

平成28年度

理工学群物理学類  
私費外国人留学生入試

小論文  
試験問題

注意事項

- ① 問題1および問題2は別々の解答用紙に日本語で解答すること。下書き用紙は採点しません。
- ② 試験時間は90分です。

# 問題 1

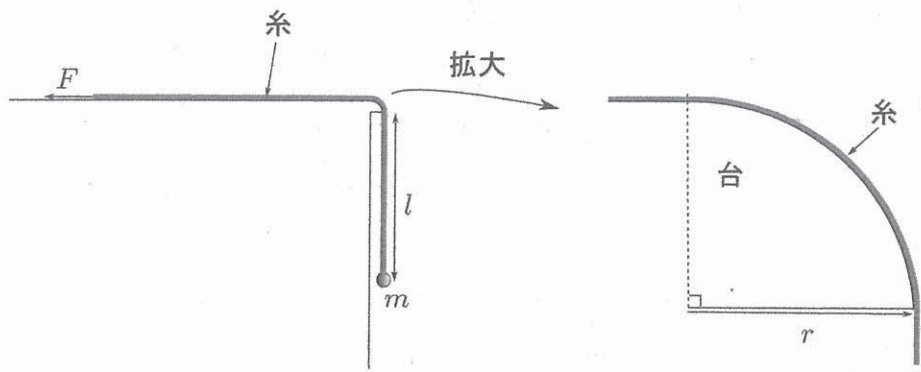


図 1

図 1 に示すように、長さ  $L$  で単位長さ当たりの質量が  $\rho$  の一様な糸の先端に質量  $m$  のおもりをつけ、水平な台からつりさげる。台の端の部分は半径  $r$  の円弧の形をしている。糸におもりがついていない方の端を、重りが一定の速さ  $v$  で上に上がるような力で引っ張る。糸が台から下がっている部分の長さが  $l$  ( $l < L - \frac{\pi}{2}r$ ) の時、端を引っ張る力が  $F$  であったとする。台と糸の間の摩擦力、糸の太さ、おもりの大きさは無視でき、糸は伸び縮みしないとする。重力加速度を  $g$  として、以下の問いに答えよ。

- 問 1. おもりが糸から受ける張力  $T_0$  を求め、 $m, g, \rho, l, L, v$  の中から必要なものを用いて表せ。
- 問 2. 台から下がっている糸の長さ  $l$  の部分が、糸の他の部分に引っ張られる力を  $T_1$  とするとき、 $T_1$  を求め、 $m, g, \rho, l, L, v$  の中から必要なものを用いて表せ。

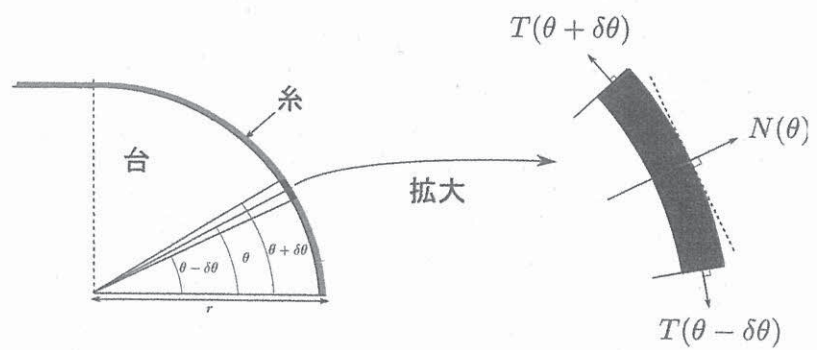


図 2

図 2 で黒く図示するように、台の端の円弧の周りの水平線から測った角度が  $\theta - \delta\theta \sim \theta + \delta\theta$  であるような糸の微小部分を考える。 $\delta\theta$  は十分小さく、糸のこの微小部分は質点と考えてよいとする。

