

物 理

(解答番号 ~)

※物理は「バイオ環境学部」は選択
「工学部」は必須

第1問 次の文章中の **1** ~ **7** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、摩擦の影響はすべて無視する。

【解答番号 **1** ~ **7**】

図1-1のように、質量 m_A [kg] の小球Aと質量 m_B [kg] の小球Bが、ばね定数が k [N/m]、自然長が L_0 [m] で質量の無視できるばねでつながれ、水平でなめらかな床の上に静かに置かれている。小球Aと小球B、ばねからなる物体系をSとすると、その重心は小球AからBに向かって距離 **1** [m] の位置にある。ここで同図のように、質量 m_C [kg] の小球Cが左側から速さ v_0 [m/s] で右向きに進み、小球Aに衝突する。この衝突は弾性衝突であり、極めて短時間で行われるとする。このため、この衝突の瞬間については小球Bとばねは無関係と考えてよく、衝突直後の小球Cの速度を右向きを正として v_{C1} [m/s]、小球Aの速度も右向きを正として v_{A1} [m/s] とすると、運動量保存の法則として **2** が成り立つ。また弾性衝突であることを合わせて考えると、 $v_{A1} = \mathbf{3}$ 、 $v_{C1} = \mathbf{4}$ である。この後、ばねは伸縮するので小球Aと小球Bの間の距離は変化しながら右向きに進むが、物体系Sの重心は一定の速さ **5** [m/s] で右向きに移動する。ばねは、この動く重心から見て左側の自然長 **1** [m] のばねと右側の自然長 $L_0 - \mathbf{1}$ [m] のばねに分けて考えることができ、小球Aは左側のばねによって単振動する。左側のばねのばね定数は **6** [N/m] になるので、振動の周期は **7** [s] となる。

