

受験番号						氏名	
------	--	--	--	--	--	----	--

2022 年度

# 理 科

## 注 意 事 項

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. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりです。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～14	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	15～27	
生 物	28～49	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。また、問題冊子に計算用紙が挟んであるのでメモや計算に用いて構いません。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークしなさい。

① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークしなさい。(例)受験番号 10025 番→ 

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

 と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入しなさい。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。

6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークしなさい。


例えば 

15
----

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークしなさい。薄いもの、不完全なものは解答したことにはなりません。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消しなさい。鉛筆の色や消しくずが残ったり、のような消し方などをした場合は、修正したことになりません。
8. すべて選べという指示のある問題を除き、それぞれの問題で指定された数よりも多くの解答をマークした場合は無解答とみなされます。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子、解答用紙、計算用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

# 物 理

第1問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

図1のように、水平面と $\theta$ [rad]の角をなすなめらかな斜面上に質量 $M$ [kg]の物体Aを置き、軽くて伸びない糸の一端をAにつないだ。糸は斜面と平行に張り、なめらかに回る軽い滑車にかけ、糸の他端に質量 $m$ [kg]の物体Bを鉛直につり下げた。さらに、鉛直方向に立てた、自然長 $l$ [m]、ばね定数 $k$ [N/m]の軽いばねの下端を床に固定し、上端に物体Bを取り付けた。重力加速度の大きさを $g$ [m/s<sup>2</sup>]とする。

物体A、Bがともに静止しているとき、ばねは自然長から  1  [m]伸びた。物体Bをつり合いの位置から $d$ [m]だけ引き上げて静かにはなすと、物体AとBを結ぶ糸はたるまず両物体とも角振動数  2  [rad/s]で単振動した。

物体Bの速さの最大値は  3  [m/s]で、物体Bをつるしている糸の張力の最大値は  4  [N]である。

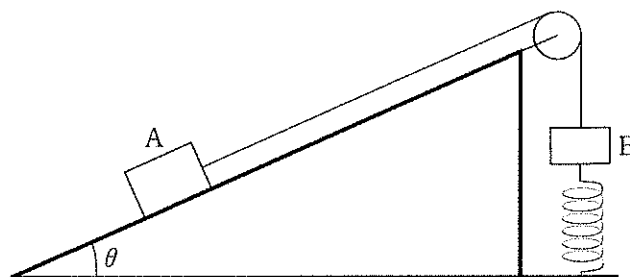


図1

1 の解答群

- ①  $(M \sin \theta - m)kg$     ②  $-\frac{M \sin \theta - m}{k}g$     ③  $\frac{m \cos \theta - M}{k}g$   
 ④  $-(M \sin \theta - m)kg$     ⑤  $\frac{M \cos \theta - m}{k}g$     ⑥  $\frac{M \sin \theta - m}{k}g$   
 ⑦  $\frac{m \sin \theta - M}{k}g$     ⑧  $-\frac{m \sin \theta - M}{k}g$     ⑨  $(M \sin \theta - mk)g$

2      3 の解答群

- ①  $d\sqrt{\frac{k}{M+m}}$     ②  $\sqrt{\frac{k}{m-M\sin\theta}}$   
 ③  $\sqrt{\frac{kg}{m-M\sin\theta}}$     ④  $\sqrt{\frac{k}{M-m}}$   
 ⑤  $\frac{d}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M\sin\theta-m}}$     ⑥  $\sqrt{\frac{kg}{M+m}}$   
 ⑦  $d\sqrt{\frac{kg}{M+m}}$     ⑧  $d\sqrt{\frac{k}{M-m}}$   
 ⑨  $\frac{d}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M\sin\theta+m}}$     ⑩  $\frac{d}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M+m}}$   
 ⑪  $\sqrt{\frac{k}{M\sin\theta+m}}$     ⑫  $\sqrt{\frac{kg}{M\sin\theta+m}}$   
 ⑬  $\frac{d}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M-m}}$     ⑭  $\sqrt{\frac{k}{M+m}}$   
 ⑮  $\sqrt{\frac{kg}{M-m}}$     ⑯  $2d\sqrt{\frac{k}{M+m}}$

