

物 理

解答範囲は、解答番号 から までです。

I 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

以下に示す図のように水平な天井に固定された滑車にひもを通し、人が鉛直下向きにひもを引くことで質量 m [kg] の荷物を支えるとき、天井にかかる力について考える。ただし、人の質量は荷物の質量より十分大きく、いずれの場合においても滑車や荷物は静止しており、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、滑車は回転部分と支持部で構成されているものとし、滑車の大きさ、ひもと滑車の質量、ひもと滑車の間の摩擦は無視できるものとする。

(1) 荷物にはたらく重力とひもが荷物を引く力が釣り合っており、ひもにかかる力を考えると、人がひもを引く力の大きさは荷物にはたらく重力の大きさ【 1 】[N]と同じであることがわかる。図I-1の場合、これらの合力が滑車にかかるため、天井には下向きに大きさ【 2 】[N]の力がかかる。次に、一台の滑車から天井にかかる力を軽減するため、図I-2のようにもう1台の同じ滑車を天井に固定し、荷物を吊り下げる。このとき、ひもの張力の大きさは図I-1の場合と同様であるが、各滑車に接するひもの角度が異なるため、天井にかかる力の向きと大きさは図I-1の場合と異なる。例えば左側の滑車の固定点Aにかかる力を $\vec{F}_A$ とすると、 $\vec{F}_A$ と天井のなす角 θ は【 3 】[rad]であり、 $\vec{F}_A$ の大きさは【 4 】[N]となる。

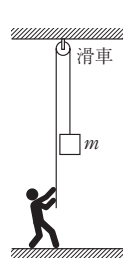


図 I - 1

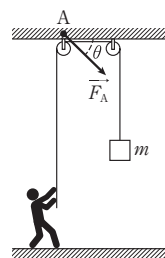


図 I - 2

問1 空所【 1 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問2 空所【 2 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問3 空所【 3 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① $\frac{1}{2}\pi$ ② $\frac{1}{3}\pi$ ③ $\frac{1}{4}\pi$ ④ $\frac{1}{6}\pi$
⑤ $\frac{2}{3}\pi$ ⑥ $\frac{3}{4}\pi$ ⑦ $\frac{5}{6}\pi$ ⑧ $\frac{7}{12}\pi$

問4 空所【 4 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

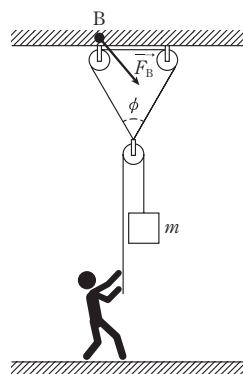


図 I - 3

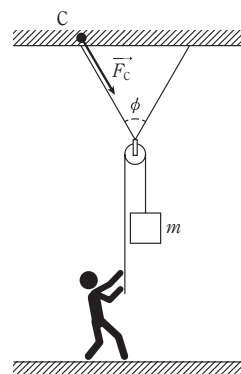


図 I - 4

(2) 図I-3のように、天井に固定された2個の同じ滑車に輪状のひもをとし、そこにもう1個の滑車が吊り下げられているとする。このとき、輪の下部におけるひもどうしのなす角 ϕ が $\frac{\pi}{3}$ [rad] となった。輪状のひもには大きさ【 5 】[N]の張力がかかるため、点Bにかかる力 $\vec{F}_B$ の大きさは【 6 】[N]である。一方で、図I-4のように、同じ長さの2本のひもを直接天井に固定し、ひもどうしのなす角が $\phi = \frac{\pi}{3}$ [rad] となる場合は、ひもの固定点Cにかかる力 $\vec{F}_C$ の大きさは【 7 】[N]となる。以上のように天井にひもや滑車を固定する箇所が同じ2箇所であっても、設置のしかたによって天井にかかる力の大きさは異なり、それらの大小関係は【 8 】となる。

問5 空所【 5 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 5

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

問6 空所【 6 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 6

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

問7 空所【 7 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 7

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

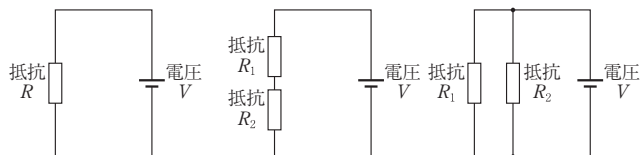
問8 空所【 8 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$ を用いても良い。

