

次の ~ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし、＜解答群＞のあるものはその中から最も適切な番号をマークしなさい。

必要なときは、重力加速度の大きさを $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 、円周率 $\pi = 3.14$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$ としなさい。ただし、問題文中に指示がある場合はそれに従いなさい。

〔I〕 以下の問いに答えなさい。

- (1) 一直線上を 3.0 m/s の速さで進む質量 2.0 kg の小球 A が、静止している質量 4.0 kg の小球 B と正面衝突したところ、小球 A は静止し、小球 B は同一直線上を進んだ。このとき、小球 B の速さは $[\text{m/s}]$ である。

＜解答群＞

- ① 1.0 ② 1.2 ③ 1.5 ④ 1.8 ⑤ 2.1 ⑥ 2.4 ⑦ 5.0 ⑧ 9.0 ⑨ 24

- (2) 圧力 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 300 K 、体積 $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の理想気体がある。この気体の体積を一定に保ちながら温度を 360 K にすると、圧力は $[\text{Pa}]$ となる。

＜解答群＞

- ① 1.2×10^5 ② 2.4×10^5 ③ 3.6×10^5 ④ 4.8×10^5 ⑤ 5.6×10^5
⑥ 6.3×10^5 ⑦ 7.6×10^5 ⑧ 8.1×10^5 ⑨ 9.2×10^5

- (3) 長さが 25.0 cm で巻数 600 回の半径が十分に小さいソレノイドがある。このソレノイドに 0.100 A の電流を流したとき、ソレノイドの内部にできる磁場の強さは $[\text{A/m}]$ である。

＜解答群＞

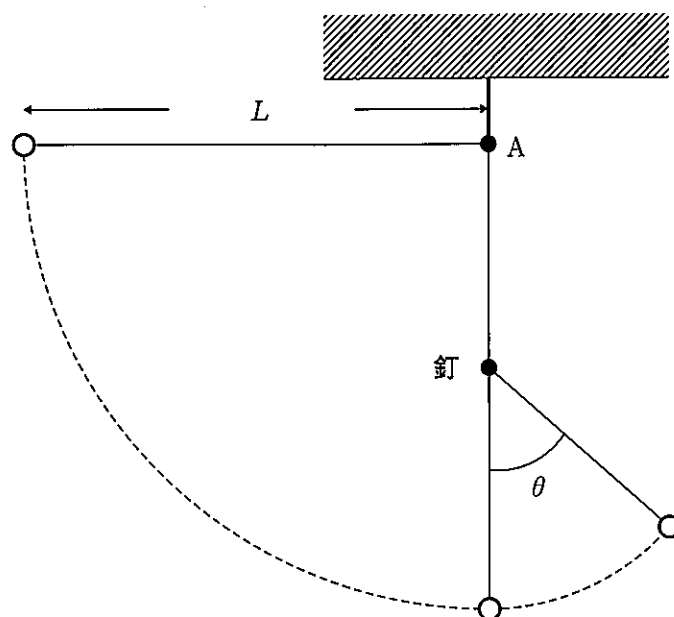
- ① 0.0150 ② 0.0240 ③ 0.0360 ④ 1.50 ⑤ 2.40 ⑥ 3.60 ⑦ 150 ⑧ 240 ⑨ 360

- (4) 放射性のヨウ素原子 ^{131}I の半減期は 8.0 日である。このヨウ素原子が 2.4×10^{20} 個あったとき、 32 日後に残っている数は 個である。

＜解答群＞

- ① 1.5×10^{18} ② 2.4×10^{18} ③ 3.0×10^{18} ④ 1.5×10^{19} ⑤ 2.4×10^{19}
⑥ 3.0×10^{19} ⑦ 1.5×10^{20} ⑧ 2.4×10^{20} ⑨ 3.0×10^{20}

〔II〕 図のように、長さ L の軽くて伸びない糸の一端に質量 m の小物体をつけ、他端を天井から下がった棒の端の点 A に固定した。そして、点 A の真下で A から $\frac{L}{2}$ 離れた位置に表面がなめらかな細い釘を打った。糸がたるまないように A と同じ高さまで小物体を引き上げ、静かに放した。以下の問いに答えなさい。