4 の解答群

- ①  $Mg \sin \theta + mg + kd$     ②  $Mg \sin \theta - mg + kd$   
 ③  $Mg \sin \theta + \frac{kM \sin \theta}{M \sin \theta + m}d$     ④  $Mg \sin \theta - \frac{kM}{M+m}d$   
 ⑤  $Mg \sin \theta + \frac{kM}{M \sin \theta + m}d$     ⑥  $Mg \sin \theta - mg - kd$   
 ⑦  $Mg \sin \theta + \frac{kM}{M+m}d$     ⑧  $Mg \sin \theta + \frac{kM}{M-m}d$

第2問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

図2のように、水平面と $\theta$ (rad)の角をなす粗さが一様な斜面がある。斜面上に質量 $m$ (kg)の物体を置き、点Oから初速度 $v_0$ (m/s)で斜面に沿って上向きにすべらせた。物体と斜面の間の動摩擦係数を $\mu'$ とし、重力加速度の大きさを $g$ (m/s<sup>2</sup>)とする。

物体は、点Oより距離 $l$ (m)だけ離れた点Pを速さ $v =$  (m/s)で斜面上向きに通過し、点Oより距離 $L =$  (m)だけ離れた斜面上の最高点Qに達した。点Oを出発してから点Qに到達するまでの時間は (s)であった。

その後、物体は、点Qから点Oまで時間 (s)かけてすべり降り、点Oを速さ (m/s)で通過した。

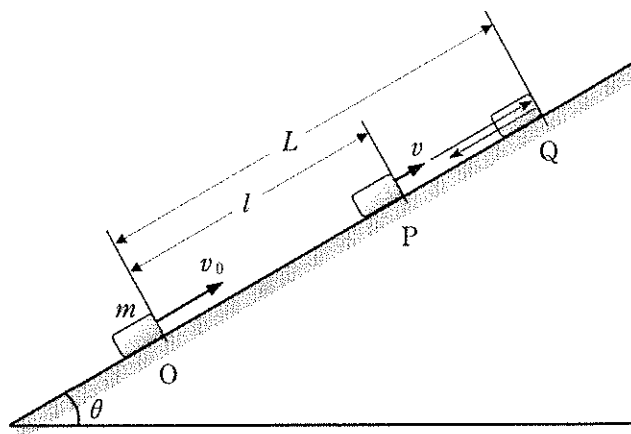


図2

の解答群

- |   |   |
|---|---|
| ① $\sqrt{v_0^2 - 2gl(\cos\theta - \mu'\sin\theta)}$ | ② $\sqrt{v_0^2 - 2gl(\sin\theta - \mu'\cos\theta)}$ |
| ③ $\sqrt{v_0^2 - gl(\cos\theta + \mu'\sin\theta)}$  | ④ $\sqrt{v_0^2 - gl(\cos\theta - \mu'\sin\theta)}$  |
| ⑤ $\sqrt{v_0^2 - 2gl(\cos\theta + \mu'\sin\theta)}$ | ⑥ $\sqrt{v_0^2 - 2gl(\sin\theta + \mu'\cos\theta)}$ |
| ⑦ $\sqrt{v_0^2 - gl(\sin\theta - \mu'\cos\theta)}$  | ⑧ $\sqrt{v_0^2 - gl(\sin\theta + \mu'\cos\theta)}$  |

6 の解答群

$$\textcircled{1} \frac{v_0^2}{g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{3} \frac{2v_0^2}{g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{5} \frac{v_0^2}{2g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{7} \frac{v_0^2}{2g(\cos \theta - \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{9} \frac{v_0^2}{2g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{11} \frac{2v_0^2}{g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{2} \frac{v_0^2}{g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{4} \frac{2v_0^2}{g(\cos \theta - \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{6} \frac{v_0^2}{g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{8} \frac{2v_0^2}{g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{10} \frac{v_0^2}{2g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{12} \frac{v_0^2}{g(\cos \theta - \mu' \sin \theta)}$$

