# 東海大学

2025 年度　一般選抜　物理

**1** 図 1 のように，ばね定数 $k$ のばねの片方の端を壁に固定し，もう片方の端をなめらかな水平面上に置かれた質量 $M$ の小物体 A につないで，ばねが自然の長さで静止させた。そこに，質量 $m$ の小物体 B を水平方向から速さ $v$ で小物体 A に衝突させたところ，小物体 A と小物体 B は一体となって運動をはじめたが，ばねが完全に縮みきることはなかった。ばねの質量や空気抵抗は無視できるものとして，次の各問いに答えなさい。ただし，運動は水平な直線上で起きるものとする。また，必要であれば円周率として $\pi$ を用いること。

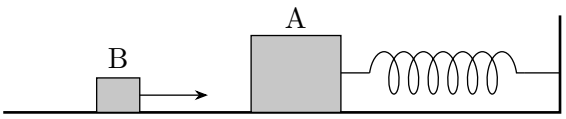



図 1

(1)　一体となった小物体の衝突直後の速さを求めなさい。

(2)　衝突後にばねがはじめて $x$ だけ縮んだときの一体となった小物体の速さを求めなさい。

(3)　一体となった小物体がはじめて最も壁に近づくまでに動く距離を求めなさい。

(4)　小物体 B が小物体 A に衝突してから一体となった小物体がはじめて最も壁に近づくまでに要した時間を求めなさい。

次に，図 2 のように，ばねを取り外し，小物体 A が置かれた位置から壁までの水平面を摩擦があるものに交換して，小物体 B を水平方向から速さ $v$ で小物体 A に衝突させたところ，一体となった小物体は (3) と同じ距離だけ移動して止まった。ただし，摩擦のある床と小物体 A および小物体 B の間の動摩擦係数は等しいものとする。

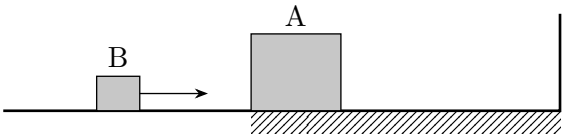
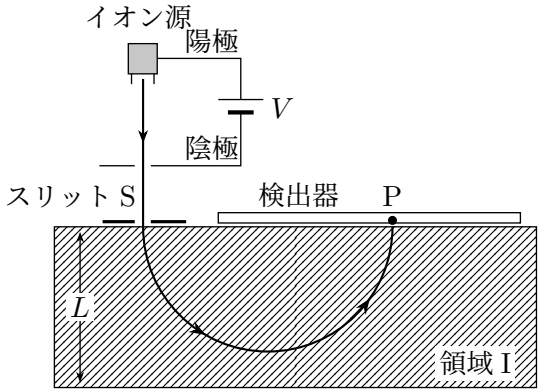



図 2

(5)　一体となった小物体が静止するまでに要した時間を求めなさい。

**2** 真空中に図のような質量分析器があり，斜線の領域 I には紙面に垂直に表から裏に向かう向きの一様な磁界がかけられている。イオン源から初速度ゼロで出た，電気量 $q$〔C〕($q > 0$)，質量 $m$〔kg〕のあるイオンを電位差 $V$〔V〕で加速し，スリット S から領域 I に垂直に入射させたところ，イオンは磁界中で円軌道を描き半周したのちに，スリット S からの距離 $d$〔m〕の点 P で検出された。領域 I の入射方向の長さは $L$〔m〕であり，領域 I の入射方向に垂直な方向の長さや検出器の長さは $L$ に比べて充分長いものとする。重力の影響は無視できるものとし，次の各問いに答えなさい。




(1)　このイオンがスリット S に入射するときの速さ〔m/s〕を求めなさい。

(2) 領域 I の磁束密度の大きさ $B$〔T〕を求めなさい。

(3) イオンが領域 I を超えることなく，領域内で円軌道を描き検出器に到達するためには，イオンの質量 $m$ と電気量 $q$ の比の値，$\dfrac{m}{q}$ は上限を持つ。この上限値を $B$，$L$，$V$ を用いて表しなさい。

以下の設問のイオンは全て (3) の条件を満たし，かつ検出器に到達するものとする。

(4) 同じ電気量 $q$ を持つ，質量 $m$ のイオンと質量 $m'$（$m' > m$）のイオンをこの質量分析器にかけたところ，これらのイオンが分離して検出された。二つのイオンが検出された 2 点間の距離〔m〕を求めなさい。

(5) 3 種類の安定な同位体を持つ元素をこの質量分析器にかけたところ，スリット S からの距離がそれぞれ 58.8 cm，60.0 cm，61.2 cm の $P_1$，$P_2$，$P_3$ の点で，それぞれ 1975 個，248 個，277 個のイオンが検出された。$P_2$ の位置で検出された同位体の質量数が 25 であったとき，この元素の原子量を有効数字 3 桁で求めなさい。簡単のため，統一原子質量単位で表したそれぞれの同位体の質量〔u〕は，質量数に等しい整数とする。またこれらのイオンは全て同じ電気量を持つ。

