

# 入 学 試 験 問 題 (1 次)

## 理 科

平成 31 年 1 月 28 日

10 時 50 分—12 時 10 分

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は表紙・白紙を除き 40 ページ(物理 1～10 ページ, 化学 11～21 ページ, 生物 22～40 ページ)である。落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所等があった場合は申し出ること。
- 3 物理, 化学, 生物のうちからあらかじめ入学志願票に記入した 2 科目を解答すること。
- 4 解答には必ず黒鉛筆(またはシャープペンシル)を使用すること。
- 5 解答は, 各設問ごとに一つだけ選び, 解答用紙の所定の解答欄の該当する記号を塗りつぶすこと。
- 6 解答を訂正する場合は, 消しゴムできれいに消すこと。
- 7 解答用紙の解答欄は, 左から物理, 化学, 生物の順番になっているので, マークする科目の解答欄を間違えないように注意すること。
- 8 監督員の指示に従って, 問題冊子の表紙の指定欄に受験番号を記入し, 解答用紙の指定欄に受験番号, 受験番号のマーク, 氏名を記入すること。「志願票に記入した科目を 2 つマークしなさい」の欄には, 入学志願票と同じ科目にマークすること。
- 9 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してよい。ただし, 切り離してはならない。
- 10 解答用紙およびこの問題冊子は, 持ち帰ってはならない。

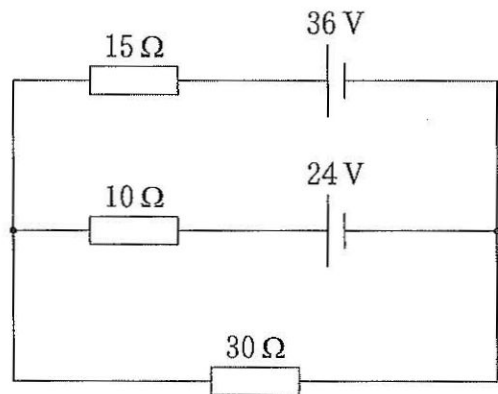
|      |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|

上の枠内に受験番号を記入しなさい。

# 物 理

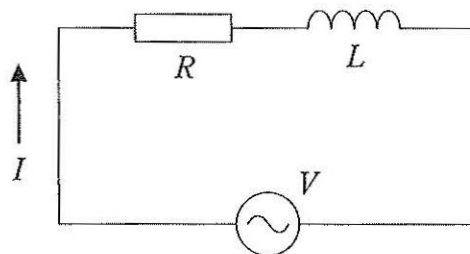
設問ごとに、与えられた選択肢の中から最も適切なものを一つだけ選び、解答用紙の該当する記号を塗りつぶせ。

- 1 図のように、内部抵抗が無視できる二つの電池と三つの抵抗を接続した。10 Ω の抵抗を流れる電流の大きさは何 A か。



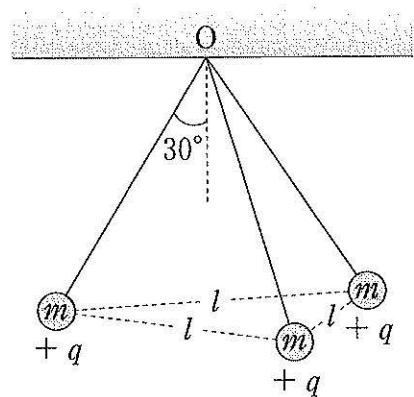
- ㉖ 0      ㉗ 0.2      ㉘ 0.4      ㉙ 0.6      ㉚ 0.8

- 2 図のように、抵抗値  $R$  の抵抗と自己インダクタンス  $L$  のコイルからなる回路に角周波数  $\omega$  の交流電源を接続した。時刻  $t$  のとき、この回路を流れる電流を  $I = I_0 \sin \omega t$ 、回路全体に加わる電圧を  $V = V_0 \sin(\omega t + \alpha)$  とする。 $I_0$  と  $V_0$  はそれぞれ電流と電圧の振幅(最大値)、 $\alpha$  は電流と電圧との位相差である。 $\tan \alpha$  はいくらか。



- ㉛  $-\frac{\omega L}{R}$       ㉜  $-\frac{R}{\omega L}$       ㉝ 0      ㉞  $\frac{\omega L}{R}$       ㉟  $\frac{R}{\omega L}$