7 8 の解答群

$$\textcircled{1} \frac{v_0}{2g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{3} \frac{v_0}{2g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{5} \frac{v_0}{g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{7} \frac{v_0}{2g\sqrt{\cos^2 \theta - \mu'^2 \sin^2 \theta}}$$

$$\textcircled{9} \frac{v_0}{g(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{11} \frac{v_0}{g(\cos \theta + \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{2} \frac{v_0}{g\sqrt{\sin^2 \theta - \mu'^2 \cos^2 \theta}}$$

$$\textcircled{4} \frac{v_0}{2g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}$$

$$\textcircled{6} \frac{v_0}{g\sqrt{\sin^2 \theta + \mu'^2 \cos^2 \theta}}$$

$$\textcircled{8} \frac{v_0}{g(\cos \theta - \mu' \sin \theta)}$$

$$\textcircled{10} \frac{v_0}{2g\sqrt{\cos^2 \theta + \mu'^2 \sin^2 \theta}}$$

$$\textcircled{12} \frac{v_0}{2g(\cos \theta - \mu' \sin \theta)}$$

9 の解答群

$$\textcircled{1} \sqrt{\frac{\cos \theta + \mu' \sin \theta}{\cos \theta - \mu' \sin \theta}} v_0$$

$$\textcircled{3} \sqrt{\frac{\cos \theta - \mu' \sin \theta}{\cos \theta + \mu' \sin \theta}} v_0$$

$$\textcircled{5} \sqrt{\frac{\sin \theta + \mu' \cos \theta}{\sin \theta - \mu' \cos \theta}} v_0$$

$$\textcircled{7} \sqrt{\frac{\sin \theta - \mu' \cos \theta}{\sin \theta + \mu' \cos \theta}} v_0$$

$$\textcircled{2} \frac{v_0}{\sqrt{\sin \theta + \mu' \cos \theta}}$$

$$\textcircled{4} \frac{v_0}{\sqrt{\sin \theta - \mu' \cos \theta}}$$

$$\textcircled{6} \frac{v_0}{\sqrt{\cos \theta + \mu' \sin \theta}}$$

$$\textcircled{8} \frac{v_0}{\sqrt{\cos \theta - \mu' \sin \theta}}$$

第3問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。重力の影響は無視できるものとする。

図3のように、 $xy$ 平面上で  $0 \leq x < d$  [m] の範囲に紙面の裏から表の向きに紙面と垂直に磁束密度  $B$  [T] の一様な磁場がかかっている。質量  $m$  [kg]、電気量  $q$  [C] ( $q > 0$ )、速さ  $v_0$  [m/s] の荷電粒子が原点  $O$  から  $xy$  平面内に  $x$  軸とのなす角  $\theta$  [rad] で入射した。原点  $O$  から入射直後のローレンツ力の  $x$ 、 $y$  方向の成分は、それぞれ (  ) [N] である。

速さ  $v_0$  [m/s] で原点  $O$  から入射した荷電粒子は、 $0 \leq x < d$  [m] の範囲内で運動した後、 $y$  座標  から  $x < 0$  [m] の領域へ、速度の  $x$ 、 $y$  方向の成分がそれぞれ (  ) [m/s] で飛び出した。

入射する荷電粒子の速さ  $v_0$  [m/s] が  [m/s] より大きくなると、荷電粒子は  $x > d$  [m] の領域へ飛び出した。

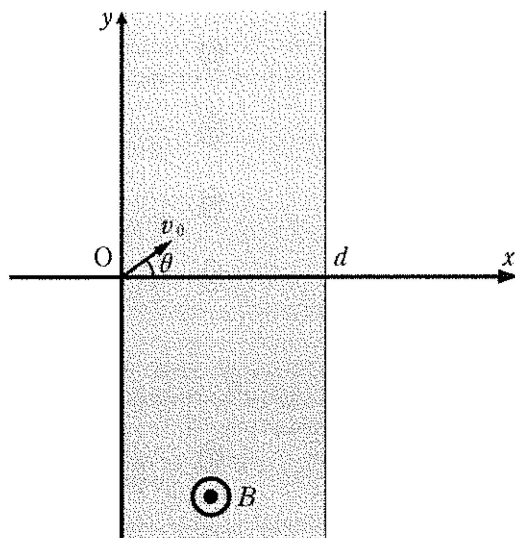


図3

10 の解答群

- |  |  |
|--|--|
| ① $-qv_0B \cos \theta, -qv_0B \sin \theta$ | ② $qv_0B \sin \theta, -qv_0B \cos \theta$  |
| ③ $-qv_0B \cos \theta, qv_0B \sin \theta$  | ④ $qv_0B \cos \theta, -qv_0B \sin \theta$  |
| ⑤ $-qv_0B \sin \theta, qv_0B \cos \theta$  | ⑥ $qv_0B \cos \theta, qv_0B \sin \theta$   |
| ⑦ $qv_0B \sin \theta, qv_0B \cos \theta$   | ⑧ $-qv_0B \sin \theta, -qv_0B \cos \theta$ |

