

平成30年度 大阪大学基礎工学部編入学試験
各コースにおける物理及び化学の解答方法について

学科	コース	内容
電子物理科学科	エレクトロニクスコース	物理：3問すべて解答してください。
	物性物理科学コース	物理：3問すべて解答してください。
		化学：3問中2問を解答してください。 また、解答しない解答用紙に大きく×印をしてください。
化学応用科学科	合成化学コース	物理：3問中2問を解答してください。 また、解答しない解答用紙に大きく×印をしてください。
		化学：3問すべて解答してください。
	化学工学コース	物理及び化学： 2科目あわせて6問中5問を 解答してください。 また、解答しない解答用紙に 大きく×印をしてください。
システム科学科	知能システム学コース	物理：3問中2問を解答してください。 また、解答しない解答用紙に 大きく×印をしてください。
	生物工学コース	
情報科学科	計算機科学コース	物理：3問中2問を解答してください。 また、解答しない解答用紙に 大きく×印をしてください。
	ソフトウェア科学コース	
	数理科学コース	

平成30年度 大阪大学基礎工学部編入学試験

[物 理] 試 験 問 題

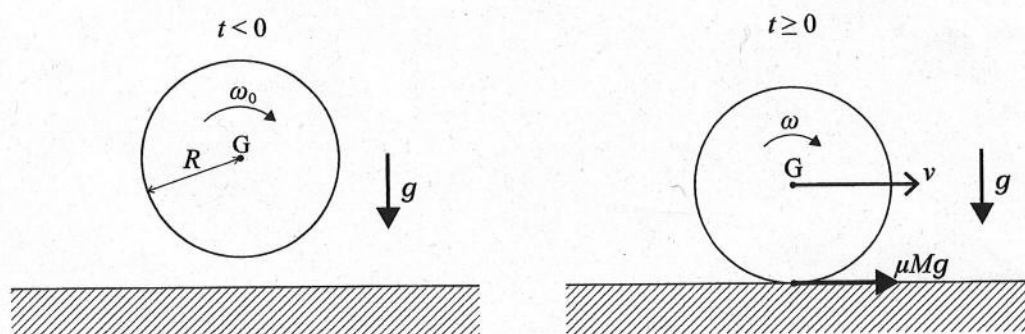
受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理 — 1]

問題 1

水平な面の上に回転する剛体球を置く場合について考える。図に示すように、半径 R 、質量 M の様な剛体球を、重心 G を通り水平な面と平行な方向を回転軸として角速度 ω_0 で回転させておき、時刻 $t=0$ でこれを球と面の間の動摩擦係数が μ の水平な粗い面の上にそっと置く。つまり、時刻 $t<0$ では重心 G の水平方向の速度 v は0、重心 G まわりの角速度は ω_0 となる。その後、球は滑りながら速度 v 、角速度 ω で転がり、時刻 t_1 以降になると球は滑らずに転がる等速度運動となる。球の運動について以下の設問に答えよ。なお重力加速度の大きさを g とする。

- (1) 球の慣性モーメント I が $\frac{2}{5}MR^2$ となることを示せ。
- (2) 摩擦力 μMg が働き、球が滑りながら転がる時の球の重心 G の速度 v 、および球の重心 G まわりの回転運動の角速度 ω のみたす微分方程式を示せ。
- (3) 摩擦力 μMg が働き、球が滑りながら転がる時の時刻 t における球の重心 G の速度 v 、および角速度 ω を求めよ。
- (4) 球が滑らずに転がり始める時刻 t_1 を求めよ。
- (5) 時刻 t_1 以降の等速度運動時の球の重心 G の速度 v_1 を求めよ。



平成30年度 大阪大学基礎工学部編入学試験

[物 理] 試 験 問 題

受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理 - 2]

問題 2

真空中で円周にそって流れる電流 (円電流) がつくる磁場, および, 円電流と等価な磁気モーメントについて考える.

一般に, 真空中で電流素片 $I ds$ が距離 R だけ離れた点につくる磁束密度 $d\mathbf{B}$ は

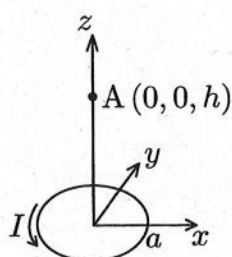
$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I ds \times \hat{\mathbf{R}}}{R^2}$$

で与えられる (ビオ・サバールの法則). ここで, μ_0 は真空の透磁率, I は電流の大きさ, ds は電流の方向にとった微小変位ベクトル, $\hat{\mathbf{R}}$ は電流素片からその点に向かう方向の単位ベクトルである.

