物　　理 (問題用紙　1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

I　図1のように質量mと電荷qを持つ小球Mを、長さがlで質量の無視できる細い棒の一端に取り付け、棒の他端をOとする。棒は固定された点Oを中心に紙面内でなめらかに回転できる。鉛直線から棒へ反時計まわりにはかった角をθ、重力加速度の大きさをgとして、以下の問いに答えよ。

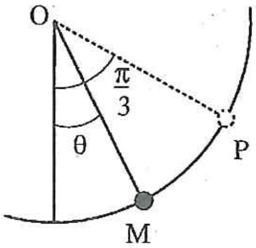


図1

(1) 水平方向右向きの電場を徐々に加えて電場の大きさがEとなった時、$\theta=\frac{\pi}{3}$で小球Mは静止した。この時の小球の位置をPとする。Eおよび棒の張力Tをm、g、qを用いて表せ。

以下では、(1)で加えた電場の大きさEを保ったまま小球Mの運動を考える。

(2) 小球Mを$\theta=\pi$まで持ち上げた後、静かにはなした。角θにおける重力による位置エネルギーU_{G}、電場による位置エネルギーU_{E}をm、g、l、θで表せ。位置エネルギーの基準点は最下端の点$(\theta=0)$とする。

(3) 角θにおける小球Mの速さvを求めよ。

(4) 小球Mが動き始めてから最初に$v=0$となる時のθを、符号を含めて与えよ。必要であれば、下記の公式を使用せよ。
$A\sin\theta+B\cos\theta=\sqrt{A^2+B^2}\sin(\theta+\alpha)$
ただし、αは$\tan\alpha=\frac{B}{A}$を満たす角である。

(5) 図2のように点Pを通り紙面内でOPに垂直な直線をx軸、点Pを原点とする。θを$\frac{\pi}{3}$から微小変化させた後、静かにはなすと小球Mは振動した。$\theta=\frac{\pi}{3}+\Delta\theta$の時、小球Mに作用する$x$軸方向の復元力の大きさを小球の座標値$x$で表し、振動の角振動数$\omega$を求めよ。必要であれば$\Delta\theta$が小さい時$\sin\Delta\theta\fallingdotseq\tan\Delta\theta\fallingdotseq\Delta\theta$、および$\cos\Delta\theta\fallingdotseq 1$の近似式が成立するとせよ。

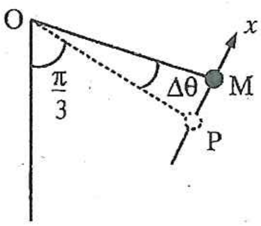
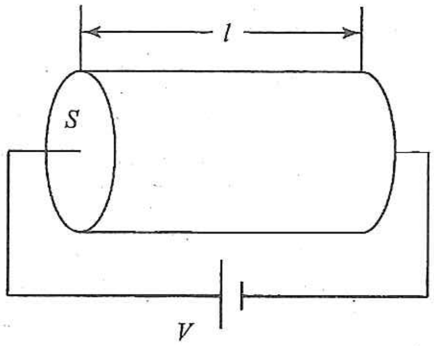


図2

物　　理（問題用紙　2）

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

II　長さ l、断面積 S の導体棒の両端に電圧 V をかけて電流を流す。導体棒中には、質量 m、電気量 $-e$ の自由電子が単位体積当たり n 個含まれているとする。電子は一定時間 t_0 の間に陽イオンなどと衝突することなく、電場により速度を増しながら進み、時間 t_0 後に熱振動している陽イオンなどと衝突し、速度が0となる。導体を流れる電流は電子がこの加速と衝突を繰り返しながら移動することによって生じる。導体棒以外の部分の抵抗は無視できるものとして、次の問いに答えよ。



