

入 学 試 験 問 題 (1次)

理 科

令和4年1月24日

10時50分—12時10分

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は表紙・白紙を除き46ページ(物理1～11ページ, 化学12～22ページ, 生物23～46ページ)である。落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所等があった場合は申し出ること。
- 3 物理, 化学, 生物のうちからあらかじめ入学志願票に記入した2科目を解答すること。
- 4 解答には必ず黒鉛筆(またはシャープペンシル)を使用すること。
- 5 解答は, 各設問ごとに一つだけ選び, 解答用紙の所定の解答欄の該当する記号を塗りつぶすこと。
- 6 解答を訂正する場合は, 消しゴムできれいに消すこと。
- 7 解答用紙の解答欄は, 左から物理, 化学, 生物の順番になっているので, マークする科目の解答欄を間違えないように注意すること。
- 8 監督員の指示に従って, 問題冊子の表紙の指定欄に受験番号を記入し, 解答用紙の指定欄に受験番号, 受験番号のマーク, 氏名を記入すること。「志願票に記入した科目を2つマークしなさい」の欄には, 入学志願票と同じ科目にマークすること。
- 9 この問題冊子の余白は, 草稿用を使用してよい。ただし, 切り離してはならない。
- 10 解答用紙およびこの問題冊子は, 持ち帰ってはならない。

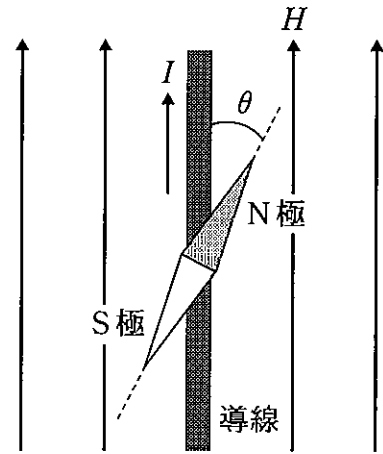
| | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| 受験番号 | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|

上の枠内に受験番号を記入しなさい。

物 理

設問ごとに、与えられた選択肢の中から最も適当なもの一つ選べ。

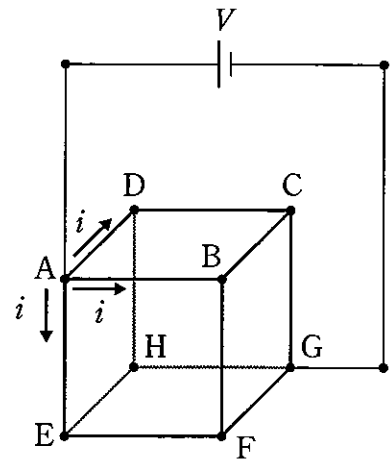
- 1 図のように、水平方向の強さ H の一様な磁場中に、磁場と平行に長い導線を張り、導線から真上に距離 r 離れた水平面に小磁針を置く。導線に大きさ I の電流を磁場と同じ方向に流したところ、磁針は電流の方向から角度 θ だけ振れて静止した。 $\tan \theta$ はいくらか。



小磁針を真上から見た様子

- ㉞ $\frac{I}{rH}$ ㉠ $\frac{I}{2\pi rH}$ ㉡ $\frac{I}{\pi r^2 H}$
 ㉟ $\frac{I}{4\pi r^2 H}$ ㉢ $\frac{3I}{4\pi r^3 H}$

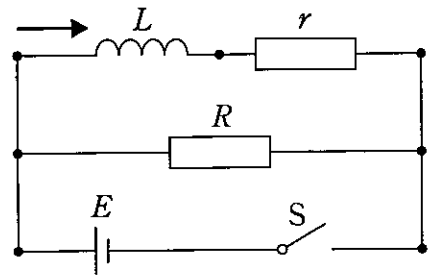
- 2 図のように、1本の抵抗値が R の抵抗線を12本つないで、各辺が1本の抵抗線からなる立方体 $ABCDEFGH$ を作り、頂点 AG 間に起電力 V の電池を電気抵抗の無視できる導線で接続した。対称性により、 A から入った電流は、図のように、同じ大きさ i の三つの電流に分岐する。 i は $\frac{V}{R}$ の何倍か。