解答番号 8

- ① $|\vec{F}_A| < |\vec{F}_B| < |\vec{F}_C|$ ② $|\vec{F}_A| < |\vec{F}_C| < |\vec{F}_B|$
 ③ $|\vec{F}_B| < |\vec{F}_A| < |\vec{F}_C|$ ④ $|\vec{F}_B| < |\vec{F}_C| < |\vec{F}_A|$
 ⑤ $|\vec{F}_C| < |\vec{F}_A| < |\vec{F}_B|$ ⑥ $|\vec{F}_C| < |\vec{F}_B| < |\vec{F}_A|$
 ⑦ $|\vec{F}_A| < |\vec{F}_B| = |\vec{F}_C|$ ⑧ $|\vec{F}_C| < |\vec{F}_A| = |\vec{F}_B|$

Ⅱ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

- (1) 図Ⅱ-1の左側の図のように、電気抵抗 $R[\Omega]$ の抵抗に、電圧 $V[V]$ を加える。流れる電流は、 $I = \text{【9-A】}$ で求まり、この式で表わされる法則を【9-B】という。また、Ⅱ-1の真ん中の図のように、電気抵抗 $R_1[\Omega]$ と電気抵抗 $R_2[\Omega]$ のふたつの抵抗を直列接続すると、合成抵抗の値は【10-A】である。Ⅱ-1の右側の図のように、電気抵抗 R_1 と電気抵抗 R_2 のふたつの抵抗を並列接続すると、合成抵抗の値は【10-B】である。



図Ⅱ-1

問1 空所【9-A】、【9-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 9

	【9-A】	【9-B】		【9-A】	【9-B】
①	$V + R$	クーロンの法則	⑤	VR	クーロンの法則
②	$V + R$	オームの法則	⑥	VR	オームの法則
③	$V - R$	クーロンの法則	⑦	$\frac{V}{R}$	クーロンの法則
④	$V - R$	オームの法則	⑧	$\frac{V}{R}$	オームの法則

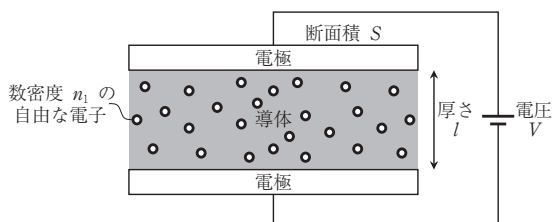
問2 空所【10-A】、【10-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 10

	【10-A】	【10-B】		【10-A】	【10-B】
①	$R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	⑤	$R_1 R_2$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
②	$R_1 + R_2$	$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$	⑥	$R_1 R_2$	$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$
③	$R_1 - R_2$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	⑦	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
④	$R_1 - R_2$	$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$	⑧	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

(2) 図Ⅱ-2のように、断面積 S [m^2], 厚さ l [m], 自由な電子の数密度 n_1 [$1/\text{m}^3$] の導体を、電極ではさみ、電圧 V [V] を加える。導体の内部に生じる電場は、 $E = \text{【11-A】}$ である。電気素量を e [C], 電子の速さを $v = \mu E$ [m/s] (μ は比例定数) とすると、導体を流れる電流は、 $I = \text{【11-B】}$ である。

図Ⅱ-2の構造は、図Ⅱ-1の左側の図の回路で表すことができ、【9-A】と【11-B】を比べると、 $R = \text{【12】}$ となることわかる。



図Ⅱ-2

問3 空所【11-A】、【11-B】に当てはまる組合せとして最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 11

	【11-A】	【11-B】		【11-A】	【11-B】
①	VI	$en_1\mu VS$	⑤	$\frac{V}{l}$	$en_1\mu VS$
②	VI	$\frac{en_1\mu V l}{S}$	⑥	$\frac{V}{l}$	$\frac{en_1\mu V l}{S}$
③	VI	$\frac{en_1\mu VS}{l}$	⑦	$\frac{V}{l}$	$\frac{en_1\mu VS}{l}$
④	VI	$\frac{en_1\mu V}{lS}$	⑧	$\frac{V}{l}$	$\frac{en_1\mu V}{lS}$

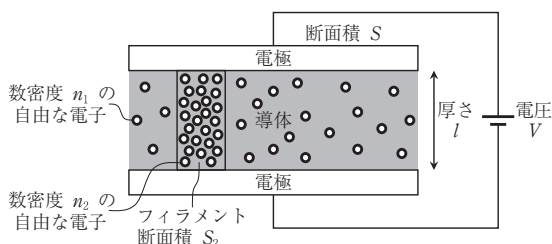
問4 空所【12】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 12

- ① $\frac{1}{en_1\mu lS}$ ② $\frac{S}{en_1\mu l}$ ③ $\frac{l}{en_1\mu S}$ ④ $\frac{lS}{en_1\mu}$
 ⑤ $\frac{\mu}{en_1lS}$ ⑥ $\frac{\mu S}{en_1l}$ ⑦ $\frac{\mu l}{en_1S}$ ⑧ $\frac{\mu lS}{en_1}$

