

平成 27 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 43 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

物 理

物理問題 1

次の文章中の を埋めよ。

- (1) 一様な重力のもとで、おもりの質量 m 、糸の長さ L の振り子が図 1 のように単振り子運動をしている。おもりが最も高くなった位置 A での糸と鉛直線のなす角を θ とすると、点 A と最下点 O との高さの差 h は $h =$ ア である。最下点 O を位置エネルギーの基準点とする。重力加速度を g とすると、点 A でのおもりの位置エネルギー U は $U =$ イ となる。最下点 O でのおもりの速度を V とすると、 $V =$ ウ , またこのときの糸の張力 S は $S =$ エ となる。

- (2) 総質量 M のロケットが推進力 F で鉛直上向きに打ち上げられた。重力加速度を g とすると、打ち上げ直後の鉛直上向きの加速度 a は オ となる。このロケットに乗っている質量 m の人がロケットから受ける力 R を m 、 a および g を用いて表すと、 $R =$ カ である。

上空で燃料のなくなった質量 M_1 の第一段ロケットが切り離され落下をはじめた。やがて第一段ロケットに設置されているパラシュートが開き、落下の速度 v に比例する抵抗力 kv が第一段ロケットにはたらいだ。ここに k は正の比例定数とする。このとき第一段ロケットの鉛直下向きの加速度を b とすると、 $M_1 b =$ キ となる。第一段ロケットが地表に到達する頃、その速度は一定になると考えられる。その大きさを v_0 とすると、 $v_0 =$ ク となる。

第一段ロケットが切りはなされた残りの部分は半径 R の等速円運動をして地球をまわる人工衛星になった。半径 R の軌道をまわる人工衛星になるには、人工衛星にはたらく向心力と万有引力が等しくならなければならない。このことから人工衛星の速度 V を万有引力定数 G と地球の質量 M_e を用いてあらわすと、 $V =$ ケ となり、円周率を π とすると、人工衛星の周期 T は $T =$ コ となる。

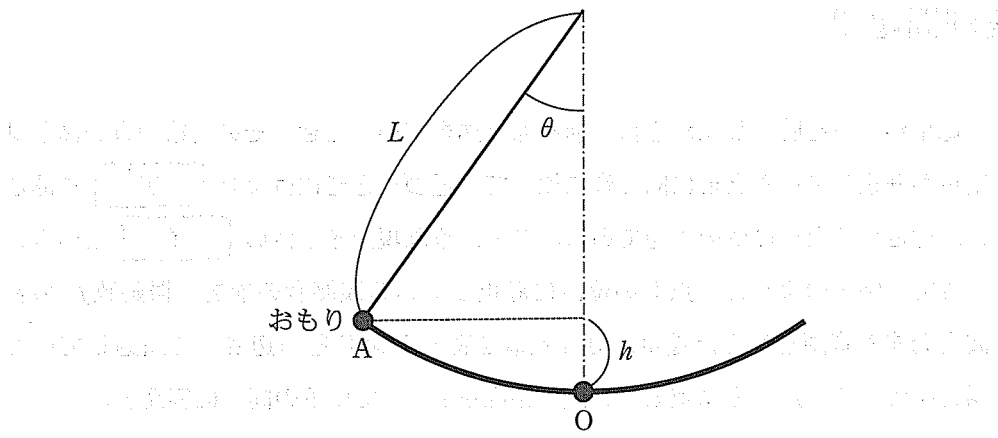


図 1

この図は、曲線の幾何学的な性質を示している。点 A から点 O までの距離は、曲線の長さ L と、点 A から点 O までの水平距離と、点 O から点 A までの垂直距離とで構成される。角度 θ は、点 A から点 O までの直線距離と、点 O から点 A までの垂直距離との間の角度を示している。また、点 O における曲線の傾きを h と表している。

おもり

物理問題 2

電車が警笛を鳴らしながら目の前を通り過ぎていくとき、その警笛の音の高さは電車が静止しているときに聞く音に比べて、近づくときにはより く聞こえ、遠ざかるときにはその逆である。このような現象を音波の という。

さて、図1のように、点Pの位置に静止している観測者の前を、振動数 f_0 の音波を発する音源を備えた電車が直線軌道を音速 V より遅い速さ v で通過していく場合を考える。点Pと軌道までの最短距離を l として以下の問いに答えよ。

- (1) 文中の に当てはまる言葉を記せ。
- (2) 音源と点Pを結ぶ直線と電車の進行方向とのなす角度が θ の地点で音源が発した音波を観測者が観測したところ、その振動数は f であった。 f を f_0 、 V 、 v および θ を用いて表せ。
- (3) 音源の速さ v が $v = \frac{1}{2}V$ である場合に、音源が $\theta = 60^\circ$ の地点で発した音波を観測者が観測すると、その振動数は f_1 であった。 f_1 を f_0 を用いて表せ。