11 の解答群

- |                                   |                                  |                                   |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ① $-\frac{mv_0 \cos \theta}{qB}$  | ② $\frac{mv_0 \cos \theta}{2qB}$ | ③ $-\frac{2mv_0 \sin \theta}{qB}$ |
| ④ $-\frac{mv_0 \cos \theta}{2qB}$ | ⑤ $\frac{2mv_0 \cos \theta}{qB}$ | ⑥ $-\frac{mv_0 \sin \theta}{2qB}$ |
| ⑦ $\frac{mv_0 \sin \theta}{qB}$   | ⑧ $\frac{2mv_0 \sin \theta}{qB}$ | ⑨ $\frac{mv_0 \cos \theta}{qB}$   |
| ⑩ $-\frac{2mv_0 \cos \theta}{qB}$ | ⑪ $-\frac{mv_0 \sin \theta}{qB}$ | ⑫ $\frac{mv_0 \sin \theta}{2qB}$  |

12 の解答群

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| ① $-v_0 \sin \theta, -v_0 \cos \theta$ | ② $v_0 \sin \theta, -v_0 \cos \theta$ |
| ③ $-v_0 \cos \theta, v_0 \sin \theta$  | ④ $v_0 \cos \theta, v_0 \sin \theta$  |
| ⑤ $v_0 \sin \theta, v_0 \cos \theta$   | ⑥ $v_0 \cos \theta, -v_0 \sin \theta$ |
| ⑦ $-v_0 \cos \theta, -v_0 \sin \theta$ | ⑧ $-v_0 \sin \theta, v_0 \cos \theta$ |

13 の解答群

- |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{qBd(1 + \sin \theta)}{m}$  | ② $\frac{2qBd(1 + \cos \theta)}{m}$ | ③ $\frac{qBd}{2m(1 + \cos \theta)}$ |
| ④ $\frac{qBd}{m(1 + \sin \theta)}$  | ⑤ $\frac{qBd}{2m(1 + \sin \theta)}$ | ⑥ $\frac{qBd}{m(1 + \cos \theta)}$  |
| ⑦ $\frac{qBd(1 + \sin \theta)}{2m}$ | ⑧ $\frac{2qBd(1 + \sin \theta)}{m}$ | ⑨ $\frac{2qBd}{m(1 + \cos \theta)}$ |
| ⑩ $\frac{2qBd}{m(1 + \sin \theta)}$ | ⑪ $\frac{qBd(1 + \cos \theta)}{m}$  | ⑫ $\frac{qBd(1 + \cos \theta)}{2m}$ |

第4問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

図4のように、電圧の実効値が  $E$  [V] の交流電源、起電力が  $V_0$  [V] の電池、抵抗値が  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗、電気容量が  $C$  [F] のコンデンサー、自己インダクタンスが  $L$  [H] のコイル、スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  からなる回路をつくった。ただし、交流電源と電池の内部抵抗は無視できるものとする。

スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を A 側に入れ、 $S_3$  を P 側に入れた。交流電源の周波数を  $f$  [Hz] としたとき、実効値  $I$  [A] の電流が流れた。コンデンサーの電気容量  $C$  は  14  [F] である。また、回路の平均の消費電力は  15  [W] である。

次に、スイッチ  $S_3$  を P 側のままで、スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を B 側に入れた。十分な時間が経過した後のコンデンサーの電気量は  16  [C] である。

次に、スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  は B 側のままで、スイッチ  $S_3$  を Q 側に入れた。スイッチを入れてから、回路を流れる電流の大きさがはじめて最大になるまでの時間は  17  [s] である。

