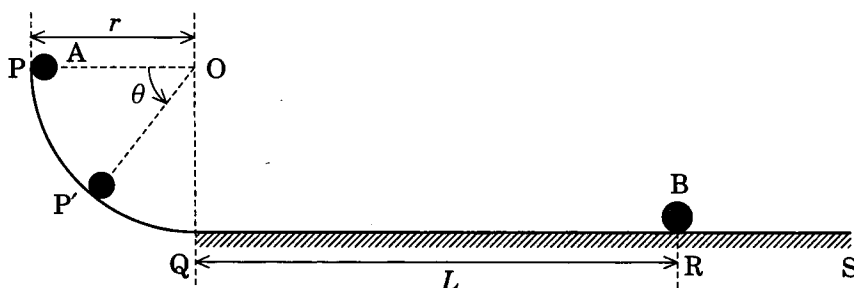


物 理

- 1 次の に適当な式、記号を入れよ。
ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。



図のように、なめらかな曲面 PQ 及び粗い水平面 QS があり、曲面 PQ は Q 地点において水平面 QS と接続している。曲面 PQ は点 O を中心とする半径 r [m] の円弧であり、直線 OP は鉛直方向 OQ に対して直角をなしている。また、P' 地点は曲面 PQ 上にあり、直線 OP と直線 OP' のなす角は θ [rad] である。

ここで、質量 m [kg] の物体 A を P 地点に静かににおいて運動をさせた。物体 A は、曲面をすべりおりて水平面上を運動し、Q 地点から距離 L [m] 離れた R 地点に置かれた物体 B と衝突した。ただし、水平面の動摩擦係数を μ' とする。また、物体 A、B の大きさは無視できるものとする。

問 1 物体 A が曲面の P' 地点を通過するときの速さ v [m/s] と曲面から受ける抗力 N [N] は、

$$v = \boxed{\quad (1) \quad}$$

$$N = \boxed{\quad (2) \quad}$$

である。

問 2 曲面をすべりおりた物体 A は、Q 地点を速さ v_1 [m/s] で通過し、水平面上で摩擦力を受けながら等加速度運動をした。Q 地点から S 地点へ向かう運動の向きを正とするとき、速さ v_1 [m/s] と加速度 a [m/s²] は

$$v_1 = \boxed{\quad (3) \quad}$$

$$a = \boxed{\quad (4) \quad}$$

である。R地点で、物体Aが物体Bと衝突する直前の物体Aの速さ v_A [m/s]を、 g 、 r 、 μ' 、 L を用いて表すと、

$$v_A = \boxed{\quad (5) \quad}$$

であり、Q地点を通過してから衝突するまでに要した時間 T [s]を、 g 、 r 、 μ' 、 L を用いて表すと、

$$T = \boxed{\quad (6) \quad}$$

である。

2 台車に乗せたおんさ A, B と観測者 O が, 下図のように直線上に並んでいる。これらはいずれもこの直線上を動くものとする。ただし, 空気は一様で風はなく, おんさ A の振動数を f [Hz], 音速を V [m/s] とする。以下の各問に答えよ。

〔I〕 最初に, おんさ A, B と観測者 O を静止させた状態で, おんさ A, B を鳴らしたとき, 観測者 O に毎秒 n 回のうなりが聞こえた。

(1) おんさ A を, 静止している観測者 O に向かって一定の速さで走らせたところ, うなりが消えた。

(i) おんさ B の振動数を求めよ。

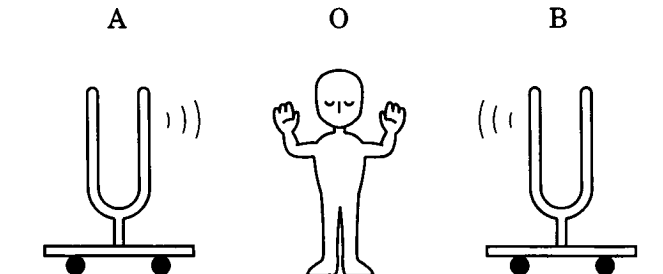
(ii) うなりが消えたときの, おんさ A の速さを, f, V, n を用いて表せ。

(2) おんさ A と観測者 O を静止させた状態で, おんさ B を一定の速さで走らせたところ, うなりが消えた。

(i) うなりが消えたのは, おんさ B を『観測者 O に近づく向き』, または『観測者 O から遠ざかる向き』のいずれに走らせたときか。

(ii) うなりが消えたときの, おんさ B の速さを, f, V, n を用いて表せ。

〔II〕 次に, おんさ A と同じ振動数のおんさ C をおんさ B と入れかえ, おんさ A とおんさ C を観測者 O の両側に静止させた状態で鳴らした。ここで観測者 O を一定の速さ u [m/s] でおんさ A の方に向かって走らせたところ, うなりが聞こえた。観測者 O が 1 秒間に聞くうなりの回数を求めよ。



3 次の文章の の中に適当な式を入れよ。ただし、⑤については解答欄に図示せよ。また、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩および⑮、⑯、⑰については、{ }の中の適当な言葉を選んで、解答欄に記入せよ。

[1] 電気容量 C のコンデンサー C が図 1 のように交流電源に接続されている。電源電圧 V は、 $V = V_0 \sin \omega t$ である。ここで、 V_0 は最大電圧、 ω は角周波数(角振動数)、 t は時間である。電圧は、図において A 点の電位が B 点より高いときを正とし、電流は矢印の方向を正とする。電源の内部抵抗は無視できるものとする。

