

理 科

「物理基礎，物理」

全学科の**選択**受験科目

物理基礎，物理

[1] 次の ～ にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

(1) 質量 M で体積 V の直方体の箱と、容器に入ったある密度の液体がある。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えなさい。ただし、容器は十分大きいとする。

(A) 図1のように、箱の体積の半分を液体に浸したところで静かに手をはなしたところ、箱はその状態を保ったまま、浮かんで静止した。このことから、この液体の密度は である。

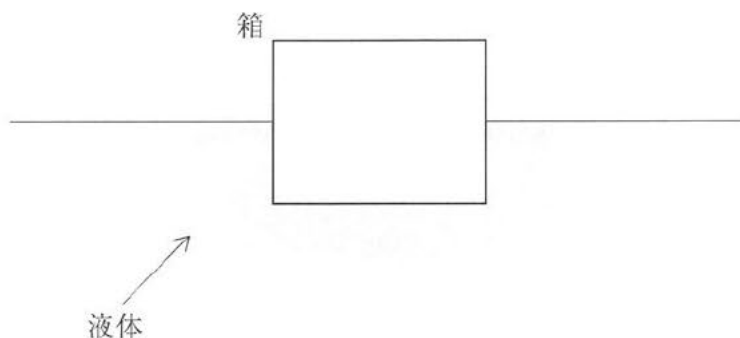


図1

の解答群

① $\frac{M}{4V}$

② $\frac{M}{2V}$

③ $\frac{2M}{3V}$

④ $\frac{M}{V}$

⑤ $\frac{3M}{2V}$

⑥ $\frac{2M}{V}$

物理基礎，物理

(B) 次に，箱の中に質量 m のおもりが置かれている状況を考える。図 2 のように，箱の底面を水平に保ちながら，液体中に箱全体を浸して静かに手をはなしたところ，箱は傾くことなく水平を保ったまま沈んでいった。箱が沈んでいる間，この箱には，重力，浮力のほかに，箱の沈む速さとともに大きくなる液体からの抵抗力がはたらく。そのため箱は，はじめは加速しながら沈むが，十分に時間が経過すると一定の速度となって沈んでいく。

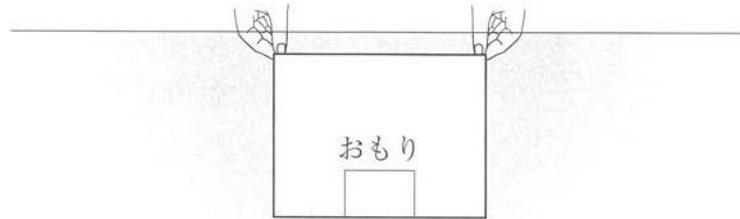


図 2

1) 箱が大きさ a の加速度で沈んでいるとき，箱の底面がおもりにおよぼしている垂直抗力の大きさは である。

の解答群

- | | | |
|--------|--------------|--------------|
| ① 0 | ② mg | ③ $(m + M)g$ |
| ④ ma | ⑤ $m(g - a)$ | ⑥ $m(g + a)$ |

2) 箱から手をはなして十分に時間がたったとき，箱の底面がおもりにおよぼしている垂直抗力の大きさは である。またそのとき，液体から箱にはたらく抵抗力の大きさは である。

の解答群

- | | | |
|--------------|---------------|---------------|
| ① 0 | ② mg | ③ Mg |
| ④ $(m + M)g$ | ⑤ $(2m + M)g$ | ⑥ $(m + 2M)g$ |

