

## 物 理

I 図1のように、質量がそれぞれ  $m$  の小物体 A と B を、質量が  $M$  で半径が  $r$  の薄い円筒の内側に固定し、水平な机の上で滑らないよう転がした。小物体 A と B を結ぶ線は点 O で円筒の中心軸と直角に交わり、点 O は一定の速度  $\vec{v}_0$  で水平に動いている。鉛直下向きにはたらく重力加速度の大きさを  $g$  とする。以下の問 1 ~ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 机から円筒にはたらく力の向きと大きさを答えなさい。

問 2 ある時刻で、点 O に対する小物体 A の相対速度が  $\vec{v}_{0A}$  であった。このとき、小物体 B の速度  $\vec{v}_B$  を求めなさい。また、相対速度  $\vec{v}_{0A}$  の大きさ  $|\vec{v}_{0A}|$  を求めなさい。

問 3 小物体 A の運動エネルギーは時間変化する。その最小値と最大値を求めなさい。

時刻  $t = 0$  で小物体 A が最も高い位置にあった。

問 4 その後、円筒が 1 回転して小物体 A が再び最も高くなる時刻  $t = T$  を求めなさい。

問 5 小物体 A の位置エネルギー  $U_A$  と、小物体 B の位置エネルギー  $U_B$  の和  $U_A + U_B$  を求めなさい。また、時刻  $t = 0$  から  $t = T$  までの間の、小物体 A の位置エネルギー  $U_A$  の時間変化を、解答欄のグラフに描きなさい。ただし、机の上面を重力による位置エネルギーの基準面とする。

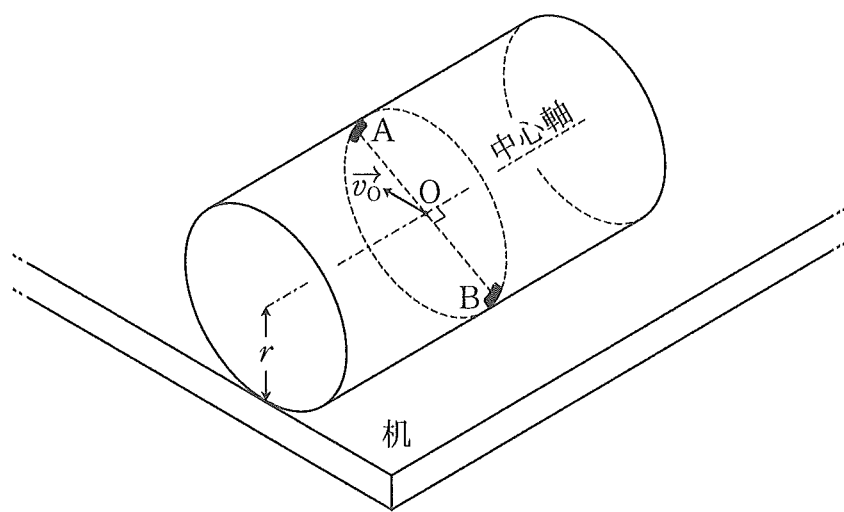


图 1

II 質量分析器の原理について考える。図1のようにイオン源Sで電荷 $q$  ( $q > 0$ ), 質量 $M$ の陽イオンを発生し, 電位差 $V$ で加速する。加速された陽イオンは, 磁束密度の大きさ $B$ の一様な磁場中で円軌道を描いた後に, 直進して検出器Dで検出される。陽イオンは紙面内で運動するものとする。SおよびDは十分に小さく, 重力は無視できるものとして以下の問1~5に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点25点)

問1 図1の運動をするための磁場の向きを答えなさい。

問2 一様な磁場がかけられた領域に入射する直前の陽イオンの速さ $v$ を求めなさい。

問3 陽イオンの円軌道の半径を求めなさい。ここでは $v$ を用いてよい。

磁束密度の大きさを $B'$ に変化させると, Sから出た電荷 $q$ , 質量 $M'$ の陽イオンが検出された。

問4  $\frac{M'}{M}$ を求めなさい。ここでは $v$ を用いないで表しなさい。

問5 磁束密度の大きさを $1.00 \times 10^{-1}$  Tから $2.00 \times 10^{-1}$  Tまで変化させることができる装置を考える。 $1.00 \times 10^{-1}$  Tの磁場をかけたときに質量数50の陽イオンが検出された。この装置で測定可能な質量数の下限と上限を求めなさい。また, 磁束密度の大きさが $2.00 \times 10^{-1}$  Tのときに検出される陽イオンの質量数と,  $1.99 \times 10^{-1}$  Tのときに検出される陽イオンの質量数との差を求めなさい。ただし, 考える陽イオンはすべて同じ電荷 $q$ をもつものとする。