(3)と同様に $v = \frac{1}{2}V$ である場合に、音源が観測者の正面(点Oの位置)で発した音波を観測者が受けた瞬間に、観測者はその受けた音波と同じ振動数 f_2 の音波を送り返した。

- (4) f_2 を f_0 を用いて表せ。
- (5) 観測者が送った音波は、音源が点Oから距離 r だけ離れた点Rの位置に達したときに音源に届いた。距離 r を l を用いて表せ。ただし、 v は $v = \frac{1}{2}V$ で一定であるとする。
- (6) (5)で音源に届いた音波を、音源の位置に置かれた測定器で観測したところ、その振動数は f_3 であった。 f_3 を f_2 を用いて表せ。

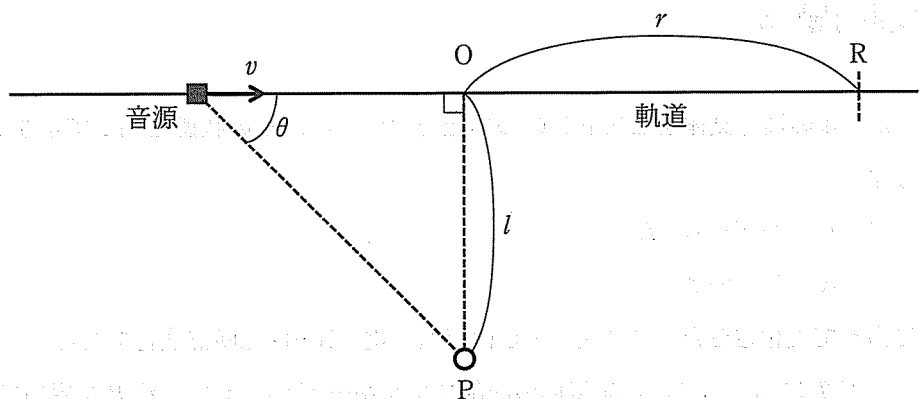


图 1

此情形下，音源在运动过程中，其位置不断变化，因此，在运动过程中，音源与接收点的距离不断变化，从而引起接收点的声压随时间变化。

在运动过程中，音源的位置不断变化，因此，在运动过程中，音源与接收点的距离不断变化，从而引起接收点的声压随时间变化。

在运动过程中，音源的位置不断变化，因此，在运动过程中，音源与接收点的距离不断变化，从而引起接收点的声压随时间变化。

物理問題 3

n モルの理想気体をピストンのついた容器に入れ、その状態を図 1 で示す 2 つの経路

(ア) $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$

(イ) $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$

に沿って変化させた。ここで $B \rightarrow C$ は等温変化、 $B \rightarrow D$ は断熱変化である。

温度 T におけるこの理想気体の内部エネルギー U が、気体定数 R を用いて

$$U = xnRT$$

(x はある係数) で与えられるとする。図 1 に与えられた p_1, p_2, V_1, V_2, n および x を用いて、以下の問いに符号に注意して答えよ。

- (1) $A \rightarrow B$ の変化において、気体に与えた熱量を求めよ。
- (2) $D \rightarrow A$ の変化において、気体が外部にした仕事を求めよ。
- (3) $D \rightarrow A$ の変化において、気体に与えた熱量を求めよ。
- (4) (3)の結果より、この理想気体の定圧モル比熱が $(x + 1)R$ で与えられることを簡潔に説明せよ。
- (5) C の状態における気体の内部エネルギーを求めよ。
- (6) $C \rightarrow D$ の変化において、気体に与えた熱量を求めよ。
- (7) 気体の断熱膨張において、温度が下がる理由を簡潔に説明せよ。
- (8) $B \rightarrow D$ の断熱膨張において、気体が外部にした仕事を求めよ。