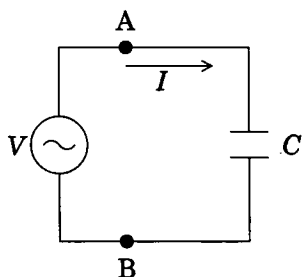


図 1

(i) 時間 Δt の間に、コンデンサー C にたくわえられている電気量が ΔQ だけ増加すれば、交流電流 I は、

$$I = \text{①} \dots\dots\dots(1)$$

である。この式に、コンデンサー C にたくわえられる電気量 Q と電源電圧 V の関係を考えて、時間 Δt の間の電源電圧 V の変化 ΔV を用いると、交流電流 I は、

$$I = \text{②} \dots\dots\dots(2)$$

となる。

(ii) 時間 Δt が小さいとき

$$\Delta V = V_0 \sin \omega (t + \Delta t) - V_0 \sin \omega t \dots\dots\dots(3)$$

は、近似的に

$$\Delta V = V_0 \omega \cos \omega t \cdot \Delta t \dots\dots\dots(4)$$

である。式(4)を式(2)に代入して計算すると、交流電流 I は

$$I = \boxed{\text{③}} \dots\dots\dots(5)$$

となる。このとき、交流電流 I の最大値 I_0 は、 ω 、 V_0 、 C を用いて書くと、

$$I_0 = \boxed{\text{④}} \dots\dots\dots(6)$$

である。

(iii) 式(5)を用いて、交流電流 I の時間変化を解答欄の⑤に図示せよ。ただし、図の横軸の T は $\frac{2\pi}{\omega}$ である。

(iv) 解答欄の⑤に描いている電源電圧 V のグラフにおいて、 $t=0$ を中心に含む時間 Δt の間で、電源電圧 V の変化 ΔV がもっとも大きくなる。この $t=0$ のときの交流電流 I の値は {⑥：最小，ゼロ，最大} である。その後、 t が正の方向に進むにつれて、 ΔV は徐々に小さくなり、 $t = \frac{T}{4}$ を中心に含む時間 Δt の間で、電源電圧 V の変化 ΔV がゼロになる。

この $t = \frac{T}{4}$ のときの交流電流 I の値は {⑦：最小，ゼロ，最大} である。さらに t が正の方向に進むと、時間 Δt の間の電源電圧 V の変化 ΔV は負の値をとる。 $t = \frac{T}{2}$ を中心に含む時間 Δt の間の電源電圧 V の変化 ΔV の絶対値は {⑧：最小，最大} である。

この $t = \frac{T}{2}$ のときの交流電流 I の値は {⑨：最小，ゼロ，最大} である。

(v) 交流電流 I は、電源電圧 V に比べ、位相が $\frac{\pi}{2}$ だけ {⑩：進んで、遅れて} いる。

〔2〕 自己インダクタンス L のコイル L が、図 2 のように交流電源に接続されている。交流電流 $I = I_0 \sin \omega t$ が流れている。ここで、 I_0 は最大電流、 ω は角周波数(角振動数)、 t は時間である。電流は矢印の方向を正とし、電圧は図において A 点の電位が B 点より高いときを正とする。電源とコイルの内部抵抗は無視できるものとする。

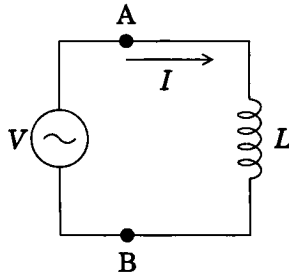


図 2

(i) 時間 Δt の間に交流電流 I が ΔI だけ変化すれば、コイル L に生じる逆起電力 V_r は、

$$V_r = \boxed{\text{⑪}} \dots\dots\dots(7)$$

である。このとき、抵抗がないから、電源電圧 V は、

$$V = \boxed{\text{⑫}} \dots\dots\dots(8)$$

である。

(ii) 時間 Δt が小さいとき

$$\Delta I = I_0 \sin \omega (t + \Delta t) - I_0 \sin \omega t \dots\dots\dots(9)$$

は、近似的に

$$\Delta I = I_0 \omega \cos \omega t \cdot \Delta t \dots\dots\dots(10)$$

である。このとき、式(10)を式(8)に代入して計算すると、電源電圧 V は

$$V = \boxed{\text{⑬}} \dots\dots\dots(11)$$

となる。このとき、電源電圧 V の最大値 V_0 は、 ω 、 I_0 、 L を用いて書くと

$$V_0 = \boxed{\text{⑭}} \dots\dots\dots(12)$$

である。

(iii) 交流電流 I と電源電圧 V の時間変化は図 3 に示すようになる。この図より分かるように、時間 Δt の間の交流電流 I の変化 ΔI 、すなわち $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ が最大のとき、電源電圧 V の値は {⑮：最小，ゼロ，最大} であり、 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ が最小のとき、電源電圧 V の値は {⑯：最小，ゼロ，最大} である。また $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ がゼロのとき、電源電圧 V の値は {⑰：最小，ゼロ，最大} である。

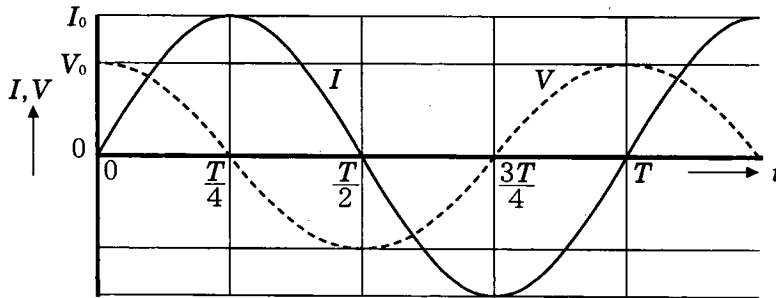


図 3