(3) 通常の導体と異なり、これまでに加えられた電圧や流れた電流などの履歴に応じて、自由な電子の数密度を、部分的に異ならせることのできる導体が存在する。このような導体はメモリストと呼ばれ、自由な電子の数密度が異なる部分はフィラメントと呼ばれる。図Ⅱ-3のように、図Ⅱ-2の構造に、断面積 S_2 [m^2], 自由な電子の数密度 n_2 [$1/\text{m}^3$] のフィラメントが生じた。フィラメントにおいても $v = \mu E$ [m/s] が成り立つとすると、フィラメントを流れる電流は、 $I_2 = \text{【13-A】}$ であり、導体のそのほかの部分を通る電流と、フィラメントを流れる電流の和は、 $I = \text{【13-B】}$ である。

【9-A】と【13-B】を比べると、 $R = \text{【14】}$ となることわかる。また、導体のそのほかの部分と、フィラメントは、抵抗の【15-A】とみなすことができるので、 $R_1 = \text{【15-B】}$, $R_2 = \text{【15-C】}$ を【10-A】または【10-B】に代入すると、【14】が得られる。



図Ⅱ-3

問5 空所【13-A】、【13-B】に当てはまる組合せとして最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 13

	【13-A】	【13-B】		【13-A】	【13-B】
①	$en_2\mu VS_2 l$	$e\mu V\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\} l$	⑤	$\frac{en_2\mu VS_2}{l}$	$e\mu V\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\} l$
②	$en_2\mu VS_2 l$	$\frac{e\mu V\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}{l}$	⑥	$\frac{en_2\mu VS_2}{l}$	$\frac{e\mu V\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}{l}$
③	$en_2\mu VS_2 l$	$e\mu V\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\} l$	⑦	$\frac{en_2\mu VS_2}{l}$	$e\mu V\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\} l$
④	$en_2\mu VS_2 l$	$\frac{e\mu V\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}{l}$	⑧	$\frac{en_2\mu VS_2}{l}$	$\frac{e\mu V\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}{l}$

問6 空所【14】に当てはまる最も適切なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 14

- ① $\frac{1}{e\mu l\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}$ ② $\frac{1}{e\mu l\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}$
 ③ $\frac{l}{e\mu\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}$ ④ $\frac{l}{e\mu\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}$
 ⑤ $\frac{\mu}{el\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}$ ⑥ $\frac{\mu}{el\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}$
 ⑦ $\frac{\mu l}{e\{n_1(S - S_2) + n_2S_2\}}$ ⑧ $\frac{\mu l}{e\{n_1(S - S_2) - n_2S_2\}}$

問7 空所【15-A】、【15-B】、【15-C】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

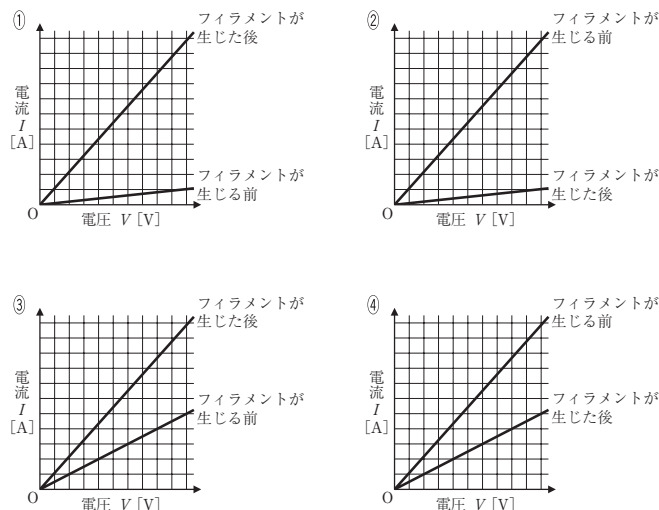
解答番号 15

	【15-A】	【15-B】	【15-C】
①	直列接続	$\frac{l}{e\mu n_1(S+S_2)}$	$\frac{l}{e\mu n_2 S_2}$
②	直列接続	$\frac{l}{e\mu n_1(S-S_2)}$	$\frac{l}{e\mu n_2 S_2}$
③	直列接続	$\frac{h_1}{e\mu(S+S_2)}$	$\frac{h_2}{e\mu S_2}$
④	直列接続	$\frac{h_1}{e\mu(S-S_2)}$	$\frac{h_2}{e\mu S_2}$
⑤	並列接続	$\frac{l}{e\mu n_1(S+S_2)}$	$\frac{l}{e\mu n_2 S_2}$
⑥	並列接続	$\frac{l}{e\mu n_1(S-S_2)}$	$\frac{l}{e\mu n_2 S_2}$
⑦	並列接続	$\frac{h_1}{e\mu(S+S_2)}$	$\frac{h_2}{e\mu S_2}$
⑧	並列接続	$\frac{h_1}{e\mu(S-S_2)}$	$\frac{h_2}{e\mu S_2}$

