

1

以下の問いに答えなさい。解答欄には、答えのみを書きなさい。

- (問 1) 鉛直下向きに雨が降っている。水平方向に速さ 10 m/s の電車に乗った人から見ると、雨は鉛直下向き方向から 30° 傾いて降っているように見えた。地面に対する雨の速さを求めなさい。根号はそのままよい。

- (問 2) 電気抵抗とコイルが直列に接続されている回路に、角周波数 ω の交流電圧を加えた。この回路の合成インピーダンスの大きさ Z を求めなさい。ただし、電気抵抗値を R 、コイルのインダクタンスを L とする。

- (問 3) 左向きに一様で、強さが 200 V/m の電場中に、 $-2.5 \times 10^{-9} \text{ C}$ の電荷を置いたとき、電荷に働く力の向きと大きさを求めなさい。

3

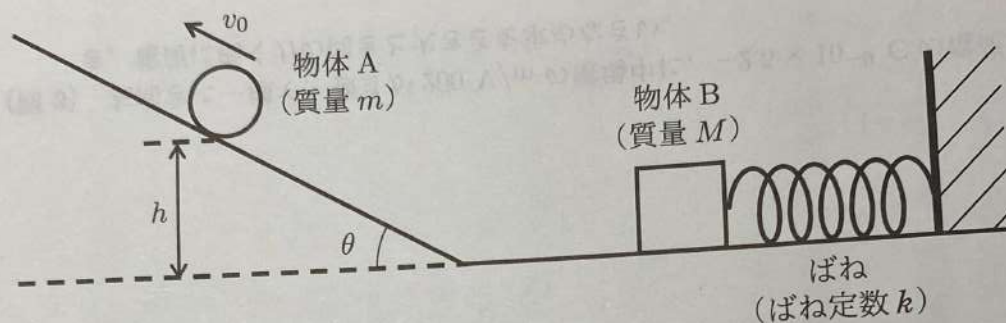
(問 4) 定積モル比熱 C_v の気体 n モルが体積一定の容器に満たされている。気体を加熱したところ気体の温度は ΔT 上昇した。気体の内部エネルギーの変化を求めなさい。

(問 5) 熱効率が 0.15 の熱機関がある。この熱機関が 60 J の仕事をしたとき、熱機関に与えた熱は何 J か求めなさい。

(問 6) 焦点距離 30 cm の凸レンズの前方 45 cm の位置に置いた物体が後方に像を結ぶ位置と、像の倍率を求めなさい。

2

図のように、水平面となす角 θ の斜面上より、質量 m の物体 A が速さ v_0 で斜面にそって上向きに運動を開始した。そのときの A の水平面からの高さは h であった。A は斜面を上昇し最高点で折り返した後、斜面を降下し、さらに斜面となめらかに接続している水平面上を運動した。その後、A は一端が固定されたばねの他端に取り付けられている質量 M の物体 B と衝突した。衝突時ばねは自然長で静止しており、また衝突後物体 A は静止した。重力加速度の大きさを g 、ばね定数を k とし、質点とすべての面との間の摩擦は無視できるものとして、以下の問いに答えなさい。解答欄には、答えと必要に応じて計算式も書きなさい。



