

理 科

2024 年度（令和 6 年度）

入 学 試 験 問 題

受番	験号

1. 注意事項

- (1) 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
(2) この問題冊子は 45 ページあります。

物 理 1 1 ページから 13 ページまで

化 学 1, 2, 3 14 ページから 30 ページまで

生 物 1, 2 31 ページから 45 ページまで

試験中に、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

- (3) 問題冊子の表紙の受験番号欄に受験番号を記入してください。
(4) 解答用紙は 2 枚あります。解答用紙には、氏名、受験番号の記入欄、および受験番号と選択科目のマーク欄があります。それぞれに正しく記入し、マークしてください。
(5) 問題冊子のどのページも切り離してはいけません。問題冊子の余白は計算用紙として使用してもかまいません。
(6) 計算機能や辞書機能、通信機能等をもつ電子機器類全ての使用は禁止します。
使用している場合は不正行為とみなします。
(7) 試験終了後、解答用紙は持ち帰ってはいけません。この問題冊子は持ち帰ってください。

2. 解答上の注意

解答上の注意は、裏表紙にも記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読んでください。ただし、問題冊子を開いてはいけません。また、解答用紙の左下に記載してある「注意事項」も読んでください。

- (1) 問題は物理、化学、生物の 3 科目あります。任意の 2 科目を選んで解答してください。なお、2 科目とも解答することが必須です。

裏表紙につづく

物 理

1 [ア] ~ [二] に対して、最も適切なものを選択肢の中から一つ選びなさい。なお、選ぶべき選択肢の数に指定のあるものについては指示に従いなさい。

I 複数個の小物体が、水平でなめらかな床面に直線上に並んでいる。これらの小物体は、同じ材質で、質量が m 、反発係数が 0、比熱が c 、温度が T_0 である。図 1 のように、一番端の小物体 A に隣の小物体向きで大きさ v_0 の速度を与える。小物体の衝突で失われる運動エネルギーは、全て熱に変換され、熱は小物体から放出されないものとする。また、小物体の温度は、衝突直後に均一になるものとする。次の問い合わせに答えなさい。

小物体 A



図 1

問 1 最初の衝突が起こった直後の小物体 A の速さを求めなさい。 [ア]

問 2 最初の衝突が起こった直後の小物体 A の温度を求めなさい。 [イ]

問 3 衝突が 4 回起こったとき、衝突で発生した熱の和を求めなさい。 [ウ]

問 4 衝突が 4 回起こったとき、その直後の小物体 A の温度を求めなさい。 [エ]

問 5 衝突が n 回起こったとき、衝突で発生した熱の和を求めなさい。 [オ]

ア の選択肢

① 0

② $\frac{v_0}{5}$

③ $\frac{v_0}{4}$

④ $\frac{v_0}{3}$

⑤ $\frac{v_0}{2}$

⑥ $\frac{v_0}{\sqrt{3}}$

⑦ $\frac{v_0}{\sqrt{2}}$

⑧ v_0

イ, **エ** の選択肢(同じものを繰り返し選択してもよい。)

