選択科目

（医　学　部）

― 2月6日 ―

物　理 化　学 生　物	この中から１科目を選択して解答しなさい。

科　目	問題のページ
物　理	1 〜 6
化　学	7 〜10
生　物	11〜19

解答用紙をきりとり線から切り離して，解答はすべて解答用紙に記入し提出しなさい。

10ＴＡ３

物　　理

1

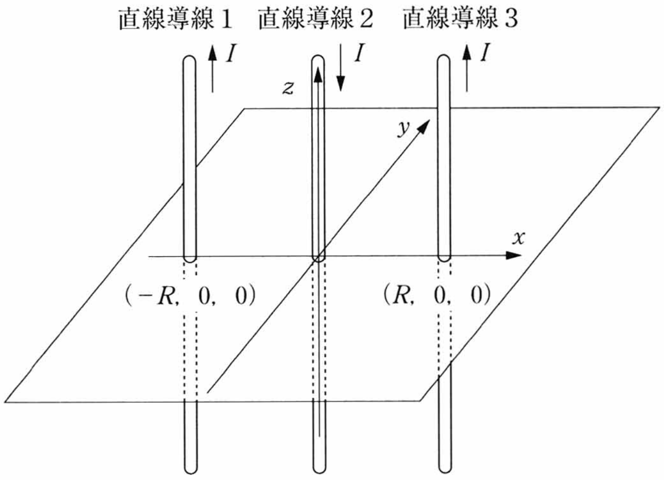
磁場中で導体に流れる電流にはたらく力を基に電流と電流の間にはたらく力について考えたい。次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。ただし，導線は真空中にあるものとし，真空の透磁率を μ_0，円周率を π とする。

(1) 一様な磁場の中に磁場に対して垂直に置いた直線導線に電流を流すと，導線に力がはたらく。導線に大きさ I の電流を流すとき導線の長さ L の部分にはたらく力の大きさは，磁束密度を B とすると， (A) となる。

(2) 1本の長い直線導線を流れる電流は導線のまわりに磁場を作る。磁場の向きは，電流を右ねじの進む向きにとると，右ねじをまわす向きになる。大きさ I の直線電流から距離 R だけ離れた点に直線電流が作る磁束密度の大きさは (B) となる。

(3) 距離 R を隔てて平行に置かれた2本の直線導線に電流を流すと，一方の導線の電流が作る磁場は他方の導線の位置に導線と垂直な向きに磁場を作り，これにより2本の導線は互いに力をおよぼし合う。導線に流れる電流の大きさをそれぞれ I_1，I_2 とするとき，長さ L の部分にはたらく力の大きさは (C) となる。電流の向きが同じとき引力がはたらき，逆向きのとき斥力がはたらく。

(4) 3本の長い平行な直線導線（以下導線と略す。）に電流が流れているとき，導線が他の2本の導線から受ける力を考える。図のように導線の方向を z 軸方向とし，$(x,\ y,\ z)$ 座標をとる。3本の導線は xy 平面に垂直で，それぞれ x 軸上で $(-R,\ 0,\ 0)$，$(0,\ 0,\ 0)$，$(R,\ 0,\ 0)$ の位置にあり，同じ大きさ I の電流を導線1と導線3には z の正の方向に，導線2には負の方向に流した。このとき導線1と導線3を流れる電流が導線2の位置に作る合成磁場は0となり，導線2が導線1と導線3から受ける力の合力は0となる。いま導線1と導線3の位置を固定し，導線2を原点から x 軸の正の方向に導線と導線の平行をたもったまま距離 d（ただし $0 < d < R$）移動した。このとき導線2には単位長さあたり大きさ (D) の力が導線を原点にもどす方向にはたらく。一方，導線2を原点から y 軸の正の方向に導線と導線の平行をたもったまま距離 d 移動した場合には，単位長さあたり大きさ (E) の力が導線を原点から遠ざける方向にはたらく。



〔解答群〕

(A) ア．$\dfrac{1}{IBL}$　イ．$\dfrac{IL}{B}$　ウ．$\dfrac{I}{BL}$　エ．IBL　オ．$\dfrac{BL}{I}$