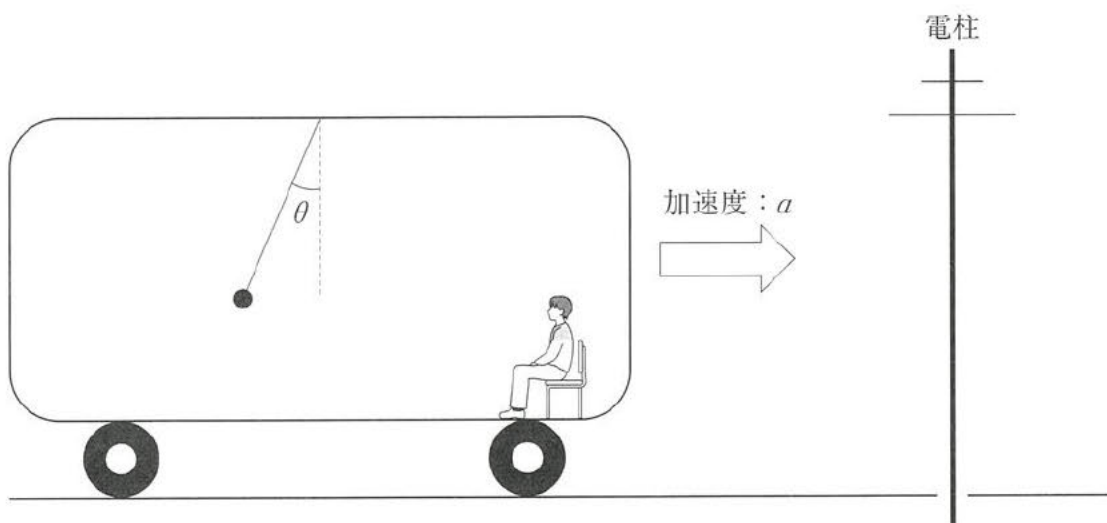
の解答群

- | | | |
|--------------|---------------|---------------|
| ① mg | ② Mg | ③ $2Mg$ |
| ④ $(m - M)g$ | ⑤ $(2m - M)g$ | ⑥ $(m - 2M)g$ |

物理基礎，物理

(2) 図のように、一定の大きさ a の加速度で、水平なレール上を右向きに等加速度運動している車両がある。その車内の天井からは、小物体が軽い糸でつるされており、その糸の向きは鉛直方向に対して角度 θ を保っている。重力加速度の大きさを g とすると、 $\tan \theta$ は 5 である。

車両が等加速度運動を続けている状態で、図中の細い電柱の前を小物体が右向きに通過すると同時に、糸を切った。その後の小物体の運動の軌道として最も適切なものは、車内で静止している観測者から見た場合については 6 であり、車外で静止している観測者から見た場合については 7 である。ただし、電柱は水平面に対して垂直に立っているとす

