

1F 物 理

2月3日

(解答番号 1 ~ 31)

I 原子について次の問に答えよ。

2012年、理化学研究所は加速した亜鉛とビスマスの衝突により113番目の元素（当時はウンウントリウム、元素記号Uutと呼ばれていた）を合成した。 $^{288}_{113}\text{Uut}$ には278個の核子があり、このうち113個が(1)で残りが(2)である。核子は3個の(3)からなる(4)である。 $^{288}_{113}\text{Uut}$ は複数回の α 崩壊を経て $^{262}_{105}\text{Db}$ （ドブニウム）に至る。ここで α 崩壊1回当たり(5)個の(6)が放出される。このうち113番目の元素は2016年にニホニウム（元素記号Nh）と命名された。これまでに観測されたニホニウムの5で最も半減期が長いものは $^{286}_{113}\text{Nh}$ で、原子数は1分間に $\frac{1}{8}$ になることが予想される。このとき $^{286}_{113}\text{Nh}$ の半減期は6 [s]である。

問1 文中の(1)(2)に入るものの組み合わせとして最も適切なものを選択肢から一つ選べ。1

選択肢

- | | | | |
|---|---|--|--|
| ① $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 原子核} \\ (2) \text{ 陽子} \end{array} \right.$ | ② $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 原子核} \\ (2) \text{ 電子} \end{array} \right.$ | ③ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 陽子} \\ (2) \text{ 電子} \end{array} \right.$ | ④ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 陽子} \\ (2) \text{ 中性子} \end{array} \right.$ |
| ⑤ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 電子} \\ (2) \text{ 中性子} \end{array} \right.$ | ⑥ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 電子} \\ (2) \text{ 荷電子} \end{array} \right.$ | ⑦ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 中性子} \\ (2) \text{ 原子核} \end{array} \right.$ | ⑧ $\left[\begin{array}{l} (1) \text{ 中性子} \\ (2) \text{ 荷電子} \end{array} \right.$ |

問2 文中の(3)(4)に入るものの組み合わせとして最も適切なものを選択肢から一つ選べ。2

選択肢

- | | | |
|--|---|---|
| ① $\left[\begin{array}{l} (3) \text{ ニュートリノ} \\ (4) \text{ バリオン} \end{array} \right.$ | ② $\left[\begin{array}{l} (3) \text{ ニュートリノ} \\ (4) \text{ グルーオン} \end{array} \right.$ | ③ $\left[\begin{array}{l} (3) \text{ クォーク} \\ (4) \text{ グルーオン} \end{array} \right.$ |
| ④ $\left[\begin{array}{l} (3) \text{ クォーク} \\ (4) \text{ バリオン} \end{array} \right.$ | | |

問3 文中の(5)(6)に入るものの組み合わせとして最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

3

選択肢

- | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|---|---|--------------------|---|---|----------------------|
| ① | [| (5) 1
(6) 水素原子核 | ② | [| (5) 4
(6) 水素原子核 | ③ | [| (5) 1
(6) ヘリウム原子核 |
| ④ | [| (5) 4
(6) ヘリウム原子核 | ⑤ | [| (5) 1
(6) 電子 | ⑥ | [| (5) 4
(6) 電子 |

問4 $^{278}_{113}\text{Uut}$ の崩壊に伴い、2回目の α 崩壊の後に生成する元素として最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

4

選択肢

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $^{262}_{105}\text{Db}$ | ② $^{266}_{107}\text{Ba}$ | ③ $^{266}_{107}\text{Bh}$ | ④ $^{270}_{109}\text{Mt}$ |
| ⑤ $^{270}_{109}\text{Nh}$ | ⑥ $^{274}_{111}\text{Ra}$ | ⑦ $^{274}_{111}\text{Rg}$ | ⑧ $^{278}_{111}\text{Rg}$ |

問5 文章の空欄に入るものとして最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

5

選択肢

- | | | |
|----------|-------|----------|
| ① 同位体 | ② 中性子 | ③ 同素体 |
| ④ ヒッグス粒子 | ⑤ 核子 | ⑥ 有核原子模型 |

問6 文章の空欄に入るものとして最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

6

選択肢

- | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|
| ① 7.5 | ② 8.0 | ③ 10 | ④ 15 | ⑤ 20 |
|-------|-------|------|------|------|

(次の頁にも設問があります)

Ⅱ 水平方向になめらかに動くピストンを備え付けた円筒容器があり、内部には質量 21.0 g のヘリウムガスが入っている。はじめピストンから容器の底面までの長さは 9.80×10^{-1} m で容器内部の圧力は 1.01×10^5 Pa、温度は 314 K であった。これを状態 1 とする。

次にピストンを動かしたところ容器内部の圧力は 4.30×10^5 Pa となり、温度は 314 K であった。これを状態 2 とする。

容器やピストンは変形することなく、ヘリウムガスは単原子分子理想気体としてふるまうものとし、以下の問いに答えよ。ただし、アボガドロ定数は 6.02×10^{23} /mol、ボルツマン定数は 1.38×10^{-23} J/K、円周率は 3.14、ヘリウムの原子量は $\text{He} = 4.00$ とする。

問 1 状態 2 におけるピストンから容器の底面までの長さ [m] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

7

選択肢

- ① 1.49×10^{-2} ② 2.10×10^{-1} ③ 2.30×10^{-1}
④ 2.33×10^{-1} ⑤ 2.61×10^{-1} ⑥ 7.50×10^{-1}

問 2 状態 2 における気体の内部エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

8

選択肢

- ① 1.49×10^{-1} ② 2.10×10^{-1} ③ 2.30×10^{-1}
④ 3.20×10^{-1} ⑤ 3.20×10^2 ⑥ 2.05×10^4

問 3 このときのヘリウム分子の 2 乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

9

選択肢

- ① 9.89×10^{-1} ② 1.40 ③ 3.86×10^2
④ 6.10×10^2 ⑤ 9.89×10^2 ⑥ 1.40×10^3

問 4 容器内部の底面の半径 [m] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

10

選択肢

- ① 1.49×10^{-2} ② 2.10×10^{-1} ③ 2.30×10^{-1}
④ 2.33×10^{-1} ⑤ 2.61×10^{-1} ⑥ 7.50×10^{-1}

Ⅲ 図1のように一定の速さ v [m/s] で直線 L 上を運動している音源が、点 O を通過する瞬間から短い時間 Δt [s] の間、振動数 f [Hz] の音を発する。点 O から見て運動方向と θ [°] の角度をなす方向へ、距離 l [m] だけ離れた点 P でこの音を聞く。音を出し終わったときの音源の位置を点 O' 、点 O' と点 P との距離を l' [m] とするとき、以下の問いに答えよ。

ただし、音源の速さ v [m/s] は音速 V [m/s] より小さく、音源が音をだしながら移動した距離 $v\Delta t$ [m] は l に比べて十分小さいものとし、 $x \gg y$ 、 a を任意の定数としたとき、