(B) ア．$\dfrac{\mu_0 I}{\pi R^2}$　イ．$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi R}$　ウ．$\dfrac{I}{4\pi R^2 \mu_0}$　エ．$\dfrac{\pi R}{2\mu_0 I}$　オ．$\dfrac{2\pi R^2 I}{\mu_0}$

(C) ア．$\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 L}{\pi R}$　イ．$\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi R}$　ウ．$\dfrac{2\mu_0 I_1 I_2 L}{\pi R}$　エ．$\dfrac{I_1 I_2 L}{2\pi R \mu_0}$　オ．$\dfrac{I_1 I_2 L}{\pi R \mu_0}$

(D) ア．$\dfrac{2\pi}{\mu_0 I^2}\left[\dfrac{d}{R^2+d^2}\right]$　イ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{d}{R^2-d^2}\right]$　ウ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{R}{R^2+d^2}\right]$　エ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi}\left[\dfrac{d}{R^2-d^2}\right]$

オ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{d}{R^2+d^2}\right]$

(E) ア．$\dfrac{2\pi}{\mu_0 I^2}\left[\dfrac{d}{R^2+d^2}\right]$　イ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{d}{R^2-d^2}\right]$　ウ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{R}{R^2+d^2}\right]$　エ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi}\left[\dfrac{d}{R^2-d^2}\right]$

オ．$\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi}\left[\dfrac{d}{R^2+d^2}\right]$

2　ガラス板に一定間隔の平行な溝を刻んだ回折格子を用いることによりレーザー光線を複数の光線に分けることができる。図1に示すように，格子定数 d の回折格子Aとスクリーンがあり，スクリーンは回折格子Aから距離 L だけ離れており，回折格子Aに対して平行に設置されている。回折格子Aの点O′に波長 λ の赤いレーザー光線を回折格子Aに対して垂直に入射したところ，スクリーン上にいくつかの明るい点が見えた。スクリーンにはX軸，Y軸が描かれており，回折格子の点O′に入射するレーザー光線の延長上の点をスクリーンの原点Oとした。回折格子の溝の方向はスクリーンのY軸に平行であり，明るい点はX軸上に現れた。

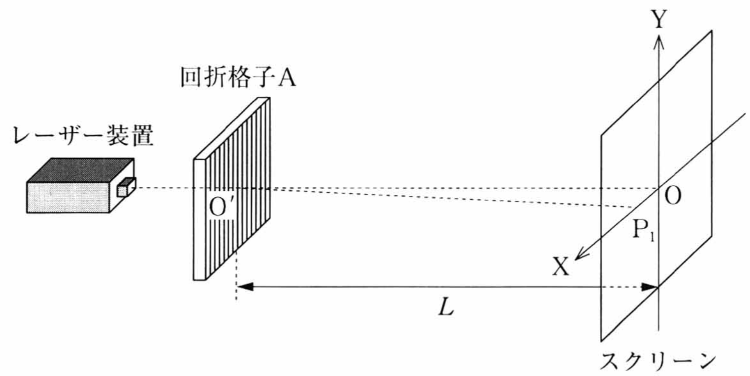


図1

(1)　原点Oから最も近い位置に現れた明るい点を点 P_1 とするとき，原点Oから点 P_1 までの距離を求めなさい。

(2)　レーザー光線の種類を赤い光線から緑の光線に変えた場合，原点Oから点 P_1 までの距離について，「大きくなる」，「変わらない」，「小さくなる」のいずれかを答えなさい。

次に図2に示すように，赤いレーザー光線が回折格子に対し θ_{in} の角度で入射するようにレーザー装置の位置を変えたところ，スクリーン上の明るい点の位置が点 P_1 から点 P_1' へ移動した。$\angle OO'P_1'$ を θ_{out} とすると，以下の式が成立する。