- 3 図のように、電気量  $q$  ( $q > 0$ ) を持つ質量  $m$  の小球 3 個に、それぞれ同じ長さの軽い絶縁体の糸を付けて点  $O$  からつるしたところ、3 個の小球は同一水平面内、各々の距離  $l$  の位置で静止した。各糸と鉛直線との間の角度は  $30^\circ$  であった。クーロンの法則の比例定数を  $k$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。 $l$  は  $\sqrt{\frac{kq^2}{mg}}$  の何倍か。



- ア  $\frac{\sqrt{3}}{3}$       イ 1      ウ  $\sqrt{3}$       エ 3      オ  $2\sqrt{3}$

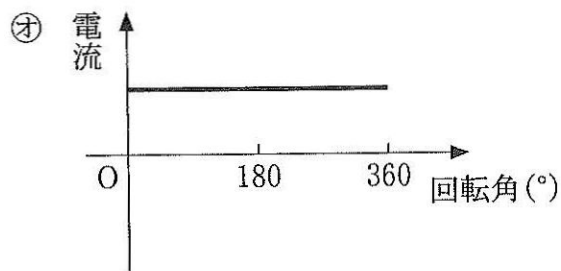
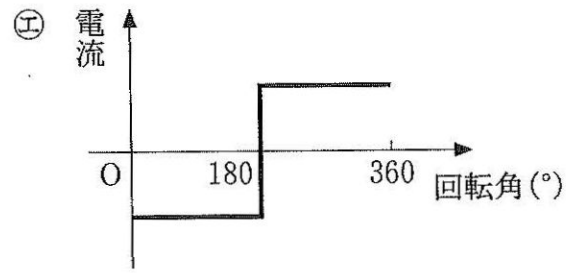
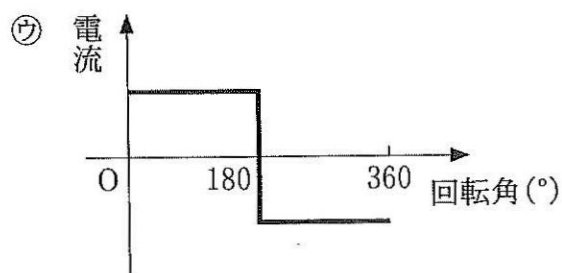
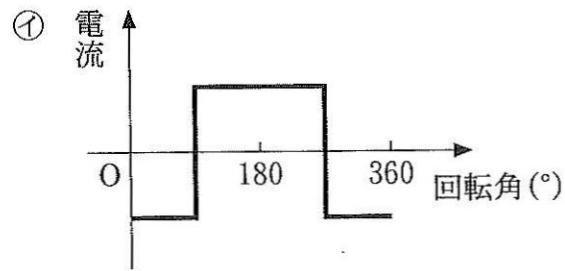
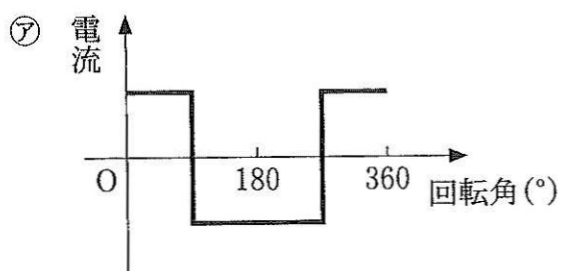
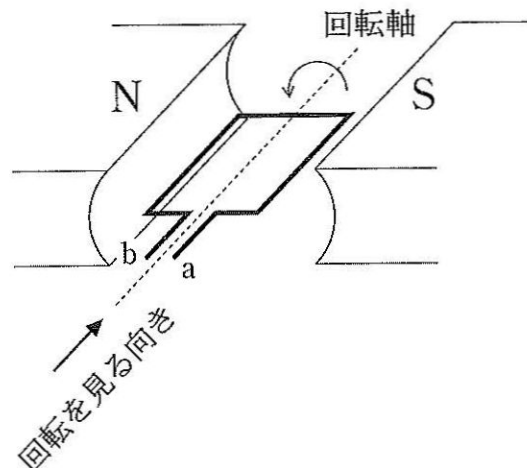
- 4 電気量  $Q$  を蓄えた平行板コンデンサーがある。この電気量を保ったままコンデンサーの両極板間の間隔を 2 倍に広げると、極板間の電圧はもとの何倍になるか。