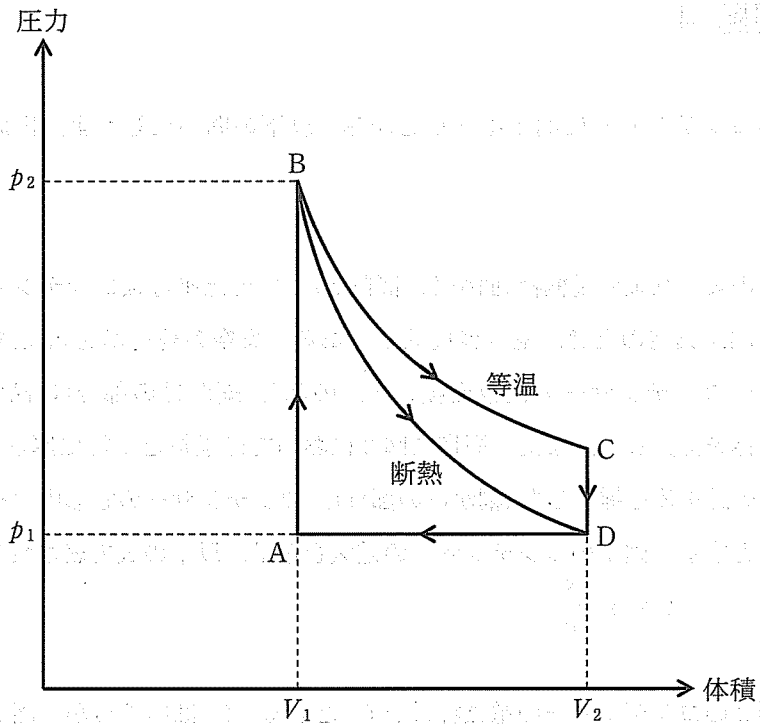


图 1

在图 1 中，A、B、C、D 为循环的四个状态点。A 点的压力和体积分别为 p_1 和 V_1 ，B 点的压力和体积分别为 p_2 和 V_1 ，C 点的压力和体积分别为 p_2 和 V_2 ，D 点的压力和体积分别为 p_1 和 V_2 。循环过程为：A→B 为等容过程，B→C 为等温膨胀过程，C→D 为等容过程，D→A 为等压压缩过程。图中还标出了断热过程 B→D。

物理問題 4

次のコンデンサーに関する文章を読み、以下の問いに答えよ。円周率を π とする。

図1のような金属電極板(面積 S , 間隔 d)でできた平行板コンデンサーがある。電極板間が真空のとき、電気容量は C である。真空の誘電率を ϵ_0 とする。図2では、このコンデンサーの極板面積の $\frac{1}{3}$ の部分(網かけの部分)に誘電率 $\epsilon = 4\epsilon_0$ の誘電体を挿入した。また、同様に図3においては極板と平行に厚さが $\frac{1}{3}d$ で誘電率 ϵ の誘電体を挿入した(網かけの部分)。コンデンサーの容器中のその他の空間は真空とする。図1のコンデンサーの電気容量は、以下の式で表される。

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

- (1) 図2のコンデンサーの電気容量を C_1 とする。 C_1 はいくらか。図1の電気容量 C を用いて求めよ。
- (2) 図2の状態では、電極板間に直流電源から電圧 V を加え十分に時間を経過した後電源を取り除いた。このときコンデンサーに蓄えられた電気量を Q_1 、静電エネルギーを U_1 とする。
 - (ア) 電気量 Q_1 を C_1 および V を用いて表せ。
 - (イ) 静電エネルギー U_1 を C_1 および V を用いて表せ。
- (3) 図3の状態におけるコンデンサーの電気容量を C_2 とする。 C_2 を電気容量 C を用いて表せ。ただし計算過程も示すこと。
- (4) 図3のコンデンサーに蓄えられる電気量が、(2)に示した図2のコンデンサーの電気量 Q_1 と等しくなるように電圧 V_1 を加えた。このときの V_1 を V を用いて表せ。
- (5) 極板の面積および誘電体の極板上の面積と誘電率は図2と等しく、電気容量が図1のコンデンサーの電気容量と等しいコンデンサーを作る。このコンデンサーの極板間の間隔を d で表せ。ただし計算過程も示すこと。

- (6) 図1のコンデンサーに、周波数 f 、実効値 V_e の交流電源をつないだ。
 (ア) このときのコンデンサーのリアクタンス(容量リアクタンス) R_c を求めよ。
 (イ) コンデンサーに流れる電流の実効値 I_c を求めよ。

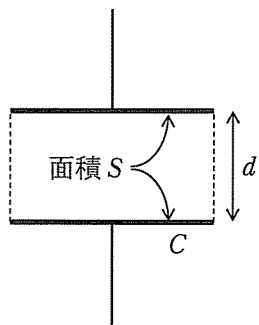


図1

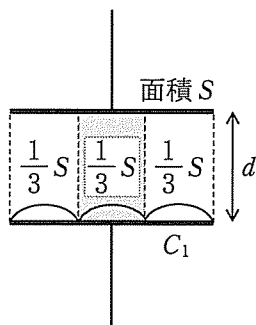


図2

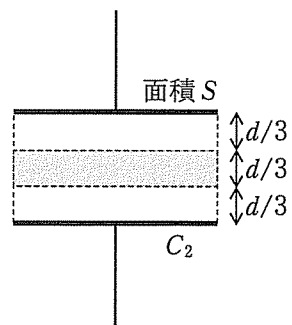


図3