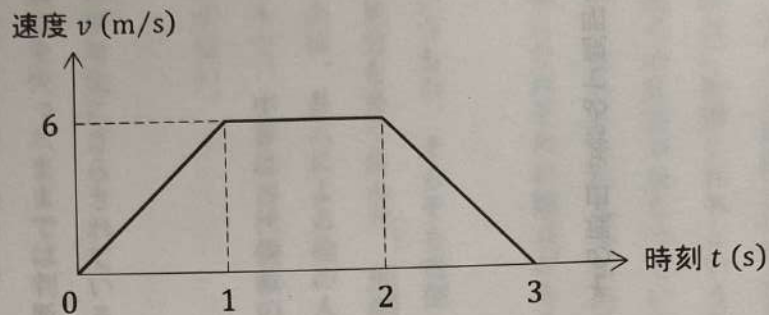


1

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) 次のグラフで示される質点の運動について、時刻 $t = 0$ から 3 s の間の平均の速さを求めなさい。



(問 2) 長さ L の 2 本の糸に、それぞれ質量 m の大きさの無視できる金属球 A, B をつけ、等量の正の電荷を与えてはなすと、糸はともに鉛直線から 45° の角をなして静止した。金属球 A に与えた電荷量を求めなさい。ただし、クーロンの法則の比例定数を k とし、重力加速度の大きさを g とする。また、2 本の糸の支点は共通であるとする。

(問 3) 体積 1.0 m^3 の銅の中にある自由電子の数を求めなさい。ただし、銅の密度を 9.0 g/cm^3 、銅の原子量を 64、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、銅原子 1 個の持つ自由電子の数を 1 個とする。

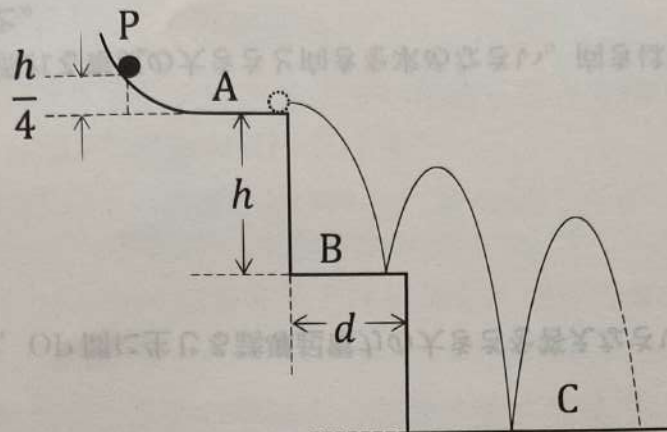
(問 4) 大気圧 p_0 の実験室内において、なめらかに動くピストンつきシリンダー内に気体を体積 V だけ封入した。気体に熱量 Q を与えたところ、ピストンはゆっくり動き、気体の体積は 2 倍になったところで動きを止めた。気体の内部エネルギーの変化量を Q , p_0 , V を用いて表しなさい。ただし、熱量 Q は全て気体に与えられたとする。

(問 5) 水面上の異なる 2 点より、同じ波長で同位相の波を発生させて波の干渉を観測した。各々の波源からの距離が ℓ , L ($L > \ell$) となる位置において干渉波が強めあう条件を答えなさい。ただし、波源で生じる波の波長を λ とし、正の整数を n として条件を表しなさい。

(問 6) 固定されたスピーカーより振動数 442 Hz, 音速 340 m/s の音が発生している。スピーカーに対して速さ 10.0 m/s で近づく観測者が聞く音の振動数を求めなさい。

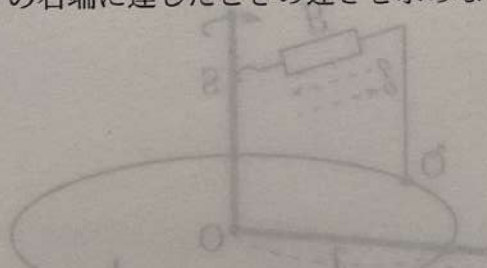
2

図のように、階段の2段目（床A）の左方にはなめらかな登り斜面があり、床Aより高さ $\frac{1}{4}h$ だけ高い場所に質量 m の質点Pが静止している。また、床Aから右方には段差が h で、幅が d の床B（1段目）があり、ふたたび段差 h で床Cが続いている。階段の壁面はすべて鉛直で、床面はすべてなめらかで水平になっている。



いま、質点Pが斜面にそってすべり落ち、床Aの右端から水平方向に飛び出した。その後、質点Pは床Bに1度だけ衝突してはねかえり、床Cまで運動した。質点Pと床Bは、はねかえり係数 e ($0 < e < 1$) の非弾性衝突をするものとする。重力加速度の大きさを g 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) 質点Pが床Aの右端に達したときの速さを求めなさい。



