑨ 3.0×10^{-1}

(4) よく磨いた亜鉛板を箔検電器の上に置き、負に帯電させて箔を開いた状態にしておく。この亜鉛板に紫外線を照射すると、箔が閉じる。紫外線を照射すると亜鉛板内部の電子が飛び出し、箔検電器に与えられていた負電荷が失われるためである。このようにして金属から電子が飛び出す現象を 20 といい、飛び出した電子を光電子とよぶ。実験によると、金属に照射する光の振動数がある値 ν_0 以下では、この現象は生じない。この振動数 ν_0 を 21 といい、金属の種類によって異なる固有の値となる。振動数 ν_0 より大きい振動数の光を照射すると、どんなに弱い光でも光電子は飛び出す。飛び出した光電子の 22 は光の強さにはよらず、振動数によって決定される。また、光の振動数を一定にして、光の強さを変えると、単位時間あたりに飛び出してくる光電子の 23 が変化する。1905 年、アインシュタインは、振動数 ν の光はプランク定数を h としたとき、エネルギーが 24 で表される粒子の流れと考え、この現象を説明するのに成功した。この粒子を光子（光量子）という。21 が ν_0 の金属に、強さ I 、振動数 $\nu (> \nu_0)$ の光を照射するとき、飛び出してくる光電子の 22 は 25 と表される。

空欄 20 ～ 23 の解答群

- | | | |
|---------------|-----------|------------|
| ① 光電効果 | ② コンプトン効果 | ③ ラザフォード散乱 |
| ④ 限界振動数 | ⑤ 固有振動数 | ⑥ 数 |
| ⑦ 運動エネルギーの最大値 | ⑧ エネルギー準位 | |

空欄 24 と 25 の解答群

- | | | |
|---|---|---|
| ① $h\nu$ | ② $\frac{\nu}{h}$ | ③ $\frac{h}{\nu}$ |
| ④ $h(\nu - \nu_0)$ | ⑤ $\frac{h}{I}(\nu - \nu_0)$ | ⑥ $\frac{I}{h}(\nu - \nu_0)$ |
| ⑦ $h\left(\frac{1}{\nu_0} - \frac{1}{\nu}\right)$ | ⑧ $\frac{h}{I}\left(\frac{1}{\nu_0} - \frac{1}{\nu}\right)$ | ⑨ $\frac{I}{h}\left(\frac{1}{\nu_0} - \frac{1}{\nu}\right)$ |

- Ⅱ 次の各文中の空欄 26 ～ 36 に入れるのに最も適当なものを、それぞれの解答群から選び、その番号をマークせよ。同じ解答群から複数選択する場合は、同じ解答を2回以上選んでもよい。

地球の質量を M 、地球の半径を R 、万有引力定数を G とする。図3のように、探査機 P をのせた人工衛星 S が、地球の中心 O を中心とする半径 $4R$ の円軌道を速さ v_0 、周期 T_0 で周回している。探査機 P の質量を m 、 P を含めた人工衛星 S の総質量は $3m$ である。軌道上では人工衛星の大きさは無視でき、大気の影響も無視できるものとする。

