

(2020 理物後)

# 小論文

(問題部分は1～6ページ)

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

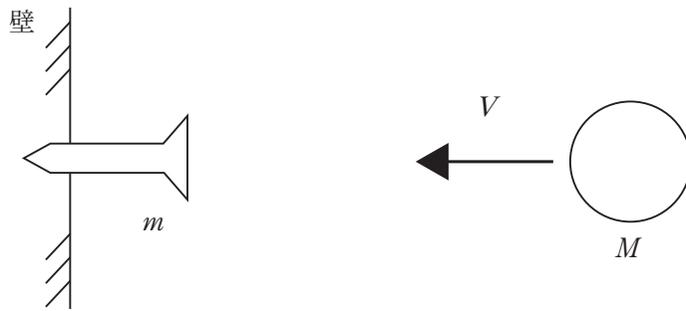
**注意** 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

小論文 400点

I 図のように質量  $M$  の物体を速さ  $V$  で質量  $m$  のくぎに衝突させる。物体の素材を変えることによって、物体とくぎの衝突を弾性衝突から完全非弾性衝突まで変更することができるものとする。また、衝突は十分短い時間で起こるものとし、重力の影響は無視できるものとする。以下の問 1～2 に、解答の導出過程も含めて答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を定義し、解答欄に明示しなさい。(配点 130 点)

問 1 物体とくぎの全運動エネルギーの、衝突によって失われる量を  $\Delta K$  とする。 $\Delta K$  を導出し、反発係数  $e$  との関係をグラフで表しなさい。

問 2 完全非弾性衝突と一回の弾性衝突のどちらがより深く壁にくぎを埋めることができるか考え、説明しなさい。ただし、完全非弾性衝突の場合、衝突後に物体はくぎと一体になるものとする。



图

II 磁場のある領域での荷電粒子の運動について、以下の問1～3に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を定義し、解答欄に明示しなさい。ただし、この領域は真空中で、重力は無視できるものとする。(配点130点)

問1 図1の左図のように、半径 $R$ の十分に長い円筒状の領域内に一様な磁場があり、領域の外側の磁場がゼロであるとする。領域内の磁場はこの円筒の軸に平行で、その磁束密度の大きさは $B$ である。ある時刻において電荷 $q$ ( $q > 0$ )をもつ粒子が円筒面よりわずかに内側にあり、磁場と垂直で、かつ円筒の中心方向と垂直な方向に速さ $v$ で運動していた。図1の右図にこのような運動の例を2つ示す。この粒子が円筒面内にとどまるための条件を求めなさい。

問2 次に、一様でない磁場中での粒子の運動を考える。図2に示すように、磁力線は紙面上のある軸に対して対称に分布しており、その密度は下の方が密、上の方が疎になっている。このような磁場中を電荷 $q$ ( $q > 0$ )をもつ粒子が運動している。ある時刻において、粒子は図2の紙面上の位置Pにあり、速さは $v$ 、速度の向きは図2に $\otimes$ で示すように、紙面の表から裏に向かって垂直に入る向きであった。また、その位置での磁束密度 $B$ の向きは紙面に平行であり、対称軸とのなす角は $\theta_B$ であった。この空間に座標系を定め、この粒子にはたらく力を成分で表しなさい。

問3 荷電粒子が図3のような一対の磁石の付近にとらえられているとする。矢印は磁石付近の磁力線の様子をあらわす。このときの荷電粒子の運動のおおまかな様子を問2の結果と関連づけて考察し、図を用いながら説明しなさい。