近似式 $(x^2 + axy + y^2)^{\frac{1}{2}} \doteq x + \frac{1}{2}ay$ が成り立つものとする。また問4を除いて、音の伝達に風の影響はないものとする。

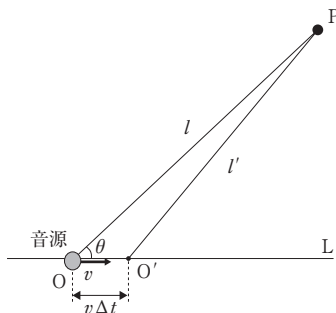


図1

問1 距離 l' [m] は l 、 θ 、 $v\Delta t$ を用いてどのようにあらわされるか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

11

選択肢

- ① $l - \frac{1}{2}v\Delta t \sin \theta$ ② $l - v\Delta t \sin \theta$ ③ $l - v\Delta t \cos \frac{\theta}{2}$
 ④ $l - v\Delta t \cos \theta$ ⑤ $l - 2v\Delta t \cos \theta$

(次の頁にも設問があります)

問2 点Pで音が聞こえる時間[s]はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 12

選択肢

- ① $\frac{V - v \sin \theta}{2V} \Delta t$ ② $\frac{V - v \sin \theta}{V} \Delta t$ ③ $\frac{V - v \cos \theta}{2V} \Delta t$
 ④ $\frac{V - v \cos \theta}{V} \Delta t$ ⑤ $\frac{V - 2v \cos \theta}{V} \Delta t$

問3 点Pで聞こえる音の振動数[Hz]はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 13

選択肢

- ① $\frac{2V}{V + v \cos \theta} f$ ② $\frac{V}{V + 2v \sin \theta} f$ ③ $\frac{V - v \cos \theta}{V} f$
 ④ $\frac{V - v \cos \theta}{2V} f$ ⑤ $\frac{V}{V - v \cos \theta} f$

問4 直線Lに対して垂直に、点Pに向かう方向で速さが w [m/s]の風が吹いている。このとき、この音源が点Oを通過する瞬間に発した振動数 f [Hz]の音が、点Pで聞こえるときの振動数[Hz]はいくらか。ただし w は音速 V [m/s]に比べて十分小さいものとする。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 14

選択肢

- ① $\frac{2V + w \sin \theta}{V + w \cos \theta} f$ ② $\frac{V + w \sin \theta - v \cos \theta}{V + w \sin \theta} f$
 ③ $\frac{V + w \cos \theta - v \sin \theta}{V + w \sin \theta} f$ ④ $\frac{V + w \cos \theta}{V - w \cos \theta - v \cos \theta} f$
 ⑤ $\frac{V + w \sin \theta}{V + w \sin \theta - v \cos \theta} f$

- 問5 図2のように直線L上で進行方向と点Pのなす角が $\theta_1 [^\circ]$ となる点 O_1 および $\theta_2 [^\circ]$ となる点 O_2 において、一定の速さで移動している音源から音速 $V [m/s]$ で、ある振動数 $[Hz]$ の音を発したところ、点Pではそれぞれ、振動数 $f_1 [Hz]$ および $f_2 [Hz]$ の音が聞こえた。音源の移動速度 $v [m/s]$ として最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 15

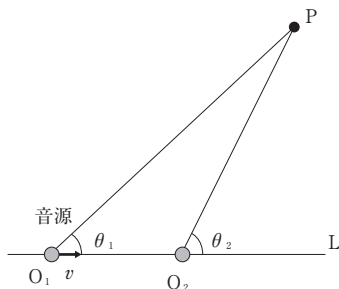


図2

選択肢

- | | |
|---|---|
| <p>① $\frac{f_1 \cos \theta_1 - f_2 \cos \theta_2}{f_1 - f_2} V$</p> | <p>② $\frac{f_1 - f_2}{f_1 \cos \theta_1 - f_2 \cos \theta_2} V$</p> |
| <p>③ $\frac{f_1 + f_2}{f_1 \cos \theta_1 - f_2 \cos \theta_2} V$</p> | <p>④ $\frac{f_1 - f_2}{f_1 \sin \theta_1 - f_2 \sin \theta_2} V$</p> |
| <p>⑤ $\frac{f_1 \sin \theta_1 - f_2 \sin \theta_2}{f_1 - f_2} V$</p> | |

- 問6 問5のとき、音源の振動数 $[Hz]$ として最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 16

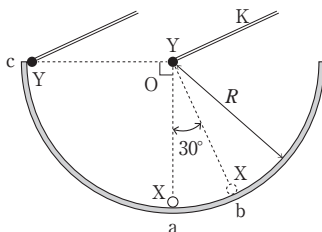
選択肢

- | | |
|---|---|
| <p>① $\frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{f_1 \cos \theta_1 - f_2 \cos \theta_2} f_1 f_2$</p> | <p>② $\frac{f_1 \cos \theta_1 - f_2 \cos \theta_2}{\cos \theta_1 - \cos \theta_2} f_1 f_2$</p> |
| <p>③ $\frac{f_1 \cos \theta_1 + f_2 \cos \theta_2}{\cos \theta_1 + \cos \theta_2} f_1 f_2$</p> | <p>④ $\frac{\sin \theta_1 - \sin \theta_2}{f_1 \sin \theta_1 - f_2 \sin \theta_2} f_1 f_2$</p> |
| <p>⑤ $\frac{f_1 \sin \theta_1 - f_2 \sin \theta_2}{\sin \theta_1 - \sin \theta_2} f_1 f_2$</p> | |

(次の頁にも設問があります)

Ⅳ 次の文章の空欄 17 ～ 20 に入る最も適切なものを、それぞれの選択肢から一つずつ選べ。

図のように、絶縁体でできた半径 R [m] の半球型容器の最下点 a に、質量 m [kg] の電荷 X があり、半球の中心 O には電荷 Y が絶縁体棒 K で支えられている。いま、電荷 Y を点 O から水平に容器のふちの点 c までゆっくりと移動させたところ、電荷 X は容器の表面に沿って点 a から点 b まで移動した。ここで、 $\angle aOb = 30^\circ$ であり、点 b は鉛直線 Oa に対して右側にある。 X と Y の大きさや、電荷と容器との間の摩擦は無視でき、また容器と絶縁体棒 K の比誘電率は 1 であるものとし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。このとき、 X と Y の電気量を q_x 、 q_y とし、クーロンの法則の比例定数を k [N・m²/C²] とすると、 Y が点 O にあるときに X に働く静電気力 [N] の大きさは 17 となる。次に、 Y を点 O から点 c に移したとき、 X に働く静電気力 [N] は Y を移す前の 18 倍となる。また、 Y が点 c にあるとき、 X にはたらく静電気力 [N] の大きさは 19 とあらわされる。さらに、 Y を点 O から点 c に移すのに要した仕事 [J] は 20 とあらわされる。



図

空欄 17 の選択肢

- ① $k \frac{q_x q_y}{R^2}$ ② $k \frac{q_x}{R^2}$ ③ $k \frac{q_x^2}{R}$ ④ $k \frac{q_x^2}{R^2}$ ⑤ $k \frac{q_y}{R^2}$ ⑥ $k \frac{q_y^2}{R}$ ⑦ $k \frac{q_y^2}{R^2}$