$$d\,(\sin\theta_{out} - \sin\theta_{in}) = \lambda$$

ただし，回折格子の厚みは無視できるものとする。

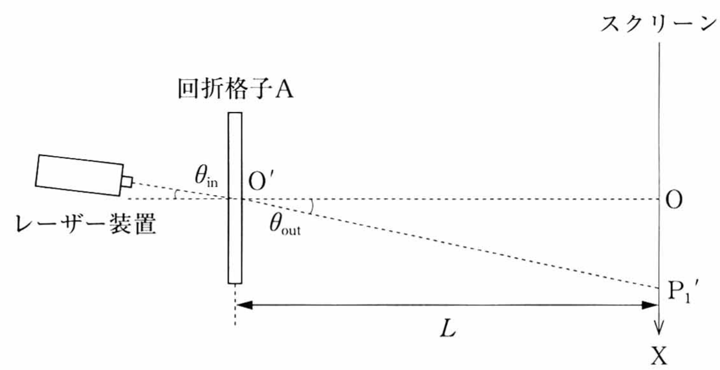


図2

(3)　原点Oから点 P_1' までの距離を d，λ，L，θ_{in} を用いて表しなさい。

レーザー装置を図1の位置に戻し，図3に示すように回折格子Aから距離$\frac{L}{2}$だけ離れた位置に，直線OO′と垂直に格子定数dの別の回折格子A′を回折格子の溝の方向がY軸と平行になるように置いたところ，新たにいくつかの明るい点がX軸上に現れた。このとき，図1の点P_1に現れた明るい点の位置は変化しなかった。

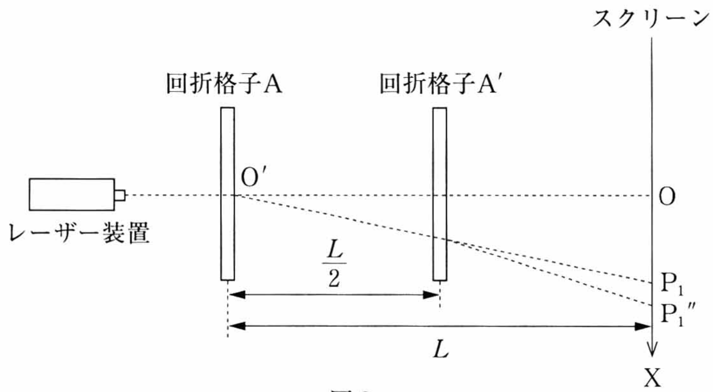


図3

(4) 点P_1の最も近くに現れた明るい点のうち，原点Oから遠い方を点P_1''として，原点Oから点P_1''までの距離をd, λ, Lを用いて表しなさい。

さらに，図4に示すように，回折格子A′を図3の状態からレーザー光線の進む方向に垂直な面内で90°回転させたところ，スクリーン上の明るい点のうち，いくつかの点の位置が変化し，9個の明るい点が見えた。

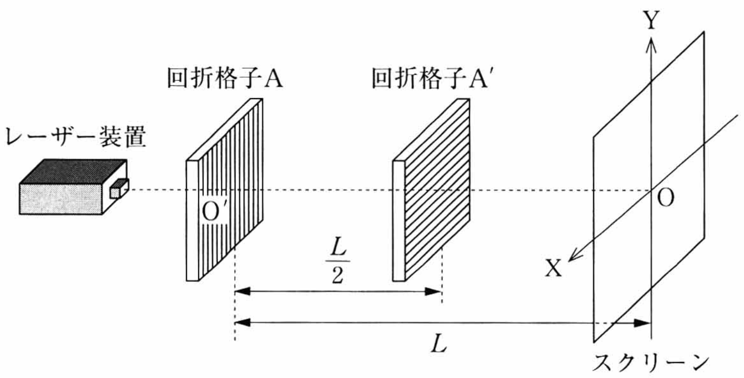
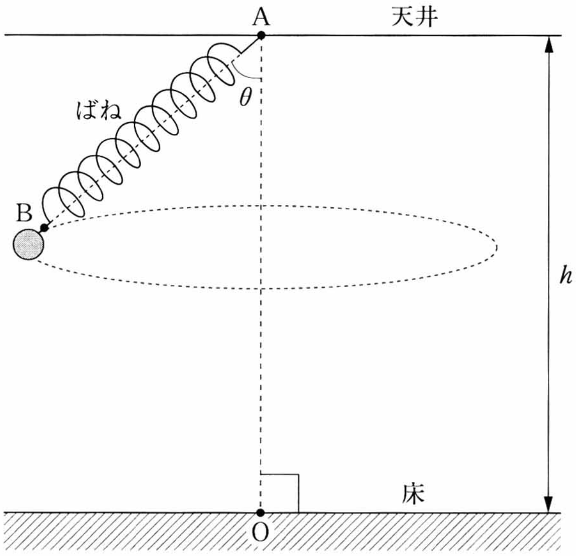