**3** 図 1 のような装置が屈折率 1 の大気中に置かれている。S は波長 $\lambda$〔m〕の単色平面波だけを取り出せる光源，$H_1$，$H_2$ は厚さを無視できる半透明な鏡，$M_1$，$M_2$ は平面鏡である。S からでた平面波は $H_1$ を透過して $M_1$ に向かうものと，反射して $M_2$ に向かうものに分けられる。それぞれの平面波は $M_1$，$M_2$ で反射され，$M_1$ からの平面波は $H_2$ で反射され，$M_2$ からの平面波は $H_2$ を透過しスクリーンに到達する。経路 $L_1$，$L_2$，$L_3$，$L_4$ の経路長はそれぞれ $l_1$〔m〕，$l_2$〔m〕，$l_3$〔m〕，$l_4$〔m〕である。平面波の進行方向は常に紙面内にあるものとする。また，経路 $L_5$ 上で二つの平面波は重なり合っており，その進行方向はスクリーンに対して垂直である。次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選びなさい。

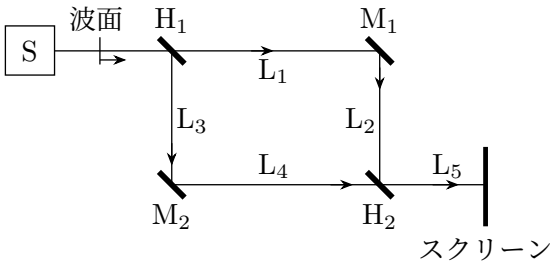



図 1

(1)　スクリーン上で二つの平面波が干渉して強め合う条件を求めなさい。ただし，$m$ は整数（$m = 0,\ \pm1,\ \pm2,\ \cdots$）とする。

(2)　スクリーン上で二つの平面波が干渉して弱め合う条件を求めなさい。ただし，$m$ は整数（$m = 0,\ \pm1,\ \pm2,\ \cdots$）とする。

次に，装置の複数の鏡を調整することで，経路 $\mathrm{L}_5$ 上の二つの平面波の進行方向を図 2 のようにそれぞれ角度 $\theta$〔rad〕だけ傾けると，スクリーン上に紙面に垂直な細かい干渉縞が形成された。

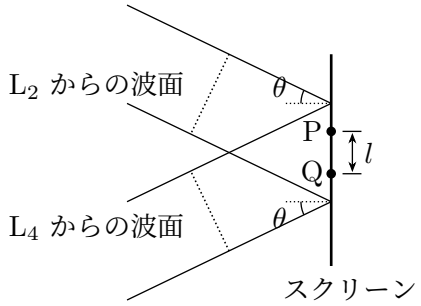



図 2

(3)　干渉縞の隣り合う明部の間隔〔m〕（干渉縞の間隔）を求めなさい。

(4)　図 2 のスクリーン上の点 P と点 Q は共に干渉縞の暗部であり，距離 $l$〔m〕だけ離れている。距離 $l$ を $\lambda$，$\theta$ 及び正の整数 $m$（$m = 1,\ 2,\ \cdots$）を用いて表しなさい。

さらに，経路 $\mathrm{L}_1$ に屈折率 $n\,(>1)$ で厚さ $t$〔m〕の透明な膜を平面波の波面に平行に挿入した。このとき，干渉縞の間隔は変わらず，その位置が膜を挿入する前と比べて $\delta$〔m〕だけずれた。

(5)　干渉縞の間隔を $d$〔m〕としたとき，$n$ を $\delta$，$t$，$\lambda$，$d$ を用いて表しなさい。ただし，$\delta < \dfrac{d}{2}$ であるとする。

〔解答群〕

(1)　ア．$l_3 + l_4 - l_1 - l_2 = m\lambda$　イ．$l_3 + l_4 - l_1 - l_2 = m\dfrac{\lambda}{2}$　ウ．$l_3 + l_4 - l_1 - l_2 = m\dfrac{\lambda}{3}$

エ．$l_3 + l_4 - l_1 - l_2 = \dfrac{\lambda}{2}\left(2m + \dfrac{1}{2}\right)$　オ．$l_3 + l_4 - l_1 - l_2 = \dfrac{\lambda}{2}(2m + 1)$

(2) ア. $l_3+l_4-l_1-l_2=m\lambda$　イ. $l_3+l_4-l_1-l_2=m\dfrac{\lambda}{2}$　ウ. $l_3+l_4-l_1-l_2=m\dfrac{\lambda}{3}$