(4) メモリスタでは、 $n_1 \ll n_2$ (n_1 が n_2 に比べて十分に小さい)、 $S > S_2$ であることが普通である。そこで、 $n_2 = 100 \times n_1$ 、 $S_2 = \frac{1}{10} \times S$ とすると、フィラメントが生じる前と生じた後の電圧 V と電流 I の関係は、【16】となる。このようなメモリスタの特性は、コンピュータのメモリとして使われている。

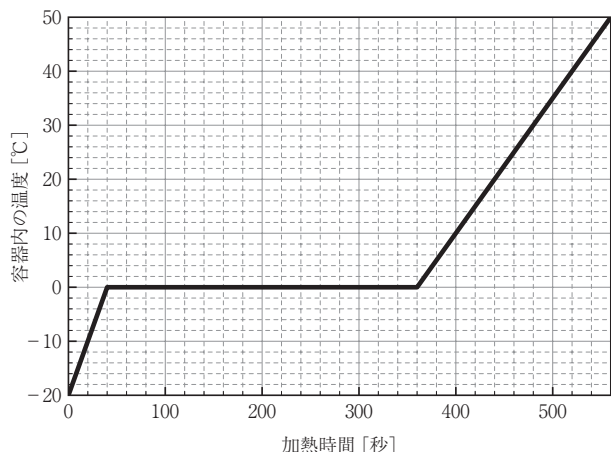
問8 空所【16】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 16



Ⅲ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

断熱された容器の中に、 -20°C の氷が200g入っている。この容器にヒーターを入れて一定電力で加熱を開始したところ、容器内の温度は図Ⅲ-1に示すように変化をして、40秒後に 0°C となった後、しばらく温度は一定となった。加熱開始360秒後には、再び温度が上昇し始め、560秒後には 50°C になった。したがって、氷だけが存在するのは、加熱時間【17-A】秒から【17-B】秒であり、水だけが存在するのは、加熱時間【18-A】秒から【18-B】秒である。



図Ⅲ-1

200gの水の温度が 0°C から 50°C まで上昇する間に与えられた熱量 Q_1 [J] は、1gの水の熱容量を 4.20J/K とすると、【19】[J]となる。したがって、ヒーターで消費される電力 P [W] は、【20】[W]となる。

氷の温度を -20°C から 0°C まで上昇させるために必要な熱量 Q_2 [J] を、電力 P と加熱時間を用いて計算すると、【21】[J]となる。これより、氷1gを1K上昇させるために必要な熱量は、【22】[J/K]となることわかる。

同様に、容器内の温度が 0°C となってから、氷200gを完全に解かして水にするために必要な熱量は、【23】[J]となる。

また、加熱時間と氷として残っている質量の関係をグラフにすると、【24】となる。

一般選抜入試(前期日程)

物理(1月31日)

問1 空所【17-A】、【17-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 17

	【17-A】	【17-B】
①	0	40
②	0	360
③	0	560
④	40	360
⑤	40	560
⑥	360	560

問2 空所【18-A】、【18-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 18

	【18-A】	【18-B】
①	0	40
②	0	360
③	0	560
④	40	360
⑤	40	560
⑥	360	560

問3 空所【19】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 19

- ① 210
- ② 2100
- ③ 21000
- ④ 420
- ⑤ 4200
- ⑥ 42000
- ⑦ 840
- ⑧ 8400
- ⑨ 84000

問4 空所【20】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 20

- ① 21
- ② 42
- ③ 84
- ④ 210
- ⑤ 420
- ⑥ 840
- ⑦ 2100
- ⑧ 4200
- ⑨ 8400

問5 空所【21】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 21

- ① 2100
- ② 4200
- ③ 8400
- ④ 16800
- ⑤ 21000
- ⑥ 42000
- ⑦ 84000
- ⑧ 168000

問6 空所【22】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 22

- ① 1.05
- ② 2.10
- ③ 4.20
- ④ 8.40
- ⑤ 10.50
- ⑥ 21.00
- ⑦ 42.00
- ⑧ 84.00

問7 空所【23】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 23

- ① 4200
- ② 8400
- ③ 42000
- ④ 67200
- ⑤ 75600
- ⑥ 84000
- ⑦ 134400
- ⑧ 168000

問8 空所【24】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 24