図4

(5) 解答用紙の図には9個の明るい点のうち，X軸上に現れた明るい点を黒丸で示してある。X軸上以外の明るい点の位置の白丸を黒く塗りつぶしなさい。

3 図のように，水平な床面の点 O の鉛直上方の天井に，自然長が l_0 でばね定数が k の軽いばねの一方の端 A が固定されており，ばねの他端 B には質量 m の小球がついている。小球が水平面内で等速円運動を行っているとき，AB と AO のなす角は θ であった。次の各問いに答えなさい。ただし，床から天井までの高さを h，重力加速度の大きさを g，円周率を π とする。



(1) ばねが小球を引く力の大きさを θ，m，g を用いて表しなさい。

(2) 小球にはたらく向心力の大きさを θ，m，g を用いて表しなさい。

(3) ばねの長さを l_0，k，θ，m，g を用いて表しなさい。

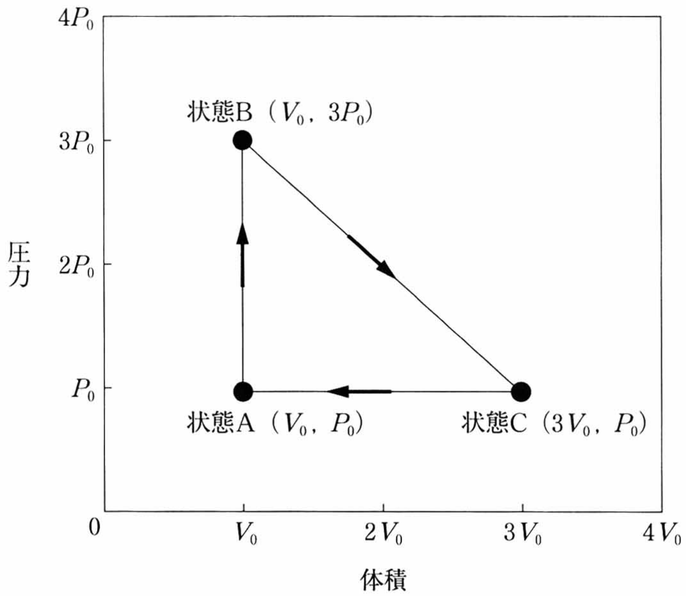
(4) 小球の円運動の周期を l_0，k，θ，m，g を用いて表しなさい。

(5) 小球が，床面からの高さが $\frac{1}{2}h$ の水平面内で等速円運動を行っている最中にばねから離れ，床面の点 R に落下した。点 O から点 R までの距離を l_0，k，θ，m，g を用いて表しなさい。

4

単原子分子からなる理想気体 1 mol がある。この気体を状態 A → B → C → A の順に図に示す三本の直線の経路にそってゆっくり変化させた。状態 A では気体の体積，圧力および絶対温度がそれぞれ V_0，P_0，T_0 である。状態 B では気体の体積は V_0，圧力は $3P_0$ であり，状態 C では気体の体積は $3V_0$，圧力は P_0 である。

次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。



(1) 状態 B における気体の温度はいくらか。

(2) 状態 A から状態 B への変化の過程で気体が外部から吸収した熱量はいくらか。

(3) 気体が状態 B から状態 C への変化の過程で外部に行った仕事の大きさはどれだけか。

(4) 状態 B から状態 C への変化の過程で，気体が外部から吸収した熱量はいくらか。

(5) 状態 C から状態 A への変化の過程で気体が外部に放出した熱量はいくらか。

(6) 状態 A → B → C → A のサイクルの過程で気体が差し引きで外部に行った仕事はどれだけか。

〔解答群〕

(1) ア．$3T_0$　イ．$2T_0$　ウ．$\frac{3}{2}T_0$　エ．T_0　オ．$\frac{1}{2}T_0$

(2) ア．P_0V_0　イ．$2P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$4P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$

(3) ア．P_0V_0　イ．$2P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$4P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$

(4) ア．P_0V_0　イ．$2P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$4P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$

(5) ア．P_0V_0　イ．$2P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$4P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$

(6) ア．P_0V_0　イ．$2P_0V_0$　ウ．$3P_0V_0$　エ．$4P_0V_0$　オ．$5P_0V_0$