① T_0

② $\frac{T_0}{2}$

③ $\frac{T_0}{3}$

④ $\frac{T_0}{4}$

⑤ $\frac{T_0}{5}$

⑥ $\frac{T_0}{6}$

⑦ $\frac{T_0}{8}$

⑧ $T_0 + \frac{v_0^2}{8c}$

⑨ $T_0 + \frac{v_0^2}{9c}$

⑩ $T_0 + \frac{2v_0^2}{25c}$

⑪ $T_0 + \frac{3v_0^2}{32c}$

⑫ $T_0 + \frac{5v_0^2}{72c}$

ウ の選択肢

① 0

② $\frac{1}{4}mv_0^2$

③ $\frac{1}{3}mv_0^2$

④ $\frac{3}{8}mv_0^2$

⑤ $\frac{2}{5}mv_0^2$

⑥ $\frac{5}{12}mv_0^2$

⑦ $\frac{1}{2}mv_0^2$

⑧ $\frac{v_0^2}{4c}$

⑨ $\frac{v_0^2}{3c}$

⑩ $\frac{3v_0^2}{8c}$

⑪ $\frac{2v_0^2}{5c}$

⑫ $\frac{5v_0^2}{12c}$

オ の選択肢

① 0

② $\frac{1}{2}mv_0^2$

③ $\frac{n}{2}mv_0^2$

④ $\frac{n-1}{2}mv_0^2$

⑤ $\frac{n}{2(n+1)}mv_0^2$

⑥ $\frac{n-1}{2n}mv_0^2$

⑦ $\frac{v_0^2}{2c}$

⑧ $\frac{nv_0^2}{2c}$

⑨ $\frac{(n-1)v_0^2}{2c}$

⑩ $\frac{nv_0^2}{2(n+1)c}$

⑪ $\frac{(n-1)v_0^2}{2nc}$

II 次の [力] ~ [サ] に当てはまる最も適切なものを選択肢の中から選びなさい。

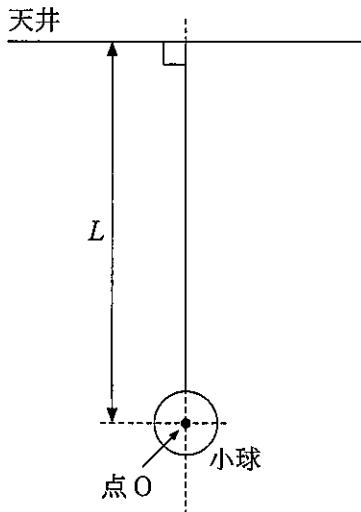


図 2

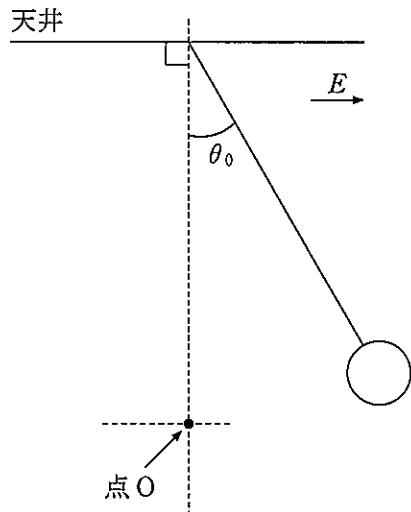


図 3

図 2 のように、質量 m の小球に長さ L の軽い糸をつないで天井からつるし、小球を静止させた。この位置を点 O とする。その後、小球に正の電荷 q を与え、大きさ E ($E > 0$) の一様な電場を水平方向でかつ紙面に対して右向きに加えたところ、図 3 のように小球の位置が変化し、糸が張った状態で小球は静止した。このとき、糸は鉛直方向に対して少し角度をなし、その角度を θ_0 とする。ただし、糸は電荷を帯びないものとし、重力加速度の大きさを g とする。

糸が小球を引く力は、 E を用いて記述すると [力] となり、 g を用いて記述すると [キ] となる。したがって、この場合、電場の大きさ E は [ク] と記述できる。点 O を電位の基準としたとき、小球が静止した位置での小球の電位は [ケ] となる。

次に、糸がたるまないように小球をつり合いの位置からわずかにずらし、その後放すと、小球は静止していた位置を中心に往復運動を始めた。これは、重力と電場から受ける力の合力が、みかけの重力として小球にはたらくからである。この合力の大きさは [コ] となる。この往復運動について、振れ幅が十分に小さい単振り子とみなせるとしたとき、単振り子の周期は [サ] となる。

力の選択肢

- ① Eq ② $Eq \sin \theta_0$ ③ $Eq \cos \theta_0$ ④ $\frac{Eq}{\sin \theta_0}$
 ⑤ $\frac{Eq}{\cos \theta_0}$ ⑥ $\frac{E}{q}$ ⑦ $\frac{E}{q} \sin \theta_0$ ⑧ $\frac{E}{q} \cos \theta_0$
 ⑨ $\frac{E}{q \sin \theta_0}$ ⑩ $\frac{E}{q \cos \theta_0}$

キの選択肢

- ① mg ② $mg \sin \theta_0$ ③ $mg \cos \theta_0$ ④ $\frac{mg}{\sin \theta_0}$
 ⑤ $\frac{mg}{\cos \theta_0}$ ⑥ $\frac{1}{mg}$ ⑦ $\frac{\sin \theta_0}{mg}$ ⑧ $\frac{\cos \theta_0}{mg}$
 ⑨ $\frac{1}{mg \sin \theta_0}$ ⑩ $\frac{1}{mg \cos \theta_0}$

クの選択肢

- ① $\frac{mg}{q}$ ② $\frac{mg \sin \theta_0}{q}$ ③ $\frac{mg \cos \theta_0}{q}$ ④ $\frac{mg \tan \theta_0}{q}$
 ⑤ mgq ⑥ $mgq \sin \theta_0$ ⑦ $mgq \cos \theta_0$ ⑧ $mgq \tan \theta_0$
 ⑨ $\frac{1}{mgq}$ ⑩ $\frac{q}{mg}$