(1) 小物体が最初に最下点を通過する直前の糸の張力は であり、小物体が最下点に到達して糸が釘に触れた直後の糸の張力は である。

< , の解答群 >

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

(2) 図のように、小物体が最初に最下点を通過した後、小物体の位置が鉛直方向下向きから初めて角度 θ となったときの糸の張力は である。

< 解答群 >

- ① $\frac{1}{2}mg(1 - \cos \theta)$ ② $\frac{1}{2}mg(1 + \cos \theta)$ ③ $mg(2 - \cos \theta)$ ④ $mg(2 + \cos \theta)$
 ⑤ $2mg(1 - \cos \theta)$ ⑥ $2mg(1 + \cos \theta)$ ⑦ $mg(4 - \cos \theta)$ ⑧ $mg(4 + \cos \theta)$
 ⑨ $mg(2 - 3 \cos \theta)$ ⑩ $mg(2 + 3 \cos \theta)$

(3) (2) の θ が 60° のとき、糸が釘におよぼす力の大きさは であり、その向きは鉛直方向下向きから反時計回りに角度 の向きである。

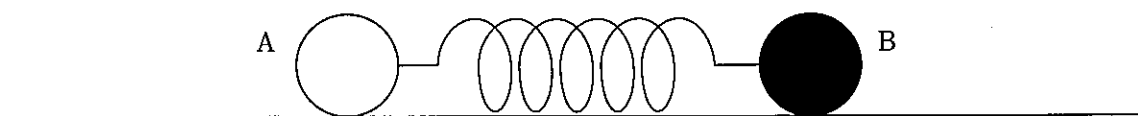
< の解答群 >

- ① $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$ ② $\frac{7}{4}mg$ ③ $\frac{7}{2}mg$ ④ $4mg$ ⑤ $\frac{5\sqrt{3}}{2}mg$
 ⑥ $\frac{7\sqrt{3}}{2}mg$ ⑦ $4\sqrt{3}mg$ ⑧ $5\sqrt{3}mg$ ⑨ $6\sqrt{3}mg$

< の解答群 >

- ① 30° ② 45° ③ 60° ④ 75° ⑤ 90° ⑥ 105° ⑦ 120° ⑧ 135°

〔Ⅲ〕 図のように、なめらかな水平面上で、ばね定数 k 、自然の長さ L の軽いばねの両端に質量 m の小球 A と質量 $2m$ の小球 B を取り付けた。A と B の距離が L' ($> L$) になるように引っ張った後、両方同時に静かに放したところ、ばねと 2 つの小球からなる物体の重心が静止したまま、A、B はそれぞれ単振動を始めた。右向きを速度の正の向き、A と B は衝突しないものとして、以下の問いに答えなさい。



(1) 小球 A と小球 B の距離がはじめて L になったとき、水平面に対して、

A の速度は $\boxed{10} \times (L' - L) \sqrt{\frac{k}{m}}$ 、B の速度は $\boxed{11} \times (L' - L) \sqrt{\frac{k}{m}}$ となる。

< $\boxed{10}$, $\boxed{11}$ の解答群 >

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

(2) 小球 A と小球 B の距離が L になったとき、重心の位置は A から $\boxed{12} L$ の距離となる。

< 解答群 >

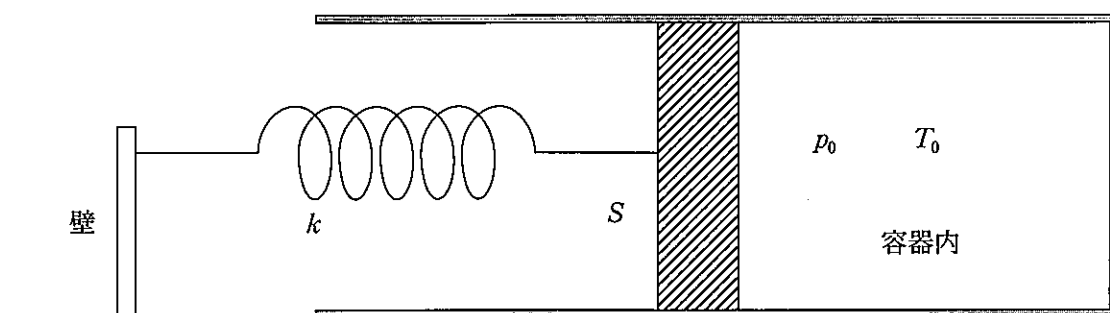
- ① $\frac{1}{5}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{2}{5}$
 ⑤ $\frac{1}{2}$ ⑥ $\frac{2}{3}$ ⑦ $\frac{3}{4}$ ⑧ 1

