

## 令和3年度 大阪大学基礎工学部編入学試験

## 注意事項 (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	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。
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	

受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理－1]

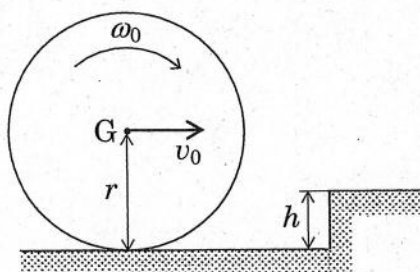
## 問題 1

下図に示すように、半径 $r$ 、質量 $M$ の球が、水平面上を滑らずに重心の速さ $v_0$ （一定）で進み、高さ $h$  ( $h < r$ )の段差に垂直に衝突する。球が段差を乗り越える間は、球は段差のふちに常に接触しており、球はその接触点 $P$ で滑らないと仮定する。球の重心 $G$ および点 $P$ を通る紙面に垂直な軸を、それぞれ $G$ 軸、 $P$ 軸として以下の問に答えよ。重力加速度の大きさは $g$ とする。

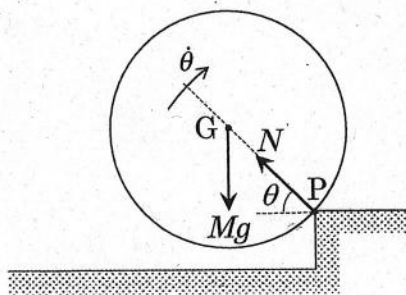
- (1) 球の $G$ 軸まわりの慣性モーメント $I_G$ 、球が点 $P$ に接触している時の $P$ 軸まわりの慣性モーメント $I_P$ を求めよ。
- (2) 衝突前の $G$ 軸まわりの球の角速度を $\omega_0$ 、衝突直後の $P$ 軸まわりの球の角速度を $\omega$ とし、衝突直前と直後の球の角運動量の関係を $I_G$ と $I_P$ を用いて表せ。
- (3) 衝突後は力学的エネルギーが保存されることを用いて、球が段差を越えるための $\omega$ の条件を示せ。
- (4) 球が段差を越えるための $v_0$ の条件を $r, h, g$ を用いて表せ。

次に、球が段差に衝突してから段差を越えるまでの間で、時刻 $t$ における線分 $PG$ と水平線とのなす角を $\theta$ （時計回りを正）とし、球が段差のふちから離れない条件を考える。

- (5) 球が点 $P$ と接触している間、球が段差のふちから受ける抗力 $N$ を $\dot{\theta} (= d\theta/dt)$ を用いて表せ。
- (6) 衝突直後の $P$ 軸まわりの球の角速度 $\omega$ を用いて、 $N$ の最小値を表せ。
- (7) 球が段差を越える時にふちから離れないための $v_0$ の条件を $r, h, g$ を用いて示せ。



衝突前



衝突後

受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理-2]

## 問題2

図に示すような  $xy$  平面上に位置する変形しない矩形電線ループを考える。電線ループの辺は  $x$  軸, または,  $y$  軸に平行であり,  $y$  方向の長さを  $\ell$  とする。電線ループは光速に比べて十分小さい速度で  $x$  方向に自由に運動でき, 重力と空気抵抗の影響は無視できるとする。時刻  $t$  における電線ループの  $+x$  方向の速度を  $v(t)$  とし, また, 電線ループの左端と右端の  $x$  座標を  $a(t)$ ,  $b(t)$  と書く。電線の右端 ( $x = b(t)$ ) には抵抗  $R$  が付けられており, 電線が持つ抵抗は無視できるとする。図の灰色部分に示すように, この回路に対して, 時間的に変化しない磁束密度  $B > 0$  が  $+z$  方向に印加されている。このとき,  $+z$  方向の磁束密度分布は

