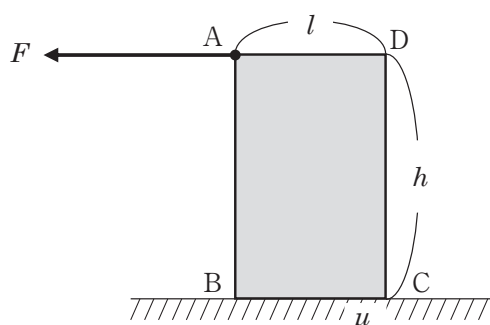


# 物理基礎・物理

- 1 図のように、質量  $m$  の直方体が、水平であらい床の上に置かれている。直方体は高さが  $h$ 、底面の一边の長さが  $l$  であり、直方体と床の間の静止摩擦係数を  $\mu$  とする。この直方体の上面の点 A に、水平方向左向きに大きさ  $F$  の力を加える。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問 1～問 5 に答えなさい。



問 1 この直方体が床から受ける垂直抗力の大きさと、最大静止摩擦力の大きさを求めよ。(垂直抗力、最大静止摩擦力) の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $(mg, \mu mg)$       ②  $(\mu mg, mg)$       ③  $(\mu mg, \mu mg)$   
 ④  $(m, \mu m)$       ⑤  $(\mu m, m)$       ⑥  $(\mu m, \mu m)$

問 2  $F = \frac{1}{4} mg$  のとき直方体は静止していた。直方体が床から受ける垂直抗力の作用点の点 B からの距離を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $l + \frac{1}{2} h$       ②  $l - \frac{1}{2} h$       ③  $\frac{1}{2} l + \frac{1}{4} h$   
 ④  $\frac{1}{2} l - \frac{1}{4} h$       ⑤  $\frac{1}{4} l + \frac{1}{2} h$       ⑥  $\frac{1}{4} l - \frac{1}{2} h$

問3 問2の状態において直方体が傾かないために、直方体の辺ADと辺CDの長さが満たすべき条件を求めよ。最も適切なものを①～⑥から1つ選んで答えなさい。

- ①  $l \geq h$       ②  $l \leq h$       ③  $2l \geq h$       ④  $2l \leq h$   
⑤  $l \geq 2h$       ⑥  $l \leq 2h$

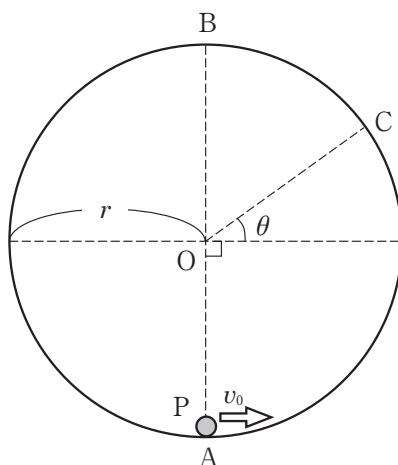
問4 力の大きさ $F$ を大きくしていくと、直方体はすべらずに点Bを中心に傾き始めた。傾く直前の $F$ の大きさを求めよ。最も適切なものを①～⑥から1つ選んで答えなさい。

- ①  $\frac{l}{h}mg$       ②  $\frac{h}{l}mg$       ③  $\frac{l}{2h}mg$       ④  $\frac{h}{2l}mg$   
⑤  $\frac{l}{4h}mg$       ⑥  $\frac{h}{4l}mg$

問5 問4において、直方体がすべらずに点Bを中心に傾くために、静止摩擦係数 $\mu$ が満たすべき条件を求めよ。最も適切なものを①～⑥から1つ選んで答えなさい。

- ①  $\mu \geq \frac{2l}{h}$       ②  $\mu \geq \frac{2h}{l}$       ③  $\mu \geq \frac{l}{h}$       ④  $\mu \geq \frac{h}{l}$   
⑤  $\mu \geq \frac{l}{2h}$       ⑥  $\mu \geq \frac{h}{2l}$