(1) 導体棒内部の電場の大きさはいくらか。また、電子の電場による加速度の大きさはいくらか。

(2) 電子が陽イオンなどと衝突する直前の速さはいくらか。

(3) 電子の平均の速さを $\overline{v}$ とし、導体棒を流れる電流の大きさ I を e、 n、S、$\overline{v}$ を用いて表せ。

(4) 導体棒の抵抗率 ρ を m、e、n、t_0 で表せ。

(5) 電場がすべての自由電子に対してする仕事は電気抵抗を通して熱（ジュール熱）となる。導体棒中で単位時間に発生するジュール熱を m、e、n、t_0、l、S、V で表せ。

(6) 導体（金属）の温度を上げると電気抵抗は増加するかそれとも減少するか。理由とともに50文字以下で答えよ。

物　　理　（問題用紙　3）

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

III　図1のように $x-y$ 平面上で、x 軸正方向へ進行する平面波Aと負方向へ進行する平面波Bを考える。波Aと波Bはともに波長 λ、周期 T、振幅 a である。x 軸上で $\mathrm{OP}=\mathrm{OQ}=L$ となる点Pと点Qにおいて、波Aと波Bの振動は同じ（同位相）になっているとして、以下の問いに答えよ。

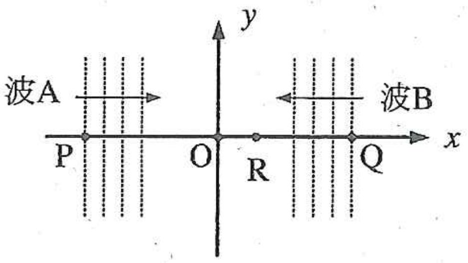


図1

(1) 原点Oにおいて、波Aと波Bは強め合うか、弱め合うか、そのいずれでもないかを答えよ。

(2) 点R $(x,0)$ を通り y 軸に平行な直線上において、波Aと波Bが強め合った。PRとQRの距離の差と波長 λ の関係を、x と整数 $m=0,1,2,3,\cdots$ を用いて表せ。同様に弱め合う場合についても表せ。

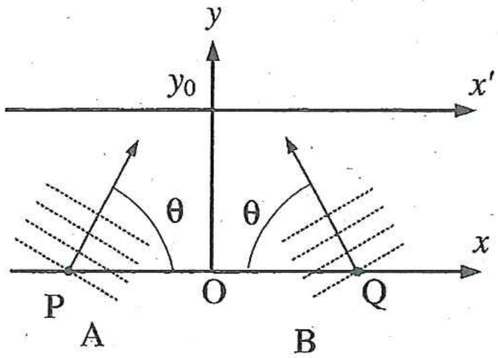


図2

(3) 図2に示すように波Aが x 軸正方向と角 θ の方向に進行している。（ここでは図にある波Bをまだ考えない。）$y=y_0$ において y 軸と交わり x 軸に平行な x' 軸を取る。波Aによる変位は x' 軸上を正方向に進行する。x' 軸上を進行する波の波長 λ_x、周期 T_x、速さ v_x、振幅 a_x を与えよ。

(4) 波Aによる変位は y 軸上を正方向に進行する。y 軸上を進行する波の波長 λ_y と速さ v_y を与えよ。

(5) 波Bを x 軸負方向と角 θ の方向に進行させる。x 軸上で $\mathrm{OP}=\mathrm{OQ}$ となる点Pと点Qにおいて、波Aと波Bの振動は同じ（同位相）になっている。波Bによる変位は x' 軸上を負方向に進行する。この波と(3)の x' 軸上を正方向に進行する波が干渉して強め合うのはどこか。その x 座標を波長 λ、角 θ、整数 $m=0,1,2,3,\cdots$ を用いて表せ。

(6) 下記の文が正しければ○を、誤っていれば×を解答欄に記入せよ。

(a) $x=\pm\frac{1}{2}m\lambda_x$ を通り y 軸に平行な直線上では振幅 $2a$、波長 λ_y、速さ v_y の波が y 軸正方向に進行する。

(b) $x=\pm\frac{1}{2}\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda_x$ を通り y 軸に平行な直線上では振幅 $2a$、波長 λ_y の定常波が発生する。

(c) x 軸に平行な直線上では波長 λ_x、周期 T_x の波が進行する。