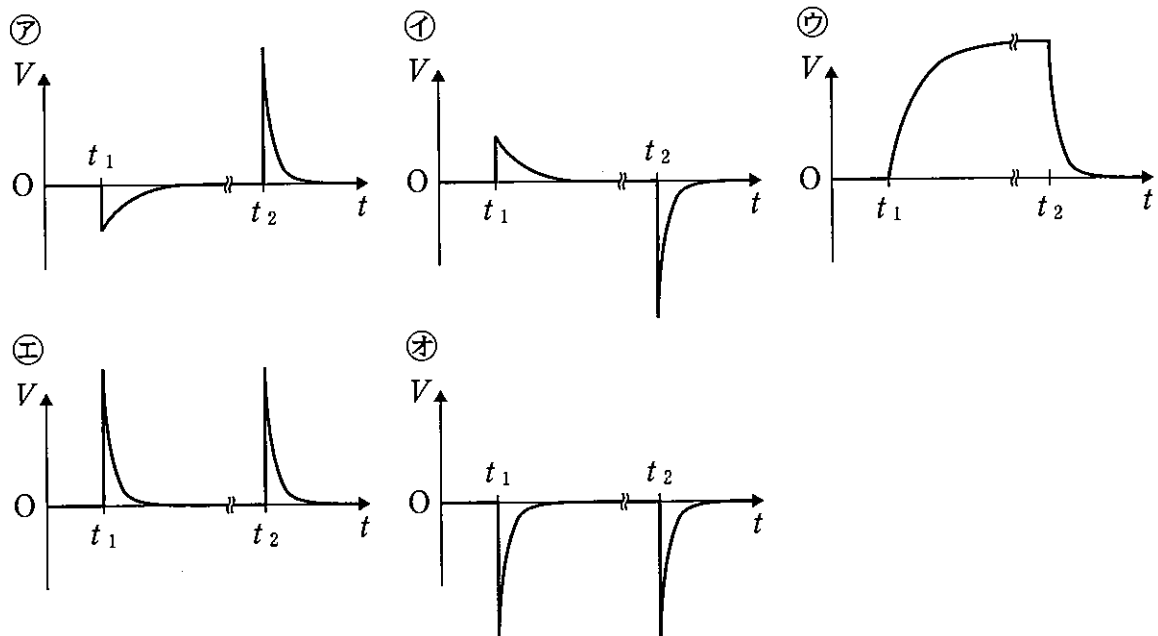
- ㉞ $\frac{1}{3}$ ㉠ $\frac{2}{5}$ ㉡ $\frac{1}{2}$ ㉢ $\frac{2}{3}$ ㉣ 2

次の文章を読み、以下の問い(問題3・4)に答えよ。

図のように、抵抗値 R の抵抗と自己インダクタンス L 、抵抗値 r ($r < R$) のコイルを並列につなぎ、内部抵抗の無視できる起電力 E の電池とスイッチ S を接続した。この回路において、時刻 t_1 にスイッチ S を入れ、十分に時間が経過した時刻 t_2 で S を切った。回路図の抵抗値 r の抵抗はコイルの抵抗を表す。



3 自己誘導によってコイルに発生する誘導起電力 V と時刻 t の関係を表す $V-t$ グラフとして正しいのはどれか。 V の正負は、 V が図の矢印の向きに電流を流す場合を正とする。



4 スイッチ S を切った直後の誘導起電力 V の大きさは E の大きさの何倍か。

- ㉞ $\frac{r}{R}$ ㉟ $\frac{R-r}{R}$ ㊱ 1 ㊲ $\frac{R}{r}$ ㊳ $\frac{R+r}{r}$

5 正に帯電した二つの導体球 A と B が，真空中の十分離れた位置にそれぞれ置かれている。A の半径は B の半径の 2 倍である。無限遠の電位を基準とした A の表面の電位が B のそれと等しいとき，A の電気量は B の電気量の何倍か。

