

問題・解答  
用紙番号

24

の解答用紙に解答しなさい。

## 物 理

〈受験学部・学科〉

**3 科目型 受験者**

理工学部

**2 科目型 受験者**

理工学部(生命科学科)

問題は100点満点で作成しています。

**I** 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、記述解答は指示による。(40点)

[1] なめらかで水平な床面上に  $x$  軸と  $y$  軸を設定し、上から見た図が図1である。 $y$  軸上の  $y > 0$  の位置から負の向きに速さ  $3.0 \text{ m/s}$  で進む質量  $0.2 \text{ kg}$  の小球Aと、 $x < 0$ 、 $y < 0$  の領域から原点  $O$  に向かって  $x$  軸に対し  $30^\circ$  斜めの向きに速さ  $1.0 \text{ m/s}$  で進む質量  $0.4 \text{ kg}$  の小球Bがある。二つの小球は原点  $O$  で衝突し、衝突後、小球Bは  $y$  軸上を負の向きに速さ  $1.0 \text{ m/s}$  で進んだ。床からの摩擦や、空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

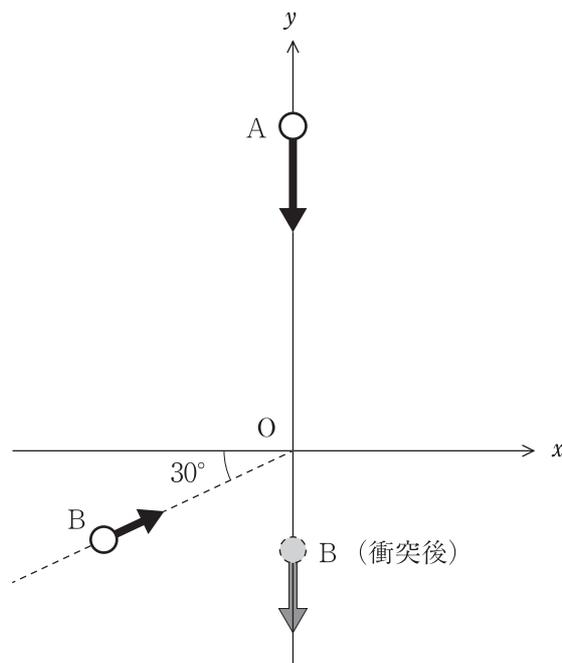


図1

問1. 衝突後、小球Aの速さは何 m/s か。

解答群

- |         |                 |                 |
|---------|-----------------|-----------------|
| (ア) 1.0 | (イ) $\sqrt{3}$  | (ウ) 2.0         |
| (エ) 3.0 | (オ) $\sqrt{10}$ | (カ) $\sqrt{19}$ |

問2. 衝突後、小球Aの運動の向きを図2から選べ。

解答群

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| (ア) 向き① | (イ) 向き② | (ウ) 向き③ |
| (エ) 向き④ | (オ) 向き⑤ | (カ) 向き⑥ |
| (キ) 向き⑦ | (ク) 向き⑧ | (ケ) 向き⑨ |