空欄 18 の選択肢

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

空欄 19 の選択肢

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

空欄 20 の選択肢

- ① $(\sqrt{3} - 3)mgR$ ② $\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - 2\right)mgR$ ③ $\left(\frac{\sqrt{3}}{3} - 1\right)mgR$
④ $\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)mgR$ ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{3}mgR$ ⑥ $\frac{\sqrt{3}}{2}mgR$

(次の頁にも設問があります)

V 鉛直方向に一定の速さ V [m/s] で上昇しているエレベーター内において、質量 m [kg] の小球を自由落下させたところ、小球は地面から見て速さ v [m/s] でエレベーターの床に衝突した。この衝突したときを時刻 $t = 0$ s とする。ただし、エレベーター内の高さは十分高く、小球はエレベーターの天井につかないものとし、エレベーターの質量は小球と比較して極めて大きいとする。また重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、小球とエレベーターの床との間に生じる反発係数 e は 1 とする。鉛直上向きを正の方向として、次の問に答えよ。

問 1 小球が衝突した後のエレベーターの速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

21

選択肢

- ① 0 ② v ③ $V - v$ ④ V ⑤ $V + v$

問 2 小球がエレベーターの床とはじめて衝突した直後の小球の地面から見た速度 [m/s] はいくらか。

最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

22

選択肢

- ① v ② V ③ $V - v$ ④ $v + V$ ⑤ $v + 2V$ ⑥ $v - 2V$

問 3 この衝突のときに、小球がエレベーターの床から受けた力積 [N・s] の大きさはいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

23

選択肢

- ① $m(v + V)$ ② $m(2v + V)$ ③ $2m(v + V)$
④ $2m(v - V)$ ⑤ $2mv$ ⑥ $2mV$

問 4 その後、小球がエレベーターの床で 2 回目に衝突する時刻 [s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

24

選択肢

- ① $\frac{2v}{g}$ ② $\frac{2V}{g}$ ③ $\frac{v + V}{g}$ ④ $\frac{v - V}{g}$ ⑤ $\frac{2(v + V)}{g}$ ⑥ $\frac{2(v - V)}{g}$

問5 1回目の衝突の後に小球が再びエレベーターの床に衝突する直前の小球の速度〔m/s〕はいくらか。

最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

25

選択肢

① $-v$

② v

③ $-2v$

④ $-2V$

⑤ $v+V$

⑥ $v-V$

問6 この小球がエレベーターの床との衝突を繰り返した後、衝突しなくなるまでの時間〔s〕はいくらか。

ただし、このときの反発係数を $e < 1$ とする。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

26

選択肢

① $\frac{e(v+V)}{g(1-e)}$

② $\frac{e(v-V)}{g(1-e)}$

③ $\frac{2e(v+2V)}{g(1-e)}$

④ $\frac{2e(v-2V)}{g(1-e)}$

⑤ $\frac{2e(v+V)}{g(1-e)}$

⑥ $\frac{2e(v-V)}{g(1-e)}$

(次の頁にも設問があります)

Ⅵ 水平面からの高さ H [m] から任意の角度，速度で質量 m [kg] の物体 S を発射することができる質量 M [kg] の台車 X がある。この台車は水平な地面にある点 A，B を通る直線上を等加速度運動する。この台車 X が点 A で静止状態から運動を始めたところ， t_1 [s] 後に速度 v_1 [m/s] (ただし $v_1 > 0$) で点 B を通過した。台車 X および物体 S の大きさ，地面や空気との抵抗は無視できるものとし， m は M より十分小さいので物体 S の発射による台車 X の運動への影響は無視できる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし，台車 X の進行方向を正，物体 S の初速度は台車の上で静止している人から見た速度とする。次の問に答えよ。

問 1 点 A と点 B の距離 L [m] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 27

選択肢

- ① $\frac{v_1}{t_1}$ ② $\frac{v_1 t_1}{2}$ ③ $v_1 t_1$ ④ $\frac{v_1 t_1^2}{2}$ ⑤ $v_1 t_1^2$

問 2 点 B を台車が通過したときに，ある初速度で水平に物体 S を発射したところ，物体 S は点 B において地面に衝突した。物体 S の初速度 [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

28

選択肢

- ① $-v_1$ ② $-\frac{v_1}{2}$ ③ 0 ④ $\frac{v_1}{2}$ ⑤ v_1

問 3 点 B を台車が通過したときに，台車 X から真上に初速度 v_2 [m/s] で物体 S を発射した。物体 S が地面に衝突するのは物体 S を発射してから何秒後か。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。

29

選択肢

- ① $\frac{\sqrt{v_2^2 + gH}}{3}$ ② $2\sqrt{v_2^2 + 2gH}$ ③ $\frac{v_2 + \sqrt{v_2^2 + 2gH}}{g}$
- ④ $\frac{v_2 + \sqrt{v_2^2 + gH}}{g}$ ⑤ $v_2 + \sqrt{v_2^2 + 2gH}$

問4 問3において、物体Sは点Aからどれだけの距離[m]離れた場所に衝突したか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 30

選択肢

① $\frac{v_1}{g}(\sqrt{v_2^2 + gH})$

② $\frac{v_1}{g}(gt_1 + \sqrt{v_2^2 + 2gH})$

③ $\frac{v_1}{2g}(gt_1 + v_2 + \sqrt{v_2^2 + 2gH})$

④ $\frac{v_1}{2g}(gt_1 + 2v_2 + 2\sqrt{v_2^2 + 2gH})$

⑤ $\frac{v_1}{2}(gt_1 + 2v_2 + 2\sqrt{v_2^2 + 2gH})$

問5 点Aから点Bに向かい $\frac{L}{2}$ [m] のところにある点Cにおいて、台車Xから真上に初速度 v_2 [m/s]

で物体Sを発射したところ点Dで地面に衝突した。点Aと点Dの距離[m]はいくらか。最も適切なものを選択肢から一つ選べ。 31

選択肢

① $\frac{v_1}{2g}(\sqrt{2v_2^2 + 4gH})$

② $\frac{v_1}{2g}(\sqrt{2}gt_1 + 2\sqrt{v_2^2 + 2gH})$

③ $\frac{v_1}{4g}(gt_1 + 2\sqrt{2}v_2 + 2\sqrt{2v_2^2 + 4gH})$

④ $\frac{v_1}{4g}(gt_1 + 2v_2 + 2\sqrt{v_2^2 + 2gH})$

⑤ $\frac{v_1}{2}(gt_1 + \sqrt{2}v_2 + 2\sqrt{2v_2^2 + 2gH})$

2F 物 理

2月4日

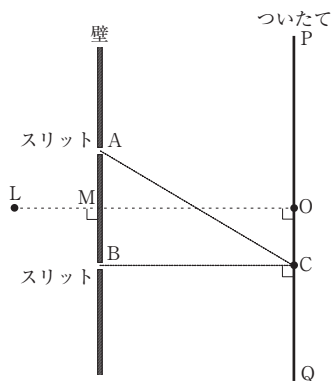
(解答番号 1 ~ 32)