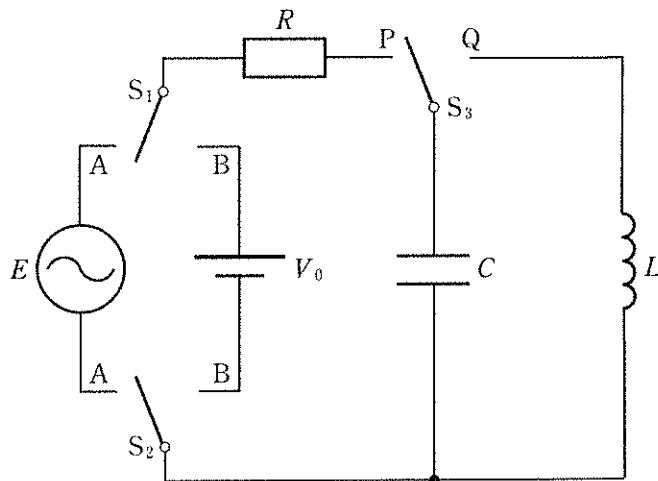


図4



14 の解答群

- |   |   |   |
|---|---|---|
| ① $\frac{I}{2\pi f\sqrt{R^2I^2 - E^2}}$ | ② $\frac{I}{2\pi f(E - RI)}$            | ③ $\frac{2\pi I}{f(E - RI)}$            |
| ④ $\frac{I}{\sqrt{E - RI}}$             | ⑤ $\frac{2\pi I}{f\sqrt{E^2 - R^2I^2}}$ | ⑥ $\frac{I}{f\sqrt{E^2 - R^2I^2}}$      |
| ⑦ $\frac{2\pi I}{f\sqrt{R^2I^2 - E^2}}$ | ⑧ $\frac{I}{f\sqrt{R^2I^2 - E^2}}$      | ⑨ $\frac{I}{f(E - RI)}$                 |
| ⑩ $\frac{2\pi fI}{\sqrt{E^2 - R^2I^2}}$ | ⑪ $\frac{I}{2\pi f\sqrt{E^2 + R^2I^2}}$ | ⑫ $\frac{2\pi I}{f\sqrt{E^2 + R^2I^2}}$ |
| ⑬ $\frac{I}{2\pi f\sqrt{E^2 - R^2I^2}}$ | ⑭ $\frac{2\pi I}{f\sqrt{E - RI}}$       | ⑮ $\frac{I}{f\sqrt{E^2 + R^2I^2}}$      |

15 の解答群

- |                            |               |                  |
|----------------------------|---------------|------------------|
| ① $\frac{1}{2}IE$          | ② $IE$        | ③ $RI^2$         |
| ④ $2IE$                    | ⑤ $RI^2 + IE$ | ⑥ $2RI^2$        |
| ⑦ $\frac{1}{2}(RI^2 + IE)$ | ⑧ $0$         | ⑨ $2(RI^2 + IE)$ |
| ⑩ $\frac{1}{2}RI^2$        |               |                  |

16 の解答群

- |                           |                                  |                    |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| ① $C(E - RI)$             | ② $\frac{C(V_0 - RI)}{\sqrt{2}}$ | ③ $\frac{CV_0}{2}$ |
| ④ $\frac{C(V_0 - RI)}{2}$ | ⑤ $\frac{C(E - RI)}{2}$          | ⑥ $C(V_0 - RI)$    |
| ⑦ $CV_0$                  | ⑧ $\frac{C(E - RI)}{\sqrt{2}}$   |                    |

17 の解答群

- |                            |                             |                             |                            |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{\pi LC}{2}$       | ② $\frac{1}{4\sqrt{LC}}$    | ③ $\frac{3\pi\sqrt{LC}}{2}$ | ④ $\frac{\pi\sqrt{LC}}{2}$ |
| ⑤ $2\pi\sqrt{LC}$          | ⑥ $\frac{3\pi}{2\sqrt{LC}}$ | ⑦ $\frac{1}{8\pi\sqrt{LC}}$ | ⑧ $2\pi LC$                |
| ⑨ $\frac{\pi}{2\sqrt{LC}}$ | ⑩ $2\pi f\sqrt{LC}$         |                             |                            |

第5問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

図5のように、ガラス容器の中に水を入れて、空気中より入射角  $\theta_1$  (rad) で光線を点Pから入射させた。ただし、空気、水、ガラスの絶対屈折率は、それぞれ  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  で、屈折率の大小関係は  $n_1 < n_2 < n_3$  である。また、ガラス容器の側面は鉛直である。