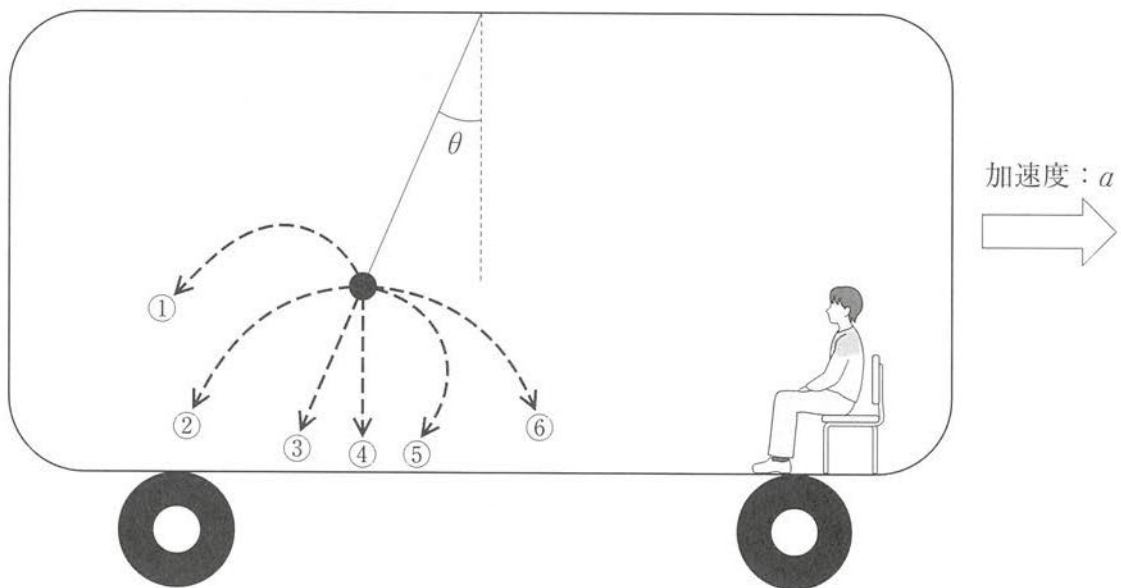


5 の解答群

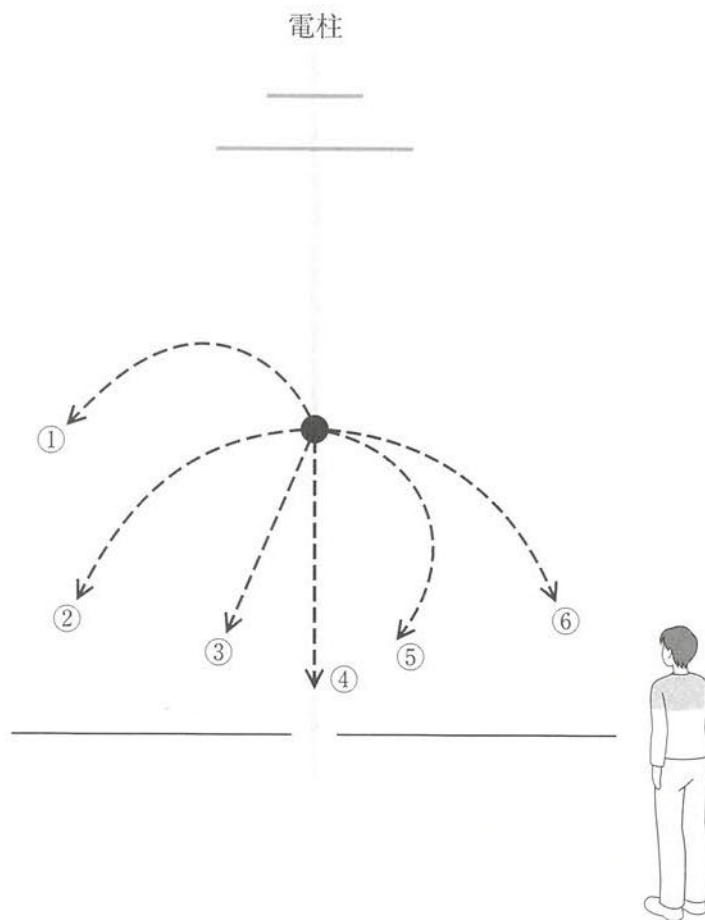
- ① $\frac{a}{g}$ ② $\frac{a}{2g}$ ③ $\frac{\sqrt{2}a}{g}$ ④ $\frac{g}{a}$ ⑤ $\frac{g}{2a}$ ⑥ $\frac{\sqrt{2}g}{a}$