- ア  $\frac{1}{4}$       イ  $\frac{1}{2}$       ウ 1      エ 2      オ 4

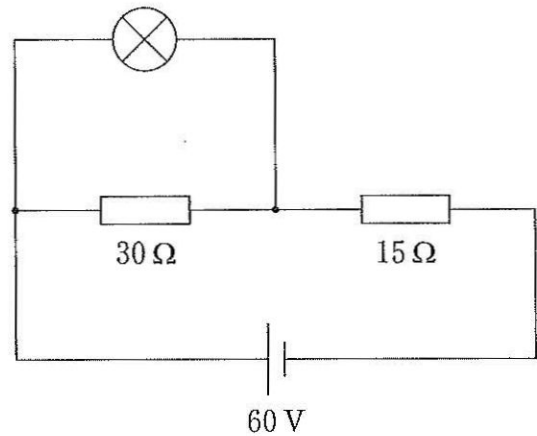
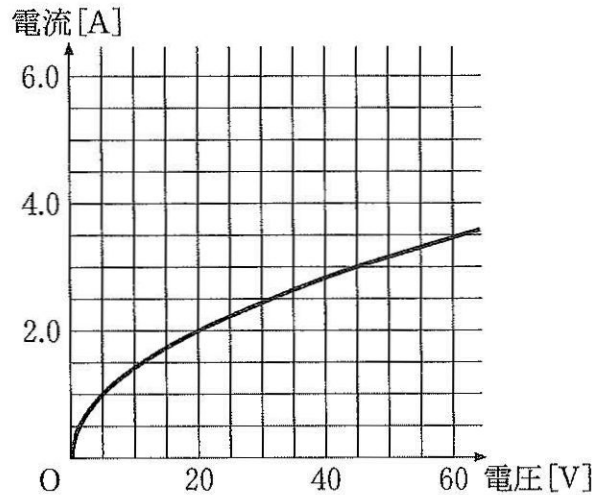
- 5 ある金属に、振動数  $f_1$  の光を当てたとき、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値を  $K_1$ 、振動数  $f_2$  の光を当てたとき、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値を  $K_2$  とする。この金属の仕事関数はいくらか。

- ア  $\frac{K_1 f_1 + K_2 f_2}{f_1 + f_2}$       イ  $\frac{K_1 f_2 + K_2 f_1}{f_1 + f_2}$       ウ  $\frac{K_1 f_1 + K_2 f_2}{f_1 - f_2}$   
 エ  $\frac{K_1 f_2 - K_2 f_1}{f_1 - f_2}$       オ  $\frac{K_2 f_2 - K_1 f_1}{f_1 - f_2}$

6 図のように、NとSの磁極の間に置かれた長方形のコイルが、磁場に垂直な軸を中心に回転できるようになっている。このコイルに電流を流し、反時計回りに $360^\circ$ 回転させる。回転角と流す電流の向きの関係として正しいのはどれか。コイルの回転角は、磁場に平行にコイル面が置かれた図の状態を $0^\circ$ とし、手前側から見て反時計回りを正とする。電流の向きは、aからコイルを通りbに流れる向きを正とする。



- 7 下のグラフのような電流－電圧特性(加えた電圧と流れる電流の関係)をもつ電球がある。この電球と二つの抵抗を回路図のようにつなぎ、起電力 60 V で内部抵抗の無視できる電池に接続した。電球を流れる電流は何 A か。



- ㉞ 1.0      ㉟ 2.0      ㊱ 2.5      ㊲ 3.0      ㊳ 3.5

- 8 静止している水素原子核が遅い中性子を吸収し、重水素原子核となり  $\gamma$  線を放出する以下の反応(中性子捕獲反応)を考える。



この反応で放出される  $\gamma$  線のエネルギーを  $E$ 、光の速さを  $c$ 、重水素原子核の質量を  $m$  とする。重水素原子核の持つ運動量の大きさはいくらか。ただし、吸収される中性子の速さは十分に遅く無視できるものとする。

- ㉞  $mc$       ㉟  $\frac{E}{c}$       ㊱  $\sqrt{2mE}$   
 ㊲  $\sqrt{2m(mc^2 - E)}$       ㊳  $mc^2$