- ア $\frac{1}{2}$ イ 1 ウ 2 エ 4 オ 8

6 仕事関数 W の金属に，振動数 f の光を照射する。このとき，飛び出す光電子の物質波の波長の最小値はいくらか。電子の質量を m ，プランク定数を h とする。

- ア $\frac{h}{\sqrt{2m(hf - W)}}$ イ $\frac{h}{\sqrt{2m(hf + W)}}$ ウ $\frac{h}{m(hf - W)}$
 エ $\frac{h}{m(hf + W)}$ オ $\sqrt{2mhf + W}$

7 結晶による回折現象を利用して，連続 X 線から特定の波長の X 線を取り出すことができる。いま，間隔 d の結晶格子面(結晶面)に，最短波長 d の連続 X 線を当てて，波長が $\sqrt{3}d$ の X 線を取り出したい。入射 X 線とこの格子面とのなす角度を何度にするればよいか。

- ア 15 イ 30 ウ 45 エ 60 オ 75

8 原子番号 92，質量数 238 の原子核 A は α 崩壊して原子核 B になる。B は β 崩壊して原子核 C に，C はさらに β 崩壊して原子核 D になる。D の原子番号はいくらか。

- ア 90 イ 91 ウ 92 エ 93 オ 94

9 水素原子の線スペクトルのうち、量子数 n が 2 以上のエネルギー準位から $n = 1$ の基底状態に移る際、放出される一群の光のことをライマン系列という。ライマン系列内で一番波長が長い光の波長は、二番目に波長が長い光の波長の何倍か。

- ア $\frac{9}{8}$ イ $\frac{25}{16}$ ウ $\frac{36}{25}$ エ $\frac{32}{27}$ オ $\frac{49}{32}$

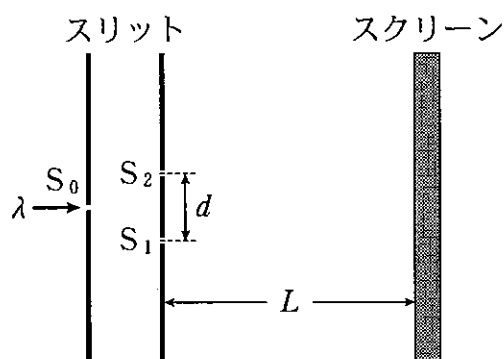
10 縦波と横波の両方に当てはまる記述はどれか。正しいものを全て選び、それらに付してある数(1, 2, 4, または 8)の和を求めよ。

1. 干渉を起こす。
2. 回折を起こす。
4. 屈折を起こす。
8. 疎密波である。

- ア 3 イ 7 ウ 9 エ 12 オ 15

11 図のように、波長 λ の単色光を単スリット S_0 に入射させ、さらに、その回折光を S_0 から等距離にある二つのスリット S_1, S_2 (複スリット) にあてると、スクリーン上に明暗の干渉縞が観測される。 S_1 と S_2 の間隔は d である。スクリーンは複スリットに平行で、距離 L 離れた位置にある。 λ と d をそれぞれ半分にしたとき、干渉縞の隣り合う明線の間隔は元の間隔の何倍になるか。ただし、 d は L に比べて十分小さいとする。

- ア $\frac{1}{4}$ イ $\frac{1}{2}$ ウ 1
 エ 2 オ 4

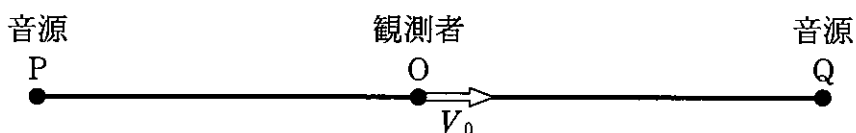


12 以下の記述は，対物レンズと接眼レンズ(いずれも凸レンズ)からなる顕微鏡で，拡大された物体の像を見る原理に関するものである。空欄に入る語句の組み合わせとして正しいのはどれか。

