

理 科

物 理： 1 ～ 9 ページ

化 学： 11 ～ 23 ページ

生 物： 24 ～ 33 ページ

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答時間は2科目で120分間です。
3. 解答は、物理、化学、生物のうちから2科目を選び、選択した科目の解答用紙を使用して解答しなさい。解答用紙は物理（緑色）、化学（茶色）、生物（青色）です。
4. 解答用紙の記入にあたっては、解答用紙の注意事項を参照し、HBの鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
5. 受験番号、氏名、フリガナを物理、化学、生物すべての解答用紙に記入しなさい。受験番号は記入例を参照して、正しくマークしなさい。
6. 選択しない科目の解答用紙には、記入例を参照して、非選択科目マーク欄にマークしなさい。
7. マークの訂正には、消しゴムを用い、消しきずは丁寧に取り除きなさい。
8. 試験開始後、ただちにページ数を確認し、落丁や印刷の不鮮明なものがあれば申し出なさい。
9. 試験終了後、物理、化学、生物すべての解答用紙を提出しなさい。問題冊子は持ち帰りなさい。
10. 解答用紙は折り曲げないようにしなさい。

解答用紙の受験番号記入例と非選択科目記入例

数字の位置	受 験 番 号				
	万	千	百	十	一
	1	2	3	4	5
0	○	○	○	○	○
1	●	○	○	○	○
2	○	●	○	○	○
3	○	○	●	○	○
4	○	○	○	●	○
5	○	○	○	○	●
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○

物理を選択しないで、解答する場合

非選択科目マーク欄	
物理を選択しない 場合のみマーク してください。	⇒ ●

物 理

次の ～ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし数値で解答する場合の最後の桁は四捨五入によって求めなさい。また、分数で解答する場合は、既約分数で答えなさい。＜解答群＞のあるものは最も適切なものを一つ選びその番号をマークしなさい。

1 以下の問いに答えなさい。

問1 X線管の電子の加速電圧を 30.0 kV にしたときに得られる X 線の最短波長は [m] となる。ただし、電気素量は $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数は $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 、真空中の光の速さは $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。

< の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 2.3×10^{-11} | ② 2.9×10^{-11} | ③ 3.5×10^{-11} | ④ 4.1×10^{-11} |
| ⑤ 4.7×10^{-11} | ⑥ 5.3×10^{-11} | ⑦ 6.0×10^{-11} | ⑧ 6.6×10^{-11} |

問2 水素原子のイオン化（電離）エネルギーは 13.6 eV である。水素原子が量子数 $n = 2$ の励起状態から基底状態へ移るとき、放出する光子のエネルギーは [eV] である。

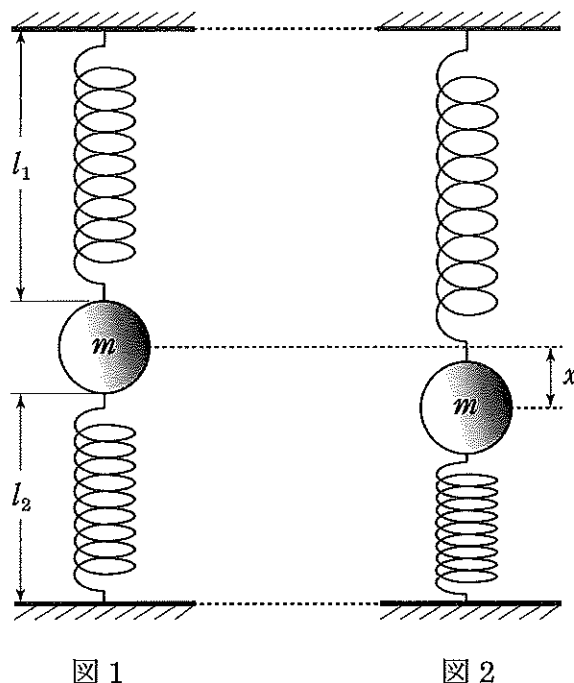
< の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|--------|--------|
| ① 2.2 | ② 3.4 | ③ 4.8 | ④ 6.8 |
| ⑤ 7.9 | ⑥ 9.1 | ⑦ 10.2 | ⑧ 11.7 |

問3 トリウム 232 ($^{232}_{90}\text{Th}$) は、 回の α 崩壊と 回の β 崩壊をして鉛 208 ($^{208}_{82}\text{Pb}$) となる。