物理基礎，物理

6 の解答群

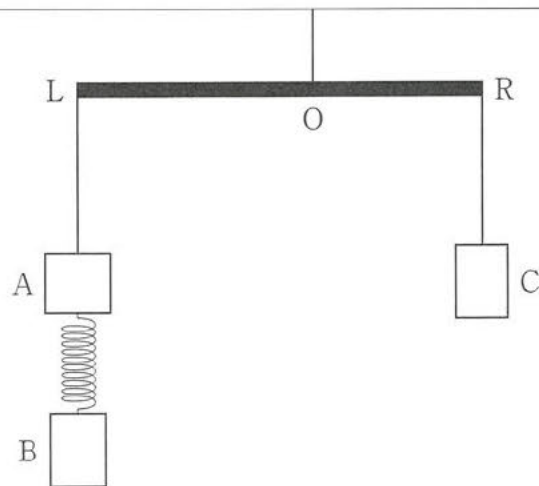


7 の解答群



物理基礎，物理

- (3) 質量の無視できる真っ直ぐな棒 LR が、 $LO : OR = 3 : 2$ に内分する点 O でつり下げられている。いま、図のように、棒を水平に保って、物体 A と物体 B をばね定数 k の軽いばねでつないだものを左端 L に、物体 C を右端 R に、軽い糸で静かにつり下げたところ、3つの物体は全て静止した。このとき、物体 A の質量を m_A 、物体 B の質量を m_B とすると、ばねの伸びは であり、物体 C の質量は である。ただし、重力加速度の大きさを g とする。



物理基礎, 物理

8 の解答群

① $\frac{m_A}{2k}g$

② $\frac{m_B}{2k}g$

③ $\frac{m_A}{k}g$

④ $\frac{m_B}{k}g$

⑤ $\frac{(m_A + m_B)}{k}g$

⑥ $\frac{(m_B - m_A)}{k}g$

9 の解答群

① $m_A + m_B$

② $3m_A + 2m_B$

③ $2m_A + 3m_B$

④ $\frac{2}{3}(m_A + m_B)$

⑤ $\frac{3}{2}(m_A + m_B)$

⑥ $5(m_A + m_B)$

物理基礎，物理

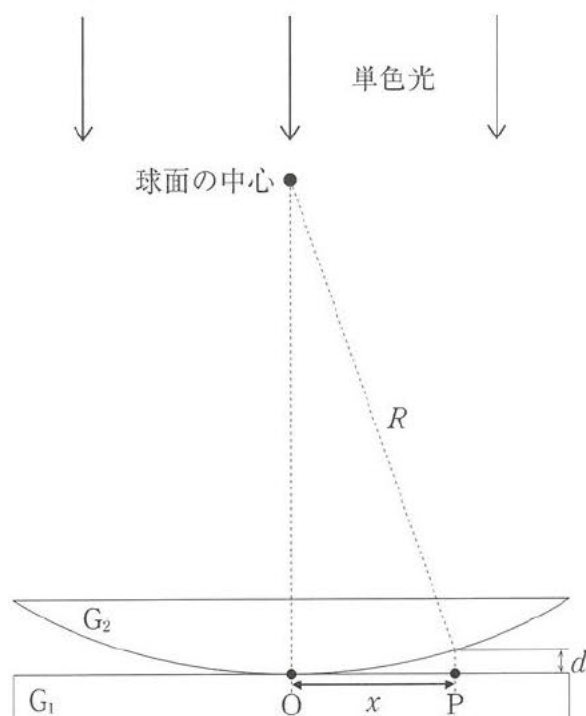
- [2] 次の ～ にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

平面ガラス G_1 の上に、球面半径 R の平凸レンズ（球面と平面からできたレンズ） G_2 をのせる。図のように、 G_1 と G_2 が接している点を O とし、 O から距離 x 離れた G_1 上の位置を P とする。また、 P における空気層の厚さ（ G_1 の上面と G_2 の下面との距離）を d とする。ただし、空気層の屈折率を 1 とし、 G_1 と G_2 の屈折率は、1 より大きいものとする。

図のように、真上から G_2 の平面に対して垂直に、波長 λ の緑色の単色光を当てる実験を行ったところ、 O を中心とする同心円状の明暗の縞模様が見えた。これは、 G_1 の上面で反射する光と G_2 の下面で反射する光の干渉によるものである。 O と P の位置はともに暗く、 O の暗い部分を 1 番目の暗環とすると、 P を通る暗環は O から数えて 4 番目であった。 d は λ を使って表すと、 $d = \text{10}$ である。また、 $2d = \frac{x^2}{R}$ が成り立つものとする、 x は λ と R を使って、 $x = \text{11}$ である。

次に、赤色と青色の単色光を用いてそれぞれ同じ実験を行った。このとき、 O から数えて 4 番目の暗環の半径は、赤色の場合は x_R 、青色の場合は x_B であった。 x 、 x_R 、 x_B の大小関係について正しいものは である。