物体を対物レンズの焦点の(①)に置くと，物体よりも大きな実像ができる。この像を接眼レンズの焦点の(②)に置くと，実像よりもさらに大きな虚像を観察することができる。

| | ① | ② |
|---|------|------|
| ㉞ | 少し内側 | 少し内側 |
| ㉟ | 少し内側 | 少し外側 |
| ㊱ | 位置 | 位置 |
| ㊲ | 少し外側 | 少し内側 |
| ㊳ | 少し外側 | 少し外側 |

13 図のように，観測者 O と二つの静止した音源 P と Q が，一直線上に十分離れて並んでいる。O は Q の方向に一定の速さ V_0 で移動している。時刻 $t = 0$ に，二つの音源は一定の時間間隔 T で短時間の音を出し始め，そのとき O は P と Q から等距離の位置を通過した。両音源の音が O に到達した後，O が P から出た音を聞く回数は 10 秒あたり 9.0 回，Q から出た音を聞く回数は 10 秒あたり 11 回であった。 V_0 は何 m/s か。空気中の音速を 340 m/s とする。



- ㉞ 1.7 ㉟ 8.5 ㊱ 17 ㊲ 26 ㊳ 34

14 圧力 p 、体積 V 、温度 T の単原子分子理想気体について、熱の出入りを伴う状態変化はどれか。正しいものを全て選び、それらに付してある数(1, 2, 4, または 8)の和を求めよ。

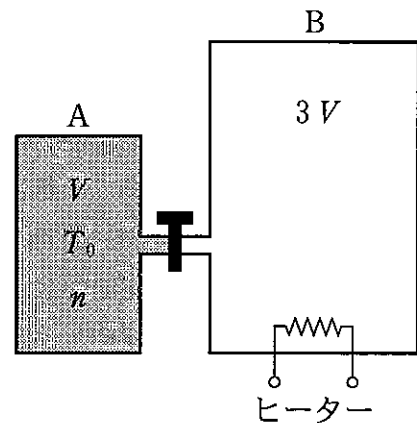
1. p を一定に保ったまま、 V を 2 倍にする。
2. V を一定に保ったまま、 p を 2 倍にする。
4. T を一定に保ったまま、 V を 2 倍にする。
8. T を一定に保ったまま、 p を 2 倍にする。

- ア 1 イ 2 ウ 3 エ 12 オ 15

15 室温における H_2 (気体水素分子) の 2 乗平均速度は、同じ温度の O_2 (気体酸素分子) の 2 乗平均速度の何倍か。各気体は理想気体であるとし、 H_2 の分子量は 2.0、 O_2 の分子量は 32 とする。

