

理 科

2022 年度（令和 4 年度）

入 学 試 験 問 題

受 験 番 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 49 ページあります。

物 理 1 ページから 11 ページまで

化 学 , , 12 ページから 30 ページまで

生 物 , 31 ページから 49 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、通信機能などをもつ機器等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、解答用紙はもちろん、問題冊子も持ち帰ってはいけません。

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～ニに対して，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 質量 m_A の小球 A が x 軸上で速度 v_A の等速直線運動をしており，小球 A の前方に，質量 m_B の小球 B が静止している。

小球 A と B が衝突する前， x 軸上を速度 v_C で等速直線運動する点 C から見ると，小球 A と B の運動量の和が 0 であった。このとき， $v_C =$ であり，点 C から見た小球 A と B の速度はそれぞれ， $v_A^* =$ ， $v_B^* =$ である。

小球 A と B は弾性衝突し， x 軸上での運動を続けた。衝突後の，点 C から見た小球 A と B の速度はそれぞれ， $v_A^{*'} =$ ， $v_B^{*'} =$ である。

ア～オの選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

① v_A

② $-v_A$

③ $\frac{m_B}{m_A} v_A$

④ $\frac{m_A}{m_B} v_A$

⑤ $-\frac{m_B}{m_A} v_A$

⑥ $-\frac{m_A}{m_B} v_A$

⑦ $\frac{m_A}{m_A + m_B} v_A$

⑧ $\frac{m_B}{m_A + m_B} v_A$

⑨ $-\frac{m_A}{m_A + m_B} v_A$

⑩ $-\frac{m_B}{m_A + m_B} v_A$

⊕ $\frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A$

⊖ $\frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A$

II 図1のように、太陽を焦点とする楕円軌道上を惑星が運動している。楕円軌道と長軸との2つの交点のうち太陽の中心からの近日点をA、遠日点をBとする。太陽からAまでの距離を R_A 、Bまでの距離を R_B とし、惑星がA点、B点を通過するときの速さをそれぞれ v_A 、 v_B とする。太陽、惑星の直径は、 R_A 、 R_B に対して十分小さく、他の天体からの万有引力は無視できるものとする。また図2のように、太陽と惑星を結ぶ線分の長さを R 、惑星の速さを v 、線分と速度(速さ v)がなす角を θ とすると、軌道上を運動している惑星のある点における面積速度 S は、 $\frac{1}{2} Rv \sin \theta$ で与えられる。万有引力定数を G 、太陽の質量を M 、惑星の質量を m として、次の問いに答えなさい。

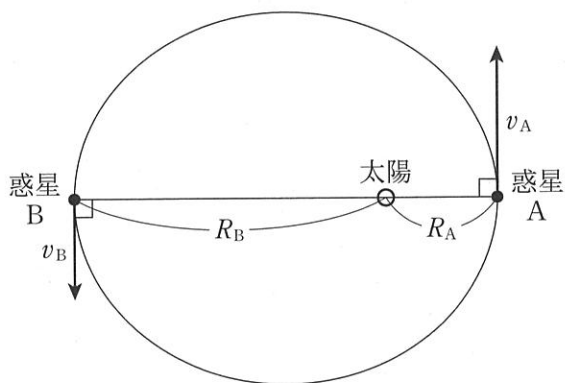


図1

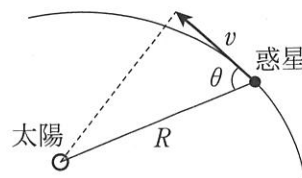


図2

問1 以下の空欄を適切に埋めなさい。

惑星が太陽のまわりを運動するとき、面積速度が一定であることが知られている。これは 力 の第二法則である。

力 の選択肢

- | | |
|----------|-------------|
| ① コペルニクス | ② ティコ・ブラーエ |
| ③ ケプラー | ④ キャベンディッシュ |

問 2 v_A を求めなさい。

キ

キの選択肢

① $\frac{S}{R_A}$

② $\frac{2\sqrt{3}S}{3R_A}$

③ $\frac{\sqrt{2}S}{R_A}$

④ $\frac{2S}{R_A}$

⑤ $\frac{4\sqrt{3}S}{3R_A}$

⑥ $\frac{2\sqrt{2}S}{R_A}$

だ円軌道の半長軸を a 、半短軸を b とすると、 $a = \frac{R_A + R_B}{2}$ 、 $b = \sqrt{R_A R_B}$ と表せる。また a 、 b を使ってだ円の面積を表すと πab となる。惑星の公転周期を T とする。