- 2 図のように、水平横向きに置かれた円筒の底面に平行な断面を考え、その半径を  $r$ 、中心を点  $O$  とする。質量  $m$  の小球  $P$  を円筒面の最下点  $A$  から水平方向に初速度  $v_0$  で打ち出し、円筒の内面に沿って運動させる。小球  $P$  の大きさは無視できるものとし、運動はすべてこの断面内で起こるものとする。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問 6～問 10 に答えなさい。



- I 小球  $P$  が円筒内面に接したまま最も上の点  $B$  に達した場合を考える。小球  $P$  が点  $B$  で円筒面から受ける垂直抗力の大きさを  $N_B$ 、点  $B$  における小球  $P$  の速さを  $v_B$  とする。

問 6  $v_B$  を、 $v_0$  を用いて表せ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\sqrt{v_0^2 + gr}$  | ② $\sqrt{v_0^2 - gr}$  | ③ $\sqrt{v_0^2 + 2gr}$ |
| ④ $\sqrt{v_0^2 - 2gr}$ | ⑤ $\sqrt{v_0^2 + 4gr}$ | ⑥ $\sqrt{v_0^2 - 4gr}$ |

問 7  $N_B$  を、 $v_B$  を用いて表せ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                            |                            |                          |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| ① $m \frac{v_B^2}{r} + mg$ | ② $m \frac{v_B^2}{r} - mg$ | ③ $mr v_B^2 + mg$        |
| ④ $mr v_B^2 - mg$          | ⑤ $m \frac{v_B}{r} + mg$   | ⑥ $m \frac{v_B}{r} - mg$ |

問 8  $N_B$  を,  $v_0$  を用いて表せ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $m \frac{v_0^2}{r} - mg$       ②  $m \frac{v_0^2}{r} + 2mg$       ③  $m \frac{v_0^2}{r} - 3mg$   
 ④  $m \frac{v_0^2}{r} + 4mg$       ⑤  $m \frac{v_0^2}{r} - 5mg$       ⑥  $m \frac{v_0^2}{r} + 6mg$

問 9 小球 P が円筒内面に接したまま点 B を通過するための,  $v_0$  の最小値を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

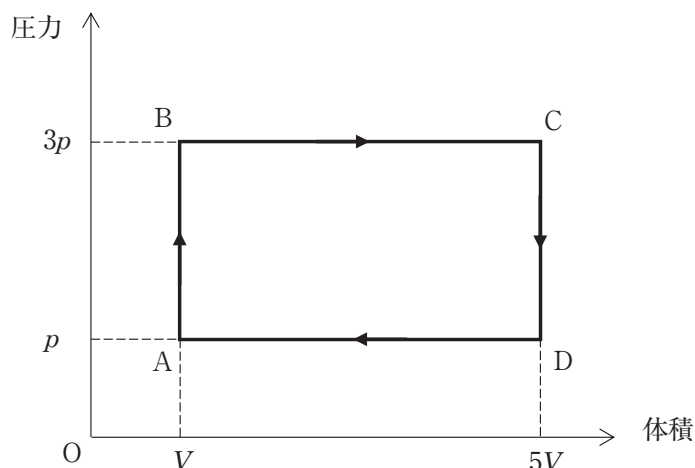
- ①  $\sqrt{gr}$       ②  $\sqrt{2gr}$       ③  $\sqrt{3gr}$       ④  $2\sqrt{gr}$   
 ⑤  $\sqrt{5gr}$       ⑥  $\sqrt{6gr}$

II 次に, 小球 P が点 A から円筒内面に沿って運動し, 点 O を通る水平面からの角度  $\theta$  である点 C で円筒面から離れた場合を考える。