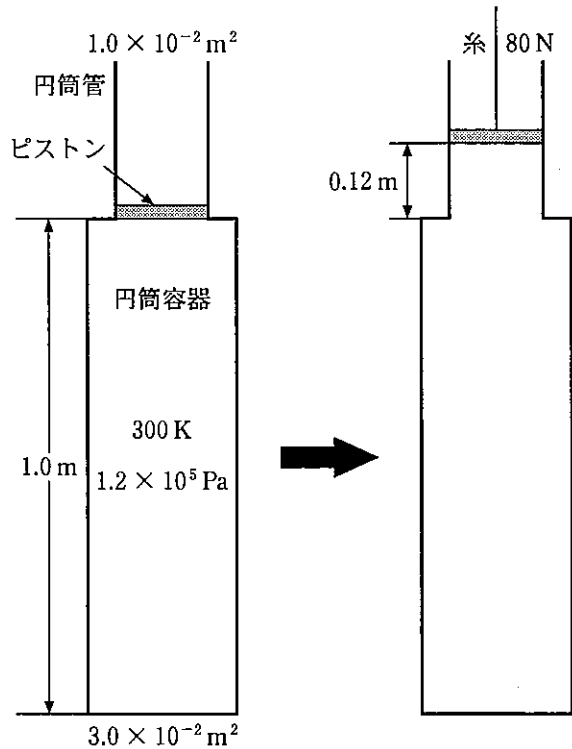
- ア 2.0 イ 4.0 ウ 8.0 エ 16 オ 32

16 図のように、体積 V の断熱容器 A に温度 T_0 、物質量 n の単原子分子理想気体が入っており、体積 $3V$ の真空の断熱容器 B とコックの付いた細い管でつながれている。コックを開いて十分に時間が経過した後の気体の温度は T_1 であった。次に、コックを閉じて B の気体のみに一定量の熱を加えて温度を $3T_1$ にし、その後コックを開いて十分な時間待つと、気体の温度は T_2 になった。 T_2 は T_0 の何倍か。



- ア 1 イ $\frac{3}{2}$ ウ 2 エ $\frac{5}{2}$ オ 3

17 図のように、底面積 $3.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、高さ 1.0 m の円筒容器の上部に、断面積 $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ の円筒管を付けたある質量の断熱容器がある。この容器に、温度 300 K で容器の外と同じ圧力 $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ の理想気体を入れ、円筒管の最下部に断熱性の軽いピストンでふたをする。次に、ピストンの中心に糸を付け、その糸で容器全体をつると、ピストンは上に 0.12 m 移動した。このときの糸の張力は 80 N であった。気体の温度は何 K 下がるか。最も近いものを選び。



- ア 0 ① 1 ② 3 ③ 6 ④ 9

18 表の4つの熱機関 A, B, C, D を比較したとき、熱効率の大小関係として正しいのはどれか。ただし、各熱機関が1サイクルの間に、高温の熱源から吸収した熱量を Q_1 、低温の熱源に排出した熱量を Q_2 とする。

- ア $A > B = C > D$
 ① $A = C > B = D$
 ② $B > D > A > C$
 ③ $C > A > D > B$
 ④ $D > C = B > A$

| 熱機関 | 吸収熱量 Q_1 [J] | 排出熱量 Q_2 [J] |
|-----|----------------|----------------|
| A | 90 | 60 |
| B | 100 | 80 |
| C | 150 | 120 |
| D | 200 | 180 |

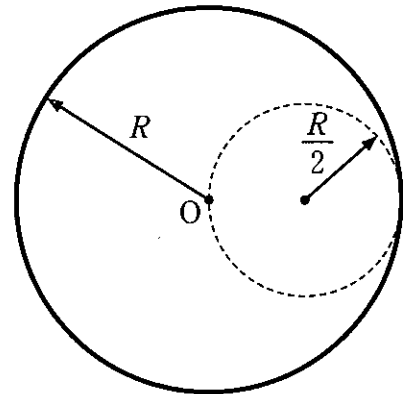
- 19 小球を高さ h から自由落下させたところ、水平な床と衝突後、高さ $\frac{1}{3}h$ まで跳ね上がった。次に、同じ小球を高さ h から鉛直下向きに速さ v で投げ下ろしたところ、高さ $\frac{2}{3}h$ まで跳ね上がった。 v はいくらか。重力加速度の大きさを g とする。

㉞ $\sqrt{\frac{gh}{3}}$ ㉟ $\sqrt{\frac{2gh}{3}}$ ㊱ $\sqrt{\frac{4gh}{3}}$ ㊲ $\sqrt{\frac{3gh}{2}}$ ㊳ $\sqrt{2gh}$

- 20 地球と比較して、質量が 16 倍、自転周期が 2 倍の惑星がある。この惑星の赤道上空に静止衛星を配置する場合の軌道半径は、地球の静止衛星の軌道半径の何倍になるか。

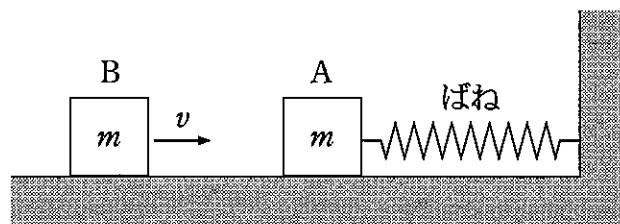
㉞ 1 ㉟ 2 ㊱ 3 ㊲ 4 ㊳ 5

- 21 図のように、中心 O 、半径 R の球の内部に、半径 $\frac{R}{2}$ の球形の空洞ができるように、球をくり抜く。空洞の表面は O を通る。くり抜いた残りの部分の重心から O までの距離は R の何倍か。球体の密度は場所によらず一定とする。