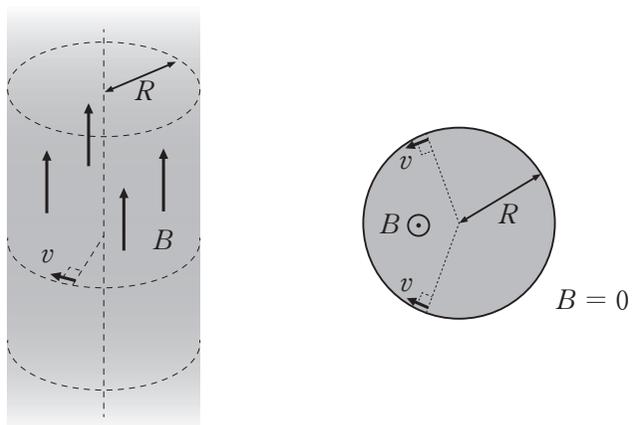


图 1

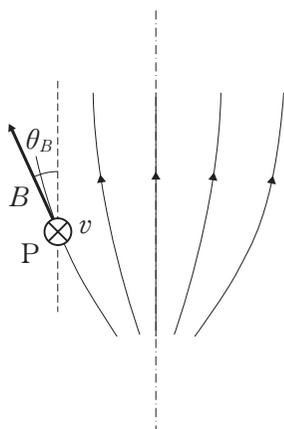


图 2

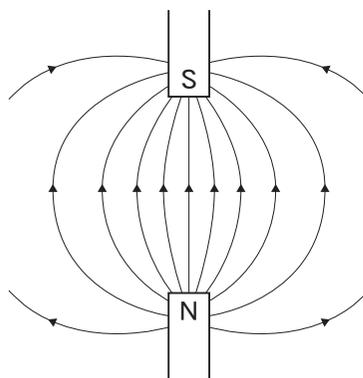


图 3

Ⅲ 次の文章を読み，以下の問1～4に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば，それらを表す記号を定義し，解答欄に明示しなさい。必要があれば解答に図を用いて説明してもよい。(配点140点)

問1 図1のように左からうすい壁に向かって平面波が入射しており，壁に微小な穴が開いている。ここで壁の左側での実線は入射波の山を表し，破線は入射波の谷を表している。このときの壁の右側での波面を描き，なぜそのようになるかホイヘンスの原理を用いて説明しなさい。

問2 図2のように，問1で穴のあったところに微小な物体を置き，壁を取りのぞいた。左から平面波が入射するとき，物体の右側での波面がどのようなになるか説明しなさい。

問3 図3のように， $yz$ 平面( $x=0$ )内に $y$ 方向を向いた無限の本数の導線が $z=na$ ( $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ )の位置に並べられている。ここで， $y$ 軸は紙面の表から裏向きに垂直に入る向きにとる。導線には $y$ 軸の正の向きに同じ大きさの電流 $I$ が流れている。点 $(x, 0, 0)$ ( $x>0$ )で，磁場 $\vec{H}=(H_x, H_y, H_z)$ の3成分のうちどの成分がゼロではない値をとるか，理由とともに答えなさい。

問4 問3と同じ状況で点 $(x, 0, \frac{a}{4})$ ( $x>0$ )での磁場 $\vec{H}=(H_x, H_y, H_z)$ を考える。3成分のうちどの成分がゼロではない値をとるか，理由とともに答えなさい。また， $x$ が $a$ よりも非常に大きい場合， $\vec{H}$ がどのようなになるか説明しなさい。

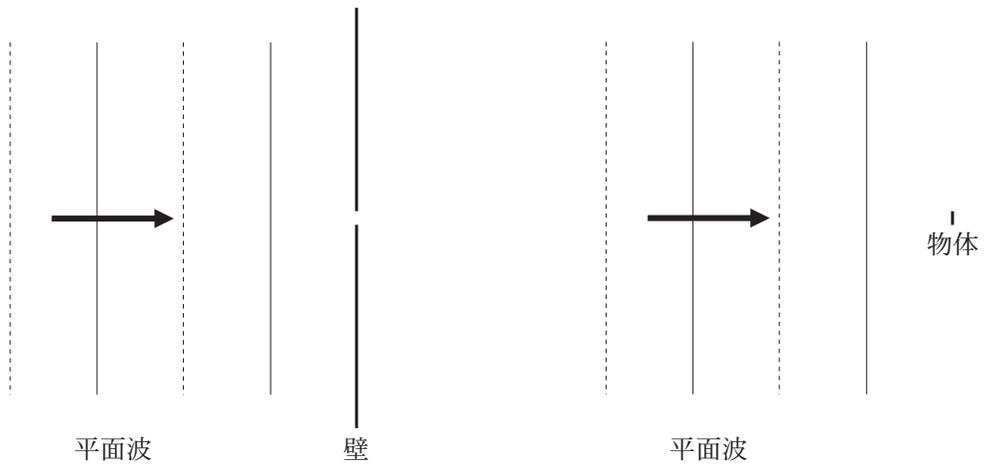


图 1

图 2

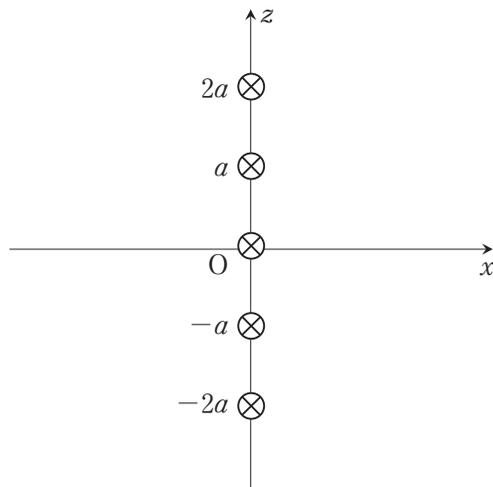


图 3