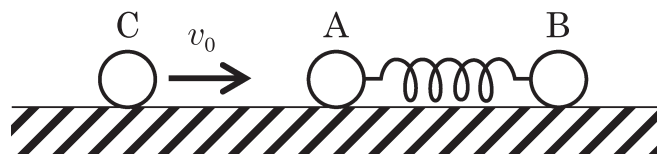


図1-1

1 の選択肢

① $\frac{m_A L_0}{m_B}$

② $\frac{m_B L_0}{m_A}$

③ $\frac{m_A L_0}{m_A + m_B}$

④ $\frac{m_B L_0}{m_A + m_B}$

⑤ $\frac{(m_A + m_B) L_0}{m_A}$

⑥ $\frac{(m_A + m_B) L_0}{m_B}$

2 の選択肢

① $m_A v_0 = m_A v_{A1} + m_C v_{C1}$

② $m_C v_0 = m_A v_{A1} + m_C v_{C1}$

③ $v_0 = v_{A1} + v_{C1}$

④ $\frac{v_0}{m_C} = \frac{v_{A1}}{m_A} + \frac{v_{C1}}{m_C}$

⑤ $-m_A v_0 = m_A v_{A1} + m_C v_{C1}$

⑥ $m_A v_0^2 = m_A v_{A1}^2 + m_C v_{C1}^2$

3 の選択肢

① $\frac{m_A v_0}{m_C}$

② $\frac{2m_A v_0}{m_C}$

③ $\frac{2m_A v_0}{m_A + m_C}$

④ $\frac{m_C v_0}{m_A}$

⑤ $\frac{2m_C v_0}{m_A + m_C}$

⑥ $\frac{(m_C - m_A) v_0}{m_A + m_C}$

4 の選択肢

① $\frac{(m_A - m_C) v_0}{m_A + m_C}$

② $-\frac{(m_A - m_C) v_0}{m_A + m_C}$

③ $\frac{(m_A^2 - m_C^2) v_0}{m_C^2}$

④ $-\frac{(m_A^2 - m_C^2) v_0}{m_C^2}$

⑤ $\frac{m_C v_0}{m_A}$

⑥ $\frac{2m_C v_0}{m_A + m_C}$

5 の選択肢

① $\frac{m_A v_0}{m_A + m_B}$

② $-\frac{m_A (m_A - m_C) v_0}{(m_A + m_B) (m_A + m_C)}$

③ $\frac{m_C v_0}{m_A + m_B}$

④ $\frac{m_C v_0}{m_A + m_C}$

⑤ $\frac{2m_C^2 v_0}{m_A + m_B}$

⑥ $\frac{2m_A m_C v_0}{(m_A + m_B) (m_A + m_C)}$

6 の選択肢

① $\frac{m_A k}{m_B}$

② $\frac{m_B k}{m_A + m_B}$

③ $\frac{(m_A + m_B) k}{m_A}$

④ $\frac{(m_A + m_B) k}{m_B}$

⑤ $\frac{(m_A - m_B) k}{m_A}$

⑥ $\frac{(m_B - m_A) k}{m_A}$

7 の選択肢

① $\pi \sqrt{\frac{2m_A}{k}}$

② $\pi \sqrt{\frac{2m_B}{k}}$

③ $2\pi \sqrt{\frac{m_A}{k}}$

④ $2\pi \sqrt{\frac{m_B}{k}}$

⑤ $2\pi \sqrt{\frac{m_A m_B}{(m_A + m_B) k}}$

⑥ $2\pi \sqrt{\frac{(m_A + m_B) k}{m_A m_B}}$

第2問 次の文章中の **8** ~ **14** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。**13**については、最も近い値を選びなさい。なお、プランク定数を h [J・s]、電子の質量および電気量をそれぞれ m [kg]、 $-e$ [C] とする。【解答番号 **8** ~ **14**】

静止していた電子を電圧 V [V] で加速し電子線を発生させた。電子線の速さ v [m/s] は、 $v = \mathbf{8}$ である。また、電子は粒子と波動の二重性をもつので、この電子線の波長は $\mathbf{9}$ [m] と求まる。

図2-1に示すように、間隔 d [m] で規則正しく並んでいる結晶内の原子に対して、この電子線を入射した。なお、この電子線を、結晶内の規則正しく並んだ原子を含む互いに平行な2つの格子面 X, Y に対して角 θ [°] をなす角度で入射させた。結晶の内外で電子線の波長が変化しないものとする、これら2つの格子面で反射された電子線の経路差は $\mathbf{10}$ [m] である。正の整数を n ($n = 1, 2, 3, \dots$) とすると、格子面 X と格子面 Y から反射した電子線が強めあう条件は、 $d = \mathbf{11}$ である。この強めあう条件を $\mathbf{12}$ 。

電子線の波長が 0.0020 nm、 $\theta = 3.0 \times 10^1$ ° で反射電子線が強めあった。 $n = 50$ のとき格子面の間隔は $\mathbf{13}$ nm である。電子線回折の特徴は、波長のわかっている電子線を入射した場合、 $\mathbf{14}$ である。

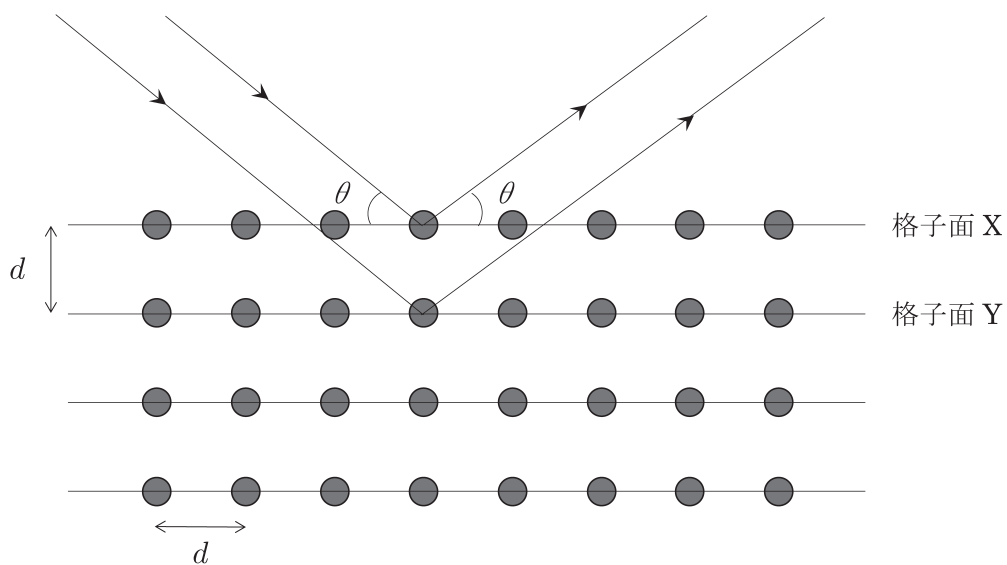


図2-1

8 の選択肢

① $\frac{\sqrt{eV}}{2m}$ ② $\sqrt{\frac{eV}{m}}$ ③ $\sqrt{\frac{2eV}{m}}$ ④ $2\sqrt{\frac{eV}{m}}$ ⑤ $\frac{eV}{2m}$ ⑥ $\frac{eV}{m}$