㉞ $\frac{1}{16}$ ㉟ $\frac{1}{14}$ ㊱ $\frac{1}{12}$
 ㊲ $\frac{1}{10}$ ㊳ $\frac{1}{8}$

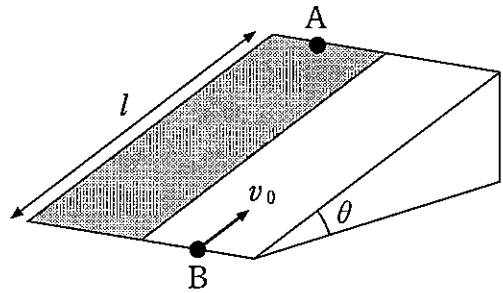
22 図のように、右端を壁面に固定した、質量の無視できる自然の長さのばねの左端に質量 m の小物体 A を取り付け、なめらかな水平面上に置く。水平面上を速度 v で進む質量 m の小物体 B が、A に左側から弾性衝突、または、完全非弾性衝突する場合を考える。衝突から最初にばねが最も縮むまでの時間を Δt 、ばねの縮みの最大値を Δl とすると、弾性衝突のときと比較して、完全非弾性衝突のときの Δt と Δl はどうなるか。運動は壁と垂直な同一直線上で起こり、ばねはフックの法則に従うものとする。



- ㊦ Δt は大きく、 Δl は小さくなる。
- ㊧ Δt は小さく、 Δl は大きくなる。
- ㊨ Δt は変わらず、 Δl は大きくなる。
- ㊩ Δt と Δl は、いずれも大きくなる。
- ㊪ Δt と Δl は、いずれも小さくなる。

次の文章を読み、以下の問い(問題 23~25)に答えよ。

図のように、傾き θ 、長さ l の斜面が水平面上に固定されている。この斜面の半分には摩擦があり、残りの半分には摩擦がない。摩擦のある面の上端に質量 m の小物体 A、摩擦のない面の下端に同じ質量 m の小物体 B を置く。時刻 $t = 0$ に、A は初速度 0 で斜面に沿って滑り出し、同時に B には最大傾斜の方向に初速度 v_0 を与えて運動させた。しばらくすると、B は斜面上で速さ 0 となった後、運動方向を変えて滑り落ち、A と同時に斜面下端を通過した。重力加速度の大きさを g 、A と斜面との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。



23 A が初速度 0 で斜面を滑り出すための、 μ と θ が満たすべき必要十分条件はどれか。

㉞ $\mu < \frac{\tan \theta}{4}$

㉟ $\mu < \frac{\tan \theta}{2}$

㊱ $\mu < \frac{3 \tan \theta}{4}$

㊲ $\mu < \tan \theta$

㊳ $\mu < \frac{5 \tan \theta}{4}$

24 v_0 の大きさはいくらか。

㉞ $\sin \theta \sqrt{\frac{2gl}{\sin \theta - \mu' \cos \theta}}$

㉟ $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{\sin \theta + \mu' \cos \theta}}$

㊱ $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{\sin \theta - \mu' \cos \theta}}$

㊲ $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{2(\sin \theta + \mu' \cos \theta)}}$

㊳ $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{2(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}}$

25 Bが運動途中で斜面上端を越えないための、 μ' と θ が満たすべき必要十分条件はどれか。

㉗ $\mu' \leq \frac{\tan \theta}{4}$

㉘ $\mu' \leq \frac{\tan \theta}{2}$

㉙ $\mu' \leq \frac{3 \tan \theta}{4}$

㉚ $\mu' \leq \tan \theta$

㉛ $\mu' \leq \frac{5 \tan \theta}{4}$