最後に、 G_1 と G_2 の間の空気層を屈折率 n ($n > 1$) の液体で満たし、波長 λ の緑色の単色光を用いて同じ実験を行った。このとき、 O から数えて 4 番目の暗環の半径は、液体がない場合の半径 x の 倍である。ただし、 n は G_1 と G_2 の屈折率よりも小さいものとする。



物理基礎, 物理

10 の解答群

- ① $\frac{3}{4}\lambda$ ② λ ③ $\frac{3}{2}\lambda$ ④ $\frac{7}{4}\lambda$ ⑤ 3λ ⑥ 4λ

11 の解答群

- ① $\sqrt{\lambda R}$ ② $\sqrt{\frac{3}{2}\lambda R}$ ③ $\sqrt{\frac{5}{2}\lambda R}$
④ $\sqrt{3\lambda R}$ ⑤ $\sqrt{\frac{7}{2}\lambda R}$ ⑥ $2\sqrt{\lambda R}$

12 の解答群

- ① $x < x_R < x_B$ ② $x < x_B < x_R$ ③ $x_R < x < x_B$
④ $x_R < x_B < x$ ⑤ $x_B < x < x_R$ ⑥ $x_B < x_R < x$

13 の解答群

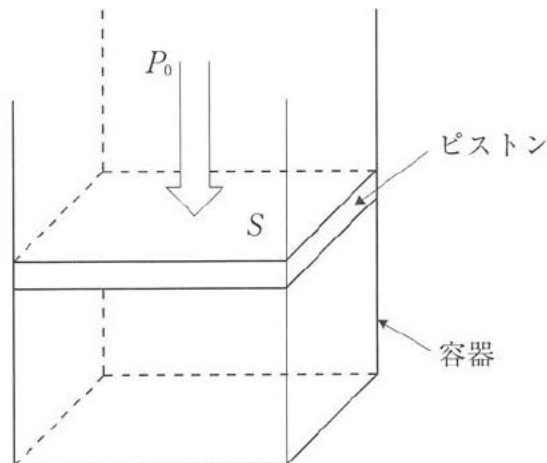
- ① 1 ② $\frac{1}{\sqrt{n}}$ ③ $\frac{1}{n}$ ④ $\sqrt{n}$ ⑤ n ⑥ n^2

物理基礎，物理

- [3] 次の 14 ～ 17 にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

(1) 図のような容器に、1モルの単原子分子理想気体が、断面積 S で質量 m のピストンによって封入されている。ピストンは水平で容器内を滑らかに動くことができる。

いま、気体を加熱したところ、ピストンはもとの高さからゆっくりと d だけ上昇した。この過程で、容器内の気体が外部にした仕事 W は、大気圧を P_0 、重力加速度の大きさを g とすると、 $W =$ 14 である。また、気体の温度の増加分は、 W と気体定数 R を用いると 15 である。ただし、ピストンと容器は断熱材でできているものとする。



14 の解答群

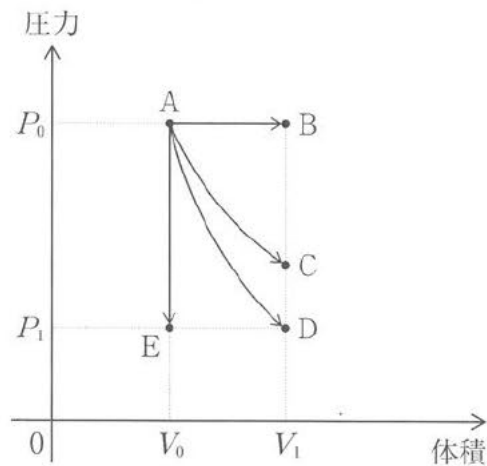
- | | | |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| ① $P_0 S d$ | ② mgd | ③ $\left(P_0 - \frac{mg}{S}\right)d$ |
| ④ $\left(P_0 + \frac{mg}{S}\right)d$ | ⑤ $(P_0 S - mg)d$ | ⑥ $(P_0 S + mg)d$ |