9 以下の原子核の中で、核子1個あたりの結合エネルギーが最も大きいものはどれか。

- ア  ${}^2_1\text{H}$       イ  ${}^{12}_6\text{C}$       ウ  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$       エ  ${}^{197}_{79}\text{Au}$       オ  ${}^{238}_{92}\text{U}$

10 20世紀初頭にラザフォードらは、ラジウムから出る $\alpha$ 粒子を薄い金箔<sup>きんぱく</sup>に当て、散乱の様子を調べた。速さ $v$ 、質量 $m$ の $\alpha$ 粒子が十分遠方から、電気量 $79e$ ( $e$ は電気素量)の金原子核に向かって進み $180^\circ$ 方向(入射方向と反対方向)に散乱される時、 $\alpha$ 粒子が金原子核に最も近づける距離はいくらか。ただし、真空中のクーロンの法則の比例定数を $k_0$ とし、金原子核の質量は $\alpha$ 粒子のそれに比べて十分に大きく、散乱前後に金原子核は動かないものとする。

- ア  $e\sqrt{\frac{158k_0}{mv}}$       イ  $\frac{158k_0e^2}{mv}$       ウ  $\frac{e}{v}\sqrt{\frac{158k_0}{m}}$   
 エ  $\frac{e}{v}\sqrt{\frac{316k_0}{m}}$       オ  $\frac{316k_0e^2}{mv^2}$

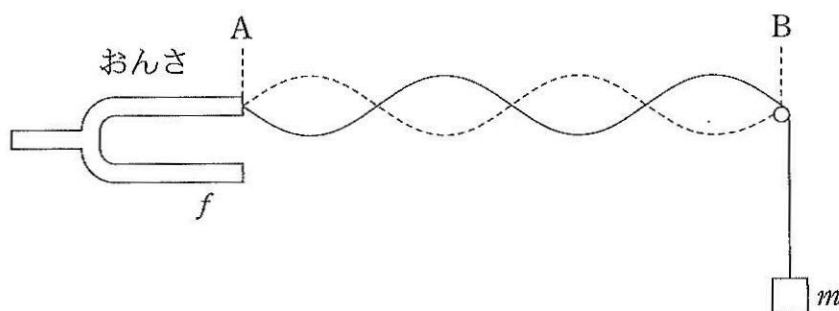
11 焦点距離 $f$ の薄い凸レンズがある。このレンズの光軸上、レンズから距離 $a$ の位置に物体を置いた。物体の像に関する以下の記述のうち、間違っているものはどれか。

- ア  $a < f$ のときにできる像は、虚像である。  
 イ  $f < a < 2f$ のときにできる像は、実像である。  
 ウ  $f < a < 2f$ のときにできる像は、倒立像である。  
 エ  $a < f$ のときにできる像は、物体より大きい。  
 オ  $f < a < 2f$ のときにできる像は、物体より小さい。

- 12 上空から一定の速さで鉛直下向きに落下する物体がある。物体の鉛直下方の地上の点 O から物体に向けて周波数 480 Hz の音波を発し、その反射波を O で観測した。反射波の周波数は 540 Hz であった。物体の速さは何 m/s か。音速は 340 m/s とする。

ア 5      イ 10      ウ 15      エ 20      オ 25

- 13 図のように、振動数  $f$  のおんさに付けた弦の端に、滑車を介して質量  $m$  のおもりをつり下げて、弦の AB 間を振動させたところ、4 つの腹をもつ定常波(定在波)ができた。おもりの質量を変えて AB 間に 1 つの腹をもつ定常波を生じさせるためには、 $m$  の何倍の質量のおもりをつり下げればよいか。ただし、弦を伝わる波の速さは弦の張力の平方根に比例し、おんさと弦は常に同じ振動数  $f$  で振動するものとする。また、弦の質量はおもりの質量に比べて十分小さいものとする。