(3) 小球 A の単振動の周期は $\boxed{13}$ 、小球 B の単振動の周期は $\boxed{14}$ である。

< $\boxed{13}$, $\boxed{14}$ の解答群 >

- ① $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ ② $2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$ ③ $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ ④ $2\pi \sqrt{\frac{m}{3k}}$
 ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}$ ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{3m}{2k}}$ ⑦ $2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$ ⑧ $4\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

〔IV〕 図のように、なめらかに動く断面積 S のピストンとシリンダーからなる断熱容器が大気中に置かれている。ピストンはばね定数 k の軽いばねで壁とつながっている。容器内には単原子分子からなる理想気体が封入されている。ピストンが自由に動ける状態で静止しているとき、ばねの長さは自然長である。このとき、容器内の気体の圧力は p_0 、絶対温度は T_0 であった。これを初期状態とする。初期状態でピストンを固定し、外部から容器内の気体に熱量 Q を加えたところ、容器内の絶対温度が T_1 に上昇した。容器外の圧力は一定として、以下の問いに答えなさい。



(1) 容器内の絶対温度が T_1 になったときの容器内の圧力は 15 p_0 となり、内部エネルギーは初期状態と比較して 16 Q だけ増加した。

< 15 の解答群 >

- ① 1 ② $\frac{T_0}{T_1}$ ③ $\frac{T_1}{T_0}$ ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ $\frac{3T_0}{2T_1}$ ⑥ $\frac{3T_1}{2T_0}$

< 16 の解答群 >

- ① 1 ② $\frac{T_1 - T_0}{T_1}$ ③ $\frac{T_1 - T_0}{T_0}$ ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ $\frac{3(T_1 - T_0)}{2T_1}$ ⑥ $\frac{3(T_1 - T_0)}{2T_0}$

(2) ピストンを自由に動けるようにし、初期状態に戻した。そしてある熱量を容器内の気体に加えたところ、ピストンは左に長さ L だけ動いて容器内の絶対温度が T_2 となった。この過程での内部エネルギーは初期状態と比較して 17 Q だけ増加し、容器内の気体が外部にした仕事は 18 である。

< 17 の解答群 >

- ① 1 ② $\frac{T_2 - T_0}{T_0}$ ③ $\frac{T_2 - T_0}{T_1}$ ④ $\frac{T_2 - T_0}{T_2}$ ⑤ $\frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0}$
 ⑥ $\frac{5}{2}$ ⑦ $\frac{5(T_2 - T_0)}{2T_0}$ ⑧ $\frac{5(T_2 - T_0)}{2T_1}$ ⑨ $\frac{5(T_2 - T_0)}{2T_2}$ ⑩ $\frac{5(T_2 - T_0)}{2(T_1 - T_0)}$

< 18 の解答群 >

- ① $-p_0SL - \frac{kL^2}{2}$ ② $-p_0SL$ ③ $-p_0SL + \frac{kL^2}{2}$ ④ $p_0SL - \frac{kL^2}{2}$
 ⑤ p_0SL ⑥ $p_0SL + \frac{kL^2}{2}$ ⑦ $-\frac{kL^2}{2}$ ⑧ $\frac{kL^2}{2}$

[V] 図1のように、2枚の面積 S の極板を距離 d だけ離して平行に並べ、コンデンサーを製作した。このコンデンサーに電圧 V の電池をつないで十分な時間をかけて電気量 Q の電荷を蓄え、その状態のまま電池を外した。面積 S は十分に大きく、空気の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 と同じであるとして、以下の問いに答えなさい。

