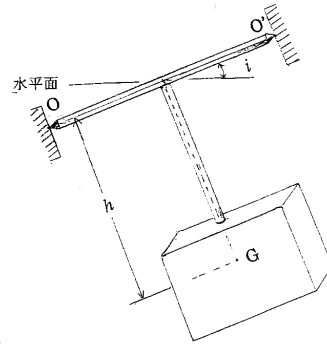


II 物理学

以下の3問(II-1, II-2, II-3)のうち, 2問を選択して解答せよ.

II-1 (選択) 次の問題1と問題2の両方に解答せよ.

右図のように, 剛体の回転軸 OO' が水平面から i だけ傾いており, OO' を剛体の回転軸とし, この剛体がこの回転軸を中心に重力の作用だけで振動する実体振り子(または物理振り子)を考える. 剛体静止位置から OO' 軸まわりの剛体の回転角を θ (以下, 振れ角と呼ぶ) とする. ただし, この剛体の質量を M , 回転軸 OO' から剛体の重心 G までの距離を h , 剛体の回転軸のまわりの慣性モーメントを I , 重力の加速度を g とする. また支点での摩擦や, 空気抵抗は無視できるものとする.



問題1 剛体の回転軸 OO' の傾きが水平のとき ($i=0^\circ$) について, 以下の問1~問3に解答しなさい.

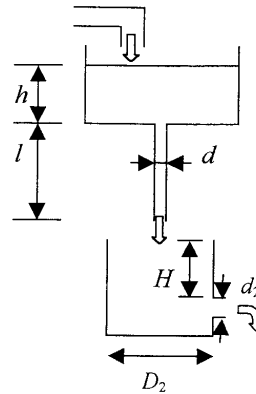
- 問1 振れ角 θ だけ剛体が回転しているとき, この剛体を元の位置に戻そうとする重力のモーメントを求めよ.
- 問2 振れ角 θ が十分小さいとして, この剛体が実体振り子として振動する時の運動方程式を求めよ.
- 問3 この運動方程式の一般解は, $\theta(t) = C \sin(\omega t + \delta)$ と表せるとき, この ω を式で表せ.

問題2 つぎに剛体の回転軸 OO' を水平に対して角度 i だけ傾けた場合について, 以下の問1~問2に解答しなさい. なお i を $\frac{\pi}{2}$ に近くなるようにした場合は, 振動面が水平に近いので水平振り子と称される.

- 問1 振れの角 θ が十分小さいとして, この剛体の実体振り子としての運動方程式を求めよ.
- 問2 この実体振り子の周期 T を式で表せ.

II-2 (選択) 次の問題1と問題2の両方に解答せよ。

次の図のように、重力場に置かれた2つの円筒型貯水槽を経由して、側面の小孔から水が流出する場合を考える。ただし、ここでは水は非圧縮性の完全流体で、流れは渦なしである。また、気圧はどこでも同じとする。



問題1 次の問1～3のすべてに解答せよ。

問1 上側の貯水槽に単位時間当たりの流量 Q (一定) を供給したとき、定常状態での水深 h を求めよ。但し、貯水槽下面の鉛直方向に長さ l 、直径 d の円管が取り付けられており、 d は貯水槽の径より極めて小さいものとする。

問2 上側貯水槽内と円管内における圧力分布を求め、これを図示せよ。但し、重力加速度 g 、流体の密度 ρ とする。

問3 側面孔から下側貯水槽の上端までの高さを H とするとき、定常状態で下側貯水槽から流体が溢れさせないための条件を示せ。但し、下流貯水槽の径を D_2 、側面孔の径を d_2 とする。

問題2 定常状態で上側貯水槽の水深が h 、下側貯水槽の側面孔までの水深が $h_2 (< H)$ になったとき、上側貯水槽への水の供給を停止した。このとき、次の問1と問2を解答せよ。

問1 上側貯水槽が円管を通して全ての水を排出させる時間 T を求めよ。但し、上側貯水槽の径を D とする。

問2 同時に円管出口に栓をして、下側貯水槽への水の供給を止めたとき、側面小孔を通して小孔の上の水が全て排出されるまでの時間 T_2 を求めよ。

II-3 (選択) 次の問題1～問題3のすべてに解答せよ。

点A(a,b,c)にある点電荷 Q によって点 r での電場 $E(r)$ が作り出されているとし、その電場のなかに別の正の点電荷 q_0 が置かれたときについて考える。
ただし点電荷 Q と点電荷 q_0 は真空中にあるものとし、そこでの誘電率を ϵ_0 とする。

問題1 電場と点電荷との関係について、以下の問1～問3について答えよ。

問1 点 r にある点電荷 q_0 が受ける力を求めよ。

問2 点電荷 Q がつくる電場 $E(x,y,z)$ の強さを求めよ。

問3 上記の点電荷の考えを拡張し、半径 a の円周上に一様に分布している全電気量 P によって電場が作り出されているとき、円の中心を通り円に垂直な x 軸上における電場 E の強さを求めよ。

問題2 つぎに電場内での電位について、以下の問1～問2について答えよ。

問1 点 r_1 から点 r_2 までの間を点電荷 q_0 が動いたときの電場 E のする仕事 W (J)を求めよ。

問2 点電荷 q_0 を点 r_2 に静かに置いたところ、この点電荷は加速されて $V(r_1)$ 等電位線を通過した。 $V(r_1)$ の等電位線を横切る時の速さ v を求めよ。
ただし点 r_1 と点 r_2 とが極めて近接し、その間の電場 E を一定とみなす。
点電荷 q_0 の質量を m とし、重力の影響はないものとする。

問題3 上記の点電荷の考えを拡張し、半径 a の球面上に一様に全電気量 R が分布しているとき、球の中心からの距離 r での電場 $E(r)$ の強さと電位 $V(r)$ を求めよ。ただし無限遠点での電位を0Vとする。