問 10 この場合の  $v_0$  を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $\sqrt{gr(2+3\sin\theta)}$       ②  $\sqrt{gr(3+2\sin\theta)}$       ③  $\sqrt{5gr\sin\theta}$   
 ④  $\sqrt{gr(2+3\cos\theta)}$       ⑤  $\sqrt{gr(3+2\cos\theta)}$       ⑥  $\sqrt{5gr\cos\theta}$

- 3 物質質量 1 mol の単原子分子理想気体をピストンのついたシリンダーに封入した熱機関がある。この熱機関において、図のように状態  $A \rightarrow$  状態  $B \rightarrow$  状態  $C \rightarrow$  状態  $D \rightarrow$  状態  $A$  と 1 サイクルの状態変化を行う。ここで  $A \rightarrow B$  および  $C \rightarrow D$  は定積変化、 $B \rightarrow C$  および  $D \rightarrow A$  は定圧変化である。初めの状態  $A$  における絶対温度を  $T$  とし、また気体定数を  $R$  として、以下の問 11～問 15 に答えなさい。



問 11 状態  $B$ ,  $C$ ,  $D$  のそれぞれの温度  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  を求めよ。 $(T_B, T_C, T_D)$  の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| ① $(3T, 15T, 5T)$ | ② $(2T, 8T, 4T)$  |
| ③ $(3T, 12T, 4T)$ | ④ $(2T, 10T, 5T)$ |
| ⑤ $(5T, 15T, 3T)$ | ⑥ $(4T, 8T, 2T)$  |

問 12 状態変化  $A \rightarrow B$  および  $B \rightarrow C$  の各過程において、この気体に加えられた熱量  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$  を求めよ。 $(Q_{AB}, Q_{BC})$  の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ① $(3RT, 15RT)$ | ② $(3RT, 20RT)$ |
| ③ $(3RT, 30RT)$ | ④ $(5RT, 15RT)$ |
| ⑤ $(5RT, 20RT)$ | ⑥ $(5RT, 30RT)$ |

問 13 状態変化  $C \rightarrow D$  および  $D \rightarrow A$  の各過程において、この気体が放出した熱量  $Q_{CD}$ ,  $Q_{DA}$  を求めよ。 $(Q_{CD}, Q_{DA})$  の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ① $(5RT, 10RT)$  | ② $(10RT, 5RT)$  |
| ③ $(5RT, 15RT)$  | ④ $(15RT, 5RT)$  |
| ⑤ $(15RT, 10RT)$ | ⑥ $(10RT, 15RT)$ |

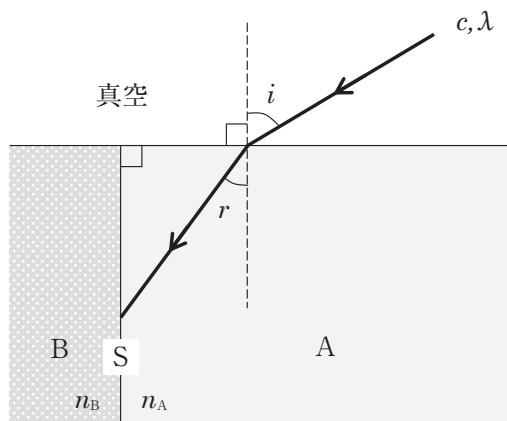
問 14 この 1 サイクルの間に気体が外部にした仕事を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| ① $6RT$  | ② $8RT$  | ③ $10RT$ | ④ $12RT$ |
| ⑤ $14RT$ | ⑥ $16RT$ |          |          |

問 15 この熱機関の熱効率を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |                  |                 |                  |                  |                  |                 |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| ① $\frac{8}{31}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{8}{33}$ | ④ $\frac{4}{17}$ | ⑤ $\frac{8}{35}$ | ⑥ $\frac{2}{9}$ |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|

- 4 図のように、真空中から入射角  $i$  ( $0^\circ < i < 90^\circ$ ) で絶対屈折率  $n_A$  の媒質 A に入射する光線を考える。媒質 A は、絶対屈折率  $n_B$  の媒質 B と境界面 S を介して接しており、媒質 A に入射した光線は境界面 S に達する。真空中の光の速さを  $c$ 、波長を  $\lambda$  として、以下の問 16～問 20 に答えなさい。