ケの選択肢

- ① $mgqL \sin \theta_0$ ② $\frac{mgL \sin \theta_0}{q}$ ③ $\frac{mgL \sin \theta_0 \tan \theta_0}{q}$
 ④ $\frac{mg}{qL}$ ⑤ $\frac{mg}{qL \cos \theta_0}$ ⑥ $\frac{q}{mgL \sin \theta_0}$
 ⑦ $-mgqL \sin \theta_0$ ⑧ $-\frac{mgL \sin \theta_0}{q}$ ⑨ $-\frac{mgL \sin \theta_0 \tan \theta_0}{q}$
 ⑩ $-\frac{mg}{qL}$ ⑪ $-\frac{mg}{qL \cos \theta_0}$ ⑫ $-\frac{q}{mgL \sin \theta_0}$

□の選択肢

- | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{mg}{2}$ | ② mg | ③ \sqrt{mg} |
| ④ $2mg$ | ⑤ $mg \sin \theta_0$ | ⑥ $mg \cos \theta_0$ |
| ⑦ $\frac{mg}{\sin \theta_0}$ | ⑧ $\frac{mg}{\cos \theta_0}$ | ⑨ $mg \sin \theta_0 \cos \theta_0$ |
| ⑩ $\sqrt{\frac{1 + (mg)^4}{(mg)^2}}$ | | |

サの選択肢

- | | | |
|---|---|---|
| ① $2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$ | ② $2\pi \sqrt{\frac{g}{L \sin \theta_0}}$ | ③ $2\pi \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_0}}$ |
| ④ $2\pi \sqrt{\frac{L}{2g}}$ | ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$ |
| ⑦ $2\pi \sqrt{\frac{L \sin \theta_0}{g}}$ | ⑧ $2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta_0}{g}}$ | ⑨ $2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta_0}{g \sin \theta_0}}$ |
| ⑩ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g \sin \theta_0}}$ | ⊕ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g \cos \theta_0}}$ | ⊖ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g \sin \theta_0 \cos \theta_0}}$ |

III 図4のように、内部抵抗の無視できる電池と、抵抗 r_1 から r_7 で組まれた回路がある。電池の電圧は V で、 r_1 から r_4 の抵抗値は $2R$ 、 r_5 から r_7 の抵抗値は R である。 r_1, r_2, r_3, r_4 に流れる電流をそれぞれ I_1, I_2, I_3, I_4 とする。次の問い合わせに答えなさい。

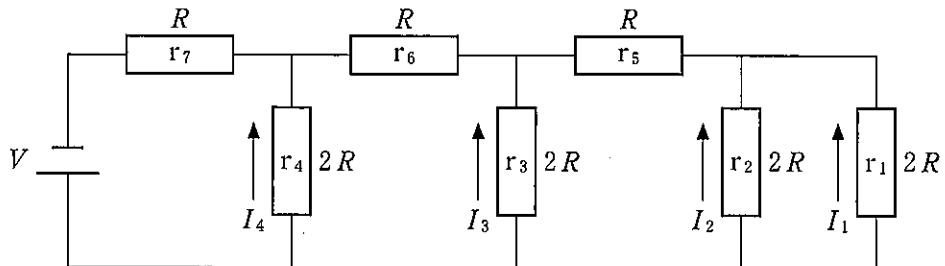


図4

問1 I_2 の大きさは I_1 の何倍か。

シ

問2 I_3 の大きさは I_1 の何倍か。

ス

問3 I_4 の大きさは I_1 の何倍か。

セ

問4 I_1 の大きさを求めなさい。

ソ

問5 この回路の合成抵抗を求めなさい。

タ

問6 r_6 の両端にかかる電圧を求めなさい。

チ

シ～セの選択肢(同じものを繰り返し選択してもよい。)

- | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|------|------|------|
| ① $\frac{1}{6}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ 1 | ⑤ 2 | ⑥ 4 |
| ⑦ 6 | ⑧ 8 | ⑨ 10 | ⑩ 12 | ⑪ 16 | ⑫ 32 |

ソの選択肢

- | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{6V}{R}$ | ② $\frac{4V}{R}$ | ③ $\frac{2V}{R}$ | ④ $\frac{V}{R}$ | ⑤ $\frac{V}{2R}$ |
| ⑥ $\frac{V}{4R}$ | ⑦ $\frac{V}{6R}$ | ⑧ $\frac{V}{8R}$ | ⑨ $\frac{V}{10R}$ | ⑩ $\frac{V}{12R}$ |
| ⑪ $\frac{V}{16R}$ | ⑫ $\frac{V}{32R}$ | | | |