ア  $\frac{1}{16}$       イ  $\frac{1}{4}$       ウ 4      エ 8      オ 16

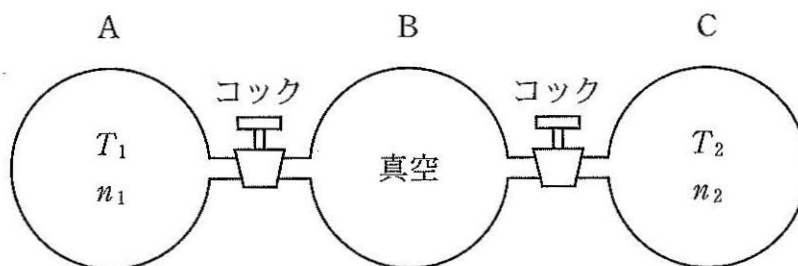
- 14  $x$  軸上を正の方向に進む正弦波がある。この波の時刻  $t$  における位置  $x$  の媒質の変位  $y$  は次の式で表される。

$$y = A \sin(\omega t - kx)$$

この正弦波の速さはいくらか。

- ㉖  $\frac{\omega}{k}$       ㉗  $\frac{k}{\omega}$       ㉘  $\frac{\omega}{2\pi}$       ㉙  $\frac{k}{2\pi}$       ㉚  $\frac{\omega}{2\pi k}$

- 15 図のように、同じ容積  $V$  をもつ断熱容器 A, B, C が、コックの付いた細管でつながれている。初め、A には温度  $T_1$ 、物質量  $n_1$  の単原子分子の理想気体、C には温度  $T_2$ 、物質量  $n_2$  の単原子分子の理想気体が閉じ込められており、B は真空であった。両方のコックを開いて全体の状態が一様になったときの圧力はいくらか。気体定数は  $R$  とする。ただし、気体の内部エネルギーの合計は一定に保たれるとする。



- ㉛  $\frac{(n_1 T_1 + n_2 T_2) R}{2V}$       ㉜  $\frac{(n_1 + n_2)(T_1 + T_2) R}{2V}$   
 ㉝  $\frac{(n_1 T_1 + n_2 T_2) R}{3V}$       ㉞  $\frac{(n_1 + n_2)(T_1 + T_2) R}{3V}$   
 ㉟  $\frac{(n_1 + n_2)(T_1 + T_2) R}{6V}$

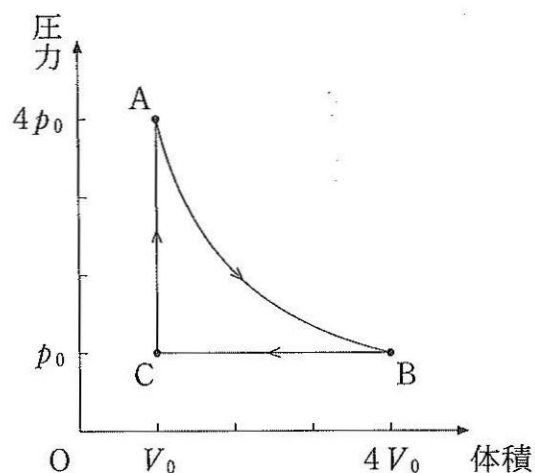
16 断熱材で囲まれた容器に 120 g の水が入っていて、全体は 25 °C であった。そこに 70 °C の水 400 g を加えたところ、全体は 50 °C になった。容器の熱容量は何 J/K か。ただし、水の比熱を 4.2 J/(g・K) とする。

- ア 200      イ 840      ウ 440      エ 1800      オ 21000

17 ごみ焼却場から出る熱を利用して発電するエネルギー回収型廃棄物処理施設がある。この施設では、1 時間あたり  $1.8 \times 10^{10}$  J の熱を吸収し、平均で  $1.0 \times 10^6$  W の電力を得ることができる。この施設を熱機関と考えたときの熱効率はいくらか。

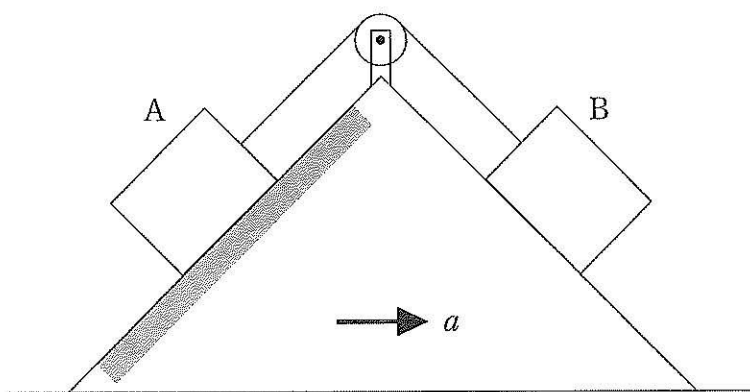
- ア 0.018      イ 0.060      ウ 0.10      エ 0.20      オ 0.50