エ. $l_3+l_4-l_1-l_2=\dfrac{\lambda}{2}\left(2m+\dfrac{1}{2}\right)$　オ. $l_3+l_4-l_1-l_2=\dfrac{\lambda}{2}(2m+1)$

(3) ア. $\dfrac{\lambda}{2}$　イ. $\dfrac{\lambda}{2\cos\theta}$　ウ. $\dfrac{\lambda}{2\sin\theta}$　エ. $\dfrac{\lambda\cos\theta}{2}$　オ. $\dfrac{\lambda\sin\theta}{2}$

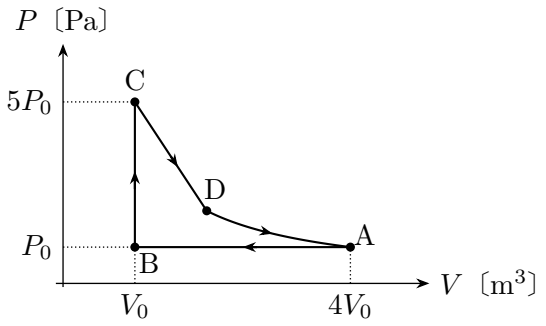
(4) ア. $\dfrac{m\lambda\tan\theta}{2}$　イ. $\dfrac{m\lambda\sin\theta}{2}$　ウ. $\dfrac{m\lambda\cos\theta}{2}$　エ. $\dfrac{m\lambda}{2\sin\theta}$　オ. $\dfrac{m\lambda}{2\cos\theta}$

(5) ア. $1+\dfrac{\delta\lambda}{4dt}$　イ. $1+\dfrac{\delta\lambda}{2dt}$　ウ. $1+\dfrac{\delta\lambda}{dt}$　エ. $1+\dfrac{2\delta\lambda}{dt}$　オ. $1+\dfrac{4\delta\lambda}{dt}$

**4** 一定量の単原子分子からなる理想気体を，なめらかに動くピストンのついたシリンダー内に封入した。はじめ，シリンダー内の気体の圧力は $P_0$〔Pa〕，体積は $4V_0$〔$m^3$〕であり，このときの気体の状態を状態 A とする。図のように，気体の状態を状態 A から状態 B，状態 B から状態 C，状態 C から状態 D，そして状態 D から状態 A へと充分にゆっくりと変化させた。図の横軸は気体の体積 $V$〔$m^3$〕，図の縦軸は気体の圧力 $P$〔Pa〕である。過程 A→B は定圧変化，過程 B→C は定積変化であり，過程 C→D では，気体の圧力を $P$〔Pa〕，体積を $V$〔$m^3$〕としたとき，

$$P=-\frac{3P_0}{V_0}V+8P_0$$

を満たしながら変化し，図中では直線で表され，過程 D→A は等温変化である。また，状態 B のときの気体の体積は $V_0$〔$m^3$〕，状態 C のときの気体の圧力は $5P_0$〔Pa〕である。次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選びなさい。




(1) 過程 A→B において気体が放出する熱量〔J〕を求めなさい。

(2) 状態 C のときの気体の絶対温度〔K〕は状態 B のときの気体の絶対温度〔K〕の何倍かを求めなさい。

(3)　状態 D のときの気体の体積〔$m^3$〕を求めなさい。

(4)　過程 C→D において，気体が外部にする仕事〔J〕を求めなさい。

(5)　過程 C→D の途中のある状態 X を考えると，過程 C→X では気体は熱を吸収し，過程 X→D では気体は熱を放出した。状態 X のときの気体の圧力〔Pa〕を求めなさい。

〔解答群〕

(1)　ア．$2P_0V_0$　イ．$3P_0V_0$　ウ．$4P_0V_0$　エ．$\frac{9}{2}P_0V_0$　オ．$\frac{11}{2}P_0V_0$

カ．$\frac{15}{2}P_0V_0$

(2)　ア．$\frac{1}{20}$ 倍　イ．$\frac{1}{5}$ 倍　ウ．$\frac{1}{4}$ 倍　エ．4 倍　オ．5 倍　カ．20 倍

(3)　ア．$\frac{7}{4}V_0$　イ．$\frac{9}{5}V_0$　ウ．$2V_0$　エ．$\frac{7}{3}V_0$　オ．$\frac{5}{2}V_0$　カ．$\frac{11}{4}V_0$

(4)　ア．$\frac{3}{2}P_0V_0$　イ．$\frac{5}{2}P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$\frac{7}{2}P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$　カ．$6P_0V_0$

(5)　ア．$3P_0$　イ．$\frac{10}{3}P_0$　ウ．$\frac{7}{2}P_0$　エ．$\frac{15}{4}P_0$　オ．$4P_0$　カ．$\frac{13}{3}P_0$