タの選択肢

- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|---------|---------|
| ① $\frac{1}{6}R$ | ② $\frac{1}{4}R$ | ③ $\frac{1}{2}R$ | ④ R | ⑤ $2R$ |
| ⑥ $4R$ | ⑦ $6R$ | ⑧ $8R$ | ⑨ $10R$ | ⑩ $12R$ |
| ⑪ $16R$ | ⑫ $32R$ | | | |

チの選択肢

- | | | | | |
|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| ① $6V$ | ② $4V$ | ③ $2V$ | ④ V | ⑤ $\frac{V}{2}$ |
| ⑥ $\frac{V}{4}$ | ⑦ $\frac{V}{6}$ | ⑧ $\frac{V}{8}$ | ⑨ $\frac{V}{10}$ | ⑩ $\frac{V}{12}$ |
| ⑪ $\frac{V}{16}$ | ⑫ $\frac{V}{32}$ | | | |

IV 質量が M と m ($M > m$) の荷電粒子 1, 2 があり、それぞれの電気量は、
 e ($e > 0$), $-e$ である。静止しているこれらの粒子を、電位差 V で加速した
ときの、それぞれの速さ、運動量の大きさ、運動エネルギーを、 $v_1, v_2, p_1,$
 p_2, E_1, E_2 とする。

問 1 粒子 1, 2 の速さ、運動量の大きさ、運動エネルギーの大小関係を求め
なさい。

ツ

ツの選択肢

- | | |
|---|---|
| ① $v_1 < v_2 \quad p_1 < p_2 \quad E_1 < E_2$ | ② $v_1 > v_2 \quad p_1 > p_2 \quad E_1 > E_2$ |
| ③ $v_1 < v_2 \quad p_1 > p_2 \quad E_1 > E_2$ | ④ $v_1 > v_2 \quad p_1 < p_2 \quad E_1 < E_2$ |
| ⑤ $v_1 = v_2 \quad p_1 < p_2 \quad E_1 < E_2$ | ⑥ $v_1 = v_2 \quad p_1 > p_2 \quad E_1 > E_2$ |
| ⑦ $v_1 < v_2 \quad p_1 = p_2 \quad E_1 < E_2$ | ⑧ $v_1 > v_2 \quad p_1 = p_2 \quad E_1 > E_2$ |
| ⑨ $v_1 < v_2 \quad p_1 < p_2 \quad E_1 = E_2$ | ⑩ $v_1 > v_2 \quad p_1 > p_2 \quad E_1 = E_2$ |
| ⑪ $v_1 < v_2 \quad p_1 > p_2 \quad E_1 = E_2$ | ⑫ $v_1 > v_2 \quad p_1 < p_2 \quad E_1 = E_2$ |

問 2 荷電粒子が図 5 の N 向きに進んでいるときに、D 向きに磁場をかける場合を考える。磁場をかけた直後、粒子 1, 2 はそれぞれどのように運動するか。

テ

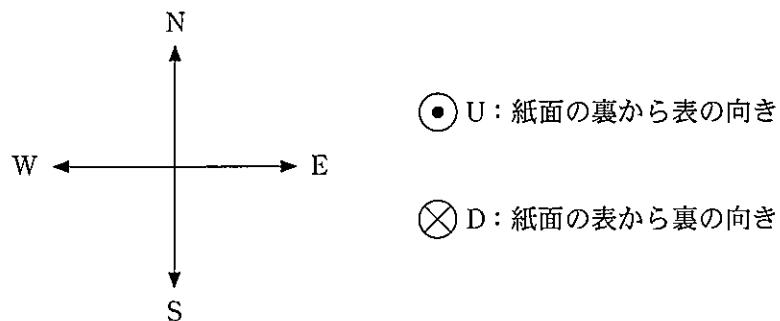


図 5

テの選択肢

- ① 粒子 1, 2 ともに N 向きに進み続ける。
- ② 粒子 1, 2 ともに進行方向が U 向きに曲がる。
- ③ 粒子 1, 2 ともに進行方向が D 向きに曲がる。
- ④ 粒子 1 は N 向きに加速して進み続け、粒子 2 は S 向きに戻る。
- ⑤ 粒子 1 は S 向きに戻り、粒子 2 は N 向きに加速して進み続ける。
- ⑥ 粒子 1 は W 向きに、粒子 2 は E 向きに進行方向が曲がる。
- ⑦ 粒子 1 は E 向きに、粒子 2 は W 向きに進行方向が曲がる。
- ⑧ 粒子 1 は U 向きに、粒子 2 は D 向きに進行方向が曲がる。
- ⑨ 粒子 1 は D 向きに、粒子 2 は U 向きに進行方向が曲がる。