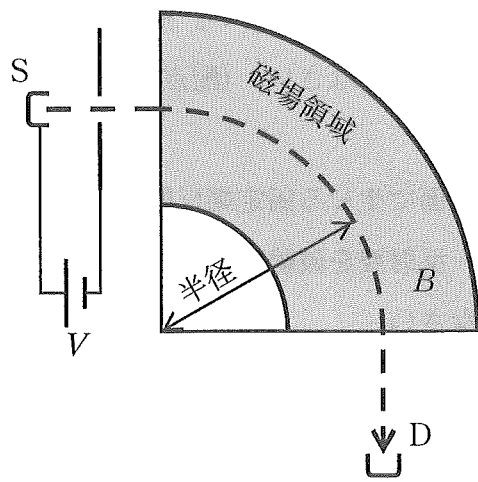


图 1

Ⅲ 波について以下の問 1～6 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 異なる媒質の境界面で生じる固定端反射について考える。図 1 に示すような入射波があるとき、反射波を破線で、合成波を実線で、ともに一波長分を解答欄のグラフに描きなさい。

図 2 に示すように屈折率  $n_1$ 、厚さ  $d$  の一様な薄膜が、屈折率  $n_2$  の平坦で十分に厚い基板の上に広がっている。空気中での波長  $\lambda$  の単色光が面に垂直に入射すると、境界面 A と境界面 B で光が反射して干渉する。空気の屈折率を 1.0 とし、 $1.0 < n_1 < n_2$  の場合を考える。また、 $n_1$ 、 $n_2$  は光の波長によらず一定とする。

問 2 薄膜を通過する光の波長を求めなさい。

問 3 反射光が弱め合う条件を、 $n_1$ 、 $d$ 、 $\lambda$  および整数  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$  を用いて表しなさい。

薄膜の屈折率は  $n_1 = 1.7$  であることがわかっている。様々な波長の単色光を発生できる光源を用いて反射光を観測し、強め合う波長や弱め合う波長を用いて  $d$  を求めたい。図 3 に可視光線を用いた測定結果を示す。

問 4 反射光が最も弱め合う波長を有効数字 2 桁で読み取りなさい。

問 5 問 4 で読み取った波長に対し、問 3 で考えた  $k$  の値を求めなさい。

問 6  $d$  の値を有効数字 2 桁で求めなさい。

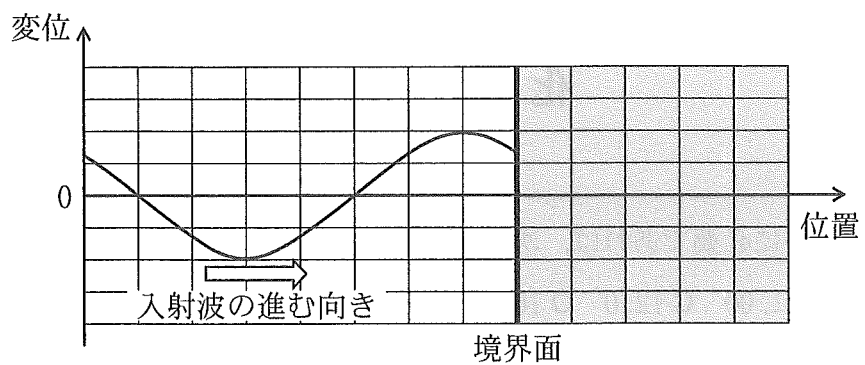


図 1

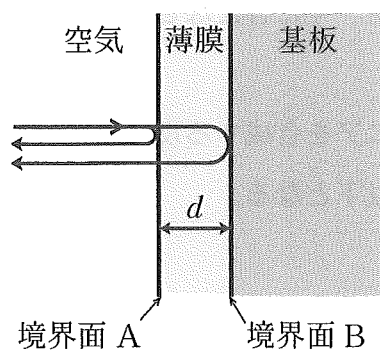


図 2

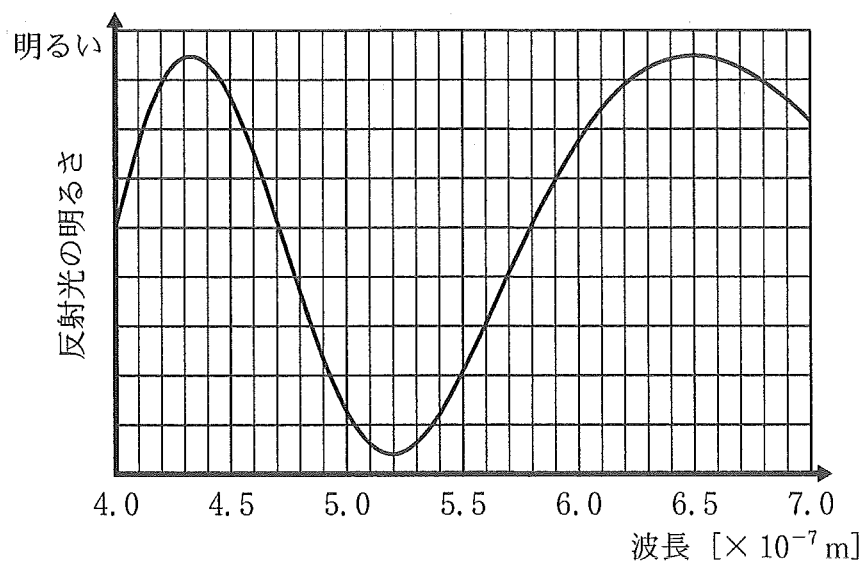


図 3