問 3 S 、 a 、 b を使って T を表しなさい。

ク

クの選択肢

① $\frac{\pi ab}{S}$

② $\frac{2\pi ab}{S}$

③ $\frac{2\sqrt{3}\pi ab}{3S}$

④ $\frac{\pi ab}{2S}$

⑤ $\frac{\pi ab}{S(a+b)}$

⑥ $\frac{2\pi ab}{S(a+b)}$

太陽の中心から距離 R のところにある惑星の位置エネルギーは、 $-G\frac{Mm}{R}$ で与えられる。

問 4 v_A, v_B を使わずに S を表しなさい。

ケ

ケの選択肢

① $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{GMR_A R_B}{R_A + R_B}}$

② $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{GMmR_A R_B}{R_A + R_B}}$

③ $\sqrt{\frac{GMR_A R_B}{2(R_A + R_B)}}$

④ $\sqrt{\frac{GMmR_A R_B}{2(R_A + R_B)}}$

⑤ $\frac{GMm}{R_A + R_B}$

⑥ $\frac{GMm}{R_A R_B}$

⑦ $\frac{GMmR_A R_B}{R_A + R_B}$

⑧ $\frac{GMm(R_A + R_B)}{R_A R_B}$

問 5 T と a の関係について正しいものを選びなさい。

コ

コの選択肢

① $\frac{T^2}{a^3} = \frac{\pi^2}{GM}$

② $\frac{T^3}{a^2} = \frac{\pi^2}{GM}$

③ $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$

④ $\frac{T^3}{a^2} = \frac{4\pi^2}{GM}$

⑤ $\frac{T^2}{a^3} = \frac{16\pi^2}{GM}$

⑥ $\frac{T^3}{a^2} = \frac{16\pi^2}{GM}$

⑦ $\frac{T^2}{a^3} = \frac{32\pi^2}{GM}$

⑧ $\frac{T^3}{a^2} = \frac{32\pi^2}{GM}$

Ⅲ 理想気体単原子分子の運動について考える。アボガドロ定数を N_A 、気体定数を R とする。

気体の絶対温度 T は、分子の **サ** に比例する。この比例定数を c 、すなわち、**サ** を X として $T = cX$ とすると、 $c =$ **シ** と書ける。また、一定の温度における、気体分子の平均の速さは、分子の **ス** に比例する。

サ の選択肢

- | | |
|----------------|---------------------|
| ① 平均速度 | ② 平均速度の平方根 |
| ③ 平均運動エネルギー | ④ 質量の 2 乗 |
| ⑤ 平均速度の逆数 | ⑥ 平均速度の平方根の逆数 |
| ⑦ 平均運動エネルギーの逆数 | ⑧ 平均運動エネルギーの 2 乗の逆数 |
| ⑨ 質量の平方根の逆数 | |

シ の選択肢

- | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① N_A | ② R | ③ $\frac{1}{N_A}$ | ④ $\frac{1}{R}$ |
| ⑤ $N_A R$ | ⑥ $\frac{N_A}{R}$ | ⑦ $\frac{R}{N_A}$ | ⑧ $\frac{N_A}{3R}$ |
| ⑨ $\frac{3R}{N_A}$ | ⑩ $\frac{2N_A}{3R}$ | ⊕ $\frac{3R}{2N_A}$ | ⊖ $\frac{1}{N_A R}$ |

ス の選択肢

- | | |
|-------------|--------------|
| ① 質量 | ② 質量の平方根 |
| ③ 質量の 2 乗 | ④ 質量の逆数 |
| ⑤ 質量の平方根の逆数 | ⑥ 質量の 2 乗の逆数 |

IV 図3は、起電力5Vの直流電源 E_1 、 E_2 、交流電圧の最大値が5Vの交流電源 E_3 、抵抗値 $100\ \Omega$ の抵抗 R 、ダイオード D 、スイッチ S で構成された電気回路を表している。各電源の内部抵抗は無視できるものとする。ダイオード D は、n型を(エ)側、p型を(オ)側に接続している。図4は、ダイオード D の電流-電圧特性を表しており、電圧が点P以上の領域について、電圧と電流は点Pと点Qを通る直線関係にある。