I 次の文章の空欄 1 ~ 14 に入る最も適切なものをそれぞれの選択肢から一つずつ選べ。ただし、選択肢は重複して使用してはならない。

光は波動性を持つ。光が 1 波であることは 2 の現象からわかる。真空中の光の速さを 3.0×10^8 m/s とすると、真空中で波長が 6.0×10^{-7} m の光の振動数は 3 Hz である。この光が屈折率 1.5 のガラスの中に入ると、速さは 4 m/s となり、その波長は 5 m となる。その際、入射光に対してガラスの表面で反射した光の位相は 6。これは、7 端での反射と同じである。光の全反射は、光が絶対屈折率の 8 な媒質から 9 な媒質に入射する場合に生じる。

図のように、A、B に細い隙間（スリット）が開けられた壁、ついたて PQ があり、直線 MO は AB の垂直二等分線である。直線 MO 上の点 L にある単色光源から光が放射されると、PQ 上には明暗のしまが生じる。これは光が 10 して 11 するからである。光の波長を λ [m] とし、 $m = 0, 1, 2 \dots$ (整数) とすると、PQ 上の点 C は $AC - BC =$ 12 のときに暗く、 $AC - BC =$ 13 のときに明るくなる。

この実験で、光源に赤い光を使ったときは青い光を使ったときよりも、しまの間隔が 14 い。



図

空欄 1 , 2 の選択肢

- ① 反射光 ② 偏光 ③ 横 ④ けい光
⑤ 縦 ⑥ 矩形 ⑦ 三角 ⑧ 十字

空欄 3 ～ 5 の選択肢

- ① 5.0×10^{-9} ② 4.0×10^{-7} ③ 9.0×10^{-7} ④ 2.5×10^6 ⑤ 2.0×10^8
⑥ 3.0×10^8 ⑦ 9.0×10^9 ⑧ 5.0×10^{14} ⑨ 2.0×10^{15}

空欄 6 の選択肢

- ① 変化しない ② 反転する

空欄 7 , 10 , 11 の選択肢

- ① 反射 ② 吸収 ③ 自由 ④ 疎 ⑤ 固定
⑥ 回折 ⑦ 干渉 ⑧ 密 ⑨ 散乱

空欄 8 , 9 の選択肢

- ① 大き ② 小

空欄 12 , 13 の選択肢

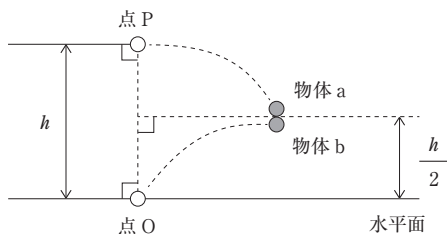
- ① $m\lambda$ ② $\frac{\lambda}{2} (2m + 1)$ ③ $2m\lambda$
④ $(2m + 1)\lambda$ ⑤ $\frac{m}{2} (2m + 1)$ ⑥ $(2\lambda + 1)m$

空欄 14 の選択肢

- ① 広 ② 狭

(次の頁にも設問があります)

Ⅱ 図のように、水平面上の点 O の鉛直上方に距離 h [m] の点 P から小物体 a を水平方向に速さ $\sqrt{2gh}$ [m/s] で投射した。これと同時に点 O から小物体 b を斜め上方に投射した。その後、物体 a と物体 b は水平面から $\frac{h}{2}$ [m] の高さで衝突し、その後は一体となって運動した。一体となった物体を ab とよぶ。物体 a と物体 b の衝突は瞬時的であり、空気の影響は無視できる。また、物体 a と物体 b の質量はいずれも m [kg] であり、物体の大きさは無視でき、 g は重力加速度の大きさ [m/s²] である。次の問いに答えよ。



図

問 1 物体 a と物体 b を投射してから、この 2 つが衝突するまでの時間 [s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 15

選択肢

- ① $\sqrt{\frac{h}{4g}}$ ② $\sqrt{\frac{h}{2g}}$ ③ $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ④ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{4h}{g}}$

問 2 物体 b を点 O から投射した初速度の水平成分の大きさ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 16

選択肢

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

問 3 物体 b を点 O から投射したときの初速度の大きさ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 17

選択肢

- ① $\sqrt{gh}$ ② $\sqrt{2gh}$ ③ $\sqrt{3gh}$ ④ $\sqrt{4gh}$ ⑤ $\sqrt{5gh}$ ⑥ $\sqrt{6gh}$

問 4 衝突直後の一体となった物体 ab の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

18

選択肢

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

問 5 物体 a と物体 b の衝突により失われた力学的エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 19

選択肢

- ① 0 ② $\frac{1}{4}mgh$ ③ $\frac{1}{3}mgh$
④ $\frac{1}{2}mgh$ ⑤ mgh ⑥ $2mgh$

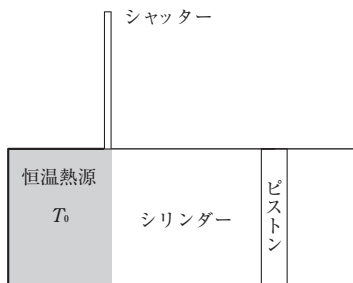
問 6 衝突後に一体となった物体 ab が水平面に落下した。この落下した地点の点 O からの距離 [m] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 20

選択肢

- ① $\frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{2}}h$ ② h ③ $(\sqrt{5}-1)h$
④ $\frac{\sqrt{5}+1}{\sqrt{2}}h$ ⑤ $3h$ ⑥ $(\sqrt{5}+1)h$

(次の頁にも設問があります)

Ⅲ 図のように、断熱材でできたシリンダー内に、断熱材でできたピストンにより 1.00 mol の単原子分子理想気体が封入されている。シリンダーの左端には温度 T_0 [K] の恒温熱源がある。なお、シリンダーと恒温熱源とは密着しており、この部分からの気体の流出はない。シャッターを閉じると、気体と熱源の接触が遮断され、気体は完全に断熱状態になる。はじめ、シャッターは開いており、気体の温度は T_0 [K] であり、体積が $2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 、圧力が $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。次の問いに答えよ。ただし、気体定数を $8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。



図

問 1 はじめの状態における気体の温度 T_0 [K] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

21

選択肢

- ① 1.20×10^2 ② 1.63×10^2 ③ 2.41×10^2
 ④ 3.61×10^2 ⑤ 4.43×10^2 ⑥ 6.02×10^2

問 2 はじめの状態におけるシリンダー内の気体の内部エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

22

選択肢

- ① 1.00×10^3 ② 1.50×10^3 ③ 2.00×10^3
 ④ 3.00×10^3 ⑤ 4.00×10^3 ⑥ 5.00×10^3

問 3 シャッターを開いたままゆっくりとピストンを移動させて、気体の体積が半分になるように圧縮した。このとき、気体の圧力 [Pa] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

