

2023年度入学試験問題

理 科

物理・化学・生物

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学4枚，生物4枚，下書き用紙は4枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～8	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化 学	9～22	
生 物	23～33	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして機の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

物 理

「解答上の注意」

問題に単位の指定がない場合、用いられる記号はSI(国際単位系)単位に従っているものとする。各問いに対する解答では{ }内に記号が示されている場合には、その記号のうち必要なものを用いて記せ。示されていない場合は、各問いの指示に従って解答せよ。

第1問

図1のように、質量 m の小球をつけた長さ 2ℓ の軽い糸の端を点 P に固定する。糸がたるまないように鉛直下方から角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) になる点 A まで小球を持ち上げたのち静かにはなし、鉛直面内で小球を運動させる。小球が最下点 B を通る瞬間に、点 B から距離 ℓ だけ真上の点 O にある細い釘の位置を中心とする円運動に変わった。重力加速度の大きさを g とし、糸の伸び縮みおよび空気抵抗を無視して以下の問いに答えよ。

問1 点 A で小球を静かにはなした瞬間における糸の張力の大きさを求めよ。{ g, ℓ, m, θ }

問2 小球が点 B を通るときの速さ v_B を求めよ。{ g, ℓ, m, θ }

問3 小球が点 B を通る直前での糸の張力の大きさを求めよ。{ g, ℓ, m, v_B }

問4 小球が点 B を通った直後での糸の張力の大きさを求めよ。{ g, ℓ, m, v_B }

問5 糸がたるむことなく小球が運動を続けるときの角度 θ の最大値を求めよ。

図2のように、糸の角度をある角度 θ' ($0 < \theta' < \frac{\pi}{2}$) にして小球を静かにはなす。小球が点 B を通ったのち、鉛直下方に対し糸の角度が $\pi - \alpha$ ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$) である点 C を通過した瞬間から糸がたるみはじめた。

問6 小球にはたらく力のつり合いから点 C における小球の速さ v_C を求めよ。{ g, ℓ, α }

問7 小球が点 C から最高点へ達したのち、点 O にある細い釘に衝突するときの $\tan \alpha$ を求めよ。

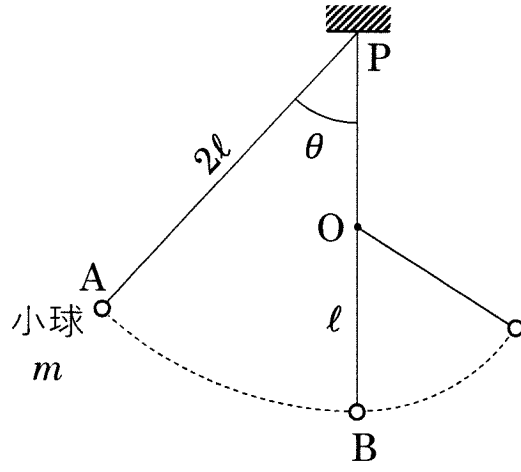


图1

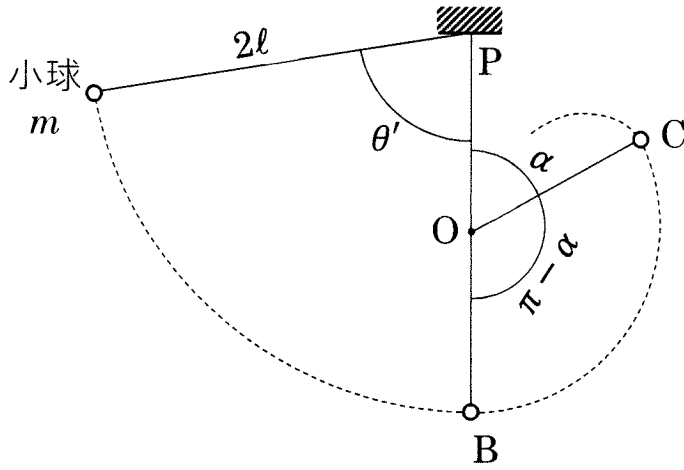


图2

第2問

図3に示すように、抵抗値 R の抵抗、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサを直列に接続した交流回路について考える。角周波数 ω の交流電圧 V を加えると、時刻 t において振幅 I_0 の交流電流 $I = I_0 \sin \omega t$ が流れた。 $\omega > 0$ とし、以下の問いに答えよ。

問1 回路を流れる電流 I を基準として、抵抗に加わる電圧 V_R およびコイルに加わる電圧 V_L の位相について考える。次の記号ア～エの中から適切なものを選び、記号で記せ。

- ア 電圧 V_R は同位相であり、電圧 V_L は $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。
- イ 電圧 V_R は同位相であり、電圧 V_L は $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れている。
- ウ 電圧 V_R は $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでおり、電圧 V_L は $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れている。
- エ 電圧 V_R は $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れており、電圧 V_L は $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。