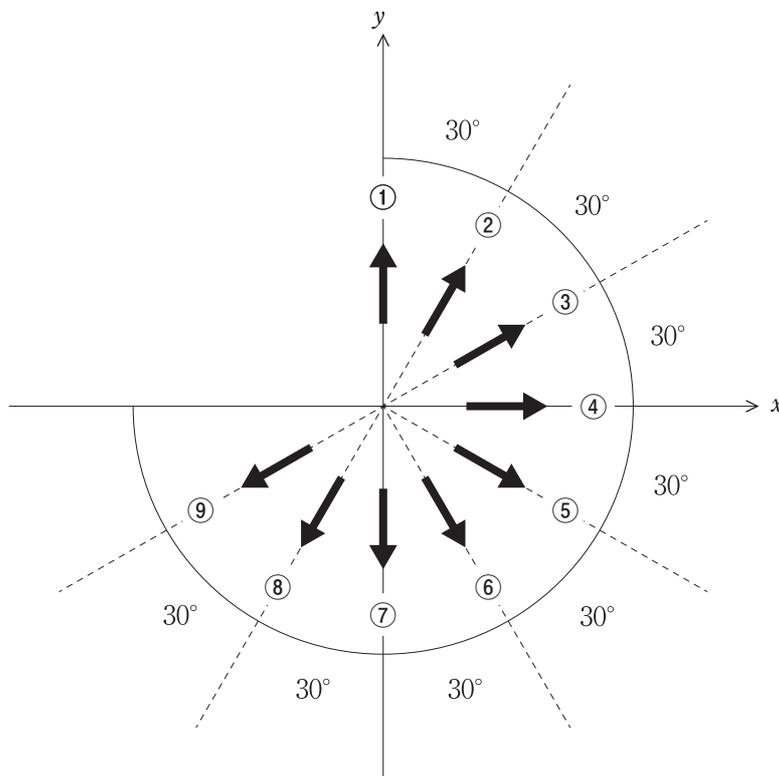


図2

問3. 衝突後, 小球Bから見た小球Aの相対速度の大きさと向きを求めよ。向きについては,  
図2から選べ。

解答群

- |                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| (ア) 速さ $2.0 \text{ m/s}$ で②の向き | (イ) 速さ $\sqrt{3} \text{ m/s}$ で②の向き |
| (ウ) 速さ $2.0 \text{ m/s}$ で③の向き | (エ) 速さ $\sqrt{3} \text{ m/s}$ で③の向き |
| (オ) 速さ $2.0 \text{ m/s}$ で⑤の向き | (カ) 速さ $\sqrt{3} \text{ m/s}$ で⑤の向き |
| (キ) 速さ $2.0 \text{ m/s}$ で⑨の向き | (ク) 速さ $\sqrt{3} \text{ m/s}$ で⑨の向き |

問4. 衝突により, 小球Bが小球Aから受けた力積の大きさと向きを求めよ。向きについては,  
図2から選べ。

解答群

- |  |   |
|--|---|
| (ア) 大きさ $\frac{2}{5}\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で②の向き | (イ) 大きさ $\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で②の向き |
| (ウ) 大きさ $\frac{2}{5}\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑥の向き | (エ) 大きさ $\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑥の向き |
| (オ) 大きさ $\frac{2}{5}\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑦の向き | (カ) 大きさ $\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑦の向き |
| (キ) 大きさ $\frac{2}{5}\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑧の向き | (ク) 大きさ $\sqrt{3} \text{ N}\cdot\text{s}$ で⑧の向き |

問5. この衝突の前後で力学的エネルギーが保存されるか否か, 小球Aと小球Bの運動エネルギーを計算し説明せよ。



問 8. 小物体が斜面からすべり降りて、水平な床面を運動しているとき、台の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア) 0                      (イ)  $v$                       (ウ)  $\frac{|M - m|}{m} v$   
(エ)  $\frac{|M - m|}{M + m} v$               (オ)  $\frac{m}{M + m} v$               (カ)  $\frac{2m}{M + m} v$

問 9. 小物体が斜面からすべり降りて、水平な床面を運動しているとき、小物体の速さは何 m/s か。

解答群

- (ア) 0                      (イ)  $v$                       (ウ)  $\frac{|M - m|}{m} v$   
(エ)  $\frac{|M - m|}{M + m} v$               (オ)  $\frac{m}{M + m} v$               (カ)  $\frac{2m}{M + m} v$

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、数値は最も近い値を解答群から選べ。(30点)

図1のように、真空中に1辺が  $a = 0.2\text{ m}$  の正方形の金属板2枚を平行に距離  $d = 1 \times 10^{-3}\text{ m}$  だけはなして固定し、コンデンサーを構成する。このコンデンサーに電圧  $V = 10\text{ V}$  の電池とスイッチ  $S$  を接続し、回路をつくった。極板間の真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。電池の内部抵抗、配線に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