23

選択肢

- ① 5.00×10^4 ② 6.67×10^4 ③ 1.00×10^5
 ④ 1.50×10^5 ⑤ 2.00×10^5 ⑥ 2.67×10^5

問4 気体を圧縮する過程において、気体から恒温熱源に $1.39 \times 10^3 \text{ J}$ の熱が移動した。圧縮の過程において気体がされた仕事 $[\text{ J }]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 24

選択肢

- ① 5.55×10^2 ② 9.25×10^2 ③ 1.39×10^3
④ 1.50×10^3 ⑤ 2.08×10^3 ⑥ 3.47×10^3

問5 問3 において気体の圧縮が終了した後に、シャッターを閉じてゆっくりとピストンを移動させて気体の体積をはじめの状態に戻すと、気体の圧力は $6.30 \times 10^4 \text{ Pa}$ となった。気体の温度 $[\text{ K }]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 25

選択肢

- ① 1.52×10^2 ② 1.98×10^2 ③ 2.01×10^2
④ 2.41×10^2 ⑤ 3.65×10^2 ⑥ 4.82×10^2

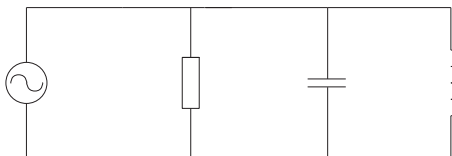
問6 はじめの状態から全過程を通して、気体の内部エネルギー $[\text{ J }]$ はいくら変化したか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 26

選択肢

- ① -1.85×10^3 ② -1.11×10^3 ③ -7.40×10^2
④ 7.40×10^2 ⑤ 1.11×10^3 ⑥ 1.85×10^3

(次の頁にも設問があります)

Ⅳ 図のように、交流電源に抵抗、コンデンサー、コイルを並列に接続すると、それぞれの素子に流れる電流の実効値は等しく 2.00 A であった。電源の起電力の実効値は 100 V 、周波数は 50.0 Hz である。次の問いに答えよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とし、円周率は 3.14 とする。



図

問 1 抵抗の抵抗値 $[\Omega]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 27

選択肢

- ① 3.55×10 ② 5.00×10 ③ 7.05×10 ④ 1.00×10^2

問 2 コンデンサーの電気容量 $[\text{F}]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 28

選択肢

- ① 1.59×10^{-5} ② 3.55×10^{-5} ③ 4.73×10^{-5} ④ 6.37×10^{-5}

問 3 コイルの自己インダクタンス $[\text{H}]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 29

選択肢

- ① 1.59×10^{-1} ② 2.69×10^{-1} ③ 3.18×10^{-1} ④ 4.97×10^{-1}

問 4 図と同じ交流電源と、抵抗、コンデンサー、コイルを組み替えた回路をつくる。交流電源に、抵抗とコンデンサーを直列に接続する。このとき、抵抗に流れる電流の実効値 $[\text{A}]$ はいくらか。最も近いものを選択肢より一つ選べ。 30

選択肢

- ① 5.33×10^{-1} ② 7.09×10^{-1} ③ 1.41 ④ 2.00

問5 問4において、交流電源に、抵抗とコイルを直列に接続する。このとき、抵抗に流れる電流の実効値〔A〕はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 31

選択肢

- ① 7.09×10^{-1} ② 8.10×10^{-1} ③ 1.41 ④ 2.00

問6 問4において、交流電源に、抵抗、コンデンサー、コイルをすべて直列に接続する。このとき、抵抗に流れる電流の実効値〔A〕はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 32

選択肢

- ① 6.67×10^{-1} ② 1.00 ③ 1.41 ④ 2.00

3F 物 理

2月5日

(解答番号 ～)

I 次の文章の空欄 ～ に入る最も適切なものをそれぞれの選択肢から一つずつ選べ。ただし、選択肢は重複して使用してもよい。

静かな水面にボールなどの物体を垂直に落とすと同心円状の波紋が広がっていく。このように、ある点で生じた振動が周囲に伝わっていく現象を波という。このとき、波を伝える物質を といい、物体の落ちた点のように振動が発生した点を という。水平に張ったひもやバネの一端を上下（または左右）に動かすことで生じる波のように、 の振動方向と波の伝わる方向が垂直な波を という。一方、 の振動方向と波の伝わる方向が同じ波を というが、この波は が押し締められた部分と引き伸ばされた部分の繰り返しが伝わっていく現象なので ともいわれる。 は が固体、液体、気体のいずれであっても伝わるが、 は が でなければほとんど伝わらない。

地震波は地球を構成する岩石を として伝わる波である。岩石にはバネのような性質があり、内部に生じた変形をもとの形に戻そうとする。地下で地層が急激にずれると、岩石に伸縮やずれの振動が生じ、周囲の岩石に波として伝わる。地震の際に生じる伸縮の振動による波は、ずれの振動による波よりも早く伝わり、 とよばれる。一般に は、ずれの振動による波である よりも揺れは 。大きな地震が起こるとその震源から出た は地球内部を通り抜けて、20分ほどで震源と反対側の地表に届く。しかし、 は であるため地球の核を通過できず、地球の裏側に到達できない範囲ができることが知られている。

空欄 , の選択肢

- ① 波形 ② 波動 ③ 波長 ④ 媒質 ⑤ 波源 ⑥ 位相

空欄 , , , , の選択肢

- ① 縦波 ② 横波

空欄 の選択肢

- ① α 波 ② 疎密波 ③ パルス波 ④ 合成波

空欄 の選択肢

- ① 固体 ② 液体 ③ 気体

空欄 , の選択肢

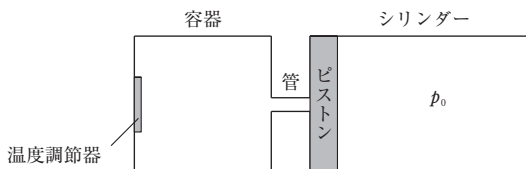
- ① P 波 ② S 波

空欄 の選択肢

- ① 大きい ② 小さい

(次の頁にも設問があります)

II 図のように、容積 V [m³] の容器とシリンダーが、容積の無視できる細い管でつながれている。シリンダーにはピストンがあり、なめらかに移動できる。容器には一定量の単原子分子理想気体が温度 T_0 [K] の状態で封入されている。容器には体積の無視できる温度調節器があり、容器内の気体を加熱あるいは冷却することができる。容器、シリンダー、管、ピストンは断熱材でできていて、温度調節器を通して以外に気体と外部の熱の移動はない。大気の圧力は p_0 [Pa] に保たれていて、はじめ、ピストンはシリンダーの左端にあった。次の問に答えよ。



図

問 1 温度調節器を用いて気体をゆっくり加熱すると、気体の温度が $2T_0$ [K] になったとき、ピストンが動き始めた。その後も、シリンダー内の気体の体積が V [m³] になるまで加熱を続けた。はじめの状態における気体の圧力 [Pa] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 13

