

試験問題 — 物 理

受験地本名	番 号

受 験 心 得

- この試験問題は、指示があるまで開かないこと。
- 試験問題には、受験地本名と番号を試験係官の指示に従って記入すること。
- 試験時間は、理科の選択科目 2 科目を合わせて、1 4 時 4 5 分から 1 6 時 4 5 分までの 1 2 0 分間である。
- 携帯電話等は、電源を切り、使用できない状態にすること。
- 受験番号や解答が正しくマークされていない場合や、解答を訂正するときの消しゴムのカスなどで、採点されない場合があるので、注意すること。
- 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
- 問題 **I** ~ **III** の解答はマークシートにマークし、**IV** ~ **V** の解答は記述式用の解答用紙に記入すること。
- マークシートには、解答欄以外に次の記入欄があるので、試験係官の指示に従って、それぞれ正確に記入しマークすること。

① 氏名欄、受験番号欄

氏名、受験番号をマークシートの氏名欄、受験番号欄に記入すること。

② 受験地本名欄

受験票の受験番号欄に記載されている受験地本名を、受験地本名欄から選び、正確にマークすること。

(例) 受験地本名が札幌の場合

受 験 地 本 名				
札幌 (●)	茨城 (11)	静岡 (21)	兵庫 (31)	愛媛 (41)
函館 (02)	栃木 (12)	富山 (22)	奈良 (32)	高知 (42)

③ 番号欄

受験票の受験番号欄に記載されている 4 桁の数字を記入し、正確にマークすること。

(例) 4 桁の数字が 1 0 1 2 の場合

番 号			
1	0	1	2
0	●	0	0
●	1	●	1
2	2	2	●

←記入

④ 科目欄

物理を選び、正確にマークすること。

⑤ 性別欄

性別をマークシートの性別欄に正確にマークすること。

9. マークシートの解答欄について次の注意事項に従い、マークすること。

① 解答は、マークシートの解答番号に対応した解答欄にマークすること。

② 問題の文中の **1**、**2**、**3** などには、符号 (-, +) 又は数字 (0~9) が入ります。**1**, **2**, **3**, ... の 1 つ 1 つは、符号又は数字のいずれか 1 つに対応します。それらを解答用紙の 1, 2, 3, ... で示された解答欄にマークすること。

受験心得は、問題冊子の裏表紙にも続きます。必ず、問題冊子を裏返して読むこと。

I 次の文章を読んで、問い（問1～6）に答えよ。

単原子分子の理想気体と二原子分子の理想気体を比較し、その断熱圧縮時の温度変化について考える。以下の問いに答えよ。なお計算の結果は有効数字2桁を確保すること。

解答方法：例えば真空の透磁率  $\mu = 1.26 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$  を解答対象とするなら、有効数字を2桁とするので、 $+1.3 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$  を各解答欄に当てはめる。実数部先頭の欄（下の例だと1の欄）と指数部先頭の欄（下の例だと4の欄）は必ず+または-を選択し、その他の欄は数字を選択すること。全体をまとめると欄1：+，欄2：1，欄3：3，欄4：-，欄5：6をそれぞれ選択することになる。

(解答欄例)

1	2	.	3	×	10	^	4	5	N/A <sup>2</sup>
---	---	---	---	---	----	---	---	---	------------------

解答 番号	解 答 欄											
	-	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	(-)	(●)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
2	(-)	(+)	(0)	(●)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
3	(-)	(+)	(0)	(1)	(2)	(●)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
4	(●)	(+)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
5	(-)	(+)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(●)	(7)	(8)	(9)

問1 単原子分子の理想気体における定積モル比熱は体積が一定のとき、1.00 mol の気体の温度を1.00 K 上昇させるために必要なエネルギーであり分子の平均運動エネルギーの上昇に使われる。気体定数  $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とするとき単原子分子の理想気体の定積モル比熱はいくらか。

$$\boxed{1} \boxed{2} . \boxed{3} \times 10^{\boxed{4} \boxed{5}} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