15 の解答群

- | | | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{W}{R}$ | ② $\frac{3W}{2R}$ | ③ $\frac{5W}{2R}$ | ④ $\frac{3W}{R}$ | ⑤ $\frac{3RW}{2}$ | ⑥ $\frac{5RW}{2}$ |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|

物理基礎，物理

(2) 圧力 P_0 、体積 V_0 (図中の状態 A) の一定量の単原子分子理想気体がある。この気体の状態を、図のように変化させた場合について考える。ここで、 $A \rightarrow B$ は定圧(等圧)変化、 $A \rightarrow C$ は等温変化、 $A \rightarrow D$ は断熱変化、 $A \rightarrow E$ は定積(等積)変化である。また、状態 B、C、D の体積は V_1 、状態 D と E の圧力は P_1 である。このとき、状態 B、C、D、E での気体の絶対温度をそれぞれ順に T_B 、 T_C 、 T_D 、 T_E とすると、これら 4 つの大小関係は 16 であり、 $A \rightarrow D$ の過程で気体が外部にした仕事は 17 である。



16 の解答群

- ① $T_E < T_D < T_C < T_B$ ② $T_D < T_C < T_B < T_E$ ③ $T_C < T_B < T_E < T_D$
 ④ $T_B < T_E < T_D < T_C$ ⑤ $T_B = T_C = T_D < T_E$ ⑥ $T_B < T_C < T_D = T_E$

17 の解答群

- ① $\frac{1}{2}(P_0 V_0 - P_1 V_1)$ ② $\frac{3}{2}(P_0 V_0 - P_1 V_1)$ ③ $\frac{5}{2}(P_0 V_0 - P_1 V_1)$
 ④ $\frac{1}{2}P_0(V_1 - V_0)$ ⑤ $\frac{3}{2}P_0(V_1 - V_0)$ ⑥ $\frac{5}{2}(P_0 V_0 + P_1 V_1)$

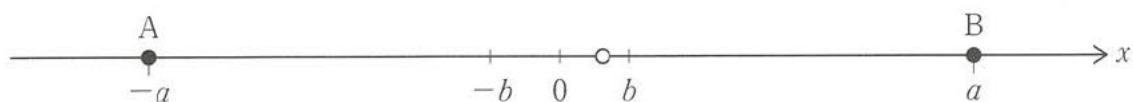
物理基礎，物理

- [4] 次の 18 ～ 25 にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

(1) 図のように、ともに電気量 Q の2つの正の点電荷を直線上の点A，Bに固定する。この直線を x 軸とし、AからBの向きを正とする。AB間の中点を x 軸の原点としたとき、点A，Bのそれぞれの x 座標は $-a$ と a であった。ここで a は正の定数である。

いま、 x 軸上の原点から距離 b の位置に、質量 m ，電気量 q の正の点電荷Pを置いて静かにはなしたところ、Pは x 軸上で振幅 b の単振動をした。Pが単振動しているときについて、以下の問いに答えなさい。ただし、 b は a に比べて十分小さいものとし、クーロンの法則の比例定数を k とする。また、Pの運動によって生じる磁場は無視できるものとする。

- ：電気量 Q の正の点電荷
○：電気量 q の正の点電荷P



- 1) 点電荷Pの位置が座標 x であったとき、点Aにある点電荷がPにおよぼす力 F_1 は、AからBの向きが正であることを考慮すると 18 である。また、点Bにある点電荷がPにおよぼす力 F_2 は 19 である。

18，19 の解答群

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{kQq}{2(a-x)^2}$ | ② $\frac{kQq}{(a-x)^2}$ | ③ $\frac{kQq}{(a+x)^2}$ |
| ④ $-\frac{kQq}{x^2}$ | ⑤ $-\frac{kQq}{(a-x)^2}$ | ⑥ $-\frac{kQq}{(a+x)^2}$ |