点Pを通過した光線は、ガラス容器の内面上の点Qを通過した後、ガラス容器の外面上の点Rに入射角  $\theta_2$  で入射し、屈折角  $\theta_3$  でガラスより空気中へ通過した。このとき  $\theta_2$  および  $\theta_3$  は、 $\theta_1$  を用いて  $\sin \theta_2 = \text{18}$  ,  $\sin \theta_3 = \text{19}$  と表される。

入射角  $\theta_1$  を小さくしていくと  $\sin \theta_c = \text{20}$  を満たす角度  $\theta_c$  で点Rで全反射する。

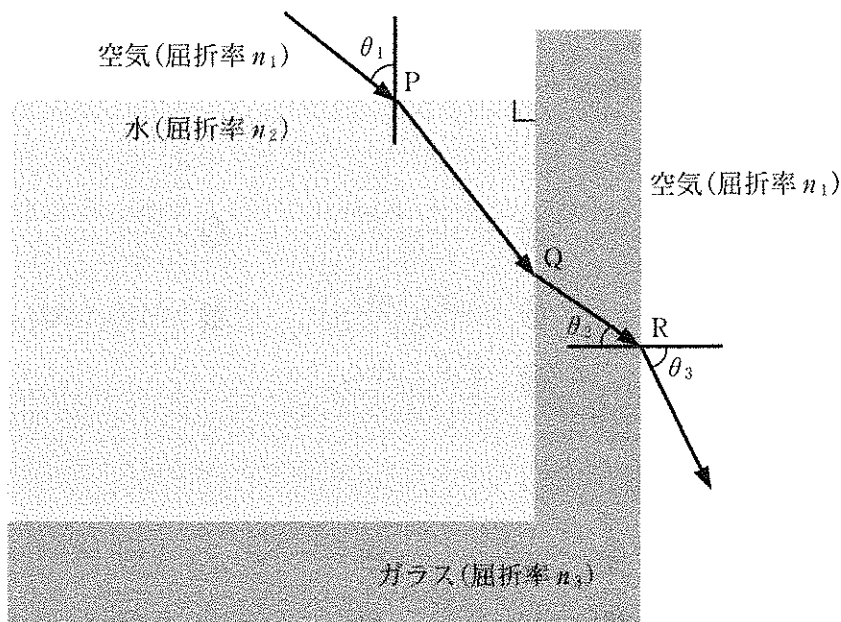


図5

18      19      の解答群

- |  |  |
|--|--|
| ① $\frac{n_2}{n_1} \cos \theta_1$                      | ② $\frac{n_3}{n_1} \cos \theta_1$                      |
| ③ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ | ④ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ |
| ⑤ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ | ⑥ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ |
| ⑦ $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ | ⑧ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ |
| ⑨ $\frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1$                      | ⑩ $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ |
| ⑪ $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ | ⑫ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ |
| ⑬ $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cos^2 \theta_1}$ | ⑭ $\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1$                      |
| ⑮ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_3^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ | ⑯ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}$ |

20      の解答群

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_3^2 - n_1^2}$ | ② $\frac{n_3}{n_1}$                    | ③ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$ |
| ④ $\frac{n_1}{n_2}$                    | ⑤ $\frac{n_3}{n_2}$                    | ⑥ $\frac{1}{n_3} \sqrt{n_3^2 - n_1^2}$ |
| ⑦ $\frac{n_2}{n_3}$                    | ⑧ $\frac{1}{n_1} \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$ | ⑨ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$ |
| ⑩ $\frac{n_2}{n_1}$                    | ⑪ $\frac{1}{n_2} \sqrt{n_3^2 - n_1^2}$ | ⑫ $\frac{n_1}{n_3}$                    |

第6問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

内半径  $r$  [m] の球状容器に理想気体が入っている。気体分子の質量はすべて同じ  $m$  [kg] で、分子どうしの衝突は無視できるものとする。

図6のように、速さ  $v$  (m/s) の分子が入射角  $\theta$  (rad) で、容器のなめらかな内壁と弾性衝突した。1回の衝突で1つの分子は大きさ  21 [N·s] の力積を容器の内壁に与える。分子が容器の内壁に衝突する回数は1秒あたり  22 [回] である。したがって、時間  $t$  (s) の間に分子は大きさ  23 [N·s] の力積を容器の内壁に与えることになる。