18 ある物質量の単原子分子の理想気体の状態を、図の A→B→C→A の順にゆっくり変化させる。過程 A→B は等温変化、過程 B→C は定圧変化、過程 C→A は定積変化である。各過程に関する以下の記述のうち 間違っているものはどれか。



- ア 過程 A→B では、気体と外部の間に熱の出入りはない。  
 イ 過程 A→B では、気体の内部エネルギーの変化はない。  
 ウ 過程 B→C では、気体は外部から仕事をされる。  
 エ 過程 B→C では、気体は外部に熱を放出する。  
 オ 過程 C→A では、気体は外部から熱を吸収する。

- 19 図のように、水平面からの傾斜角が  $45^\circ$  の二つの斜面をもつ三角形の台があり、三角形の頂点の滑車を介して質量の等しい二つの物体 A、B が軽いひもでつながれている。A と斜面の間の静止摩擦係数は 0.5 であり、B と斜面の間には摩擦はないものとする。いま、三角形の台を水平方向に加速度  $a$  で図の矢印の方向に加速したとき、物体が台上で静止したままでいられる  $a$  の大きさの最大値は重力加速度の大きさの何倍か。ただし、滑車は軽くてなめらかに回転するものとし、滑車に接触していない部分のひもは斜面に平行とする。



- Ⓐ  $\frac{1}{5}$       Ⓛ  $\frac{1}{4}$       Ⓤ  $\frac{1}{2}$       Ⓜ  $\frac{\sqrt{2}}{2}$       ⓐ 1
- 20 地球のまわりの円軌道を周回する二つの人工衛星 A、B がある。A と B の円軌道の半径は、それぞれ  $R$  と  $3R$  である。A の速さは B の速さの何倍か。

- Ⓐ  $\frac{1}{3}$       Ⓛ  $\sqrt{\frac{1}{3}}$       Ⓤ  $\sqrt{3}$       Ⓜ 3      ⓐ 9

次の文章を読み、以下の問い(問題 21～25)に答えよ。

質量の無視できるばね定数  $k$  のばねの一端を天井に固定し、その下端に質量  $m$  のおもり A をつるしたところ、ばねは自然長から  $l$  だけ伸びてつり合った。次に、おもり A を質量  $2m$  の小球 B にかえて、ばねの自然長の位置まで鉛直上向きに手で持ち上げ静かに手を離し、最初に B が最下点に到達するまでの運動を観察した。重力加速度の大きさは  $g$  とする。

21 ばねの伸びが  $l$  になるとき、B の加速度の大きさは  $g$  の何倍か。

- ㉠  $\frac{1}{4}$       ㉡  $\frac{1}{2}$       ㉢  $\frac{3}{4}$       ㉣ 1      ㉤  $\frac{5}{4}$

22 ばねの伸びが  $l$  になるとき、B の速さは  $\sqrt{gl}$  の何倍か。

- ㉠  $\sqrt{\frac{1}{2}}$       ㉡ 1      ㉢  $\sqrt{\frac{3}{2}}$       ㉣  $\sqrt{2}$       ㉤  $\sqrt{\frac{5}{2}}$

23 B の速さの最大値は  $\sqrt{gl}$  の何倍か。

- ㉠ 1      ㉡  $\sqrt{2}$       ㉢  $\sqrt{3}$       ㉣ 2      ㉤  $\sqrt{5}$

24 B が最下点に到達したときの加速度の大きさは  $g$  の何倍か。

- ㉠ 0      ㉡  $\frac{1}{2}$       ㉢ 1      ㉣  $\frac{3}{2}$       ㉤ 2

25 B の速さが最大になったときから最下点に到達するまでの時間は  $\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  の何倍か。

- ㉠  $\frac{\sqrt{2}}{4}$       ㉡  $\frac{\sqrt{2}}{2}$       ㉢ 1      ㉣  $\sqrt{2}$       ㉤ 2