問 16 屈折角を  $r$  としたとき、 $i$ 、 $r$ 、 $n_A$  が満たす関係式を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $\frac{\cos r}{\cos i} = n_A$     ②  $\frac{\cos i}{\cos r} = n_A$     ③  $\frac{\sin r}{\sin i} = n_A$     ④  $\frac{\sin i}{\sin r} = n_A$   
 ⑤  $\frac{\sin i}{\cos r} = n_A$     ⑥  $\frac{\cos i}{\sin r} = n_A$

問 17 媒質 A 内における光の速さと波長を求めよ。(速さ、波長) の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $(c, \lambda)$     ②  $(n_A c, \lambda)$     ③  $(n_A c, n_A \lambda)$   
 ④  $\left(\frac{c}{n_A}, n_A \lambda\right)$     ⑤  $\left(\frac{c}{n_A}, \frac{\lambda}{n_A}\right)$     ⑥  $\left(n_A c, \frac{\lambda}{n_A}\right)$

問 18 媒質 A に入射した光線が媒質 B との境界面 S で全反射するために必要な  $n_A$ 、 $n_B$  の関係を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $n_A = n_B$     ②  $n_A < n_B$     ③  $n_A > n_B$   
 ④  $n_A < n_B + 1$     ⑤  $n_A > n_B + 1$     ⑥  $n_A^2 > n_B$

問 19 光線が境界面 S で全反射するときの臨界角を  $\alpha$  としたとき、 $\alpha$ ,  $n_A$ ,  $n_B$  が満たす関係式を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

①  $\sin \alpha = \frac{n_B}{n_A}$

②  $\sin \alpha = \frac{n_A}{n_B}$

③  $\cos \alpha = \frac{n_B}{n_A}$

④  $\cos \alpha = \frac{n_A}{n_B}$

⑤  $\alpha = \frac{n_B}{n_A}$

⑥  $\alpha = \frac{n_A}{n_B}$

問 20 光線が境界面 S で全反射するために入射角  $i$  が満たすべき条件を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

①  $\sin i < \sqrt{n_A^2 + n_B^2}$

②  $\cos i < \sqrt{n_A^2 + n_B^2}$

③  $\sin i < \sqrt{n_A^2 - n_B^2}$

④  $\cos i < \sqrt{n_A^2 - n_B^2}$

⑤  $\sin i < \sqrt{n_A - n_B}$

⑥  $\cos i < \sqrt{n_A - n_B}$

- 5 図のように、半径  $R$  の球の内部に、総量  $Q$  の正の電荷が一様に分布している場合を考える。クーロンの法則の比例定数を  $k$  とすると、正の電荷  $q$  を持つ物体から出る電気力線の本数は  $4\pi kq$  と表される。この関係は、電荷が物体中に連続的に分布している場合にも成り立つ。また、電場の強さ  $E$  は、電場に垂直な面を貫く単位面積あたりの電気力線の本数に等しい。球の中心  $O$  から距離  $r$  の位置に点  $P$  をとり、この点  $P$  における電場を考える。以下の問 21～問 26 に答えなさい。

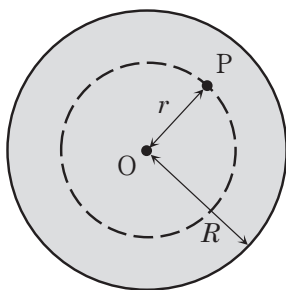


図 1 :  $0 < r < R$

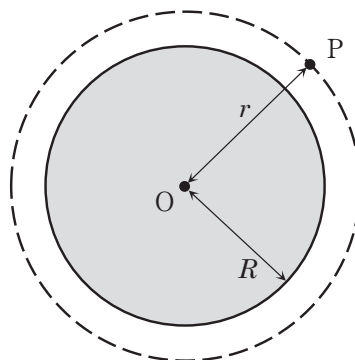


図 2 :  $r > R$

問 21 半径  $R$  の球全体における、単位体積あたりの電気量を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $\frac{Q}{2\pi R}$       ②  $\frac{Q}{2\pi R^2}$       ③  $\frac{3Q}{2\pi R}$       ④  $\frac{3Q}{2\pi R^2}$   
 ⑤  $\frac{Q}{4\pi R^3}$       ⑥  $\frac{3Q}{4\pi R^3}$

