

入学試験問題(1次)

理 科

令和6年1月22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43ページ(物理1～10ページ、化学11～23ページ、生物24～43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、草稿用に使用してよい。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を一つ選べ。

- 1 内部抵抗を持つ電池に抵抗値 4.0Ω の電気抵抗をつないだ回路をつくった。回路には 0.90 A の電流が流れ、電池を含めた回路全体で 200 秒間に 810 J のジュール熱が発生した。電池の内部抵抗は何 Ω か。

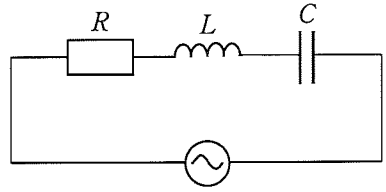
㉖ 0.50 ㉗ 1.0 ㉘ 2.0 ㉙ 3.0 ㉚ 4.0

- 2 真空中で、平行板コンデンサーを電位差 V_0 で充電した後、電源から切り離して比誘電率 $\epsilon_r (> 1)$ の誘電体を極板間に満たした。誘電体で満たされた後の極板間の電位差 V 、極板間の電場の大きさ E 、コンデンサーが蓄える電気量 Q は、誘電体で満たされる前と比べてどのように変化するか。正しい組み合わせを選べ。

	V	E	Q
㉖	小さくなる	強くなる	増加する
㉗	小さくなる	弱くなる	変わらない
㉘	大きくなる	強くなる	変わらない
㉙	大きくなる	強くなる	増加する
㉚	変わらない	弱くなる	減少する

次の文章を読み、以下の問い(問題3～5)に答えよ。

図のように、抵抗値 R の電気抵抗、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサーを振幅 V_0 、角周波数 ω の交流電源に接続した。時刻 t に回路を流れる電流を $I = I_0 \sin \omega t$ とすると、交流電源の電圧は $V = V_0 \sin(\omega t + \theta)$ と表される。 θ は電圧の位相に対する電流の位相の遅れを表す。ここで、 ω の関数 f を次のように定義する。



$$f(\omega) = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

3 電気抵抗、コイル、コンデンサーで消費される電力の時間平均をそれぞれ、 $\overline{P_R}$ 、 $\overline{P_L}$ 、 $\overline{P_C}$ とする。交流電源から回路に供給される電力の時間平均 \overline{P} はいくらか。

- ㉗ $\overline{P_R}$ ㉘ $\overline{P_L}$ ㉙ $\overline{P_C}$ ㉚ $\overline{P_L} + \overline{P_C}$ ㉛ $\overline{P_L} - \overline{P_C}$

4 角周波数 ω を変えると、 $\omega = \omega_0$ のとき \overline{P} は最大値 $\overline{P_{\max}}$ となる。 $f(\omega_0)$ はいくらか。

- ㉜ $-2R$ ㉝ $-R$ ㉞ 0 ㉟ R ㊱ $2R$

5 $\overline{P} = \frac{\overline{P_{\max}}}{2}$ となる角周波数は ω_1 と ω_2 ($\omega_1 < \omega_2$) の二つがある。 $f(\omega_1)$ はいくらか。

- ㉜ $-2R$ ㉝ $-R$ ㉞ 0 ㉟ R ㊱ $2R$

- 6 地球が持つ固有の磁場を地磁気と呼び、その大きさは磁束密度の単位であるテスラ(T)で表す。栃木での地磁気の向きは、地図の真北よりも少し西よりにずれ、水平面から下方に傾いている。地磁気の鉛直成分は下向きに 3.5×10^{-5} T である。いま、地磁気の水平成分の方向を北として東西南北を定義する。栃木で長さ 2.0 m の導体棒を東西方向に保持し、速さ 10 m/s で北へ水平に運動させる。棒の両端の電位差は何 V か。また、正の電荷が現れるのは棒の東側と西側のどちらか。

	電位差(V)	正の電荷が現れる側
㉞	3.5×10^{-4}	東側
㉟	3.5×10^{-4}	西側
㊱	7.0×10^{-4}	東側
㊲	7.0×10^{-4}	西側
㊳	0	どちら側にも現れない