物理基礎，物理

2) $|x| \ll a$ における以下の近似式，

$$\frac{1}{(a \pm x)^2} = \frac{1}{a^2} \left(1 \pm \frac{x}{a}\right)^{-2} \doteq \frac{1}{a^2} \left(1 \mp \frac{2x}{a}\right) \quad (\text{複号同順})$$

を用いると，点電荷 P の位置が座標 x であったときに受ける力 $F_1 + F_2$ は 20 と与えられる。このことから，P の単振動の周期は 21 である。

20 の解答群

- | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $\frac{2kQq}{a^2}x$ | ② $\frac{kQq}{a^3}x$ | ③ $\frac{2kQq}{a^3}x$ |
| ④ $-\frac{2kQq}{a^2}x$ | ⑤ $-\frac{kQq}{a^3}x$ | ⑥ $-\frac{4kQq}{a^3}x$ |

21 の解答群

- | | | |
|---|---|---|
| ① $\frac{3}{\pi a} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ | ② $\frac{4}{\pi a} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ | ③ $\frac{\pi a}{2} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ |
| ④ $\pi a \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ | ⑤ $2\pi a \sqrt{\frac{kQq}{ma}}$ | ⑥ $4\pi a \sqrt{\frac{kQq}{ma}}$ |

3) 点電荷 P が原点を通過する瞬間の速さは 22 である。

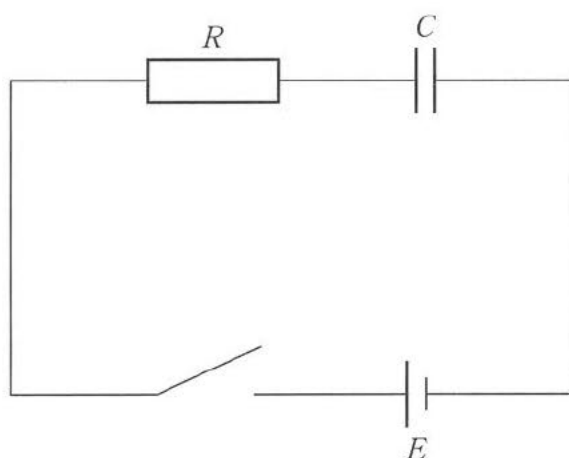
22 の解答群

- | | | |
|--|---------------------------------------|--|
| ① $\frac{b}{2a} \sqrt{\frac{kQq}{ma}}$ | ② $\frac{b}{a} \sqrt{\frac{kQq}{ma}}$ | ③ $\frac{2b}{a} \sqrt{\frac{kQq}{ma}}$ |
| ④ $\frac{a}{2b} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ | ⑤ $\frac{a}{b} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ | ⑥ $\frac{2a}{b} \sqrt{\frac{ma}{kQq}}$ |

物理基礎，物理

(2) 図のように，起電力 E の電池，抵抗値 R の抵抗，電荷のない電気容量 C のコンデンサー，スイッチが接続された直流回路がある。

スイッチを入れた直後に回路に流れる電流は 23 である。スイッチを入れた直後からの時間に対する，コンデンサーの極板間の電圧ならびに抵抗の両端の電圧の変化について，それぞれ実線と破線で表したグラフは 24 である。また，スイッチを入れてから十分に時間がたってコンデンサーの充電が終了したとき，コンデンサーの電気量は 25 である。