選択肢

- ① $\frac{1}{4}p_0$ ② $\frac{1}{3}p_0$ ③ $\frac{1}{2}p_0$ ④ p_0

問 2 気体の加熱を始めてからピストンが動き始めるまでの間の気体の状態変化として、最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 14

選択肢

- ① 等温変化 ② 定積変化 ③ 定圧変化 ④ 断熱変化 ⑤ 自由膨張

問 3 気体の加熱を始めてからピストンが動き始めるまでの間に、気体が吸収した熱量 [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 15

選択肢

- ① $\frac{2}{3}p_0V$ ② $\frac{3}{4}p_0V$ ③ p_0V ④ $\frac{4}{3}p_0V$ ⑤ $\frac{3}{2}p_0V$ ⑥ $\frac{5}{2}p_0V$

問4 シリンダー内の気体の体積が $V [\text{m}^3]$ になったときの気体の温度 $[\text{K}]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 16

選択肢

- ① $2T_0$ ② $\frac{5}{2}T_0$ ③ $3T_0$ ④ $\frac{7}{2}T_0$ ⑤ $4T_0$

問5 ピストンが動き始めてからシリンダー内の気体の体積が $V [\text{m}^3]$ になるまでの間に、気体が吸収した熱量 $[\text{J}]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 17

選択肢

- ① p_0V ② $\frac{3}{2}p_0V$ ③ $2p_0V$
- ④ $\frac{5}{2}p_0V$ ⑤ $3p_0V$ ⑥ $\frac{7}{2}p_0V$

問6 シリンダー内の気体の体積が $V [\text{m}^3]$ になった位置でピストンを固定して、温度調節器を用いて気体を冷却して温度を $T_0 [\text{K}]$ に戻した。このときの気体の圧力 $[\text{Pa}]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 18

選択肢

- ① $\frac{1}{4}p_0$ ② $\frac{1}{2}p_0$ ③ $\frac{3}{4}p_0$ ④ p_0

(次の頁にも設問があります)

Ⅲ 長さ 50.0 cm の伸び縮みが無視できる軽い糸に質量 50.0 g の小物体を吊り下げる。小物体を持ち上げて、糸がたるまないように鉛直方向から 30.0° 傾けた状態から、小物体をある速さで糸と垂直な水平方向に打ち出すと、糸と鉛直方向からの角度は 30.0° に保ち、小物体は一定の水平面内で円軌道に沿って運動した。次の間に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.80 m/s^2 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とし、円周率は 3.14 とする。

問 1 糸の張力の大きさ [N] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

19

選択肢

- ① 2.83×10^{-1} ② 5.66×10^{-1} ③ 9.80×10^{-1}
 ④ 2.83 ⑤ 5.66 ⑥ 9.80

問 2 小物体の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

20

選択肢

- ① 1.19 ② 1.28 ③ 1.42 ④ 3.76 ⑤ 4.05 ⑥ 4.49

問 3 質量が 100 g の小物体に取り替え、同じ円軌道で運動させるために必要な小物体の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

21

選択肢

- ① 1.19 ② 1.28 ③ 1.42 ④ 1.68 ⑤ 1.80 ⑥ 2.00

問 4 この糸を自然長が 50.0 cm、ばね定数が 20.0 N/m の軽いばねに取り替える。小物体の質量は 50.0 g である。小物体をひっぱり、ばねをある長さ [m] まで伸ばして、ばねが鉛直方向から 30.0° 傾いた状態にして、小物体をある速さ [m/s] でばねと垂直な水平方向に打ち出すと、小物体は一定の水平面内で円軌道に沿って運動した。ばねの伸び [m] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

22

選択肢

- ① 1.64×10^{-3} ② 2.83×10^{-3} ③ 5.66×10^{-3}
 ④ 1.64×10^{-2} ⑤ 2.83×10^{-2} ⑥ 5.66×10^{-2}

問 5 ばねが蓄える弾性エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

23

選択肢

- ① 8.00×10^{-3} ② 9.40×10^{-3} ③ 2.42×10^{-2}
④ 8.00×10^{-1} ⑤ 9.40×10^{-1} ⑥ 2.42

問 6 小物体の運動エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

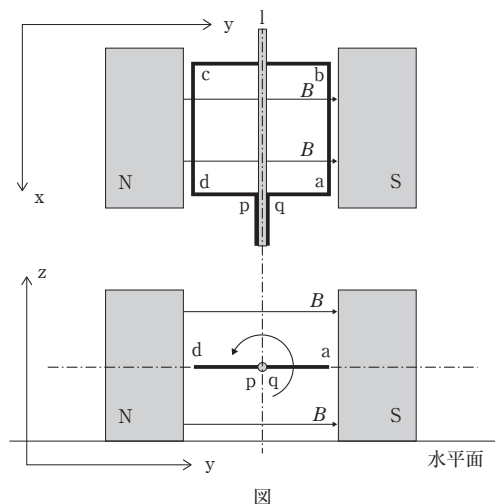
24

選択肢

- ① 1.87×10^{-2} ② 3.74×10^{-2} ③ 5.44×10^{-2}
④ 1.87×10^{-1} ⑤ 3.74×10^{-1} ⑥ 5.44×10^{-1}

(次の頁にも設問があります)

Ⅳ 図のように、水平面に磁石のN極とS極を置き、y軸の正の向きに磁束密度の大きさが B [T]の様な磁場がかけられている空間に、辺の長さが L [m]の正方形の1回巻きコイルabcdを置く。このコイルはx軸に平行で辺daの中点を通る回転軸の回りで回転することができ、辺adとbcはx軸に常に垂直である。またコイル面abcdが図の状態から反時計回りに 90° 回転して、辺abを上辺として磁力線に垂直のときを時刻 $t=0$ sとする。なお、円周率は π とし、辺adの一部であるpq間のすきまは十分小さいとする。



図

問1 コイルを回転軸を中心に反時計回りに1分間に N 回転させたときの角速度 ω [rad/s]はいくらか。

最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

25

選択肢

- ① $\frac{\pi N}{60}$ ② $\frac{\pi N}{30}$ ③ $\frac{N}{2\pi}$ ④ $2\pi N$ ⑤ $\frac{30N}{\pi}$ ⑥ $120\pi N$

問2 時刻 t [s]でコイルを法線方向に貫く磁束 Φ [Wb]はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ

選べ。

26

選択肢

- ① $\frac{1}{2} BL^2 \sin \omega t$ ② $BL^2 \sin \omega t$ ③ $2BL^2 \sin \omega t$
 ④ $\frac{1}{2} BL^2 \cos \omega t$ ⑤ $BL^2 \cos \omega t$ ⑥ $2BL^2 \cos \omega t$

問3 a → b → c → d の向きに電流を流そうとする起電力 [V] を正とすると、時刻 t [s] でこのコイルに発生する誘導起電力 V [V] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