- 7 放射性崩壊を起こす原子核がある。この原子核 16 g のうち、32 日後に崩壊せずに残っていたのは 1.0 g であった。崩壊せずに残っている原子核が 0.25 g になるのは、初めから数えて何日後か。

㉞ 36 ㉟ 48 ㊱ 56 ㊲ 64 ㊳ 72

- 8 中性子が、静止した質量数 3 のヘリウム原子核(${}^3\text{He}$)に正面から弾性衝突した。中性子の速さはもとの速さの何倍になるか。最も近いものを選び。ただし、陽子と中性子の質量の違いは無視する。

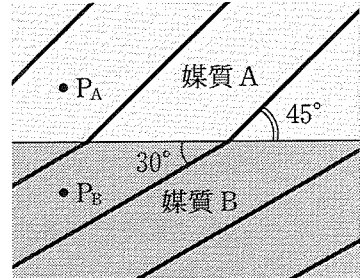
㉞ $\frac{1}{2}$ ㉟ $\frac{3}{5}$ ㊱ $\frac{4}{5}$ ㊲ 1 ㊳ $\frac{3}{2}$

9 ある金属にさまざまな振動数の光を当てたときの光電効果の結果をグラフにした。縦軸に光電子の運動エネルギーの最大値，横軸に光の振動数をそれぞれ国際単位系でとると直線が得られた。直線の横軸の切片を a ，縦軸の切片(グラフを振動数 0 まで延長したときの縦軸との交点)の絶対値を b とする。プランク定数はいくらか。

- Ⓐ a
 ⓑ b
 ⓒ ab
 Ⓓ $\frac{b}{a}$
 Ⓔ $\frac{a}{b}$

次の文章を読み，以下の問い(問題 10, 11)に答えよ。

図のように，媒質 A, B の境界面に向かって平面波が媒質 A から斜めに入射し，一部は境界面で屈折して媒質 B を進んでゆく。図の実線は平面波の山の波面を表している。入射波の波面と屈折波の波面が境界面となす角度は，それぞれ 45° と 30° である。媒質 A, B 中の任意の点をそれぞれ P_A , P_B とする。



10 媒質 A に対する媒質 B の屈折率はいくらか。

- Ⓐ $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 ⓑ $\frac{\sqrt{6}}{3}$
 ⓒ $\frac{\sqrt{3}}{2}$
 Ⓓ $\frac{\sqrt{6}}{2}$
 Ⓔ $\sqrt{2}$

11 点 P_A を波面が通過してから，次の波面が通過するまでの時間は Δt であった。点 P_B を波面が通過してから，次の波面が通過するまでの時間は Δt の何倍か。

- Ⓐ $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 ⓑ $\frac{\sqrt{6}}{3}$
 ⓒ 1
 Ⓓ $\frac{\sqrt{6}}{2}$
 Ⓔ $\sqrt{2}$

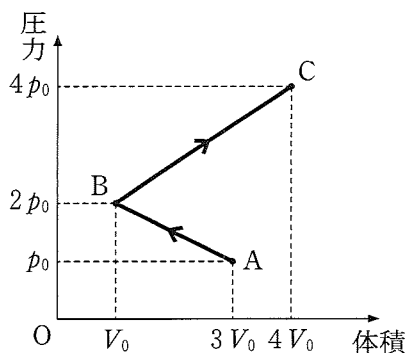
12 両端を固定した長さ 0.75 m の弦がある。弦を伝わる波の速さは 70 m/s である。弦を振動数 f で振動させたところ、弦に腹が 3 個の定常波ができた。 f は何 Hz か。

- ア 100 イ 110 ウ 120 エ 130 オ 140

13 回折格子とスクリーンを十分に離して互いに平行に置く。回折格子の面に垂直に波長 $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の単色光を入射し、スクリーン上の明線を観察した。入射光の方向に現れる中央の明線の一つ隣の明線は、入射光と角 30° をなす方向に現れた。この回折格子には、 1.0 cm あたり何本の溝があるか。