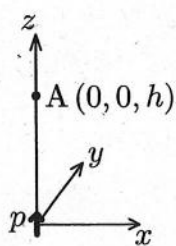
- (1) 下図 (a) に示されるように, 座標原点を中心とする x - y 平面上の半径 a の円周にそって図に示された方向に電流 I が流れているとき, 点 $A(0, 0, h)$ における磁束密度の向きと大きさを求めよ. ただし, $h > 0$ とする.
- (2) 下図 (b) に示されるように, 座標原点におかれた大きさが p で z 軸方向の磁気モーメントが, 点 $A(0, 0, h)$ に作る磁束密度の向きと大きさを求めよ. ただし, 磁気モーメントとは正負の磁荷の対が微小な距離だけ離れているものであるが, h はその距離に比べて十分大きいとする.

問 (1) と問 (2) の結果より, 半径 a の円電流 I は, 十分遠方からみると, 大きさが $\mu_0 \pi a^2 I$ の磁気モーメントと等価であると考えられる. このことを利用して, 次に, 真空中で円運動する荷電粒子について考える. ただし, 古典力学の範囲で考えることとし, この円運動による電磁波の輻射は無視できるとする.

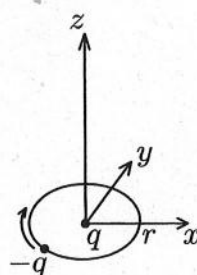
- (3) 座標の原点に電荷 $q (> 0)$ が固定されている. 下図 (c) に示すように, 質量が m で $-q$ の電荷を持つ質点 q が, x - y 平面上で原点の周りを図に示す方向に一定の角速度で円運動している. この円の半径を r とする. この質点の円運動を円電流とみなすことにより, 十分遠方からみた等価な磁気モーメントの向きと大きさ p_{e0} を求めよ. ただし, 真空の誘電率を ϵ_0 とする.
- (4) 下図 (d) に示すように, 磁束密度が $B (> 0)$ で z 軸方向の様な弱い磁場中で, 問 (3) と同じ問題を考える. ただし, 質点の円運動の半径 r は問 (3) と同じと仮定する. このときの十分遠方からみた等価磁気モーメントの大きさを p_{eB} とし, $\Delta p_e \equiv p_{eB} - p_{e0}$ を B の 1 次までの近似式として求めよ.



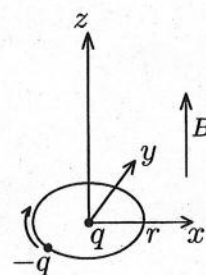
(a)



(b)



(c)



(d)

平成30年度 大阪大学基礎工学部編入学試験

[物 理] 試 験 問 題

受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理－3]

問題 3

図にあるような紙鉄砲を考えよう。紙鉄砲はシリンダーと水で濡らした二つの紙玉および紙玉を押し込む棒からなる。二つの紙玉の間のシリンダーには体積 V_0 の空間があり内部の空気の温度は室温であり圧力は大気圧 P_0 に等しくなっている。右側の紙玉を棒で押し込むと V_0 の体積が減少するとともにその圧力が上がり P_S に達すると左側の紙玉が飛び出す。

左側の紙玉の右端からシリンダーの左端までのシリンダー内の体積を V_1 とする。紙玉とシリンダーの間からの空気の漏れはなく紙玉の変形や、紙玉が動き出してから摩擦、水分の蒸発などは無視できるとする。また、 V_1 は紙玉が飛び出すときのシリンダーの圧力が大気圧より小さくならないように十分に小さくしてある。紙鉄砲の内部の空気は理想気体として取り扱う。また、外部の圧力は大気圧であり紙玉が動いても変わらないとし、重力の影響も無視する。断熱過程については系の圧力 P と体積 V について $PV^\gamma = \text{一定}$ という関係が成り立つことを用いてよい。但し、 γ ($\gamma > 1$)は定圧モル比熱の定積モル比熱に対する比である。

- (1) 棒をゆっくりと押し込む場合を考える。外部との熱のやり取りが十分にできるため内部の気体の温度は室温にたもたれる。このとき、内部の圧力が P_S に達するときの体積 V_S を P_0, P_S, V_0 を用いて表せ。
- (2) 内部の空気と外部との熱のやり取りを無視できるほど速く棒を押し込む場合を考える。この場合において、内部の圧力が P_S に達するときの体積 V_S を P_0, P_S, V_0 と γ で表せ。
- (3) 棒を押し込んで、気体の圧力が P_S に達し、紙玉間の体積が V_S になったところで棒を止めると左の紙玉が飛び出した。飛び出す速度は大きいので内部の気体は断熱的に膨張した。このときに飛び出した紙玉の運動エネルギー E_K を求めると

$$E_K = \frac{P_S V_S^\gamma}{\gamma - 1} \left[\frac{1}{V_S^{\gamma-1}} - \frac{1}{(V_S + V_1)^{\gamma-1}} \right] - P_0 V_1$$

となることを導け。

- (4) 棒をゆっくり押し込んだ場合と速く押し込んだ場合、どちらのほうで紙玉の飛び出す速度は大きくなるのか理由を述べて答えよ。
- (5) シリンダーを長くすることにより V_0 を大きくした場合、紙玉の飛び出す速度は大きくなるのか小さくなるのか、理由を述べて答えよ。