問2 抵抗、コイル、コンデンサに加わる電圧 V_R , V_L , V_C を求めよ。 $\{R, L, C, I_0, \omega, t\}$

問3 回路全体の電圧 V の最大値を求めよ。 $\{R, L, C, I_0, \omega, t\}$

次に、図4に示すように、これらの素子を並列に接続し、振幅 V_0 の交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加える。

問4 抵抗、コイル、コンデンサに流れる交流電流 I_R , I_L , I_C を求めよ。 $\{R, L, C, V_0, \omega, t\}$

問5 ベクトルを用いて回路を流れる電流を xy 平面上で表すことを考える。ベクトルの大きさを交流電流の最大値に対応させ、ベクトルの回転角を電流の位相に対応させる。抵抗を流れる電流ベクトル \vec{I}_R が x 軸を向いたときに、コイルおよびコンデンサを流れる電流ベクトル \vec{I}_L , \vec{I}_C を解答用紙にある図 A に図示し、交流電源から流れる電流ベクトル \vec{I} をこれらのベクトルの合成を用いて作図せよ。ただし、各素子に流れる交流電流の最大値は $I_L < I_C < I_R$ である。

問6 図4の回路全体のインピーダンスを求めよ。 $\{R, L, C, V_0, \omega, t\}$

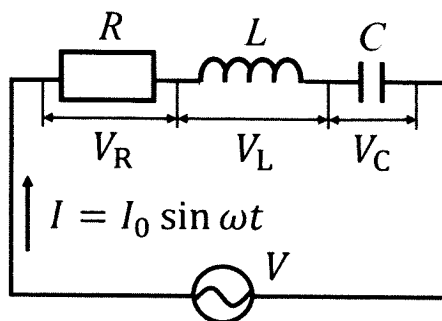


図3

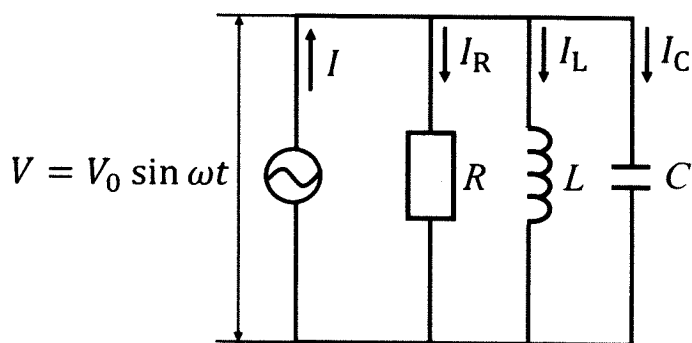


図4

第3問

容器の中に 1 mol の単原子分子理想気体を封じ込め、図5のように変化させた。ここで、 p は理想気体の圧力、 V は体積であり、 p_0 と V_0 は状態 B の圧力と体積である。また、 $A \rightarrow B$ は等温過程、 $B \rightarrow C$ は断熱過程、 $C \rightarrow A$ は等積過程である。以下の問いに答えよ。

問1 状態 A での圧力 p_A を求めよ。 $\{p_0, V_0\}$

問2 断熱変化では、圧力 p と体積 V の間にポアソンの法則 $pV^\alpha = \text{一定}$ (ただし α は定数) が成り立つ。状態 C での圧力 p_C を求めよ。 $\{p_0, V_0, \alpha\}$

問3 状態 B の温度を T_0 とするとき、状態 C の温度 T_C を求めよ。ただし、 2^α の値を 3.2 として答えよ。 $\{T_0, V_0\}$

問4 状態 A、状態 B、状態 C の中で、理想気体分子の2乗平均速度が最も速いのはどの状態か答えよ。

問5 $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow A$ のうち、理想気体が熱量を吸収する過程はどれか。また、理想気体が熱量を放出する過程はどれか。解答欄に、それぞれ該当する過程をすべて丸で囲め。

次に、この理想気体を冷媒(冷却用のガス)として使い、図5の過程 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ を 1 サイクルとする冷蔵庫を考える(図6)。理想気体を用いた冷却装置は、熱量 Q_1 を冷蔵庫から吸収し、熱量 Q_2 を冷蔵庫外部に放出することで、冷蔵庫を冷やしている。ただし、 $Q_1 > 0$ 、 $Q_2 > 0$ である。

問6 図5の 1 サイクルで、冷媒の理想気体がされた仕事を W とする。

- (1) W 、 Q_1 、 Q_2 の間の関係式を示せ。
- (2) この冷蔵庫が動作するためには、電源から電力を得る必要がある。このことと(1)の関係式を考慮し、 Q_1 と Q_2 の大小関係を求めよ。その理由も簡潔に示せ。

