

1

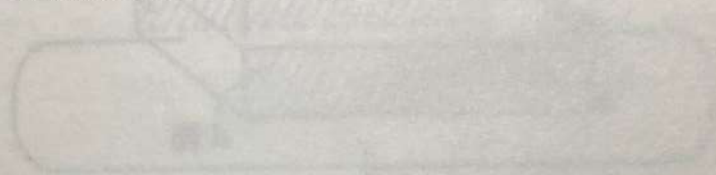
以下の問いに答えなさい。解答欄には、答えのみを書きなさい。

(問 1) 水平な床から高さ 5.0 m の地点から、物体を落下させた。物体は床に衝突して、高さ 3.2 m のところまではね上がり、その後再び落下した。物体と床の間の反発係数を求めなさい。

(問 2) 一定量の理想気体が閉じ込められたなめらかに動くピストンを持つ容器がある。温度が一定のまま、体積を $\frac{1}{2}$ 倍に圧縮すると、内部の気体の圧力は何倍になるか答えなさい。

(問 3) 圧力 3.0×10^5 Pa のもとで、気体を $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ から $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ まで膨張させた。このとき気体がした仕事を求めなさい。

- (問 4) 振動数 400 Hz のおんさ A と振動数のわからないおんさ B がある。おんさ B の方が音が低く聞こえ、2 つのおんさを同時に鳴らすと、2 秒間に 6 回のうなりが聞こえた。おんさ B の振動数を求めなさい。

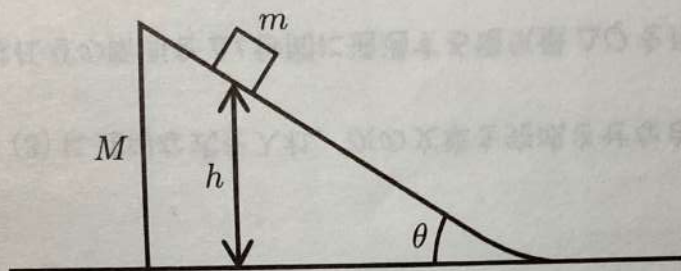


- (問 5) 10 cm 離れた 2 つの波源 A, B から波長 4 cm の波が同位相で送り出されている。AB 間にできる腹の数を求めなさい。

- (問 6) 100Ω の抵抗器を 5.0 V の直流電源に接続して 10 秒間通電したとき、抵抗器で発生するジュール熱を求めなさい。

2

図のように、水平な床の上に、質量 M の台が静止している。台は傾斜角 θ の斜面をもち、斜面は床となめらかに接続している。斜面上で床からの高さが h の場所に質量 m の物体を置き、静かにはなしたところ、物体は斜面を下り始めた。重力加速度の大きさを g とし、台と物体の間の摩擦は無視できるものとする。以下の二つの場合について、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。



[A] 台が床に固定されている場合

(問 1) 斜面を下る物体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) 斜面を下る物体の加速度の大きさを求めなさい。

(問 3) 物体が静かにはなされてから斜面上を L だけ下るまでの時間を求めなさい。

(問 4) 斜面上を L だけ下ったときの物体の速さ v_0 を求めなさい。

[B] 台が床の上を摩擦なく自由に動くことができる場合

(問 5) 水平成分については、物体と台の運動量の総和は変化しない。その理由を述べなさい。

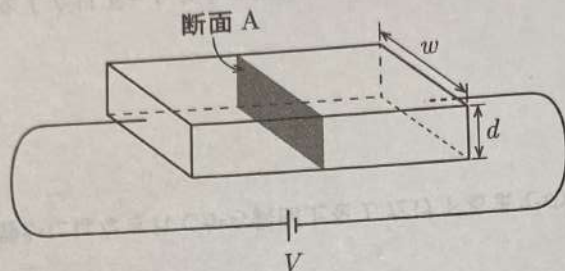
(問 6) 物体が床に到達した後、床の上を運動する物体の速さを v 、そのときの台の速さを V とする。水平方向の運動量の保存より、 v と V の間に成り立つ関係式を、 m 、 M を用いて表しなさい。ただし、床と物体の間の摩擦は無視できるものとする。

(問 7) 物体と台の力学的エネルギーの和が変化しないことを利用して、 v を、 M 、 h 、 m 、および g を用いて表しなさい。

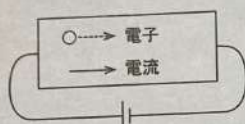
(問 8) 斜面と床の間のなめらかな接続部分が十分に小さいと考え、 $h = L\sin\theta$ とするとき、 $\frac{v}{v_0}$ を、 m 、 M を用いて表しなさい。

3

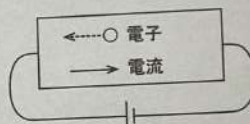
図のように、幅 w 、厚さ d の直方体状の導体の両端に電位差 V を与えたところ、大きさ I の電流が流れた。導体中の電流は電子の運動によるものとする。また、このときの電子の速度を v とする。電子の電気量の大きさを e 、導体中の電子密度は n であるとして、以下の問いに答えなさい。解答欄には、答えのみを書きなさい。