9 の選択肢

① $\sqrt{\frac{h}{2meV}}$ ② $2\sqrt{\frac{h}{meV}}$ ③ $\frac{h}{2\sqrt{meV}}$
④ $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ ⑤ $\frac{h}{\sqrt{3meV}}$ ⑥ $\frac{hV}{me}$

10 の選択肢

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

11 の選択肢

① $\frac{\sqrt{2}nh}{4\sqrt{meV}\sin\theta}$ ② $\frac{\sqrt{2}nh}{\sqrt{meV}\sin\theta}$ ③ $\frac{\sqrt{mnh}}{\sqrt{eV}\sin\theta}$
④ $\frac{\sqrt{2mnh}}{4\sqrt{eV}\sin\theta}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2}nh}{4\sqrt{meV}\cos\theta}$ ⑥ $\frac{\sqrt{2}nh}{\sqrt{meV}\cos\theta}$

12 の選択肢

- ① ド・ブロイの条件といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は X と Y の 1 種類だけである
- ② ド・ブロイの条件といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は何種類もある
- ③ コンプトン効果といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は X と Y の 1 種類だけである
- ④ コンプトン効果といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は何種類もある
- ⑤ ブラッグの条件といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は X と Y の 1 種類だけである
- ⑥ ブラッグの条件といい、結晶内に原子のつくる平行な格子面は何種類もある

次頁に続きます。

13 の選択肢

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

14 の選択肢

- ① 結晶中に 1 種類のみ存在する格子面の間隔が求められ、結晶構造を調べることができること
② 結晶中のいろいろな種類の格子面の間隔が求められ、結晶構造を調べることができること
③ 結晶中に 1 種類のみ存在する格子面の間隔が求められ、結晶中原子の同位体の存在比を調べることができること
④ 結晶中のいろいろな種類の格子面の間隔が求められ、結晶中原子の同位体の存在比を調べることができること
⑤ 結晶から飛び出す光電子の限界周波数が求められ、結晶中に 1 種類のみ存在する格子面の間隔を調べることができること
⑥ 結晶から飛び出す光電子の限界周波数が求められ、結晶中のいろいろな種類の格子面の間隔を調べることができること

第3問 次の文章中の **15** から **21** に当てはまる適切なものもしくは最も近い値を、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。【解答番号 **15** ～ **21**】

図3-1に示すように、細長い管にピストンを取り付けて閉管とし、この管口の左側に音の振動数を変えることのできるスピーカーをおいて、気柱の共鳴実験を行った。特に断らない限りは空気の温度は一定に保たれているものとする。なお、音の振動数による開口端補正の変化および温度による管の膨張収縮は無視できるものとする。

はじめ、スピーカーが発する音の振動数を 4.40×10^2 Hz としてピストンを管口からゆっくりと右側に動かしていくと、管口からピストンの距離が 18.5 cm のとき最初の共鳴が、58.5 cm のとき2回目の共鳴が起こった。このとき、スピーカーが発する音の波長は **15** m、音速の大きさは **16** m/s である。また、開口端補正は **17** cm である。

次に、ピストンの位置を 18.5 cm に固定し、スピーカーから発する音の振動数を徐々に大きくしていった。このとき、次に共鳴が起こるのは振動数が **18** Hz となったときである。また、スピーカーから発する音の振動数をはじめとは異なる振動数に固定し、ピストンを管口からゆっくりと右側に動かしていくと、管口からピストンの距離が 16.0 cm のとき最初の共鳴が、51.0 cm のとき2回目の共鳴が起こった。このとき、スピーカーが発する音の振動数は **19** Hz であり、空気の密度変化が最も小さいのは管口から **20**。ここで、空気の温度を下げると温度を下げる前と比べて **21**。