問2 単原子分子の理想気体における定圧モル比熱はいくらか。

$$\boxed{6} \boxed{7} . \boxed{8} \times 10^{\boxed{9} \boxed{10}} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

問3 二原子分子の場合、分子自体の回転エネルギーも内部エネルギーとして蓄えられる。分子の重心の運動方向（自由度）3つに加えて、分子の二原子を含む軸全体の回転方向2つが存在し、これによって内部エネルギーとして蓄えられる量が単原子分子の時の3分の5倍になる。二原子分子の理想気体の定積モル比熱はいくらか。

$$\boxed{11} \boxed{12} . \boxed{13} \times 10^{\boxed{14} \boxed{15}} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

問4 二原子分子の理想気体における定圧モル比熱はいくらか。

$$\boxed{16} \boxed{17} . \boxed{18} \times 10^{\boxed{19} \boxed{20}} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

空気を断熱圧縮する過程を考える。この過程を単原子分子の理想気体で近似した場合と二原子分子で近似した場合の差を検証する。

問5 27.0℃の単原子分子の理想気体を18.0分の1の体積に断熱圧縮した場合、圧縮後の温度はいくらか。圧縮前の気体の圧力は $1.01 \times 10^5$  Paとする。必要に応じて右の数表を用いて計算せよ。

$$\boxed{21} \boxed{22} . \boxed{23} \times 10^{\boxed{24} \boxed{25}} \text{ K}$$

問6 空気はほとんどが二原子分子である酸素と窒素で構成される。問5の条件で二原子分子とみなすと圧縮後の温度はいくらになるか。必要に応じて右の数表を用いて計算せよ。

$$\boxed{26} \boxed{27} . \boxed{28} \times 10^{\boxed{29} \boxed{30}} \text{ K}$$

$$18^{1/2} = 4.24$$

$$18^{1/3} = 2.62$$

$$18^{1/4} = 2.06$$

$$18^{1/5} = 1.78$$

$$18^{1/6} = 1.62$$

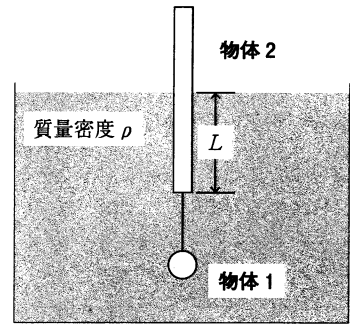
$$18^{1/7} = 1.51$$

$$18^{1/8} = 1.44$$

$$18^{1/9} = 1.38$$

II 次の文章 (A・B) を読んで、問い (問7～11) に答えよ。

A 大気中で右図のように密度が  $\rho$  の流体に質量が  $m_1$ 、体積が  $V_1$  である物体1を沈め、断面積が  $S$ 、質量が  $m_2$  で一様である円柱状の物体2と糸をつないだところ、物体2の円柱の中心軸が鉛直方向に対して平行に、長さ  $L$  だけ沈んだ状態で静止した。このとき物体1、2をつなぐ糸はたるんでいなかった。糸の質量は物体1、2に比べて無視できるほど小さく、その両端で物体1、2に作用する張力の大きさは  $T (> 0)$  とし、流体の密度  $\rho$  は一様であるとする。重力加速度の大きさを  $g$  として以下の問いに答えよ。



問7 鉛直方向下向きを正符号とした場合、物体2に作用する力の総和はどのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

31

- (1)  $m_1 g - \rho S L g$
- (2)  $m_2 g - \rho S L g$
- (3)  $(m_1 + m_2) g - \rho S L g$
- (4)  $m_2 g + T - \rho S L g$
- (5)  $m_2 g + T - \rho (V_1 + S L) g$

問8 物体1、2が静止しているという条件から、この流体の密度  $\rho$  はどのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。 32

- (1)  $\frac{m_1 + m_2}{V_1 + S L}$
- (2)  $\frac{m_1}{V_1 + S L}$
- (3)  $\frac{m_2}{V_1 + S L}$
- (4)  $\frac{V_1 + S L}{m_1 + m_2}$
- (5)  $\frac{V_1 + S L}{m_2}$