I 図 1 のように、 $r$  が  $0 < r < R$  を満たす場合を考える。

問 22 半径  $r$  の球の表面を貫く電気力線の本数を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $4\pi kQ \frac{r}{R}$       ②  $4\pi kQ \left(\frac{r}{R}\right)^2$       ③  $4\pi kQ \left(\frac{r}{R}\right)^3$   
 ④  $2\pi kQ \frac{r}{R}$       ⑤  $2\pi kQ \left(\frac{r}{R}\right)^2$       ⑥  $2\pi kQ \left(\frac{r}{R}\right)^3$

問 23 点 P における電場の強さを求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ① 0                      ②  $\frac{kQ}{R} r^2$                       ③  $\frac{kQ}{R^2} r$                       ④  $\frac{kQ}{R^2} r^2$   
⑤  $\frac{kQ}{R^3} r$                       ⑥  $\frac{kQ}{R^3} r^2$

II 図 2 のように、 $r$  が  $r > R$  を満たす場合を考える。

問 24 半径  $r$  の球の表面を貫く電気力線の本数を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

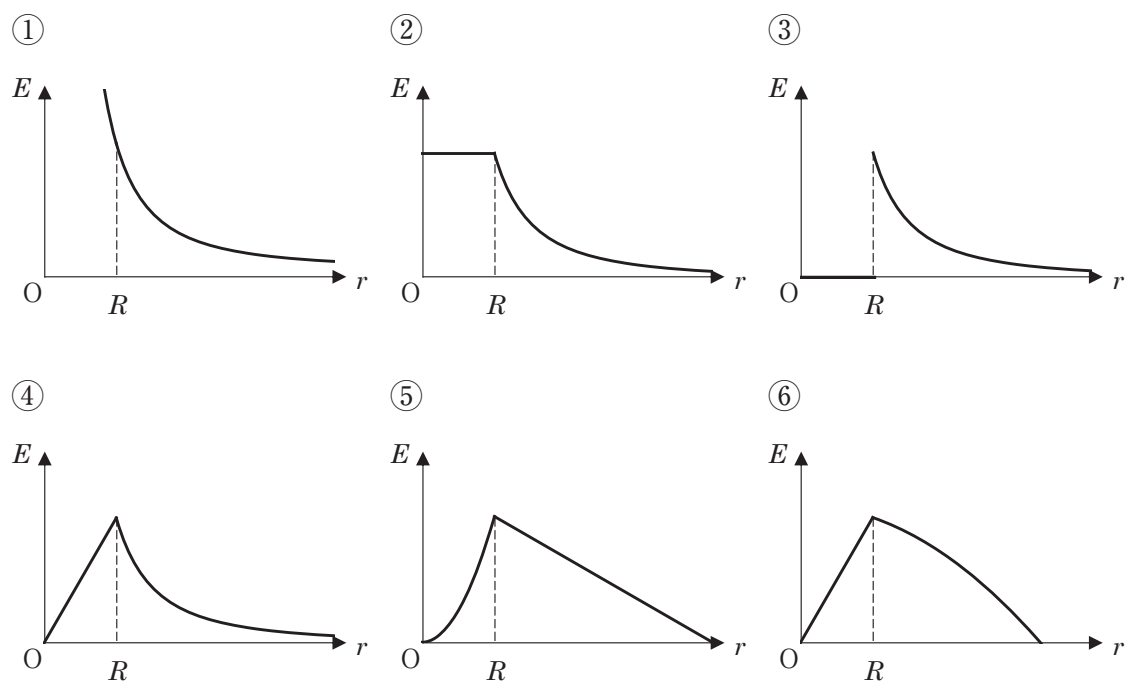
- ①  $4\pi kQ$                       ②  $4\pi Q$                       ③  $2\pi kQ$                       ④  $2\pi Q$   
⑤  $\frac{Q}{4\pi k}$                       ⑥  $\frac{Q}{2\pi k}$