2

I 図1のように、ばね定数 k 、自然長 l_0 の2本のばねの間に質量 m のおもりをつけ、ばねの軸が鉛直になるようにばねの上端と下端を固定した。ばねの質量は無視でき、重力加速度の大きさを g とする。



問1 つりあいの位置でのばね1とばね2の長さをそれぞれ l_1 と l_2 とする(図1)。

鉛直下向きを正にとると、つりあいの式は 5 となる。

< 5 の解答群 >

- ① $k(l_1 + l_2) = mg$ ② $k(l_1 - l_2) = mg$ ③ $k(-l_1 + l_2) = mg$
 ④ $k(l_1 + l_2) = -mg$ ⑤ $k(l_1 + l_2 + 2l_0) = mg$ ⑥ $k(l_1 - l_2 + 2l_0) = mg$
 ⑦ $k(l_1 + l_2 - 2l_0) = mg$ ⑧ $k(l_1 - l_2 - 2l_0) = mg$

問2 図2のように、つりあいの位置から鉛直下方におもりを x だけ引っ張り、静かに手を放したところ、ばねは上下に振動を始めた。このとき、おもりの加速度を a とすると、おもりの運動方程式は 6 となる。またおもりの振動の周期 T は

$$T = \pi \sqrt{\frac{\text{7} m}{k}} \text{ となる。}$$

< 6 の解答群 >

- ① $ma = -kx$ ② $ma = -2kx$ ③ $ma = -k(l_1 - l_2 + x)$
 ④ $ma = -k(l_1 - l_2 + 2x)$ ⑤ $ma = -k(l_1 + l_2 + x)$ ⑥ $ma = -k(l_1 + l_2 + 2x)$
 ⑦ $ma = -k(l_1 + l_2)x$ ⑧ $ma = -k(l_1 - l_2)x$ ⑨ $ma = -2k(l_1 - l_2)x$
 ⑩ $ma = -2k(l_1 + l_2)x$

Ⅱ 図3のようにばね定数 k 、自然長 l_0 のばねの左端に質量 m のおもり M_1 と右端に質量 $4m$ のおもり M_2 を取りつけ、滑らかな水平な面上に置いた。ばねに沿って x 軸をとり、この系の重心を原点とし、右向きを正とする。ばねの質量は無視できる。

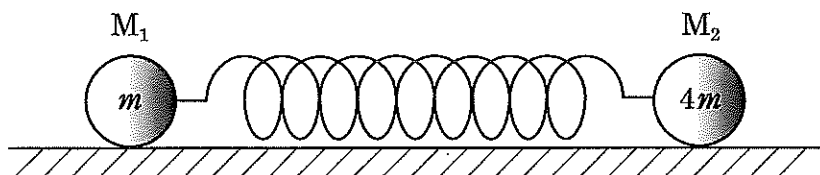


図3

問3 M_1 の x 座標は、 $-\frac{\boxed{8}}{\boxed{9}}l_0$

M_2 の x 座標は、 $\frac{\boxed{10}}{\boxed{11}}l_0$

である。

問4 つぎに M_1 , M_2 を左右に引っ張り同時に静かに手を放すと、 M_1 , M_2 は運動を始めた。このとき、重心の位置は原点にある。おもり M_2 の振動の周期 T' は、

$$T' = \pi \sqrt{\frac{\boxed{12} \boxed{13}}{\boxed{14}} \frac{m}{k}} \text{ となる。}$$

- 3 滑らかに動くピストンとヒーターを備えた、底面積 S 、長さ $2l$ の図のようなシリンダーがある。ピストンで仕切られた部屋 A には、 1 mol の単原子分子の理想気体を入れた。また、部屋 B にはピストンの右面に自然長 l のばねを取りつけ、ばねの右端はシリンダーの壁に固定した。さらに部屋 B に、コックを取りつけた。ピストンとシリンダーは断熱材で作られ、外からの熱の出入りはない。気体定数を R 、大気圧を p_0 とし、ピストンの厚みは無視できる。