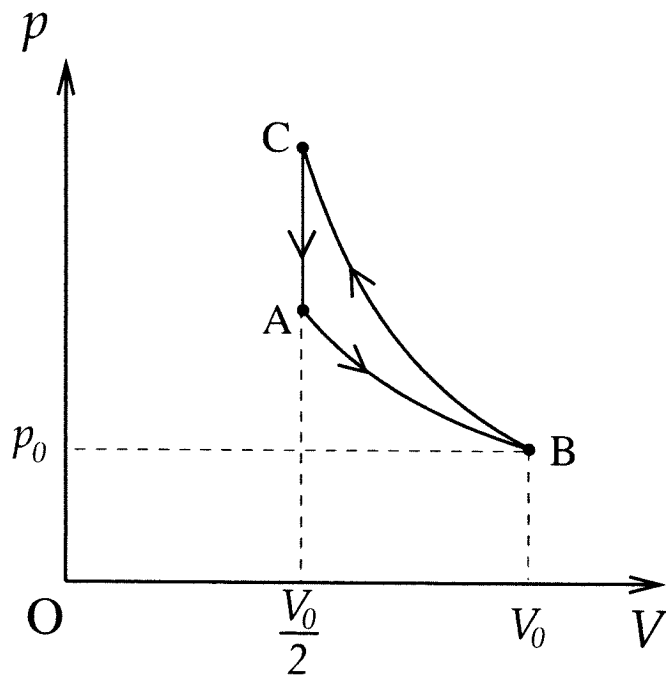


図 5

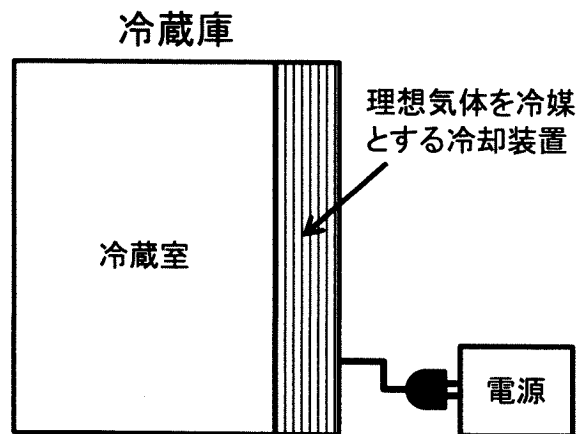


図 6

第4問

図7のように、水面上で離れた2点 A, B の波源から同位相で振幅、波長の等しい同心円状の波が出ている。図の実線はある瞬間におけるそれぞれの波の山の波面、破線は谷の波面を表している。

問1 線分 AB の中点 O は、2つの波が強めあう点か、弱めあう点か答えよ。

問2 点 A と B の間に生じる、強めあう点を連ねた曲線をすべて解答用紙の図に描け。

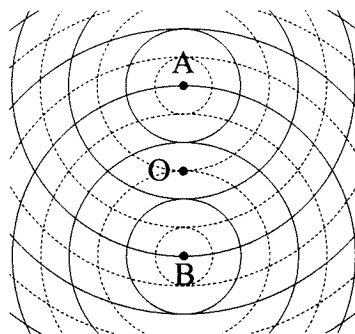


図7

音波でも図7と同様に干渉を起こすとして、音波の干渉を考えよう。図8のように、点 O から距離 d 離れた点 A, B に音源が置かれている。2つの音源は、同位相で振幅と振動数の等しい音波を発している。 x 軸と y 軸を図のようにとり、点 O から x 軸の正の方向に距離 s だけ離れた点 C にはマイクが置かれている。

点 C に置かれたマイクを、点 C から距離 d 離れた点 D の方向へ y 軸と平行にゆっくり動かす。このとき、音の大きさは一度極小となった後に点 D において極大となった。空気中の音速を V として、以下の問いに答えよ。

問3 BD と AD の距離の差 $\Delta r = BD - AD$ を答えよ。 $\{s, d\}$

問4 音波の振動数を求めよ。 $\{\Delta r, V\}$

つぎに、マイクを点 D から x 軸と平行に音源 A の方向へゆっくり動かす。このとき、音の大きさは一度極小となった後に極大となり、さらにマイクを動かし続けると、再び極小となった後に点 A において極大となった。

問5 音波の波長は d の何倍であるか答えよ。

問6 音波の波長は s の何倍であるか答えよ。

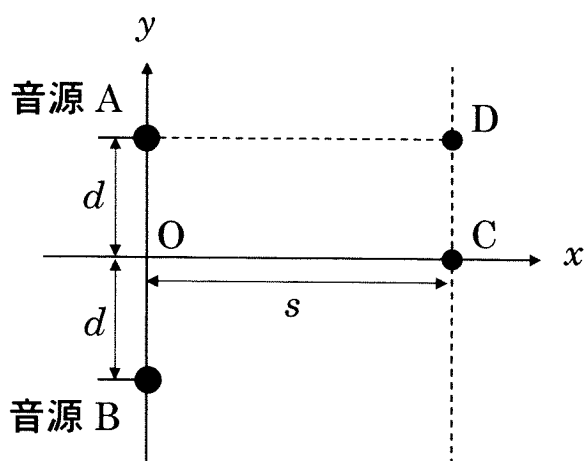


図 8