B 左図で密度  $\rho$  の流体中に静止していた物体 1 を少し沈めてそっと放したところ、物体 1, 2 とも鉛直方向に単振動を始めた。物体 1, 2 をつないだ糸は単振動中もたるまず、その両端で物体 1, 2 に作用する張力の大きさは  $T' (> 0)$  とする。単振動中の物体 1, 2 の鉛直方向の加速度は  $a$  とし、鉛直方向下向きを正とする。空気抵抗および流体と物体 1, 2 の間の摩擦は無視でき、重力加速度の大きさを  $g$  とし、物体 2 が単振動を始めた後、流体中に更に長さ  $x$  沈んだとき、以下の問いに答えよ。

問9 物体 1 の運動方程式はどのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 33

- (1)  $m_1 a = m_1 g - \rho V_1 g$
- (2)  $m_1 a = m_1 g - T'$
- (3)  $m_1 a = m_1 g - \rho V_1 g - T'$
- (4)  $m_1 a = m_1 g + \rho V_1 g - T'$
- (5)  $m_1 a = m_1 g - \rho V_1 g - m_2 g$

問10 物体 2 の運動方程式はどのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 34

- (1)  $m_2 a = m_2 g + T' - \rho S x g$
- (2)  $m_2 a = m_2 g + T' - \rho S (L + x) g$
- (3)  $m_2 a = m_2 g + T' - \rho S (L - x) g$
- (4)  $m_2 a = (m_1 + m_2) g - \rho S (L + x) g$
- (5)  $m_2 a = m_2 g - \rho S (L + x) g$

問11 単振動の周期を測定したところ  $T_0$  であった。この場合、この流体の密度  $\rho$  はどのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 35

- (1)  $\frac{m_1}{T_0^2 S g}$
- (2)  $4\pi^2 \frac{m_1}{T_0^2 S g}$
- (3)  $\frac{m_2}{T_0^2 S g}$
- (4)  $4\pi^2 \frac{m_2}{T_0^2 S g}$
- (5)  $4\pi^2 \frac{m_1 + m_2}{T_0^2 S g}$

Ⅲ 次の文章 (A・B) を読んで、問い (問12~16) に答えよ。

A 図1のように、2つの内部抵抗を無視できる起電力  $E_1$ ,  $E_2$  の直流電源、抵抗値が  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  の抵抗からなる電気回路を考える。以下の問いに答えよ。

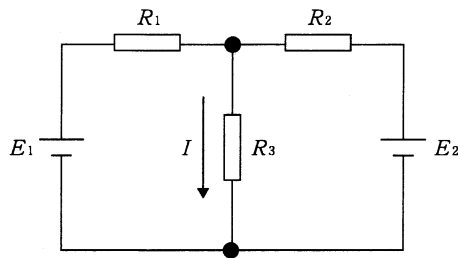


図1

問12 図1中の電流  $I$  について、最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 36

- (1)  $\frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
- (2)  $\frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 E_1 + R_2 E_2}$
- (3)  $\frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$
- (4)  $\frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 E_2 + R_2 E_1}$
- (5)  $\frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3}$

B 図2のように、内部抵抗を無視できる起電力  $E$  の直流電源と、内部抵抗を無視できる電流計と抵抗値  $3R$  の抵抗と抵抗値  $R$  の抵抗3個が直列に接続されている。スイッチ4個 (SW-1 から4) で回路を切り替えた際の点Pと点Qの間の電位差を  $V$ 、電流計に流れる電流を  $I$  として以下の問いに答えよ。