問 25 点 P における電場の強さを求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

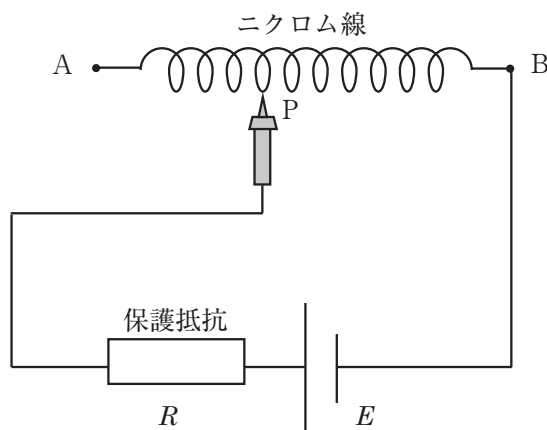
- ①  $\frac{kQ}{r}$                       ②  $\frac{kQ}{r^2}$                       ③  $\frac{4\pi kQ}{r}$                       ④  $\frac{4\pi kQ}{r^2}$   
⑤  $\frac{Q}{4\pi kr}$                       ⑥  $\frac{Q}{4\pi kr^2}$

問 26 距離  $r$  と電場の強さ  $E$  の関係を表したグラフはどのようなになるか。

最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。



- 6 図のように，ニクロム線 AB と抵抗値  $R$  の保護抵抗を起電力  $E$  の電池に接続した。点 P は回路とニクロム線との接点であり，AB 間を自由に動かすことができるものとする。電池の内部抵抗は無視できるものとして，以下の問 27～問 30 に答えなさい。



問 27 回路を流れる電流を  $I$  として，PB 間の電圧を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $E - RI$       ②  $E + RI$       ③  $E$       ④  $\frac{1}{2}E$   
 ⑤  $(E - RI)I$       ⑥  $(E + RI)I$

問 28 回路を流れる電流を  $I$  として，ニクロム線の消費電力を求めよ。最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $(E - RI)I$       ②  $(E + RI)I$       ③  $EI$       ④  $RI^2$   
 ⑤  $(E - RI)I^2$       ⑥  $\frac{1}{2}(E - RI)I$

問 29 ニクロム線の消費電力が最大になるときの電流の大きさと，そのときのニクロム線の消費電力を求めよ。(電流，消費電力) の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- ①  $\left(\frac{E}{R}, \frac{E^2}{R}\right)$       ②  $\left(\frac{2E}{R}, \frac{2E^2}{R}\right)$       ③  $\left(\frac{2E}{R}, \frac{E^2}{2R}\right)$   
 ④  $\left(\frac{E}{2R}, \frac{E^2}{2R}\right)$       ⑤  $\left(\frac{2E}{R}, \frac{4E^2}{R}\right)$       ⑥  $\left(\frac{E}{2R}, \frac{E^2}{4R}\right)$

問 30 問 29 のとき，ニクロム線のうちの PB 間の抵抗と，PB 間の電圧を求めよ。(抵抗，電圧) の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。

- |             |              |                                           |
|-------------|--------------|-------------------------------------------|
| ① $(R, E)$  | ② $(R, 2E)$  | ③ $\left(R, \frac{E}{2}\right)$           |
| ④ $(2R, E)$ | ⑤ $(2R, 2E)$ | ⑥ $\left(\frac{R}{2}, \frac{E}{2}\right)$ |