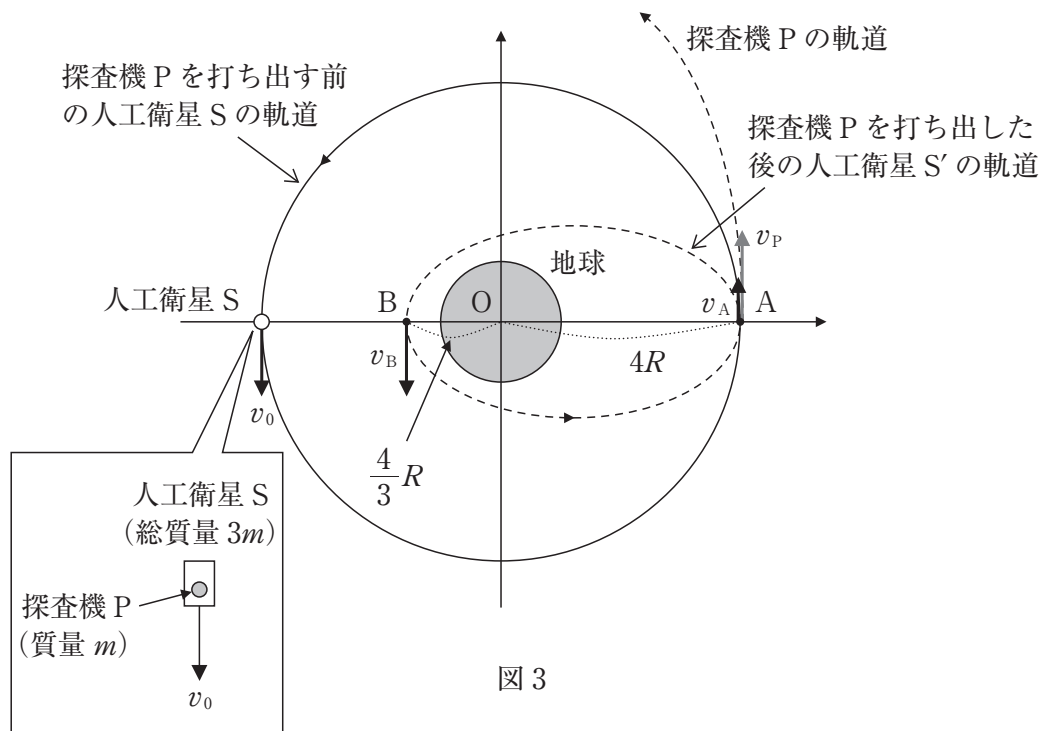


図3

- (1) 地球の中心 O から距離 r 離れた位置にある、質量 m の物体にはたらく万有引力の大きさは 26 であり、無限遠点を基準とした位置エネルギーは 27 と表される。また、地表付近の重力加速度の大きさ g は 28 となる。

空欄 26 ～ 28 の解答群

- ① $-\frac{GmM}{r}$ ② $\frac{GmM}{r}$ ③ $-\frac{GmM}{r^2}$ ④ $\frac{GmM}{r^2}$
 ⑤ $\frac{GM}{R}$ ⑥ $\frac{GM}{R^2}$ ⑦ $\frac{Gm}{R}$ ⑧ $\frac{Gm}{R^2}$

- (2) 地表すれすれの円軌道を周回する仮想的な衛星の速さを第1宇宙速度という。第1宇宙速度の大きさを v_1 とすると、 $v_0 = \boxed{29} \times v_1$ となる。また、第1宇宙速度で周回する人工衛星の周期を T_1 とすると、 $T_0 = \boxed{30} \times T_1$ となる。

空欄 $\boxed{29}$ と $\boxed{30}$ の解答群

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ⑤ $\sqrt{2}$
 ⑥ $\sqrt{3}$ ⑦ 2 ⑧ 4 ⑨ 8 ⑩ 16

- (3) 軌道上の点 A に来たとき、進行方向（軌道の接線方向）に探査機 P を打ち出す。打ち出しは瞬間的に生じ、質量の総和は変化しないものとする。探査機 P を打ち出した後の人工衛星（質量 $2m$ ）を S' とよぶ。探査機 P を打ち出した直後の人工衛星 S' の速さを v_A 、P の速さを v_P とする。人工衛星 S' は点 A を遠地点（S の軌道上で O から最も遠ざかる点）とし、地球の中心 O から $\frac{4}{3}R$ 離れた点 B を近地点（S の軌道上で O に最も近づく点）とする楕円軌道を周回するようになった。点 B での速さを v_B とすると、ケプラーの第2法則（面積速度一定の法則）から、 $v_B = \boxed{31} \times v_A$ となる。この結果を点 A と点 B での人工衛星 S' の力学的エネルギー保存則に用いると、 $v_A = \boxed{32} \times v_1$ と求まる。また、楕円軌道を周回する人工衛星 S' の周期を T_2 とすると、ケプラーの第3法則より、 $T_2 = \boxed{33} \times T_1$ となる。