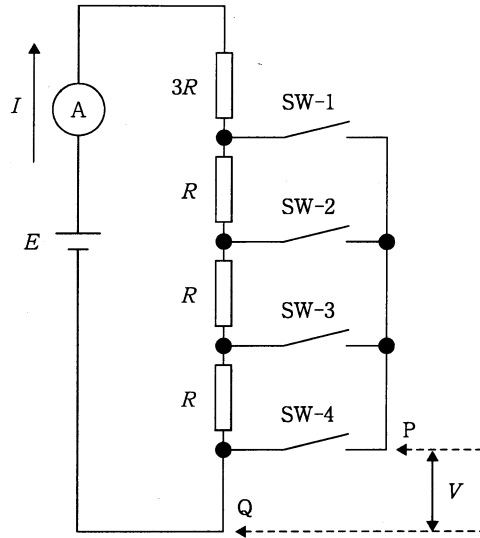


図2

問13 スイッチ SW-1 から4が全て開いているとき、電流計に流れる電流  $I$  は、どのように表されるか。最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 37

- (1)  $\frac{1}{6} \frac{E}{R}$       (2)  $\frac{1}{5} \frac{E}{R}$       (3)  $\frac{1}{3} \frac{E}{R}$       (4)  $\frac{1}{2} \frac{E}{R}$       (5) 0

問14 スイッチ SW-1 のみを閉じたときの電位差  $V$  として最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 38

- (1)  $\frac{1}{6} E$       (2)  $\frac{1}{5} E$       (3)  $\frac{1}{3} E$       (4)  $\frac{1}{2} E$       (5) 0

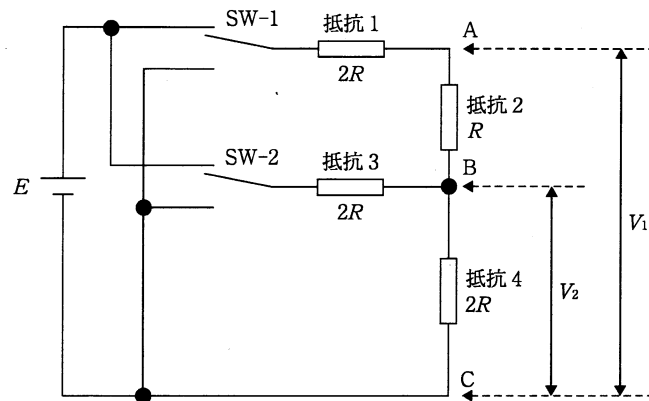
問15 スイッチ SW-4 のみを閉じたときの電位差  $V$  として最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 39

- (1)  $\frac{1}{6} E$       (2)  $\frac{1}{5} E$       (3)  $\frac{1}{3} E$       (4)  $\frac{1}{2} E$       (5) 0

問16 スイッチ SW-2 と SW-3 のみを同時に閉じたときの電位差  $V$  として最も適当なものを、次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。 40

- (1)  $\frac{1}{6} E$       (2)  $\frac{1}{5} E$       (3)  $\frac{1}{3} E$       (4)  $\frac{1}{2} E$       (5) 0

**IV** 図のように、内部抵抗を無視できる起電力  $E$  の直流電源と、電源の正極か、負極への接続を切り替えるスイッチ SW-1 と SW-2、抵抗値が  $2R$  の抵抗 1、抵抗 3、抵抗 4 と、抵抗値が  $R$  の抵抗 2 を接続した。ここで、点 A と点 C の間の電位差を  $V_1$ 、点 B と点 C の間の電位差を  $V_2$  として以下の問いに答えよ。

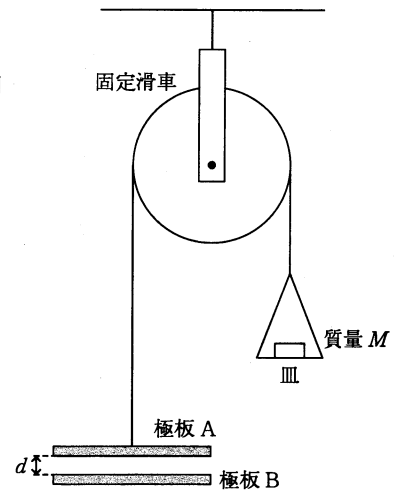


- 1) 2つの切り替えスイッチにより作られる状態は、何通りか。
- 2) 電源の正極にスイッチ SW-1 と SW-2 が接続されているとき、電位差  $V_1$  と電位差  $V_2$  を求めよ。
- 3) 電源の負極にスイッチ SW-1 が、電源の正極にスイッチ SW-2 が接続されているとき、電位差  $V_1$  と電位差  $V_2$  を求めよ。