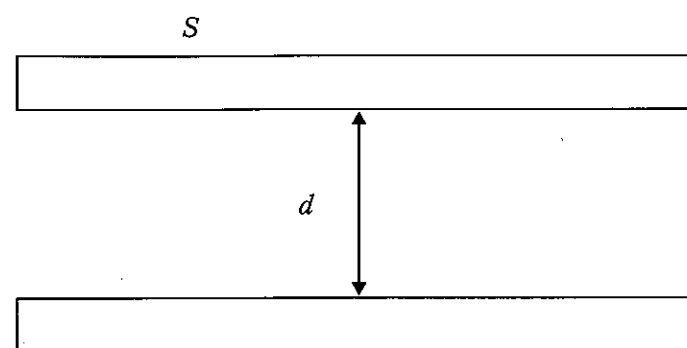


図1

(1) この極板を絶縁した状態でゆっくり動かして極板間の距離を $2d$ とした。このとき、コンデンサーに蓄えられた電気量は $\boxed{19}$ Q であり、極板間の電圧は $\boxed{20}$ V である。

< $\boxed{19}$, $\boxed{20}$ の解答群 >

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

(2) 次に、図2のように、極板のちょうど中間の位置に、面積 S 、厚さ d 、誘電率 ϵ_1 で板状の帯電していない誘電体をゆっくり挿入し、極板に平行ではみ出すことのないように置いた。このとき、コンデンサーに蓄えられた電気量は $\boxed{21}$ Q 、極板間の電圧は $\boxed{22}$ V である。また、誘電体を挿入することで生じたコンデンサーのエネルギーの増加は $\boxed{23}$ QV である。なお、負の増加は減少を表す。

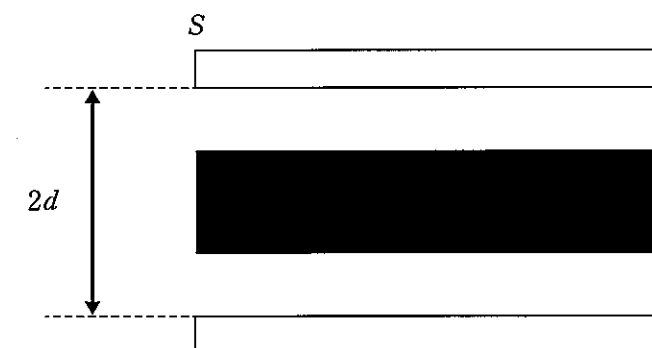


図2

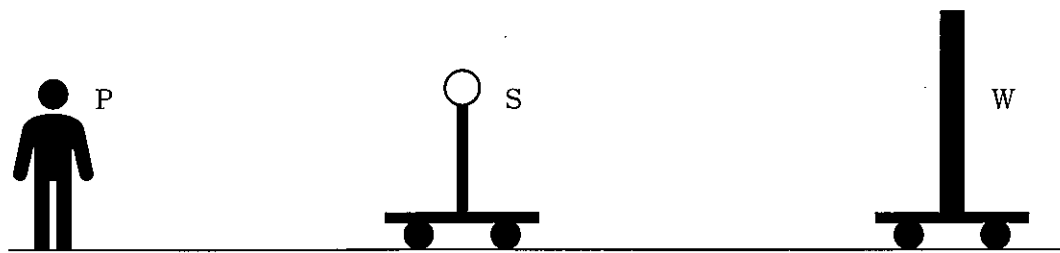
< $\boxed{21}$, $\boxed{22}$ の解答群 >

- ① 1 ② $\frac{\epsilon_1}{\epsilon_0}$ ③ $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_1}$ ④ $\frac{\epsilon_0 + \epsilon_1}{\epsilon_0}$ ⑤ $\frac{\epsilon_0 + \epsilon_1}{\epsilon_1}$
 ⑥ $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 + \epsilon_1}$ ⑦ $\frac{\epsilon_1}{\epsilon_0 + \epsilon_1}$ ⑧ $\frac{\epsilon_0 + \epsilon_1}{\epsilon_0 \epsilon_1}$ ⑨ $\frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{\epsilon_0 \epsilon_1}$