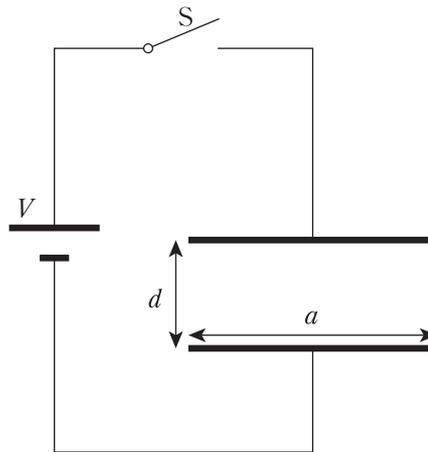


図1

[1] スイッチ  $S$  を閉じてから十分な時間が経過した。

問1. コンデンサーの電気容量は何 F か。

解答群

- (ア)  $10\epsilon_0$     (イ)  $\frac{20}{\epsilon_0}$     (ウ)  $40\epsilon_0$     (エ)  $\frac{50}{\epsilon_0}$     (オ)  $100\epsilon_0$     (カ)  $\frac{200}{\epsilon_0}$

問2. コンデンサーに蓄えられた電気量は何 C か。

解答群

- (ア)  $40\epsilon_0$     (イ)  $\frac{80}{\epsilon_0}$     (ウ)  $120\epsilon_0$     (エ)  $\frac{200}{\epsilon_0}$     (オ)  $400\epsilon_0$     (カ)  $\frac{600}{\epsilon_0}$

問3. 極板間の電界（電場）の大きさは何 V/m か。

解答群

- (ア)  $0.01 \epsilon_0$  (イ)  $0.1$  (ウ)  $10 \epsilon_0$  (エ)  $100$  (オ)  $1000 \epsilon_0$  (カ)  $10000$

問4. コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは何 J か。

解答群

- (ア)  $\frac{2}{\epsilon_0}$  (イ)  $20 \epsilon_0$  (ウ)  $\frac{100}{\epsilon_0}$  (エ)  $200 \epsilon_0$  (オ)  $\frac{1000}{\epsilon_0}$  (カ)  $2000 \epsilon_0$

[2] 図2のように、金属板と同じ面積で、厚さ  $0.5d = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$  をもつ比誘電率  $\epsilon_r = 3$  の誘電体をコンデンサーに挿入し、スイッチ S を閉じてから十分な時間が経過した。以下の問いに答えよ。

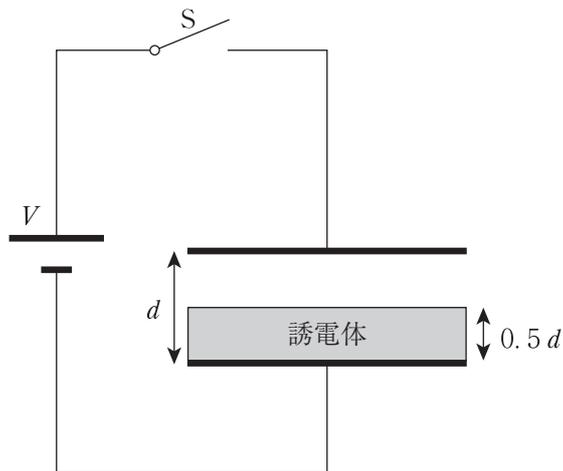


図2

問5. コンデンサーの電気容量は何 F か。

解答群

- (ア)  $\frac{20}{\epsilon_0}$  (イ)  $20 \epsilon_0$  (ウ)  $\frac{40}{\epsilon_0}$  (エ)  $60 \epsilon_0$  (オ)  $\frac{100}{\epsilon_0}$  (カ)  $200 \epsilon_0$