V 図のように、同じ形の2枚の平行な金属板（極板 A, B）からなるコンデンサー、固定滑車と皿を用意し、下側の極板 B は水平に固定して、上側の極板 A の中央と皿を不導体の十分に軽い糸で固定滑車を利用してつないだ装置で、物体の質量を測定することを考える。なお、極板 A と皿は静止した状態であった。

皿に質量  $M$  の物体を置いて、コンデンサーを電圧  $V$  で充電した後、固定滑車を自由にまわる状態にしたところ、極板 A が極板 B と平行を保ったまま鉛直方向に移動し、極板の間隔が  $d$  の状態で極板 A と皿は静止した。この状態のコンデンサーの電気容量は  $C$  であった。その状態を変化しないようにコンデンサーから電源を切り離れた。固定滑車が回転する場合の仕事は無視でき、重力加速度の大きさを  $g$ 、糸の伸縮も無視できるとして、以下の文章中の空欄に入る記号を、問題文中の記号を用いて答えよ。



この状態のコンデンサーの静電エネルギー  $U_1$  は、

$$U_1 = \boxed{1)}$$

である。

次に、滑車を静かにまわし、皿が長さ  $h$  だけ鉛直方向下向きに移動し、極板 A と B の間隔が広がった状態に変えた。この状態のコンデンサーの電気容量は、

$$\boxed{2)} \quad C$$

と表される。この場合、極板 A が上昇する前後で変化しないのは極板の電気量であり、極板間の電圧は変化する。その値は、

$$\boxed{3)} \quad V$$

であるから、極板 A が上昇した状態のコンデンサーの静電エネルギー  $U_2$  は、

$$U_2 = \boxed{4)}$$

となる。この装置のコンデンサーの静電エネルギーの変化は皿に置かれた物体に作用する重力の仕事に等しいことから、皿に置かれた物体の質量  $M$  は、

$$M = \boxed{5)}$$

と求められる。

(例) 

1	2	3
---	---	---

 に -83 と解答する。

解答 番号	解 答 欄											
	-	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- ③ 分数の形で解答する場合、分数の符号は分子につけ、分母につけてはいけません。

例えば、 $\frac{4}{6}$  に  $-\frac{4}{5}$  と解答したいときは、 $-\frac{4}{5}$  として解答すること。

また、それ以上約分できない形で解答すること。

例えば、 $\frac{3}{4}$  と解答するところを、 $\frac{6}{8}$  のように解答しないこと。

- ④ 小数の形で解答する場合、指定された桁数の一つ下の桁を四捨五入して解答すること。また、必要に応じて、指定された桁まで  $\textcircled{0}$  にマークすること。

例えば、

7
---

 . 

8	9
---	---

 に 2.5 と解答したいときは、2.50 として解答すること。

- ⑤ 根号を含む形で解答する場合、根号の中に現れる自然数が最小となる形で解答すること。

例えば、

10
----

 $\sqrt{\textcircled{11}}$  に  $4\sqrt{2}$  と解答するところを、 $2\sqrt{8}$  のように解答しないこと。

- ⑥ 根号を含む分数の形で解答する場合、例えば、 $\frac{\textcircled{12} + \textcircled{13}\sqrt{\textcircled{14}}}{\textcircled{15}}$  に  $\frac{3+2\sqrt{2}}{2}$  と解答するところを、 $\frac{6+4\sqrt{2}}{4}$  や  $\frac{6+2\sqrt{8}}{4}$  のように解答しないこと。

- ⑦ 選択肢から選ぶ問題については、適切な解答を1つ選択し、マークすること。

(例) 

16
----

 と表示のある問いに対して(3)と解答する。

解答 番号	解 答 欄											
	-	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. 記述式の解答用紙には、解答欄以外に受験地本名欄、番号欄、氏名欄があるので、試験係官の指示に従って記入すること。

11. 試験問題、解答用紙は全て回収するので、絶対に持ち帰らないこと。