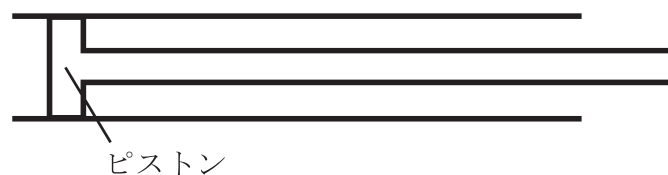


図3-1

15 の選択肢

- ① 0.200 ② 0.400 ③ 0.600 ④ 0.800 ⑤ 1.00 ⑥ 1.20

16 の選択肢

- ① 3.40×10^2 ② 3.44×10^2 ③ 3.48×10^2
④ 3.52×10^2 ⑤ 3.56×10^2 ⑥ 3.60×10^2

17 の選択肢

- ① 1.0 ② 1.2 ③ 1.5 ④ 1.8 ⑤ 2.0 ⑥ 2.5

18 の選択肢

- ① 8.80×10^2 ② 1.20×10^3 ③ 1.32×10^3
④ 1.60×10^3 ⑤ 1.76×10^3 ⑥ 2.00×10^3

19 の選択肢

- ① 4.73×10^2 ② 4.86×10^2 ③ 4.90×10^2
④ 5.03×10^2 ⑤ 5.17×10^2 ⑥ 5.30×10^2

20 の選択肢

- ① 32.0 cm のところであり、その位置は節となっている
② 33.5 cm のところであり、その位置は節となっている
③ 35.0 cm のところであり、その位置は節となっている
④ 32.0 cm のところであり、その位置は腹となっている
⑤ 33.5 cm のところであり、その位置は腹となっている
⑥ 35.0 cm のところであり、その位置は腹となっている

21 の選択肢

- ① 音速の大きさは大きくなり、共鳴が起こるピストンの位置が左に移動した
② 音速の大きさは大きくなり、共鳴が起こるピストンの位置が右に移動した
③ 音速の大きさは大きくなるが、共鳴が起こるピストンの位置は変わらない
④ 音速の大きさは小さくなるが、共鳴が起こるピストンの位置は変わらない
⑤ 音速の大きさは小さくなり、共鳴が起こるピストンの位置が左に移動した
⑥ 音速の大きさは小さくなり、共鳴が起こるピストンの位置が右に移動した

第4問 次の文章中の **22** から **28** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。【解答番号 **22** ～ **28**】

【1】図4-1に示すように、はじめ、箱が閉じている箱検電器がある。箱検電器の金属板に負に帯電した塩化ビニル管を近づけたところ、箱が開いた。その後、金属板に指を触れると **22**。次に金属板から指をはなすと **23**。最後に箱検電器から塩化ビニル管を遠ざけると **24**。

【2】図4-2あるいは図4-3のように電流計A、電圧計V、電池Eを設置して、電流計Aと電圧計Vの読みから抵抗Rの抵抗値 R 〔 Ω 〕を求める。電池Eの内部抵抗は無視できるものとし、電流計Aと電圧計Vの内部抵抗をそれぞれ r_A 〔 Ω 〕、 r_V 〔 Ω 〕とする。図4-2のように設置した回路において、電流計Aの値が I_1 〔A〕、電圧計Vの値が V_1 〔V〕のとき、抵抗Rの見かけの抵抗値である $\frac{V_1}{I_1}$ は **25** 〔 Ω 〕とあらわされるので、誤差を小さくするためには **26** を使う必要がある。一方、図4-3のように設置した回路において、電流計Aの値が I_2 〔A〕、電圧計Vの値 V_2 〔V〕のとき、抵抗Rの見かけの抵抗値を示す $\frac{V_2}{I_2}$ は **27** 〔 Ω 〕とあらわされるので、誤差を小さくするためには **28** を使う必要がある。