問6. コンデンサーに蓄えられた電気量は何 C か。

解答群

- (ア)  $100 \epsilon_0$  (イ)  $\frac{600}{\epsilon_0}$  (ウ)  $600 \epsilon_0$  (エ)  $\frac{800}{\epsilon_0}$  (オ)  $800 \epsilon_0$  (カ)  $\frac{1000}{\epsilon_0}$

問7. コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは何 J か。

解答群

- (ア)  $300 \epsilon_0$  (イ)  $\frac{300}{\epsilon_0}$  (ウ)  $600 \epsilon_0$  (エ)  $\frac{600}{\epsilon_0}$  (オ)  $3000 \epsilon_0$  (カ)  $\frac{3000}{\epsilon_0}$

[3] [2] の状態からスイッチ S を開いた。その後、図3のように下部の誘電体と金属板に対して平行に保ちながら上部の金属板をゆっくりと移動させ、極板の間隔を  $2.5d = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$  とした。極板および誘電体のまわりにおける電界（電場）の乱れはないものとして、以下の問いに答えよ。

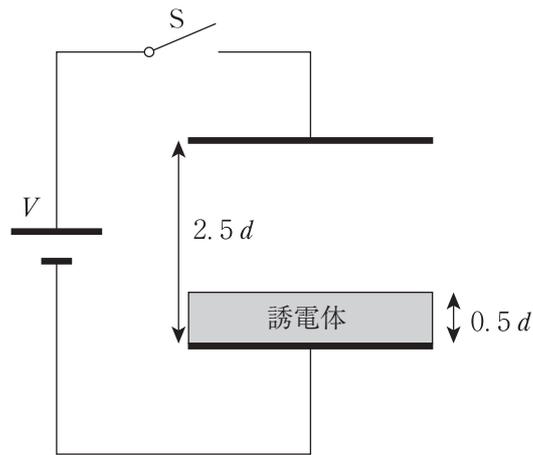


図3

問8. 間隔を広げたあとのコンデンサーの電気容量は何 F か。

解答群

- (ア)  $6.5 \epsilon_0$  (イ)  $\frac{12}{\epsilon_0}$  (ウ)  $18.5 \epsilon_0$  (エ)  $\frac{36}{\epsilon_0}$  (オ)  $72.5 \epsilon_0$  (カ)  $\frac{145}{\epsilon_0}$

問9. 間隔を広げたことによって、静電エネルギーは何 J 増加したか。

解答群

- (ア) 0      (イ)  $2077 \epsilon_0$     (ウ)  $4250 \epsilon_0$     (エ)  $6750 \epsilon_0$     (オ)  $8500 \epsilon_0$     (カ)  $10250 \epsilon_0$