(問2) 質点Pが床Bに衝突する直前に、質点Pがもつ速度の鉛直成分の大きさを求めなさい。

(問3) 質点Pが床Bと衝突する際には、速度の水平成分の大きさは変化しない。その理由を30字程度で述べなさい。

3

(問 4) 質点 P が床 B ではねかえされた直後の速度の鉛直成分の大きさを求めなさい。

2022年度

さて、質点 P が床 B と 1 度だけ衝突し、かつ、床 C に到達するためには、以下の 2 つの条件を満たす必要がある：

- (i) 床 B 上での水平到達距離が幅 d 以下であること、および、
 - (ii) 衝突後の放物運動によって水平到達距離が幅 d を越えること。
- ただし、水平到達距離はいつも床 A の右端から測るものとする。

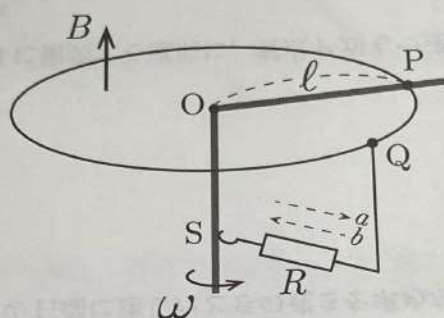
(問 5) (i) の条件から、段差 h が満たすべき条件を不等式で表しなさい。

(問 6) (ii) の条件から、段差 h が満たすべき条件を不等式で表しなさい。

(問 7) 質点 P が床 C に衝突したときの水平到達距離を求めなさい。

3

一様な鉛直上向きの磁界（磁束密度 B ）中に、半径 ℓ の円環導体が水平に固定されている。図のように、円環導体、円環導体の中心 O をとおる L 字型の導体（L 型導体）、および、抵抗値 R の電気抵抗器からなる閉回路 OPQS を作った。L 型導体を、 O 点を通り円環導体に垂直な軸周りにモーターを用いて一定の角速度 ω で図のように回転させたところ、回路に電流が流れた。回転中、L 型導体は円環導体上をなめらかに回転する。また、抵抗器は L 型導体になめらかに接続されている。円環導体および L 型導体の電気抵抗、誘導電流による磁界、および回路の自己インダクタンス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) L 型導体が、時間 Δt の間に磁界を横切る面積を求めなさい。

(問 2) 回転中、OP 間に生じる誘導起電力の大きさを答えなさい。

(問 3) 回路を流れる電流の大きさと向きを求めなさい。向きは図中破線 a 、もしくは b で答えること。

(問 4) 単位時間あたりに電気抵抗器で発生するジュール熱の大きさを求めなさい。

(問 5) モーターが L 型導体を一定の角速度 ω で回転させるために必要な仕事率を求めなさい。

(問 6) 回転中の L 型導体に流れる電流が磁界から受ける力のする仕事と、誘導起電力が誘導電流を流すためにする仕事の関係について考える。(1), (2), (4), (5), および (6) には B , ω , ℓ , R , Δt などを用いた適切な式、もしくは数値を答え、(3) は選択肢より語句を選び、以下の文章を完成させなさい。

L 型導体の回転中心から円環導体に接する点までの長さ (動径部分) には、誘導電流が流れていることより、磁界から大きさ (1) の一様な力が加わる。

時間 Δt の間に動径部分が移動する平均距離は、動径部分の中点の移動距離と等しく、(2) となる。回転中は動径部分の移動方向と、磁界から受ける力の方向がなす角度は常に (3) 同じ向き・逆向き であることから、時間 Δt の間に磁界から受ける力が行う仕事は $W =$ (4) となる。

動径部分には誘導起電力 V が生じる。 V が時間 Δt の間に誘導電流 I を流すために行う仕事は、(問 2) と (問 3) の結果より、 $VI\Delta t =$ (5) で与えられる。以上より、 $W + VI\Delta t =$ (6) が示される。

令和4年度
物理
一般 A(2/3)
解答用紙

受験番号									
生年月日					年			月	
									日

採点欄	1	2	3

1	(問1) 4 m/s	(問2) $L\sqrt{2mg/k}$	(問3) 8.4×10^{22}
	(問4) $Q - p_0V$	(問5) $L - \ell = n\lambda$	(問6) 455 Hz

2	(問1) $\frac{1}{2}kd^2$	(問2) $d\sqrt{\frac{k}{m}}$	(問3) $\frac{3m}{2M}d\sqrt{\frac{k}{m}}$
	(問4) $\frac{1}{2} + \frac{3m}{2M}$	(問5) 力学的エネルギー保存則より, $\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}Mv'^2 - Mg(r - r\cos\theta)$. $\therefore v' = \sqrt{v^2 + 2gr(1 - \cos\theta)}$.	
	(問6) 垂直抗力を N とすれば, $-M\frac{v'^2}{r} = N - Mg\cos\theta$ より, $N = Mg(3\cos\theta - 2) - M\frac{v^2}{r}.$	(問7) 垂直抗力がゼロになると物体は球面より離脱する. よって, $N = 0$ と して, $\cos\theta_0 = \frac{1}{3}\left(2 + \frac{v^2}{rg}\right).$	

3	(問1) $3.6 \times 10^2 \text{ W}$	(問2) $6.0 \times 10^2 \text{ g}$	(問3) $3.4 \times 10^2 \text{ J/K}$
	(問4) $2.1 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$	(問5) $4.2 \times 10^3 \text{ J}$	(問6) $4.4 \times 10^{-1} \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$