27

選択肢

① $\frac{\omega BL^2}{2} \sin \frac{\omega t}{2}$

② $\omega BL^2 \sin \omega t$

③ $2 \omega BL^2 \sin \omega t$

④ $\frac{\omega BL^2}{2} \cos \frac{\omega t}{2}$

⑤ $\omega BL^2 \cos \omega t$

⑥ $2 \omega BL^2 \cos \omega t$

問4 電流の流れが a → b → c → d の向きを正とすると、このコイルに抵抗値 R [Ω] の抵抗が接続されたときに時刻 t [s] でコイルを流れる電流 I [A] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

28

選択肢

① $\frac{\omega BL^2}{2R} \sin \frac{\omega t}{2}$

② $\frac{\omega BL^2}{R} \sin \omega t$

③ $\frac{2 \omega BL^2}{R} \sin 2 \omega t$

④ $\frac{\omega BL^2}{2R} \cos \frac{\omega t}{2}$

⑤ $\frac{\omega BL^2}{R} \cos \omega t$

⑥ $\frac{2 \omega BL^2}{R} \cos 2 \omega t$

(次の頁にも設問があります)

問5 問4 のとき辺 cd に作用する力の z 成分 F_1 と辺 ab に作用する力の z 成分 F_2 の組み合わせとして最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 29

選択肢

$$\textcircled{1} \begin{bmatrix} F_1 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin \omega t \\ F_2 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{2} \begin{bmatrix} F_1 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin \omega t \\ F_2 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{3} \begin{bmatrix} F_1 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin^2 \omega t \\ F_2 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin^2 \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{4} \begin{bmatrix} F_1 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin^2 \omega t \\ F_2 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \sin^2 \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{5} \begin{bmatrix} F_1 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos \omega t \\ F_2 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{6} \begin{bmatrix} F_1 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos \omega t \\ F_2 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{7} \begin{bmatrix} F_1 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos^2 \omega t \\ F_2 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos^2 \omega t \end{bmatrix}$$

$$\textcircled{8} \begin{bmatrix} F_1 : -\frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos^2 \omega t \\ F_2 : \frac{\omega B^2 L^3}{R} \cos^2 \omega t \end{bmatrix}$$

問6 問4 のとき回転軸のまわりに作用する力のモーメントの大きさ M [N・m] とその向きの組み合わせとして最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

30

選択肢

①
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{4R} \sin 2\omega t \\ \text{向き：時計回り} \end{array} \right]$$

②
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{4R} \sin 2\omega t \\ \text{向き：反時計回り} \end{array} \right]$$

③
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{4R} \cos 2\omega t \\ \text{向き：時計回り} \end{array} \right]$$

④
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{4R} \cos 2\omega t \\ \text{向き：反時計回り} \end{array} \right]$$

⑤
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{R} \sin^2 \omega t \\ \text{向き：時計回り} \end{array} \right]$$

⑥
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{R} \sin^2 \omega t \\ \text{向き：反時計回り} \end{array} \right]$$

⑦
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{R} \cos^2 \omega t \\ \text{向き：時計回り} \end{array} \right]$$

⑧
$$\left[\begin{array}{l} M : \frac{\omega B^2 L^4}{R} \cos^2 \omega t \\ \text{向き：反時計回り} \end{array} \right]$$

4F 物 理

3月3日

(解答番号 1 ~ 31)

I 次の文章の空欄 1 ~ 13 に入る最も適切なものを選択肢から一つ選べ。ただし、選択肢は同じものを重複して使用してもよい。

問1 ある量の放射性同位体は多数の 1 のどれが、いつ崩壊するかということは全く予想できず、崩壊はいわば 2 に起こる。

放射性同位体のある量が、単位時間に崩壊する割合は、その同位体の種類によって 3 となる。つまり、ある種の同位体の 4 の初めの数がいくらであっても、その数が崩壊によって徐々に減り、初めの数に対してある割合になるまでの時間は常に 5 となるということである。

同位体の 4 の数が初めの数の半分になるまでの時間 T を、その放射性同位体の 6 という。6 が長いほど、その放射性同位体が 7 であることを示す。

8 の時間経過ごとに同位体の 9 の数は 10 ずつ減っていくことになるから、崩壊しないで残る割合は、時間 t 後には、11 になる。

空欄 1, 4, 6, 8, 9 の選択肢

- ① 原子核 ② 電子殻 ③ 価電子 ④ 同位体
⑤ 周期性 ⑥ 半減期 ⑦ 通減期

空欄 2, 3, 5, 7 の選択肢

- ① 強さ ② 速さ ③ 重さ ④ 一定 ⑤ 安定
⑥ 不安定 ⑦ 偶然 ⑧ 必然 ⑨ 高頻度 ⑩ 無限

空欄 10 の選択肢

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{2}$

空欄 11 の選択肢

- ① $\left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{t}{T}}$ ② $\left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{T}{t}}$ ③ $\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{t}{T}}$
④ $\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{T}{t}}$ ⑤ $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ ⑥ $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{t}}$

問2 炭素の放射性同位体 $^{14}_6\text{C}$ を使った年代測定はよく知られている。大気中の炭素の大部分は $^{12}_6\text{C}$ が占める。この同位体である $^{14}_6\text{C}$ は、不安定で β 崩壊し、半減期は約 5700 年である。ある場所で発掘された木材片について試料を作成し、試料中の $^{12}_6\text{C}$ に対する $^{14}_6\text{C}$ の割合を調べたところ、現在の割合の $\frac{1}{32}$ であった。生物が活着している間は体内の $^{12}_6\text{C}$ に対する $^{14}_6\text{C}$ の割合は大気中の割合と同じであり、大気中の $^{14}_6\text{C}$ の割合は年代によらず一定と仮定すると、この木材片は今から 12 年前のものと考えられる。

空欄 12 の選択肢

- ① 1.7×10^4 ② 2.3×10^4 ③ 2.9×10^4 ④ 3.4×10^4
⑤ 4.0×10^4 ⑥ 9.1×10^4 ⑦ 1.8×10^5

問3 問2において $^{14}_6\text{C}$ が β 崩壊したときに 13 が放出される。

空欄 13 の選択肢

- ① 陽子 ② 中性子 ③ 電子
④ ヘリウム原子核 ⑤ γ 線 ⑥ X 線

(次の頁にも設問があります)

Ⅱ なめらかな水平面上に質量 30 g の球 A と質量 90 g の球 B がある。球 A と球 B の半径は等しく、表面はなめらかである。静止している球 B に球 A を速さ 6.0 m/s で衝突させると、球 A は停止して、球 B は衝突前の球 A の速度と同じ向きに運動をはじめた。次の問いに答えよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

問 1 衝突後の球 B の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 14

選択肢

- ① 1.0 ② 2.0 ③ 3.0 ④ 4.0 ⑤ 5.0 ⑥ 6.0

問 2 球 A と球 B の反発係数はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 15

選択肢

- ① 1.0×10^{-1} ② 2.0×10^{-1} ③ 2.5×10^{-1}
 ④ 3.3×10^{-1} ⑤ 5.0×10^{-1} ⑥ 9.0×10^{-1}

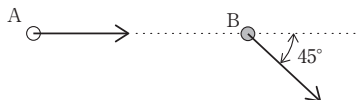
問 3 衝突により失われた力学的エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