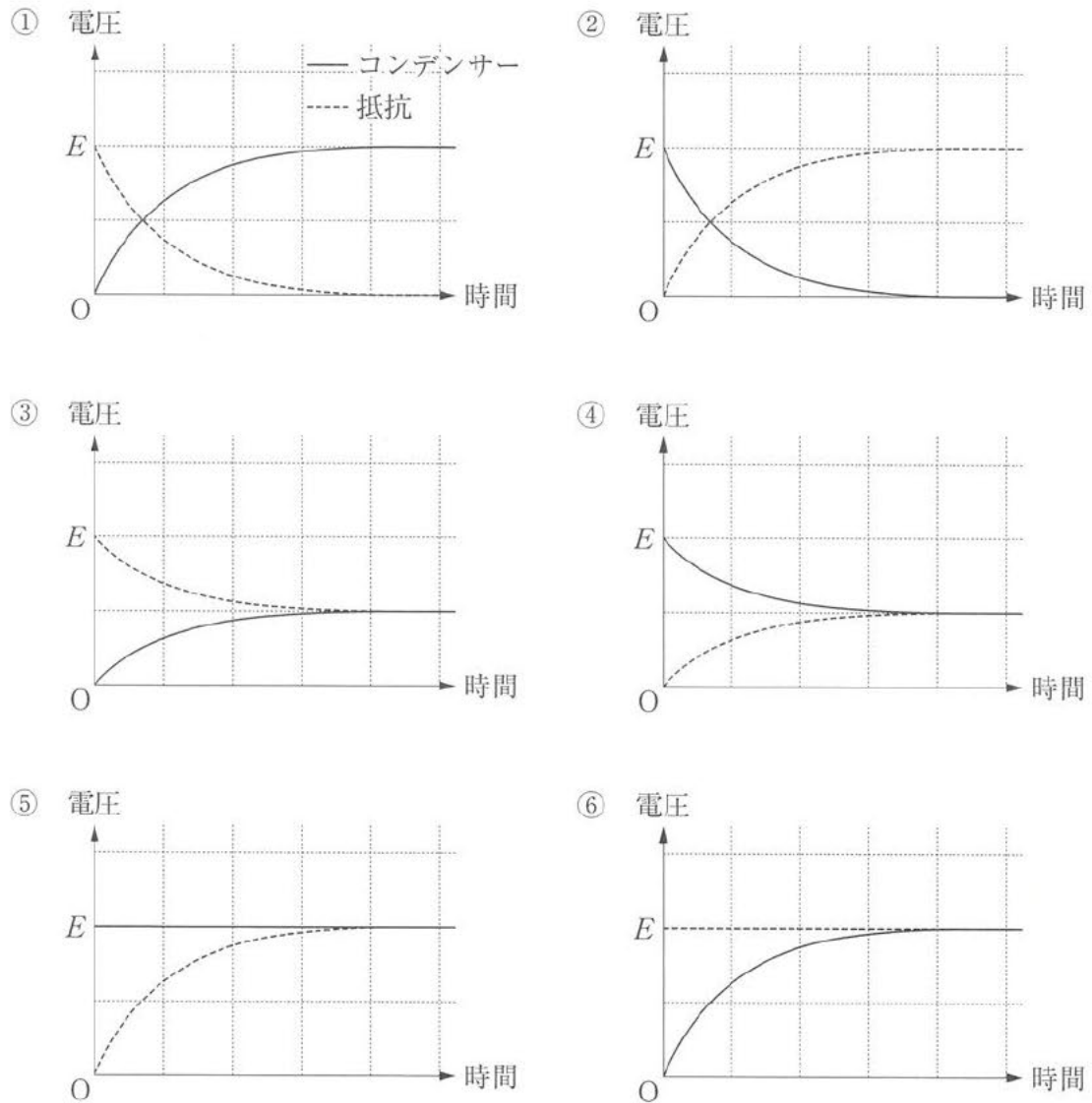


物理基礎, 物理

23 の解答群

- ① $\frac{E}{2R}$ ② $\frac{E}{R}$ ③ $\frac{E}{2C}$ ④ $\frac{E}{C}$ ⑤ $\frac{E}{2RC}$ ⑥ $\frac{E}{RC}$

24 の解答群



25 の解答群

- ① 0 ② $\frac{CE}{2}$ ③ CE ④ $\frac{E^2}{2C}$ ⑤ $\frac{E^2}{C}$ ⑥ $\frac{CE^2}{2}$