問 1 部屋 B のコックを開け、ばねの長さが l のときの部屋 A の気体の温度を T_A とする (状態 I)。ヒーターで部屋 A の気体をゆっくり加熱し、その温度を $2T_A$ にしたところ、ばねは $\Delta l = \frac{l}{5}$ だけ縮んだ (状態 II)。ばね定数 k を p_0 、 S と l で表すと、

$$k = \frac{\boxed{15} \boxed{16}}{\boxed{17}} \frac{p_0 S}{l}$$

となる。

問 2 さらに部屋 A の気体をゆっくり加熱し、熱量 Q_1 を与えた。ばねの長さは状態 II からさらに $\frac{l}{5}$ 縮んだ (状態 III)。

このときの部屋 A の気体の圧力 P_A を p_0 で表すと、

$$P_A = \frac{\boxed{18}}{\boxed{19}} p_0$$

となる。

また、与えた熱量 Q_1 を R と T_A で表すと、

$$Q_1 = \frac{\boxed{20} \boxed{21}}{\boxed{22} \boxed{23}} RT_A$$

となる。

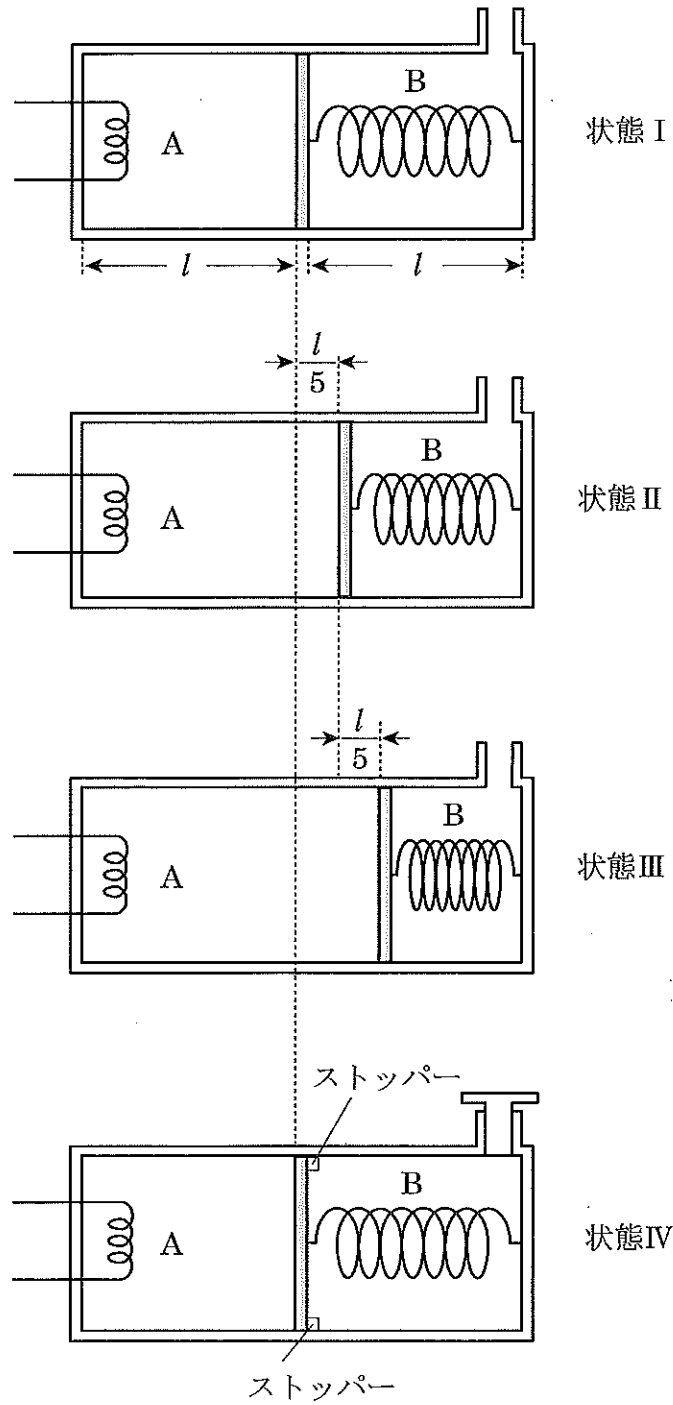
問 3 つぎに、状態 I に戻して、シリンダーにストッパーをつけピストンを固定し、部屋 B を真空にしてコックを閉じた (状態 IV)。部屋 A の気体に熱量 Q_2 を与えたのち、ストッパーを取り外したところピストンは $\Delta x = \frac{2l}{5}$ だけ動いて静止した。このときの部屋 A の気体の温度 T_2 を T_A で表すと