(問 1) 斜面上を運動する物体 A に作用する力を図示しなさい。また力の名称も合わせて答えなさい。

(問 2) 最高点の水平面からの高さを求めなさい。

(問 3) 物体 A が運動を開始してから水平面に到達するまでの時間を求めなさい。

(問 4) 水平面に到達したときの物体 A の速さを求めなさい。

以下の問いでは、水平面に到達したときの物体 A の速さを v として解答しなさい。

(問 5) 衝突直後の物体 B の速さを求めなさい。

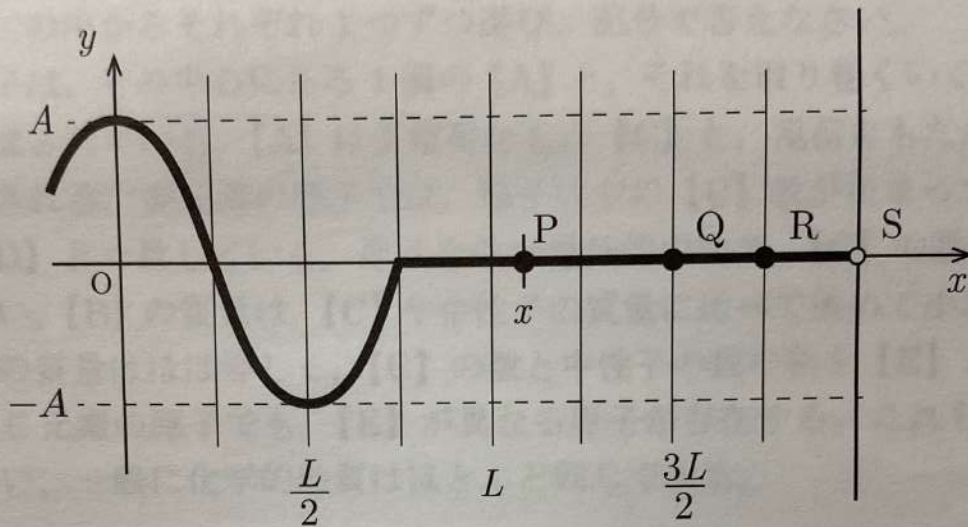
(問 6) 物体 A と B の間の反発係数を求めなさい。

(問 7) 1 回目と 2 回目の衝突の間におけるばねの自然長からの縮みの最大値を求めなさい。

(問 8) 1 回目の衝突から 2 回目の衝突までの時間を求めなさい。

3

一端が図中 S 点で固定されている媒質中を x 軸の正の向きに減衰することなく進む振幅 A 、周期 T の正弦波がある。この波の先端が原点を通過した瞬間を時刻 $t = 0$ とする。図は $t = \frac{3}{4}T$ における媒質の様子である。以下の問いに答えなさい。解答欄には、答えと必要に応じて計算式も書きなさい。



(問 1) 波の波長 λ を L を用いて表しなさい。

(問 2) 波の速さ v を L 、 T を用いて表しなさい。

はじめに、波が反射する前の状態 ($0 \leq t \leq 2T$) について考える

(問 3) 原点における時刻 t の媒質の変位を y_0 とする。 y_0 の式を A 、 T 、 t を用いて表しなさい。

(問 4) 原点から x 離れた位置にある P 点の、波が通過した後の時刻 t における変位 y の式を求めてみよう。(1)~(3) に適切な式を入れ、次の文章を完成させなさい。

P 点での振動の様子は原点における媒質の振動に対して遅れる。この遅れた時間は x , v を用いて (1) と表せる。このことから、時刻 t における P 点の変位は、原点における媒質の時刻 (2) における変位と等しいことがわかる。(問 3) で得た結果と (2) を用いることで、P 点の時刻 t における変位は $y =$ (3) と表される。

次に、正弦波が S 点で反射した後の媒質の状態について考える。

(問 5) S 点が自由端であったとする。このとき $t = \frac{5}{2}T$ における Q 点の振幅を答えなさい。

(問 6) S 点が固定端であったとする。十分時間が経過したのち、媒質に形成される波の名称、および、R 点の振幅を答えなさい。

1

(問 1)	$10\sqrt{3} \text{ m/s}$	(問 2)	$\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$	(問 3)	右向きに, $5.0 \times 10^{-7} \text{ N}$
(問 4)	$nC_v \Delta T$	(問 5)	$4.0 \times 10^2 \text{ J}$	(問 6)	90 cm, 2 倍

2

(問 1) 	(問 2) 求める高さを h' とすると, 力学的エネルギーの保存より, $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = mgh'$. よって, $h' = h + \frac{v_0^2}{2g}$		
(問 2) 斜面と水平面の接続部に原点, 斜面に沿って上向きに x 軸をとると, 斜面に沿った加速度は $-g \sin \theta$. 運動を開始した時刻を $t = 0$ とすると, 質点の位置 $x(t)$ は, $x(t) = \frac{h}{\sin \theta} + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \sin \theta$. 水平面に到達したとき, $x = 0$ となるから, 求める時刻 T は, 次式を満たす: $\frac{h}{\sin \theta} + v_0 T - \frac{1}{2}gT^2 \sin \theta = 0.$ $T > 0 \text{ より, } T = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g \sin \theta}.$		(問 4) 求める速さを v とすると, 力学的エネルギーの保存より, $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mv^2.$ $v > 0$ より, $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$.	
(問 5) 求める速さを V とすると, $mv = MV$. よって, $V = \frac{m}{M}v$.	(問 6) $e = -\frac{0-V}{v-0} = \frac{V}{v} = \frac{m}{M}.$		
(問 7) 求める最大値を x とすると, 力学的エネルギーの保存より, $\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}kx^2$. $x > 0$ より, $x = V\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{m}{M}v\sqrt{\frac{M}{k}}.$		(問 8) $\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$	

3

(問 1)	$\lambda = L$	(問 2)	$v = \frac{L}{T}$	(問 3)	$y_0 = -A \sin \frac{2\pi}{T} t$	(問 4) (1)	$\frac{x}{v}$
(問 4) (2)	$t - \frac{x}{v}$	(問 4) (3)	$y = -A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$	(問 5)	0	(問 6)	定常波 (定在波) 振幅 $2A$