空欄 $\boxed{31}$ と $\boxed{32}$ の解答群

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{4}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 ⑥ $\sqrt{2}$ ⑦ 2 ⑧ $2\sqrt{2}$ ⑨ 3 ⑩ 4

空欄 $\boxed{33}$ の解答群

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{8}{3}$ ④ $\left(\frac{2}{3}\right)^2$ ⑤ $\left(\frac{4}{3}\right)^2$
 ⑥ $\left(\frac{8}{3}\right)^2$ ⑦ $\left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{3}{2}}$ ⑧ $\left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{3}{2}}$ ⑨ $\left(\frac{8}{3}\right)^{\frac{3}{2}}$

- (4) 打ち出された探査機 P が、地球の引力圏を脱出するために必要な点 A での最小の速さを v_m とすると、 $v_m = (\text{34}) \times v_1$ である。運動量保存則を用いると、 $v_p = (\text{35}) \times v_1$ となるので、探査機 P は地球の引力圏を 36 とわかる。

空欄 34 と 35 の解答群

- ① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ③ $\sqrt{2}$ ④ 2 ⑤ $2\sqrt{2}$
 ⑥ $\frac{3-\sqrt{2}}{2}$ ⑦ $3-\sqrt{2}$ ⑧ 3 ⑨ $\frac{3+\sqrt{2}}{2}$ ⑩ $3+\sqrt{2}$

空欄 36 の解答群

- ① 脱出することができる ② 脱出することができない

- Ⅲ 次の各文中の空欄 37 ～ 50 に入れるのに最も適当なものを、それぞれの解答群から選び、その番号をマークせよ。同じ解答群から複数選択する場合は、同じ解答を2回以上選んでもよい。

真空中に起電力 V の電池 E 、抵抗値がともに R の電気抵抗 R_1 、 R_2 、コンデンサー C_1 、 C_2 、スイッチ S_1 、 S_2 を図4のように接続した回路がある。コンデンサー C_1 の電気容量は C で、コンデンサー C_2 は極板間隔 d の平行板コンデンサーでその電気容量は C である。回路において点 a を接地して電位の基準とする。回路内において、抵抗 R_1 、 R_2 以外の電気抵抗はすべて無視できるものとし、また、回路を流れる電流による磁場も無視できるものとする。最初、スイッチ S_1 、 S_2 は開いており、コンデンサー C_1 、 C_2 に電荷は蓄えられていない。

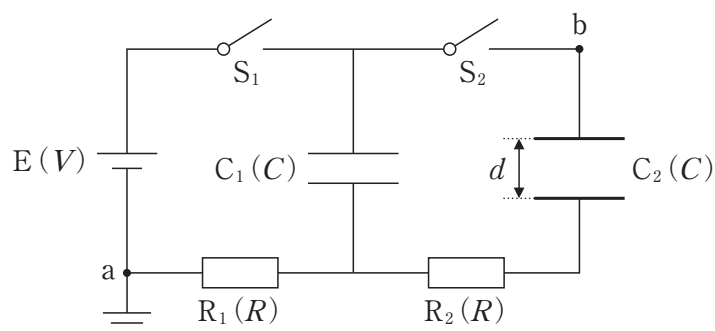


図4

- (1) スイッチ S_1 を閉じ、十分に時間が経過した後、 S_1 を開く。スイッチ S_1 を閉じた直後に抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは 37 である。十分に時間が経過した後、コンデンサー C_1 に蓄えられている電気量は 38 となり、蓄えられている静電エネルギーは 39 となる。この間に電池 E がした仕事は 40 なので、エネルギー保存則より、抵抗 R_1 で生じたジュール熱は 41 となる。

空欄 37 の解答群

- ① 0 ② $\frac{V}{2R}$ ③ $\frac{V}{R}$ ④ $\frac{3V}{2R}$ ⑤ $\frac{2V}{R}$

空欄 38 の解答群

- ① 0 ② $\frac{CV}{2}$ ③ CV ④ $\frac{3CV}{2}$ ⑤ $2CV$

空欄 39 ～ 41 の解答群

- ① $\frac{1}{4}CV^2$ ② $\frac{1}{3}CV^2$ ③ $\frac{1}{2}CV^2$ ④ $\frac{2}{3}CV^2$ ⑤ $\frac{3}{4}CV^2$
⑥ CV^2 ⑦ $\frac{4}{3}CV^2$ ⑧ $\frac{3}{2}CV^2$ ⑨ $2CV^2$