$$T_2 = \frac{\frac{24}{26} \frac{25}{27}}{1} T_A$$

となる。また、与えた熱量 Q_2 を R と T_A で表すと、

$$Q_2 = \frac{\frac{28}{30} \frac{29}{31}}{1} RT_A$$

となる。



- 4 図1, 2のように, x - y 面の座標 $(5, 5)$ の点Pに, x 軸に対し 45° 傾けて平面鏡を置き, 長さ 1 cm の物体 $a\ a'$ を x 軸に平行にして, 物体の下端 a を座標 $(5, 20)$ に置いた。ここで, 座標の単位は cm である。

問1 図1で座標 $(15, 5)$ の点Rに焦点距離 15 cm の凸レンズを x 軸に垂直に置いたところ, 鏡とレンズによって物体 $a\ a'$ の像ができた。物体の先端 a' の像ができる位置の座標を求めなさい。

$$x\text{座標} \frac{\boxed{32} \quad \boxed{33} \quad \boxed{34}}{\boxed{35}} [\text{cm}]$$

$$y\text{座標} \frac{\boxed{36}}{\boxed{37}} [\text{cm}]$$

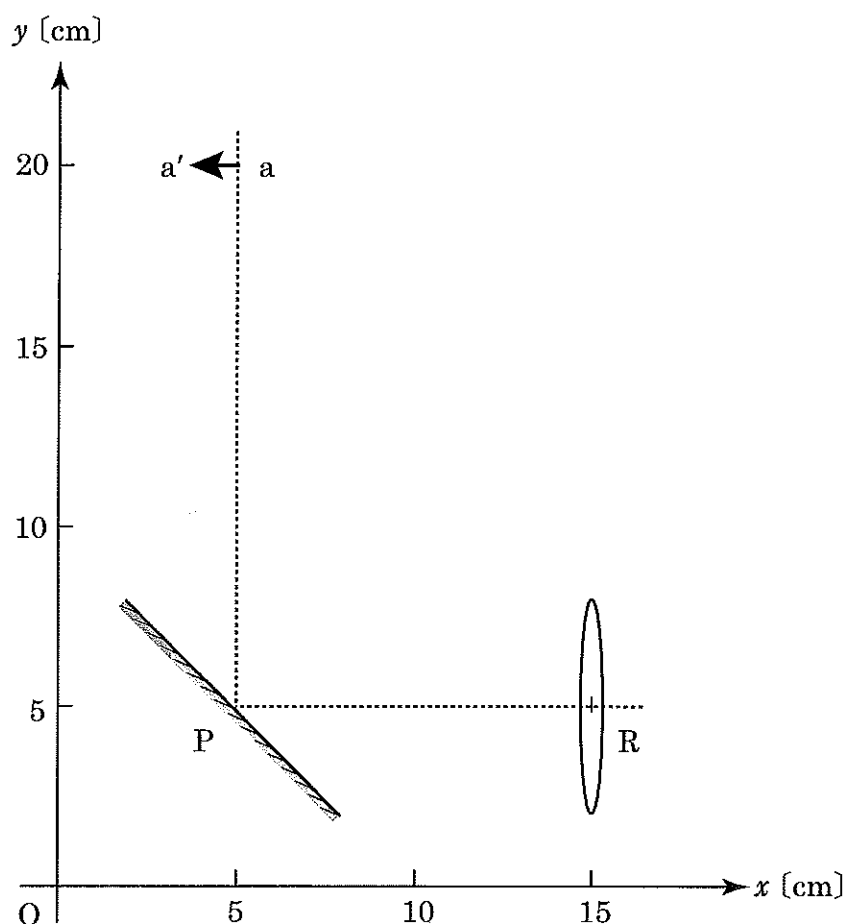


図1

問2 図2で座標(15, 5)の点Rに焦点距離15 cmの凹レンズを x 軸に垂直に置いたところ、鏡とレンズによって物体a a'の像ができた。物体の先端a'の像ができる位置の座標を求めなさい。