16

選択肢

- ① 1.3×10^{-1} ② 2.7×10^{-1} ③ 3.6×10^{-1}
 ④ 4.0×10^{-1} ⑤ 5.0×10^{-1} ⑥ 5.4×10^{-1}

問 4 再び、静止している球 B に球 A を速さ 6.0 m/s で衝突させると、今度は、図のように、球 B は衝突前の球 A の速度の向きから 45° の方向に運動を始め、球 A も停止せずに運動を続けた。なお、この場合も球 A と球 B の反発係数は問 2 で求めた値と変わらなかった。衝突後の球 B の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 17



図

選択肢

- ① 1.1 ② 1.3 ③ 1.4 ④ 1.8 ⑤ 2.0 ⑥ 2.8

問5 衝突後の球 A の速度と球 B の速度とのなす角 $[\circ]$ はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

18

選択肢

① 3.0×10

② 4.5×10

③ 6.0×10

④ 9.0×10

⑤ 1.2×10^2

⑥ 1.4×10^2

問6 衝突後の球 A の速さ $[\text{m/s}]$ はいくらか。最も近いものを選択肢より一つ選べ。

19

選択肢

① 1.4

② 2.0

③ 2.8

④ 3.0

⑤ 3.9

⑥ 4.3

(次の頁にも設問があります)

Ⅲ 地球のまわりを半径 $2R$ [m] の円軌道に沿って等速円運動する質量 m [kg] の人工衛星がある。地球は半径 R [m] の一様な球であるとし、地表面における重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。次の問いに答えよ。

問 1 人工衛星が受ける重力（地球からの万有引力）の大きさ [N] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 20

選択肢

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

問 2 人工衛星の円運動の周期 [s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。ただし、円周率を π とする。 21

選択肢

- ① $\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ ② $\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
 ④ $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ ⑤ $4\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ ⑥ $4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

問 3 人工衛星の力学的エネルギー [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。ただし、万有引力による位置エネルギーの基準は無限遠点とする。 22

選択肢

- ① $-\frac{1}{2}mgR$ ② $-\frac{1}{4}mgR$ ③ 0 ④ $\frac{1}{4}mgR$ ⑤ $\frac{1}{2}mgR$

問 4 人工衛星が進行方向に加速すると、円軌道から外れて、地球の中心からの距離の最大値が $4R$ [m] である楕円軌道を描くようになった。地球の中心からの距離が $4R$ [m] の点を通過する速さは、円軌道上で加速した直後の速さの何倍か。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 23

選択肢

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ 2 ⑤ 4

問5 円軌道上で加速した直後の速さ [m/s] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ

24

選択肢

① $\sqrt{\frac{1}{6}gR}$

② $\sqrt{\frac{1}{3}gR}$

③ $\sqrt{\frac{2}{3}gR}$

④ $\sqrt{gR}$

⑤ $2\sqrt{\frac{1}{3}gR}$

⑥ $\sqrt{\frac{3}{2}gR}$

問6 円軌道上での加速による人工衛星の力学的エネルギーの変化 [J] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。ただし、加速の前後で人工衛星の質量に変化はないものとする。

25

選択肢

① $-\frac{1}{3}mgR$

② $-\frac{1}{6}mgR$

③ $-\frac{1}{12}mgR$

④ $\frac{1}{12}mgR$

⑤ $\frac{1}{6}mgR$

⑥ $\frac{1}{3}mgR$

(次の頁にも設問があります)

Ⅳ 図1のように、真空中に固定した格子定数 d （隣り合うスリット間の間隔）の回折格子に、格子面と垂直に波長 λ [m] の単色平面波を入射する。光の入射方向を基準とする回折光の回折角を θ [°] とする。次の問いに答えよ。

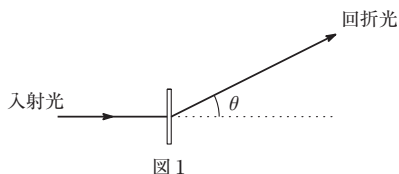


図 1

問 1 回折格子の隣り合うスリットから、回折角 θ [°] の方向に届く光の光路差[m] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 26

選択肢

① $d \sin \theta$ ② $d \cos \theta$ ③ $d \tan \theta$

④ $\frac{d}{\sin \theta}$ ⑤ $\frac{d}{\cos \theta}$ ⑥ $\frac{d}{\tan \theta}$

問 2 回折角 θ [°] の方向に強い回折光が届く条件を、整数 m を用いて表せ。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 27

選択肢

① $\sin \theta = \frac{m\lambda}{2d}$ ② $\sin \theta = \frac{(2m+1)\lambda}{2d}$ ③ $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$

④ $\cos \theta = \frac{m\lambda}{2d}$ ⑤ $\cos \theta = \frac{(2m+1)\lambda}{2d}$ ⑥ $\cos \theta = \frac{m\lambda}{d}$

問3 回折格子に光を入射する方向を図2のように角度 φ [°] だけ傾けた。入射光が回折格子の隣り合うスリットに届くまでの光路差[m] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 28

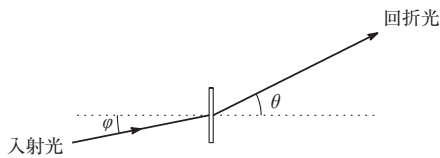


図2

選択肢

- ① $d \sin \varphi$ ② $d \cos \varphi$ ③ $d \tan \varphi$
- ④ $\frac{d}{\sin \varphi}$ ⑤ $\frac{d}{\cos \varphi}$ ⑥ $\frac{d}{\tan \varphi}$

問4 問3において、回折角 θ [°] の方向に強い回折光が届く条件を、整数 m を用いて表せ。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。 29

選択肢

- ① $\sin \theta + \sin \varphi = \frac{m\lambda}{2d}$ ② $\sin \theta + \sin \varphi = \frac{m\lambda}{d}$ ③ $\sin \theta + \cos \varphi = \frac{m\lambda}{2d}$
- ④ $\sin \theta + \cos \varphi = \frac{m\lambda}{d}$ ⑤ $\sin \theta - \sin \varphi = \frac{m\lambda}{2d}$ ⑥ $\sin \theta - \sin \varphi = \frac{m\lambda}{d}$

問5 光の入射方向を問3の状態に保ち、白色光を入射した。このとき、特定の方向の回折光は白色に観測されたが、その他の方向の回折光は色ごとに分かれて観測された。白色の回折光が観測される回折角 θ [°] はいくらか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。ただし、図の点線から回折光への向きを正の向きとする。 30

選択肢

- ① $-\varphi$ ② $-\frac{1}{2}\varphi$ ③ 0 ④ $+\frac{1}{2}\varphi$ ⑤ $+\varphi$

(次の頁にも設問があります)

問 6 問 3 において，色ごとに分かれた回折光が観測される方向において，白色光の回折光が観測される方向に最も近い側では何色の回折光が観測されるか。最も適切なものを選択肢より一つ選べ。

31

選択肢

① 赤

② 黄

③ 緑

④ 青

⑤ 紫