容器内の分子数を  $N$  個、気体の圧力を  $p$  [N/m<sup>2</sup>] とすると、すべての分子の速さの二乗を平均した  $\overline{v^2}$  は  24 [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] と表すことができる。

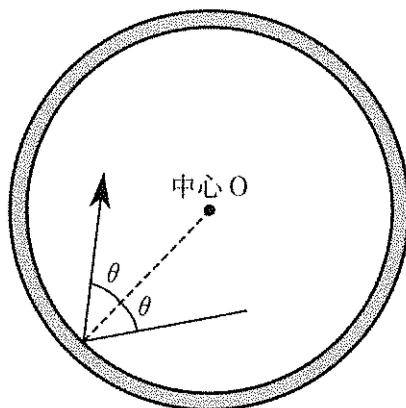


図6

21 の解答群

- |                       |                                 |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| ① $mvr \cos 2\theta$  | ② $2mv \sin \theta$             | ③ $2mvr \cos 2\theta$ | ④ $mv \sin 2\theta$       |
| ⑤ $2mv^2 \cos \theta$ | ⑥ $\frac{1}{2}mv^2 \cos \theta$ | ⑦ $mv \cos \theta$    | ⑧ $mv \sin \theta$        |
| ⑨ $2mv \sin 2\theta$  | ⑩ $2mv$                         | ⑪ $mv \cos 2\theta$   | ⑫ $2mvr^2 \sin^2 2\theta$ |
| ⑬ $2mv \cos 2\theta$  | ⑭ $mvr \sin 2\theta$            | ⑮ $2mv \cos \theta$   | ⑯ $mv^2 \cos \theta$      |

22 の解答群

- |                                 |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ① $\frac{v}{r \cos \theta}$     | ② $\frac{2 r \cos 2 \theta}{v}$ | ③ $\frac{v}{r \sin 2 \theta}$   | ④ $\frac{2 r \sin 2 \theta}{v}$ |
| ⑤ $\frac{r \cos \theta}{v}$     | ⑥ $\frac{2 r \cos \theta}{v}$   | ⑦ $\frac{v}{r \sin \theta}$     | ⑧ $\frac{v}{2 r \cos \theta}$   |
| ⑨ $\frac{r \sin \theta}{v}$     | ⑩ $\frac{r \cos 2 \theta}{v}$   | ⑪ $\frac{v}{2 r \sin \theta}$   | ⑫ $\frac{2 r \sin \theta}{v}$   |
| ⑬ $\frac{v}{2 r \cos 2 \theta}$ | ⑭ $\frac{v}{r \cos 2 \theta}$   | ⑮ $\frac{v}{2 r \sin 2 \theta}$ |                                 |

23 の解答群

- |                                    |                        |                                  |                                  |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{mv^2 t}{r}$               | ② $mv t \cos \theta$   | ③ $\frac{mv^2 t}{4 r}$           | ④ $\frac{4 mv^2 t}{r}$           |
| ⑤ $mv^2 t$                         | ⑥ $\frac{2 mv^2}{r}$   | ⑦ $mv^2 t \cos \theta$           | ⑧ $\frac{mv^2 t}{r} \cos \theta$ |
| ⑨ $2 mv t \cos \theta$             | ⑩ $\frac{mv^2 t}{2 r}$ | ⑪ $\frac{mv^2}{r} \cos \theta$   | ⑫ $\frac{mv^2}{2 r}$             |
| ⑬ $\frac{mv^2 t}{2 r} \cos \theta$ | ⑭ $\frac{2 mv^2 t}{r}$ | ⑮ $\frac{mv^2}{2 r} \cos \theta$ | ⑯ $\frac{mv^2}{r}$               |