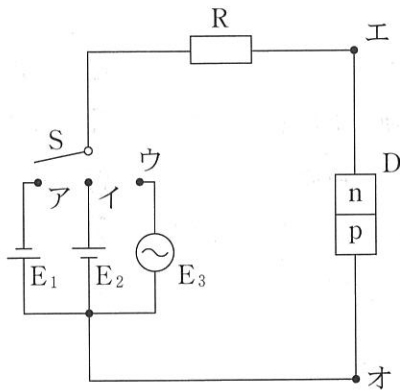


図3

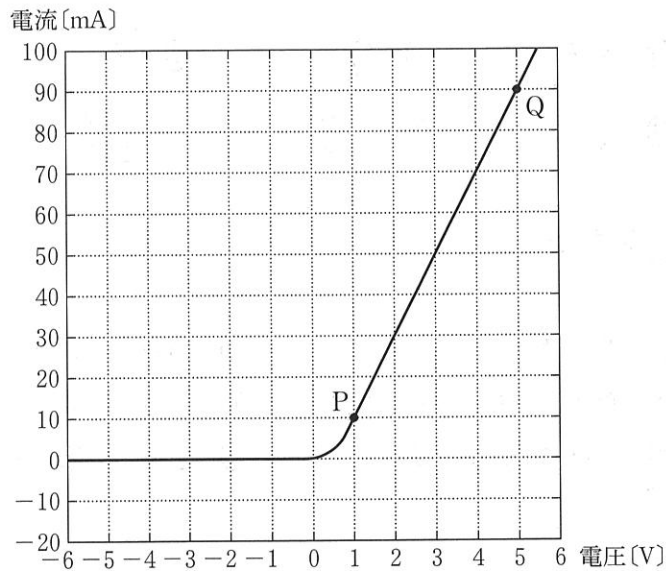


図4

問 1 スイッチ S を (ア), (イ) のうち, ダイオード D に順方向の電圧がかかるようにつないだとき, D に流れる電流の大きさを求めなさい。

mA

の選択肢

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 10 | ② 15 | ③ 30 | ④ 35 |
| ⑤ 40 | ⑥ 50 | ⑦ 60 | ⑧ 65 |
| ⑨ 70 | ⑩ 80 | ⊕ 85 | ⊖ 90 |

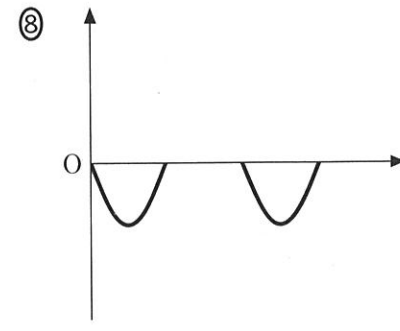
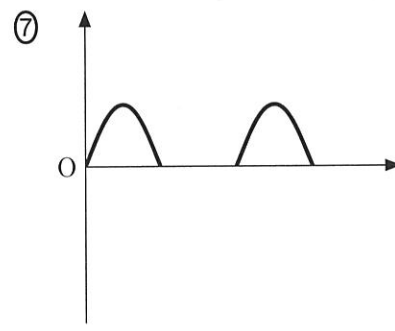
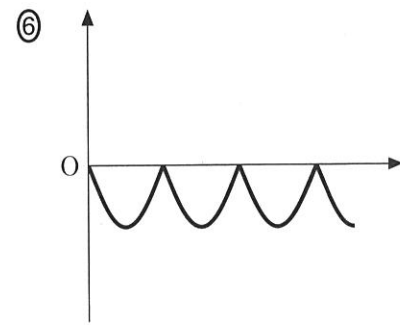
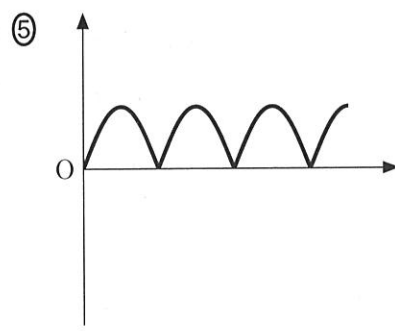
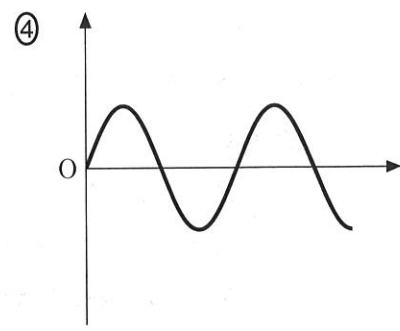
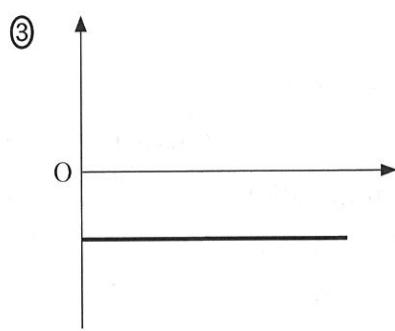
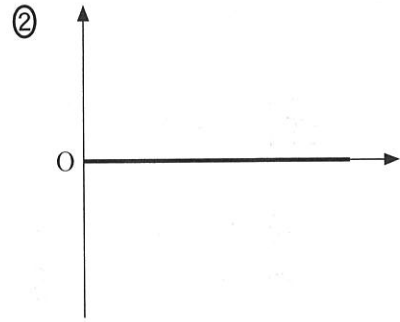
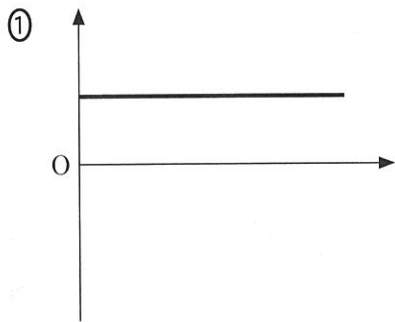
問 2 スイッチ S を (ア), (イ), (ウ) にそれぞれ切り替えてしばらく時間が経過した後に, 各場合について抵抗 R にかかる電圧の波形をオシロスコープで観察した。このときの波形の概形のグラフをそれぞれ選びなさい。ただし, ダイオード D に順方向に電圧をかけたときを正の電圧とし, グラフの横軸は時間, 縦軸は電圧である。