- (2) (1)でスイッチ S_1 を開いた後、スイッチ S_2 を閉じ、十分に時間が経過した後、 S_2 を開く。スイッチ S_2 を閉じた直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは 42 である。また、スイッチ S_2 を閉じてから十分に時間が経過した後、回路内の点 b の電位は 43 となり、この間に抵抗 R_2 で生じたジュール熱は 44 となる。

空欄 42 の解答群

- ① 0 ② $\frac{V}{2R}$ ③ $\frac{V}{R}$ ④ $\frac{3V}{2R}$ ⑤ $\frac{2V}{R}$

空欄 43 の解答群

- ① $\frac{V}{4}$ ② $\frac{V}{3}$ ③ $\frac{V}{2}$ ④ V ⑤ $\frac{3}{2}V$ ⑥ $2V$

空欄 44 の解答群

- ① $\frac{1}{4}CV^2$ ② $\frac{1}{3}CV^2$ ③ $\frac{1}{2}CV^2$
④ CV^2 ⑤ $\frac{3}{2}CV^2$ ⑥ $2CV^2$

- (3) (2)でスイッチ S_2 を開いた後、図5のように、コンデンサー C_2 の極板間に面積が極板と等しい一様な厚さ $\frac{2d}{3}$ 、比誘電率2の誘電体Dを極板と平行に完全に挿入する。このときのコンデンサー C_2 の電気容量は 45 となり、回路内の点bの電位は 46 となる。また、このときの誘電体Dの内部の電場の強さは 47 である。

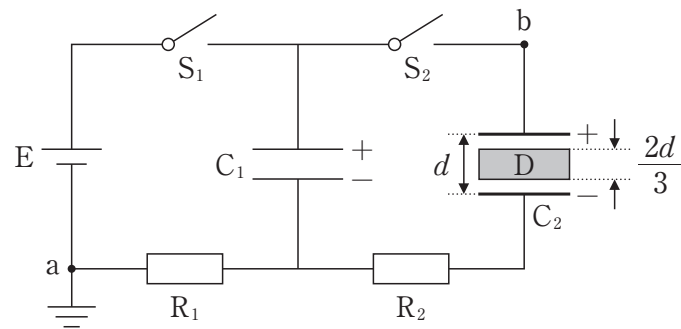


図5

空欄 45 の解答群

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

空欄 46 の解答群

- ① $\frac{V}{4}$ ② $\frac{V}{3}$ ③ $\frac{V}{2}$ ④ V ⑤ $\frac{3}{2}V$ ⑥ $2V$

空欄 47 の解答群

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

- (4) (3)の後，再び，スイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過した後， S_2 を開く。スイッチ S_2 を閉じた直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは 48 である。また，スイッチ S_2 を閉じてから十分に時間が経過した後，回路内の点 b の電位は 49 となり，誘電体 D の内部の電場の強さは 50 となる。

空欄 48 の解答群

- ① 0 ② $\frac{V}{8R}$ ③ $\frac{V}{6R}$ ④ $\frac{V}{4R}$ ⑤ $\frac{V}{3R}$ ⑥ $\frac{V}{2R}$

空欄 49 の解答群

- ① $\frac{V}{5}$ ② $\frac{V}{4}$ ③ $\frac{V}{3}$ ④ $\frac{2V}{5}$ ⑤ $\frac{V}{2}$ ⑥ $\frac{2V}{3}$

空欄 50 の解答群

- ① $\frac{V}{10d}$ ② $\frac{V}{5d}$ ③ $\frac{3V}{10d}$ ④ $\frac{2V}{5d}$
 ⑤ $\frac{V}{2d}$ ⑥ $\frac{3V}{5d}$ ⑦ $\frac{7V}{10d}$ ⑧ $\frac{4V}{5d}$

(以上で問題は終わりです。)