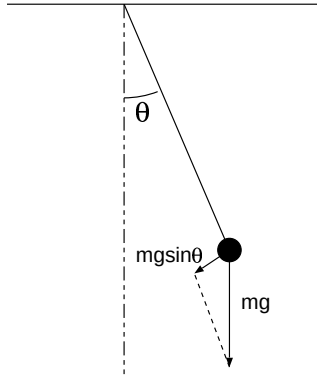


問題 72 系に固有の振動数．振り子の振動数，建物の振動数など．

問題 73 図のように角度 θ を取る．



(1) 図より，振動の復元力は， $mg \sin \theta$ である．よって，運動方程式は，

$$m \frac{dv}{dt} = -mg \sin \theta.$$

$$v = \ell \frac{d\theta}{dt}$$

であることに注意すると，

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \sin \theta$$

(2) 振動が微小だから， $\theta \approx 0$ よって， $\sin \theta \approx \theta$ と近似できる．よって，

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \theta$$

(3) この運動方程式を解く．特性方程式は，

$$\lambda^2 + \frac{g}{\ell} = 0$$

特性方程式の解は， $\pm i \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ ．よって，

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

(4) ひもの重さを考慮すると，ひもの慣性モーメント I を考えた回転の運動方程式となる．力の項は，モーメントとなる．

問題 74 系の固有振動数と外部からの強制振動の振動数が一致していること．エネルギーのやり取りが起る．

問題 75 例:LCR の直列回路に外部から交流電圧を印加したときに， $\omega = 1/\sqrt{LC}$ のときに，共振が起る．このとき，電流が最大になる．

問題 76 両辺体積分する．左辺は，ガウスの定理より面積分に変え換えられる．右辺は，総電荷量になる．これより，電場を求める．

$$\text{左辺} = \int_V \nabla \cdot \mathbf{E} dV = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = 4\pi r^2 E$$

$$\text{右辺} = \int_V \frac{\rho}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

よって，

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2}.$$

問題 77 電磁気学の教科書を参照．

問題 78 省略．

問題 79 $f_p = 9 \times 10^{11} = 0.9 \text{ THz}$.

問題 80 プラズマの固有周波数であるプラズマ周波数に等しい．このとき，プラズマにエネルギーが効率よく伝わる．更に，電子などが加速される．プラズマの温度が上がる．など．

問題 81 $f_p = 9000\sqrt{n}$ より， $f_p = 9 \times 10^9 = 9 \text{ GHz}$ ．マイクロ波領域．

問題 82 電子と同様にイオンプラズマ周波数は，質量を $m \rightarrow M$ として，

$$\omega_i = \left(\frac{ne^2}{\varepsilon_0 M} \right)^{1/2}$$

問題 83 指で釣鐘を押すときに，釣鐘の固有振動数で押し，共鳴現象によって釣鐘を大きく揺らしたと説明できる．