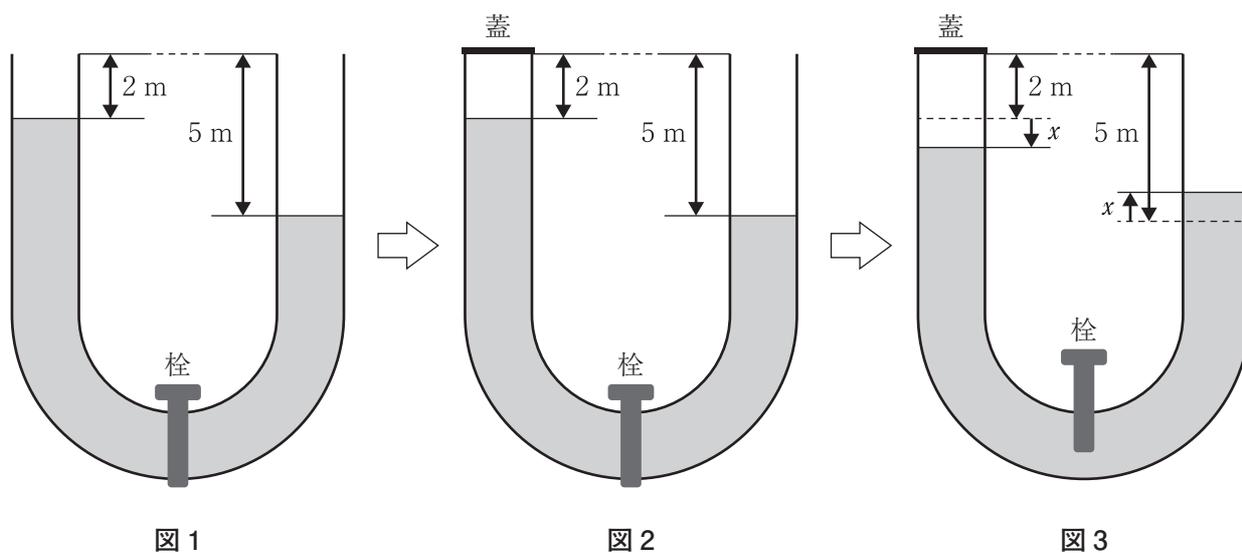
問10. 間隔を広げるために必要な外力の大きさは何 N であったか。

解答群

- (ア) 0                      (イ)  $1.4 \times 10^6 \epsilon_0$                       (ウ)  $4.5 \times 10^6 \epsilon_0$   
(エ)  $6 \times 10^6 \epsilon_0$                       (オ)  $1 \times 10^7 \epsilon_0$                       (カ)  $2 \times 10^7 \epsilon_0$

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、記述解答は指示による。(30点)

図1のように、栓が底部の中央に付いている一様な断面積  $10^{-2} \text{ m}^2$  のU字管が左右の口の高さが同じになるように鉛直に置かれている。大気は理想気体とし、気体が水に溶け込むことや、水の蒸発や膨張は無視できることとする。大気圧を  $10^5 \text{ Pa}$ 、気温を  $280 \text{ K}$ 、水の密度を  $10^3 \text{ kg/m}^3$  とする。なお、計算の煩雑さを避けるため、重力加速度の大きさを  $10 \text{ m/s}^2$  で近似する。ただし、管内の気体の温度は大気と同じに保たれているものとする。



[1] 図1のように底部の栓を閉じておき、U字管の左右の口から水を注ぎ、口から水面までの距離を左側  $2 \text{ m}$ 、右側  $5 \text{ m}$  とした。

問1. 栓の両側にかかる圧力の差は何  $\text{Pa}$  か。

解答群

- (ア) 3                      (イ)  $1.5 \times 10^2$                       (ウ)  $3 \times 10^2$   
 (エ)  $1.5 \times 10^4$                       (オ)  $3 \times 10^4$

図1の状態のまま、図2のように左側の口を蓋で閉ざし、気体を閉じ込めた。

問2. 左側に閉じ込められた気体の物質量は何 mol か。ただし、気体定数は  $R$  [J/(mol·K)] とする。

解答群

(ア)  $\frac{10^2}{280R}$       (イ)  $\frac{10^2}{140R}$       (ウ)  $\frac{10^3}{280R}$       (エ)  $\frac{10^3}{140R}$       (オ)  $\frac{10^4}{280R}$

図2の状態から、図3のように栓を開くと、元の状態から左側の水面は  $x$  [m] 下がり、右側の水面は  $x$  [m] 上がった。

問3. 左側に閉じ込められた気体の圧力は何 Pa か。

解答群

(ア)  $\frac{1}{2+x}10^3$       (イ)  $\frac{2}{2+x}10^3$       (ウ)  $\frac{1}{2+x}10^5$       (エ)  $\frac{2}{2+x}10^5$       (オ)  $\frac{1}{2+x}10^7$