< $\boxed{23}$ の解答群 >

- ① 1 ② $\epsilon_1 - \epsilon_0$ ③ $\frac{\epsilon_1}{\epsilon_0}$ ④ $\frac{\epsilon_0}{\epsilon_1}$ ⑤ $\frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{2\epsilon_0}$
 ⑥ $\frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{2\epsilon_0}$ ⑦ $\frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{2\epsilon_1}$ ⑧ $\frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{2\epsilon_1}$ ⑨ $\frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{\epsilon_1 + \epsilon_0}$ ⑩ $\frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_0}$

〔VI〕 図のように、観測者 P、振動数 f_0 [Hz] の音を発している音源 S、音の反射板 W が一直線上に並んでいる。P は静止しており、W はこの直線に対して垂直に置かれ、S と W はこの直線上を音速より小さい速さで移動できるが、P、S、W の間にはそれぞれ十分な距離があり、並びの順は変わらないものとする。風はなく、音の速さを V [m/s]、左向きを速度の正の向きとして、以下の問いに答えなさい。



(1) W は静止し、S が一定の速度 v [m/s] で移動しているとき、P はうなりを観測した。S から P に直接届いた音の振動数は $\boxed{24}$ f_0 [Hz] であり、観測したうなりは 1 秒間に $\boxed{25}$ f_0 回である。

< $\boxed{24}$ の解答群 >

- ① 1 ② $\left| \frac{v}{V} \right|$ ③ $\left| \frac{V}{v} \right|$ ④ $\frac{V+v}{V}$ ⑤ $\frac{V}{V+v}$
 ⑥ $\frac{V-v}{V}$ ⑦ $\frac{V}{V-v}$ ⑧ $\frac{V+v}{V-v}$ ⑨ $\frac{V-v}{V+v}$

< $\boxed{25}$ の解答群 >

- ① $\left| \frac{v}{V} \right|$ ② $\left| \frac{2v}{V} \right|$ ③ $\frac{V}{V+v}$ ④ $\frac{V}{V-v}$ ⑤ $\frac{v^2}{V(V+v)}$
 ⑥ $\frac{v^2}{V(V-v)}$ ⑦ $\left| \frac{v(3V+v)}{V^2-v^2} \right|$ ⑧ $\left| \frac{2Vv}{V^2-v^2} \right|$ ⑨ $\left| \frac{v(3V-v)}{V^2-v^2} \right|$

(2) S は静止し、W が一定の速度 u [m/s] で移動しているとき、S から出て W で反射して P に届いた音の振動数は $\boxed{26}$ f_0 [Hz] である。

< 解答群 >

- ① 1 ② $\left| \frac{u}{V} \right|$ ③ $\left| \frac{V}{u} \right|$ ④ $\frac{V+u}{V}$ ⑤ $\frac{V}{V+u}$
 ⑥ $\frac{V-u}{V}$ ⑦ $\frac{V}{V-u}$ ⑧ $\frac{V+u}{V-u}$ ⑨ $\frac{V-u}{V+u}$

(3) S が一定の速度 v [m/s] で移動しているとき、静止していた W が S と $\boxed{27}$ 向きに動きだして徐々に速くなると、P が観測していた 1 秒間あたりのうなりの回数が次第に少なくなり、W が速さ $\boxed{28}$ [m/s] に到達すると P はうなりを観測できなくなった。

< $\boxed{27}$ の解答群 >

- ① 同じ ② 反対の

< $\boxed{28}$ の解答群 >

- ① $\frac{v^2}{V}$ ② $|v|$ ③ $\left| \frac{v(V+v)}{V} \right|$ ④ $\left| \frac{Vv}{V+v} \right|$
 ⑤ $\left| \frac{v(V-v)}{V} \right|$ ⑥ $\left| \frac{Vv}{V-v} \right|$ ⑦ $\left| \frac{v(V+v)}{V-v} \right|$ ⑧ $\left| \frac{v(V-v)}{V+v} \right|$