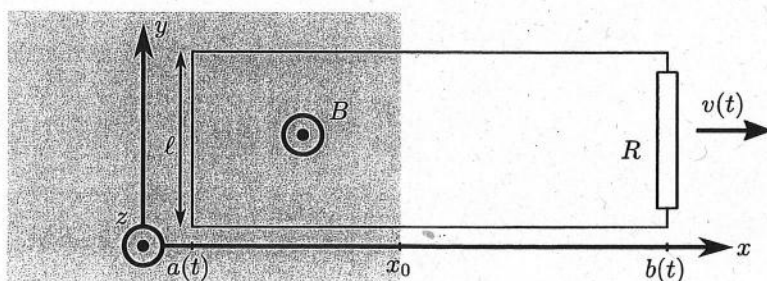
$$B_z(x, y, z) = \begin{cases} B & (x \leq x_0) \\ 0 & (x > x_0) \end{cases}$$

と表される。ただし, 磁束密度印加領域端の  $x$  座標を表す  $x_0$  は  $t$  に依存しない。ループは  $x$  方向に長く, 常に  $a(t) < x_0 < b(t)$  が満たされていると仮定する。以下の問に答えよ。

- (1) 速度  $v(t)$  を用いて電線ループに働いている起電力の大きさを表せ。
- (2)  $v(t)$  を一定速度  $v_0 (> 0)$  に保つには電線ループに外力を加え続ける必要がある。この外力の向きと大きさを答えよ。
- (3) 電線と抵抗を合わせた全質量を  $m$  とする。外力が働いていない状態で  $v(t)$  が満たすべき微分方程式を立てよ。ただし, 抵抗  $R$  の効果が支配的で, 自己インダクタンスの影響は無視できると仮定する。
- (4) 時刻  $t = 0$  において, 電線の速度が  $v(0) = v_1$  であった。ここから外力を加えずに運動させたとする。  $t \geq 0$  での  $v(t)$  を求めよ。

次に  $R = 0$  である場合を考えてみる。このときは電線の自己インダクタンス  $L$  の効果が支配的になる。電線ループの全質量を再び  $m$  で表すとし, また, 電線ループには外力をかけていないとする。以下の問に答えよ。

- (5) 時刻  $t$  において, 電線の右端 ( $x = b(t)$ ) で  $+y$  方向に流れている電流を  $I(t)$  とする。  $dv/dt$  と  $dI/dt$  が満たすべき2つの微分方程式を立てよ。
- (6) 初期条件として, 時刻  $t = 0$  で速度が  $v(0) = v_2$ , 電流が  $I(0) = 0$  であったとする。このとき,  $t \geq 0$  での  $v(t)$  を求めよ。





受 験 番 号	志 望 学 科 ・ コ ー ス
	学 科
	コ ー ス

[物理－3]

問題3

私たちの周囲にある空気を構成する分子はどれくらいの速さで運動しているのだろうか。以下の問に答えて求めよ。なお、各分子は様々な速度で運動していると考えられるので、各分子の速度の大きさの2乗を平均したものを  $\overline{v^2}$  と表し、この平方根  $\sqrt{\overline{v^2}}$  を速さとする。

- (1) 1辺の長さ  $L$  の立方体の箱に質量  $m$  の気体分子が  $N$  個入って平衡状態になっているとする。分子の並進運動エネルギーの総和  $E$  を求めよ。
- (2) 問 (1) の気体の圧力を求めよ。なお、 $N$  は十分大きく、分子間の相互作用は無視できるとする。
- (3) この気体が理想気体とみなせるとき、絶対温度  $T$  が問 (1) の  $E$  と比例関係にあることを示せ。なお、気体定数を  $R$ 、アボガドロ定数を  $N_A$  とする。
- (4) 空気を窒素分子のみで構成される理想気体とみなして、窒素分子の速さを求めよ。なお、温度は  $280 \text{ K}$ 、窒素の分子量は  $28$ 、 $R$ 、 $N_A$  はそれぞれ次の値を使ってよいとする。 $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。