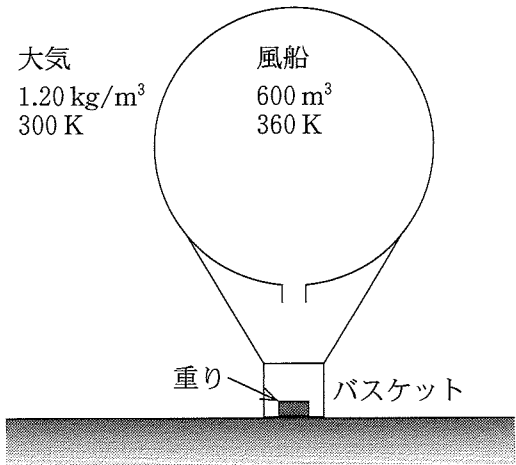
- ア 1.0×10^2 イ 1.0×10^3 ウ 1.0×10^4
 エ 1.0×10^5 オ 1.0×10^6

14 なめらかに動くピストンの付いたシリンダーの中に一定物質量の単原子分子理想気体が閉じ込められている。この気体を図のように、圧力 p_0 、体積 $3V_0$ の状態 A から、圧力 $2p_0$ 、体積 V_0 の状態 B を通って、圧力 $4p_0$ 、体積 $4V_0$ の状態 C まで図中の直線に沿ってゆっくりと変化させた。過程 A→B→C で気体が外部にした仕事の総和は p_0V_0 の何倍か。



- ア -6 イ $-\frac{5}{2}$ ウ 0 エ $\frac{5}{2}$ オ 6

15 図のように、薄い素材でできた体積 600 m^3 の風船と、重りの付いたバスケットからなる熱気球が地表に置かれている。風船内の空気を除いた熱気球全体の質量を M とする。風船内には小さなヒーターがあり、内部の空気の温度は 360 K で一様に保たれている。風船の下部には小さな開口部があり、風船内の圧力は大気圧と等しい。風船外部の大気の密度と温度は、それぞれ 1.20 kg/m^3 と 300 K で高度によらず一定とする。この気球が地表から浮上するための M が満たすべき必要十分条件を $M < M_0$ とする。 M_0 は何 kg か。ただし、大気は理想気体とし、重り付きバスケットの体積は無視できるものとする。



- Ⓐ 80.0 Ⓛ 100 Ⓜ 120 Ⓨ 140 Ⓧ 160

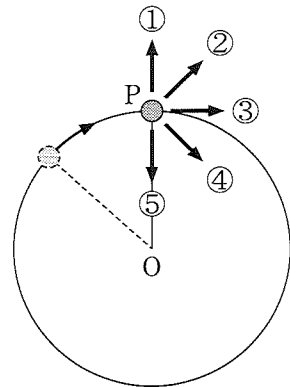
16 粒状の金属 0.50 kg を袋に詰め、床上 2.0 m の高さから 25 回静かに落下させたところ、金属の温度は $0.70 \text{ }^\circ\text{C}$ だけ上昇した。落下する際に重力がする仕事がすべて金属の温度上昇に使われたとすると、この金属の比熱は何 $\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ になるか。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗は無視する。

- Ⓐ 0.35 Ⓛ 0.70 Ⓜ 28 Ⓨ 350 Ⓧ 700

17 大きさが 1 N , 3 N , 5 N の三つの力がある。三つの力の作用線は同一直線上にある。三つの力の合力の大きさとしてあり得るのは以下の選択肢のうちどれか。

- Ⓐ 2 N Ⓛ 3 N Ⓜ 4 N Ⓨ 5 N Ⓧ 6 N

18 図のように、小球に軽い糸を付け、なめらかな水平面上で点Oを中心とする円周上を時計回りに等速円運動させる。図はこの円運動を真上から見たものである。いま、小球が点Pに達した瞬間に糸が切れる場合を考える。糸が切れる直前の小球の加速度の方向と、糸が切れた後の小球が運動する方向を表す矢印の組み合わせを選べ。