問4. U字管内の左右両側の水面の高さの差を利用した気圧計測の方法がある。図3の左側に閉じ込められた気体の圧力と水面の高さの差を用いて大気圧を表せ。

解答群

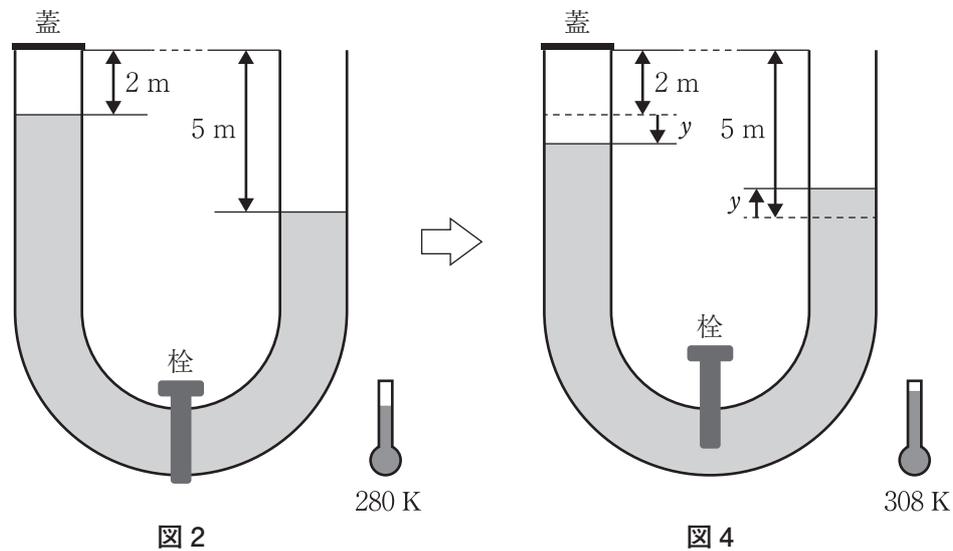
(ア)  $\frac{2}{2+x}10^5 + (3-2x)10^4$       (イ)  $\frac{2}{2+x}10^5 + (3-2x)10^3$   
(ウ)  $\frac{2}{2+x}10^3 + (3-2x)10^3$       (エ)  $\frac{2}{2+x}10^3 + (3-2x)10^5$   
(オ)  $\frac{1}{2+x}10^7 + (3-2x)10^5$

問5. 大気圧は  $10^5$  Pa である。このとき、 $x$  は何 m か。

解答群

(ア)  $\frac{1}{2}$       (イ)  $\frac{1}{3}$       (ウ)  $\frac{1}{4}$       (エ)  $\frac{1}{5}$       (オ)  $\frac{1}{6}$

[2] 左側に気体が閉じ込められた図2の状態から、大気の温度を28 K 上昇させて308 K とし、栓を開くと、図4のように左側の水面は  $y$  [m] 下がり、右側の水面は  $y$  [m] 上がった。ただし、大気圧は  $10^5$  Pa のままである。



問6. 図3の  $x$  [m] と図4の  $y$  [m] に関して、適切な説明を選べ。

解答群

- (ア) 蓋によって閉じ込められた気体の物質量は変わらないため、図4の  $y$  は図3の  $x$  と等しい。
- (イ) 温度上昇により左右の管内の気体は等しく膨張するので、図4の  $y$  は図3の  $x$  と等しい。
- (ウ) 左右の管内の気体の体積を比較すると右側の気体の体積が大きい。したがって温度上昇により気体の膨張は右側が大きいため、図3の  $x$  より図4の  $y$  が小さくなる。
- (エ) 温度上昇により、大気からの仕事が増えるため、左側に閉じ込められた気体はより圧縮される。そのため、図3の  $x$  より図4の  $y$  が小さくなる。
- (オ) 左側に閉じ込められた気体が、温度上昇により膨張し圧力が大きくなる。そのため、図3の  $x$  より図4の  $y$  が大きくなる。

問7.  $y$  は何 m か。途中式も記述し導出せよ。解は平方根を開くことができなければ平方根を残したままでよい。