(ア)につないだ場合:

(イ)につないだ場合:

(ウ)につないだ場合:

ソ ~ チ の 選 択 肢 (同 じ も の を 繰 り 返 し 選 択 し て も よ い)



V 1905年にアインシュタインによって発表された特殊相対性理論によると、質量とエネルギーは同等であり、静止している物体の質量 m 、その物体のエネルギー E 、真空中の光速 c の間には **ツ** の関係がある。

陽子と中性子の質量をそれぞれ m_p 、 m_n とし、原子番号 Z 、質量数 A の原子核の質量を M とする。この原子核の質量欠損 ΔM は、 $\Delta M =$ **テ** と表され、ヘリウム ${}^4_2\text{He}$ の結合エネルギーは約 28 MeV である。

ツ の選択肢

① $E = \frac{1}{2} mc$

② $E = mc$

③ $E = 2 mc$

④ $E = \frac{1}{2} mc^2$

⑤ $E = mc^2$

⑥ $E = 2 mc^2$

テ の選択肢

① $Zm_p + Am_n$

② $Zm_p + Am_n - M$

③ $M - (Zm_p + Am_n)$

④ $Zm_p + (A - Z)m_n$

⑤ $Zm_p + (A - Z)m_n - M$

⑥ $M - (Zm_p + (A - Z)m_n)$

粒子と反粒子が衝突すると、それらは消滅し、 γ 線などが発生する。この現象を対消滅という。

静止した電子と陽電子が対消滅して2つの γ 線が発生した。消滅した静止エネルギー(質量エネルギー)がすべて2つの γ 線に均等に分配されたとすると、片方の γ 線のエネルギーは約 \square トJ= \square ナMeVで、波長は \square ニmとなる。ただし、電子、陽電子の質量をともに 9.1×10^{-31} kg、光速を 3.0×10^8 m/s、プランク定数を 6.6×10^{-34} J \cdot s、電気素量を 1.6×10^{-19} Cとする。

\square ト \sim \square ニの選択肢

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 4.1×10^{-14} | ② 8.2×10^{-14} | ③ 1.6×10^{-13} |
| ④ 1.2×10^{-12} | ⑤ 2.4×10^{-12} | ⑥ 4.8×10^{-12} |
| ⑦ 2.5×10^{-1} | ⑧ 5.1×10^{-1} | ⑨ 1.0 |