以下, $r$  が非常に小さい場合を考える。

- 問3. 糸の微小部分の加速度の大きさを求めよ。
- 問4. 図2に示すように, 糸の微小部分が糸の左側の部分から引っ張られる力の大きさを  $T(\theta + \delta\theta)$ , 糸の右側の部分から引っ張られる力の大きさを  $T(\theta - \delta\theta)$ , 台から糸の微小部分に働く垂直抗力の大きさを  $N(\theta)$  とするとき, 糸の微小部分の満たす運動方程式を書け。ただし,  $\delta\theta$  は十分小さいので,  $\sin \delta\theta \approx \delta\theta$ ,  $\cos \delta\theta \approx 1$  と近似してよいとする。
- 問5.  $r$  が  $l$  に比べて非常に小さいとすると, 糸の台の上に乗っている部分が糸の他の部分に引っ張られる力の大きさは  $T_1$  と等しいと近似できる。この近似を用いて  $F$  を求め,  $m, g, \rho, l, L, v$  の中から必要なものを用いて表せ。

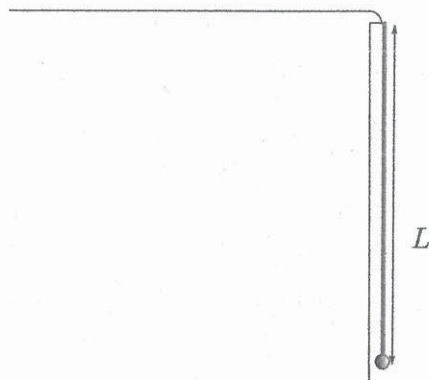


図3

- 問6. 図1で糸が台から下がっている部分の長さが  $l$  になった瞬間に, 糸を離れたところ, 糸はたるむことなく運動し図3に示すような状態になった。この時のおもりの速さを求め,  $m, g, \rho, l, L, v$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし,  $r$  は  $l, L$  に比べて非常に小さく無視できるとしてよい。また必要であれば, 糸の直線部分の運動エネルギー・位置エネルギーは, 糸のその部分の重心の位置に存在するその部分の質量と同じ質量を持った質点と同じ値を持つことを用いてよい。

## 問題2

図のように、長さ $l$ 、幅 $w$ 、厚さ $t$ の直方体で表される一様な半導体試料の荷電粒子に関する特性を調べたい。試料の長さ方向に $x$ 軸、幅方向に $y$ 軸、厚さ方向に $z$ 軸をとり、 $x$ 軸の正方向に一様な一定電流 $I$ が流れているものとする。

問1.  $x$ 軸と平行線上にある、距離 $d$ 隔たった $a$ と $b$ の端子間の $a$ 端子を基準とする電圧 $V_{ab}$ を測定した。試料の電気抵抗率 $\rho$ を求める式を表せ。

問2. 試料の温度を下げていくとき、 $V_{ab}$ はどのように振舞うか、簡潔に述べよ。

次に、 $z$ 軸の正方向に一様な磁場（磁束密度） $B$ をかけようとしたが、実際は、 $yz$ 面において $z$ 軸から僅かに角度 $\theta$ 傾いた向きにかけた。

問3. 試料内の全荷電粒子が磁場から受ける $y$ 軸方向の力の大きさ $F$ を求めよ。

問4. 問3で求めた力により、 $b$ と $c$ 端子が付いている面の一方は荷電粒子の数が多くなり、もう一方は少なくなる。そのために一様な電場が発生し、 $y$ 軸と平行線上にある $b$ と $c$ の端子間に電圧 $V_{bc}$ が生じる。この電場によって全荷電粒子が受ける力の大きさ $G$ を求めよ。ただし、単位体積あたりの荷電粒子数を $n$ 、1荷電粒子の電気量を $q$ とする。

問5. 前問までの結果を用いて、 $n$ を、 $V_{ab}$ 、 $V_{bc}$ 、 $I$ 、 $B$ 、 $q$ 、 $l$ 、 $w$ 、 $t$ 、 $d$ 、 $\theta$ から必要なものを用いて表せ。

問6.  $b$ 端子を基準とする電圧 $V_{bc}$ が負の値を示した。試料の荷電粒子の符号は正か負のどちらか、理由を付けて答えよ。

問7. 磁場の向きを $z$ 軸の正方向に一致させるための方法を簡潔に述べよ。

問8. この実験で使用されたと考えられる不純物半導体の具体例を挙げ、その根拠を簡潔に述べよ。