$$x \text{ 座標 } \frac{\boxed{38} \quad \boxed{39}}{\boxed{40}} \text{ [cm]}$$

$$y \text{ 座標 } \frac{\boxed{41} \quad \boxed{42}}{\boxed{43}} \text{ [cm]}$$

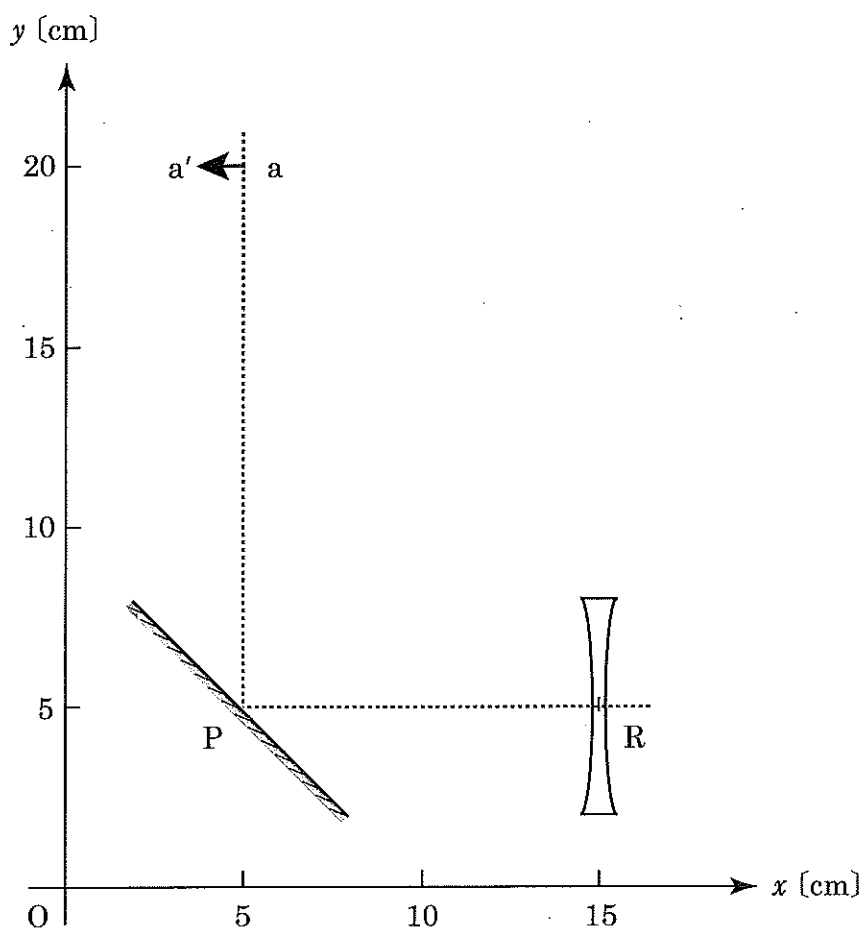


図2

5 図のように、真空中で極板の面積が S の固定された平行板コンデンサー AB の間に、同じ面積 S をもつ、厚さ d の金属板 K が極板に平行に挿入されている。A から K までの距離は d 、K から B までの距離は $2d$ である。スイッチ S_0 および起電力 V_0 の電池が図のようにつながれ、A、B および電池の負極は接地されている。金属板に垂直に x 軸をとり、右向きを正とし K の右面を $x=0$ 、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

はじめ K は固定されている。K と B を極板とするコンデンサーの電気容量は

$$\frac{\boxed{44}}{\boxed{45}} \frac{\epsilon_0 S}{d} \text{ である。}$$

スイッチ S_0 を閉じ、十分時間がたった。このとき、K に蓄えられた電気量は $\frac{\boxed{46}}{\boxed{47}} \frac{\epsilon_0 S V_0}{d}$ であり、A、B から K に働く力の合力の大きさは $\frac{\boxed{48}}{\boxed{49}} \frac{\epsilon_0 S V_0^2}{d^2}$ となる。

次に、スイッチ S_0 を開いたのち、K の右面の x 座標が p ($0 < p < 2d$) となる位置まで K に外力を加えて平行移動した。このとき K の電位は $\frac{\boxed{50}}{\boxed{51}} \frac{V_0(2d-p)(d+p)}{d^2}$

となる。 $p = \frac{d}{2}$ となる K の移動の際、外力がする仕事は $\frac{\boxed{52}}{\boxed{53} \boxed{54}} \frac{\epsilon_0 S V_0^2}{d}$ となる。