24 の解答群

- |                                |                                |                                |                                  |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{4 \pi r^2 \rho}{m}$   | ② $\frac{\pi r^3 \rho}{m}$     | ③ $\frac{2 \pi r^2 \rho}{m N}$ | ④ $\frac{\pi r^3 \rho}{m N}$     |
| ⑤ $\frac{\pi r^2 \rho}{m}$     | ⑥ $\frac{2 \pi r^3 \rho}{m}$   | ⑦ $\frac{4 \pi r^3 \rho}{m}$   | ⑧ $\frac{4 \pi r^3 \rho}{3 m N}$ |
| ⑨ $\frac{2 \pi r^2 \rho}{m}$   | ⑩ $\frac{\pi r^2 \rho}{m N}$   | ⑪ $\frac{4 \pi r^3 \rho}{m N}$ | ⑫ $\frac{4 \pi r^2 \rho}{3 m N}$ |
| ⑬ $\frac{4 \pi r^3 \rho}{3 m}$ | ⑭ $\frac{4 \pi r^2 \rho}{m N}$ | ⑮ $\frac{2 \pi r^3 \rho}{m N}$ |                                  |

第7問 以下の問題の  に最も適切なものを、対応する解答群の中から一つ選べ。

炭素  $^{14}_6\text{C}$  の原子核、窒素  $^{14}_7\text{N}$  の原子核、水素  $^1_1\text{H}$  の原子核、中性子  $^1_0n$  の質量をそれぞれ 13.99995 u, 13.99923 u, 1.00728 u, 1.00866 u とし、1 u は  $1.49 \times 10^{-10}$  J、電気素量を  $1.60 \times 10^{-19}$  C とする。また、必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$  を用いよ。

宇宙から様々な放射線(宇宙線)が地球へ到達し、大気中で原子核に衝突し中性子などの粒子を生じる。発生した中性子は大気中の  $^{14}_7\text{N}$  と衝突して  $^{14}_6\text{C}$  を生成している。核反応式は、 $^{14}_7\text{N} + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$  で表され、この核反応で  25 MeV のエネルギーが放出される。

放出されたエネルギーがすべて  $^{14}_6\text{C}$  と  $^1_1\text{H}$  の運動エネルギーになるとすると、 $^1_1\text{H}$  の運動エネルギーは  26 MeV である。ただし、反応前の  $^{14}_7\text{N}$  と  $^1_0n$  の運動エネルギーは無視でき、 $^{14}_6\text{C}$  と  $^1_1\text{H}$  の質量の比が質量数の比に等しいとみなせるものとする。

生成された  $^{14}_6\text{C}$  は半減期  $5.7 \times 10^3$  年で  $\beta$  崩壊し、元の  $^{14}_7\text{N}$  になる。これらの2つの核反応によって、大気中における  $^{12}_6\text{C}$  に対する  $^{14}_6\text{C}$  の割合は、ほぼ一定となっている。

植物は光合成により大気中の二酸化炭素を吸収し炭素を蓄え成長している。植物が活着している間は、その生体内の  $^{12}_6\text{C}$  に対する  $^{14}_6\text{C}$  の割合は、空気中と同じである。また、大気中の  $^{12}_6\text{C}$  に対する  $^{14}_6\text{C}$  の割合は、過去から現在まで一定に保たれているものとする。

ある遺跡で出土した木片中の  $^{12}_6\text{C}$  に対する  $^{14}_6\text{C}$  の割合が、大気中における割合の  $\frac{4}{5}$  であった。木片の炭素の取りこみが終了したのは、 27 年前であると推定される。

25 26 の解答群

- |         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| ① 0.041 | ② 0.13 | ③ 0.21 | ④ 0.25 |
| ⑤ 0.29  | ⑥ 0.33 | ⑦ 0.37 | ⑧ 0.41 |
| ⑨ 0.45  | ⑩ 0.49 | ⑪ 0.53 | ⑫ 0.57 |
| ⑬ 0.61  | ⑭ 0.65 | ⑮ 0.69 | ⑯ 0.73 |

27 の解答群

- |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $7.0 \times 10^2$ | ② $1.0 \times 10^3$ | ③ $1.3 \times 10^3$ | ④ $1.6 \times 10^3$ |
| ⑤ $1.9 \times 10^3$ | ⑥ $2.2 \times 10^3$ | ⑦ $2.5 \times 10^3$ | ⑧ $2.8 \times 10^3$ |
| ⑨ $3.1 \times 10^3$ | ⑩ $3.4 \times 10^3$ | ⑪ $3.7 \times 10^3$ | ⑫ $4.0 \times 10^3$ |
| ⑬ $4.3 \times 10^3$ | ⑭ $4.6 \times 10^3$ | ⑮ $4.9 \times 10^3$ |                     |