	糸が切れる直前の 小球の加速度の方向	糸が切れた後の 小球が運動する方向
ア	①	①
イ	③	③
ウ	④	②
エ	⑤	①
オ	⑤	③

次の文章を読み、以下の問い(問題 19, 20)に答えよ。

地球の重心を G_E 、月の重心を G_M とする。地球の質量は月の質量の 81 倍とする。

19 地球と月を一つの物体とみなしたときの重心はどこにあるか。

- ㉠ G_E と G_M を 1 : 81 に内分する点
- ㉡ G_E と G_M を 1 : 9 に内分する点
- ㉢ G_E と G_M を 1 : 3 に内分する点
- ㉣ G_E と G_M を 9 : 1 に内分する点
- ㉤ G_E と G_M を 81 : 1 に内分する点

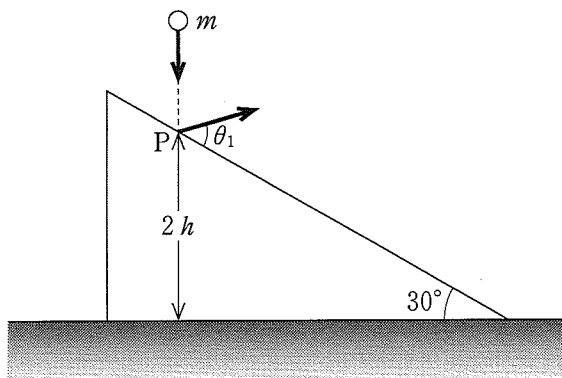
20 小隕石 A が G_E と G_M を結ぶ線分上にある。A にはたらく地球からの万有引力の大きさと、A にはたらく月からの万有引力の大きさが等しいとき、A の重心はどこにあるか。

- ㉠ G_E と G_M を 1 : 3 に内分する点
- ㉡ G_E と G_M を 1 : 9 に内分する点
- ㉢ G_E と G_M を 3 : 1 に内分する点
- ㉣ G_E と G_M を 9 : 1 に内分する点
- ㉤ G_E と G_M を 81 : 1 に内分する点

次の文章を読み、以下の問い(問題 21~25)に答えよ。

図のように、水平な床に傾斜角 30° のなめらかな斜面を持つ台が固定されている。質量 m の小球が、初速度 0 で距離 h だけ自由落下して、この斜面上の点 P に衝突した。点 P は床から高さ $2h$ の位置にあり、小球は衝突後、斜面から角度 θ_1 の方向にはね返った。小球と斜面との間の反発係数を $\frac{1}{3}$ とし、重力加速度の大きさを g とする。また、必要であれば以下の三角関数の公式を用いてもよい。

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$



21 $\tan \theta_1$ はいくらか。

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

22 はね返り直後の小球の速さは \sqrt{gh} の何倍か。

- ア $\frac{\sqrt{3}}{3}$ イ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ウ $\frac{\sqrt{6}}{3}$ エ 1 オ $\frac{\sqrt{6}}{2}$

23 小球は点 P ではね返った後、斜面上の点 Q で再び斜面と衝突した。点 P と点 Q との間の距離は h の何倍か。

- ア $\frac{2}{3}$ イ $\frac{8}{9}$ ウ 1 エ $\frac{3}{2}$ オ $\frac{5}{2}$

24 点 Q での衝突直前の小球の速さは \sqrt{gh} の何倍か。

- ア $\frac{\sqrt{14}}{6}$ イ $\frac{\sqrt{14}}{5}$ ウ $\frac{\sqrt{14}}{4}$ エ $\frac{\sqrt{14}}{3}$ オ $\frac{\sqrt{14}}{2}$

25 点 Q での衝突直前の小球の速度と斜面とのなす角度を θ_2 とする。 $\tan \theta_2$ はいくらか。

- ア $\frac{\sqrt{3}}{6}$ イ $\frac{\sqrt{3}}{5}$ ウ $\frac{\sqrt{3}}{4}$ エ $\frac{\sqrt{3}}{3}$ オ $\frac{\sqrt{3}}{2}$