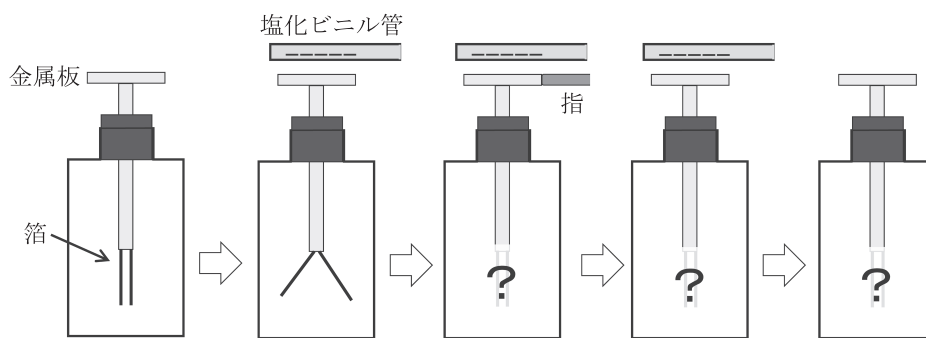


図4-1

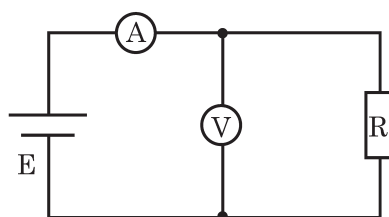


図4-2

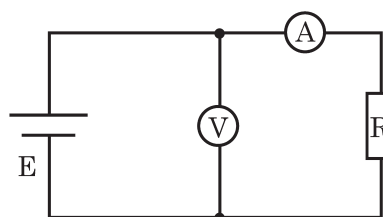


図4-3

22 の選択肢

- ① 自由電子が箔から逃げ、箔がさらに開く
- ② 自由電子が箔から逃げるが、箔の状態は変化しない
- ③ 自由電子が箔から逃げ、箔が閉じる
- ④ 自由電子が箔へ流れ込み、箔がさらに開く
- ⑤ 自由電子が箔へ流れ込むが、箔の状態は変化しない
- ⑥ 自由電子が箔へ流れ込み、箔が閉じる

23 の選択肢

- ① 自由電子が箔から逃げ、箔が開く
- ② 自由電子が箔から逃げ、箔が閉じる
- ③ 自由電子が箔へ流れ込み、箔が開く
- ④ 自由電子が箔へ流れ込み、箔が閉じる
- ⑤ 自由電子は移動せず、箔は開いた状態にある
- ⑥ 自由電子は移動せず、箔は閉じた状態にある

24 の選択肢

- ① 正の電気が金属板と箔に分布し、箔が開く
- ② 正の電気が金属板と箔に分布し、箔が閉じる
- ③ 正の電気が金属板と箔に分布するが、箔の状態は変わらない
- ④ 自由電子が金属板から箔に移動し、箔が開く
- ⑤ 自由電子が金属板から箔に移動し、箔が閉じる
- ⑥ 自由電子は移動せず、箔の状態は変わらない

25 の選択肢

- ① $\frac{R}{1 - \frac{r_A}{R}}$
- ② $\frac{R}{1 - \frac{R}{r_A}}$
- ③ $\frac{r_A}{1 + \frac{R}{r_A}}$
- ④ $\frac{R}{1 + \frac{R}{r_V}}$
- ⑤ $\frac{R}{1 + \frac{r_V}{R}}$
- ⑥ $\frac{R}{r_V + R}$

26 の選択肢

- ① 電流計にかかる電圧を小さくするような内部抵抗が大きな電流計
- ② 電流計にかかる電圧を大きくするような内部抵抗が小さな電流計
- ③ 電圧計に流れる電流を小さくするような内部抵抗が小さな電圧計
- ④ 電圧計に流れる電流を小さくするような内部抵抗が大きな電圧計
- ⑤ 電圧計に流れる電流を大きくするような内部抵抗が小さな電圧計
- ⑥ 電圧計に流れる電流を大きくするような内部抵抗が大きな電圧計

27 の選択肢

- ① $\frac{R}{R+r_V}$
- ② $\frac{R}{r_V}$
- ③ $\frac{r_A}{R}$
- ④ $\frac{R+r_A}{R}$
- ⑤ $R-r_V$
- ⑥ $R+r_A$

28 の選択肢

- ① 電圧計に流れる電流を小さくするような内部抵抗が小さな電流計
- ② 電圧計に流れる電流を大きくするような内部抵抗が大きな電流計
- ③ 電流計にかかる電圧を小さくするような内部抵抗が小さな電流計
- ④ 電流計にかかる電圧を小さくするような内部抵抗が大きな電流計
- ⑤ 電流計にかかる電圧を大きくするような内部抵抗が小さな電流計
- ⑥ 電流計にかかる電圧を大きくするような内部抵抗が大きな電流計

以上で問題は終わりです。