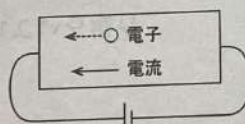
(問 1) 電子の移動方向と、電流の向きを正しく表しているものを以下の図より選び、記号で答えなさい。



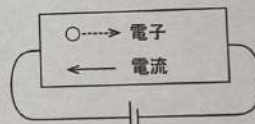
(ア)



(イ)



(ウ)

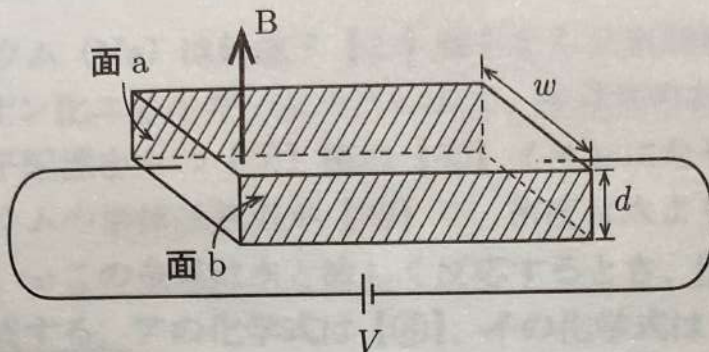


(エ)

(問 2) (1) から (3) に適切な式を入れ、次の文章を完成させなさい。

電流 I は任意の断面を Δt 秒間に通過する電気量 ΔQ を用いて、 $I = \boxed{(1)}$ と定義される。

Δt 秒間に図中 A の断面を通過する電子の個数は、 n 、 w 、 d 、 v 、および Δt を用いて $\boxed{(2)}$ である。(1)、(2) の結果、および e を用いることで、 I は $I = \boxed{(3)}$ とあらわされる。



つぎに、図のように磁束密度の大きさが B の一様な磁界を導体の上面に対し垂直に加えた。すると、十分時間が経ったのち、導体には大きさ I' の電流が流れた。以下の問いに答えなさい。

(問 3) (1) に適切な語句、(2)、(4)、(5)、および (6) に適切な式を入れ、次の文章を完成させなさい。(3) はいずれかを選び、答えなさい。

速度 v で移動する電子は、磁界により大きさ f の (1) 力を受ける。 f を、 e , v , および B であらわすと、 $f =$ (2) である。この力によって、電子は (3) 面 a, 面 b に集まる。結果、面 a と面 b の間に強さ E の電界が発生して、電子に大きさ eE のクーロン力を与える。

十分時間が経過し、(1) 力とクーロン力がつり合うと電子は直進する。このときの電子の速度を v' とする。つり合いの条件より、 E は v' , B を用いて $E =$ (4) となる。これによって、面 a, b の間には電位差 V_h が生じる。 V_h は、 v' , B , および w を用いると、 $V_h =$ (5) となる。 V_h をホール電圧という。

(問 2) の結果を用いると、ホール電圧は、 e , n , d , B , および I' を用いて $V_h =$ (6) とあらわされる。

1	(問 1) 0.8	(問 2) 2 倍	(問 3) $6.0 \times 10^2 \text{ J}$
	(問 4) 397 Hz	(問 5) 5 つ	(問 6) 2.5 J

2	(問 1) 垂直抗力  重力	(問 2) 重力の斜面に平行な成分の大きさが $mg \sin \theta$ であることから、求める加速度の大きさ a は、 $a = g \sin \theta$	(問 3) 物体の運動は等加速度運動となる。よって、求める時間 T は、 $L = \frac{1}{2} a T^2$ より、 $T = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$	(問 4) $v_0 = aT$ $= g \sin \theta \times \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$ $= \sqrt{2gL \sin \theta}$
	(問 5) 物体と台に作用する力のうち、水平方向成分がゼロではないものは内力だけであるから。			(問 6) $mv - MV = 0$ より、 $V = \frac{m}{M} v \cdots \textcircled{1}$
	(問 7) 力学的エネルギーの和が変化しないことから、 $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} MV^2$ となる。この式に $\textcircled{1}$ 式を代入すると、 $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} M \left(\frac{m}{M} v \right)^2$ $\therefore v^2 = \frac{2Mgh}{m+M}$ $v > 0$ より、 $v = \sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$		(問 8) 問 4 と問 7 の解より、 $\frac{v}{v_0} = \frac{\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}}{\sqrt{2gL \sin \theta}}$ この式に $h = L \sin \theta$ を代入すると、 $\frac{v}{v_0} = \frac{\sqrt{\frac{2MgL \sin \theta}{m+M}}}{\sqrt{2gL \sin \theta}} = \sqrt{\frac{M}{m+M}}$	

3	(問 1) (イ)	(問 2) (1) $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	(問 2) (2) $nw dv \Delta t$	(問 2) (3) $enw dv$	(問 3) (1) ローレンツ
	(問 3) (2) evB	(問 3) (3) 面 b	(問 3) (4) $v'B$	(問 3) (5) $v'Bw$	(問 3) (6) $\frac{BI'}{end}$