問 3 磁束密度の大きさ B の一様な磁場から受ける力で等速円運動をしいる粒子 2 に、図 6 のような軌跡をたどらせるためには、磁場の向きや強さをどのように変化させればよいか。ただし、図中の曲線は全て半径の等しい半円とする。

ト

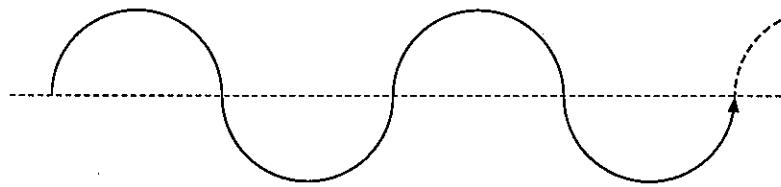


図 6

□の選択肢

- ① $\frac{\pi m}{2eB}$ 周期で磁場の方向を反転する。
- ② $\frac{\pi m}{eB}$ 周期で磁場の方向を反転する。
- ③ $\frac{2\pi m}{eB}$ 周期で磁場の方向を反転する。
- ④ $\frac{\pi m}{2eB}$ 周期で磁場の方向を $\frac{\pi}{2}$ ずつ回転させる。
- ⑤ $\frac{\pi m}{eB}$ 周期で磁場の方向を $\frac{\pi}{2}$ ずつ回転させる。
- ⑥ $\frac{2\pi m}{eB}$ 周期で磁場の方向を $\frac{\pi}{2}$ ずつ回転させる。
- ⑦ $\frac{\pi m}{2eB}$ 周期で磁場のかかっている状態と、かかっていない状態を切り替える。
- ⑧ $\frac{\pi m}{eB}$ 周期で磁場のかかっている状態と、かかっていない状態を切り替える。
- ⑨ $\frac{2\pi m}{eB}$ 周期で磁場のかかっている状態と、かかっていない状態を切り替える。
- ⑩ $\frac{\pi m}{2eB}$ 周期で磁場の強さを正弦関数状に変化させる。
- ⊕ $\frac{\pi m}{eB}$ 周期で磁場の強さを正弦関数状に変化させる。
- ⊖ $\frac{2\pi m}{eB}$ 周期で磁場の強さを正弦関数状に変化させる。

一様な磁場中で円運動する荷電粒子について、以下の問いに答えなさい。

問 4 磁束密度の大きさが B 、粒子の電気量が $e (e > 0)$ 、円運動の半径が r のとき、運動量の大きさを求めなさい。 ナ

ナ の選択肢

- | | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| ① $\frac{eB}{2r}$ | ② $\frac{r}{2eB}$ | ③ $\frac{reB}{2}$ | ④ $\frac{eB}{2r^2}$ |
| ⑤ $\frac{r^2}{2eB}$ | ⑥ $\frac{r^2eB}{2}$ | ⑦ $\frac{eB}{r}$ | ⑧ $\frac{r}{eB}$ |
| ⑨ reB | ⑩ $\frac{2eB}{r}$ | ⑪ $\frac{2r}{eB}$ | ⑫ $2reB$ |

問 5 質量と電気量とともに不明の荷電粒子を、電位差 V で加速し、磁束密度の大きさ B の磁場をかけたところ、半径 r の円運動をはじめた。この粒子の比電荷を求めなさい。ただし比電荷は、電気量の大きさ 質量 と定義される。 二

二 の選択肢

- | | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| ① $\frac{V}{rB}$ | ② $\frac{V}{r^2B}$ | ③ $\frac{V}{rB^2}$ | ④ $\frac{V^2}{rB}$ |
| ⑤ $\frac{V^2}{r^2B}$ | ⑥ $\frac{V^2}{rB^2}$ | ⑦ $\frac{V}{2rB}$ | ⑧ $\frac{V}{2r^2B}$ |
| ⑨ $\frac{V}{2rB^2}$ | ⑩ $\frac{2V}{rB}$ | ⑪ $\frac{2V^2}{rB}$ | ⑫ $\frac{2V}{r^2B^2}$ |