

2009 年度前期熱と波動論基礎 宿題の問題 (訂正版)

2009.7.16 担当 吉森 明

宿題 1. (4 月 23 日出題) 質量 m が 0.1g 、バネ定数 $k = 1.0 \times 10^{-3}\text{N/m}$ 、抵抗 $\lambda = 1.0 \times 10^{-3}\text{Ns/m}$ の運動方程式を解いて一般解 (任意定数を 2 つ含んだ解) を求めなさい。また、過減衰にするには m をどのように変えれば良いか答えなさい。

宿題 2. (5 月 7 日出題) 強制振動: $m\ddot{x} = -kx - \lambda\dot{x} + f \cos \omega t$ で $x = A \cos(\omega t + \delta)$ としたときの A と $\tan \delta$ を求めよ。また $A = A(\omega)$ としたとき $A(\omega)$ がピークを持つ条件、ピークの ω とその時の A を求めよ。

宿題 3. (5 月 14 日出題) 連成振動

$$m\ddot{x}_1 = -kx_1 - k'(x_1 - x_2) \quad (1)$$

$$m\ddot{x}_2 = -kx_2 - k'(x_2 - x_1) \quad (2)$$

の基準振動数と基準振動を求めなさい。ただし、基準振動は、 \mathbf{v} を固有ベクトルとして、 $\mathbf{v} \cos(\omega t + \delta)$ の形のを 2 種類もとめれば良い。

宿題 4. (5 月 21 日出題)[訂正] $t = 0$ で、 $u(x, 0) = f(x) + g(x)$ 、 $\dot{u}(x, 0) = v f'(x) - v g'(x)$ のとき

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (3)$$

の解を求めよ。

宿題 5. (5 月 28 日出題) 3 次元の波動方程式

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = C \nabla^2 u \quad (4)$$

は、球面波解 $u = g(kr - \omega t)/r$ を $\omega^2 = Ck^2$ のとき持つことを示しなさい。ただし、 $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

宿題 6. (6 月 4 日出題)

(a) 平面波と球面波とは何かを説明し、数式で表しなさい。

(b) ヤングの実験で光路差を $2\Delta r$ としたとき、光の強度が強くなる条件と弱くなる条件を Δr を使って示しなさい。

宿題 7. (6 月 11 日出題) ヤングの実験 (スリットでなく 2 つの穴) で S を P と Q の平面から z だけ上の方にとると、明暗はどうなるか。

宿題 8. (6 月 18 日出題) 内部エネルギーが $U(V, T) = NcT - aN^2/V$ で与えられる気体の自由膨張の温度変化を求めなさい。

- 宿題 9. (6月25日出題) カルノーの定理をエネルギー保存則でなく、サイクルでは熱量の出入りが0になるという熱量保存則(間違った仮定)から導きなさい。ただし、効率の定義とトムソンの原理はそのまま使う。
- 宿題 10. (7月2日出題) エントロピー S が長さ L と温度 T の関数 $S(L, T)$ として $S = A \ln T - BL^2$ で表されるゴムがある。このゴムを、熱の出入り無しに、長さを L から L' に延ばした後の温度を T' とする。 T' の値は延ばし方によって変わるが、ある温度よりは下がらない。その温度を求めなさい。
- 宿題 11. (7月9日出題)[訂正] ピストンに入った理想気体 ($PV = nRT$ も $U(V, T) = U(V', T)$ も両方満たす) を温度 T の熱源に付けたまま、体積 V から V' に準静膨張させた時のエントロピー変化を定義から計算しなさい。ただし、 $\Theta(T) = T$ とする。また、この計算から、自由膨張が不可逆過程である事を示しなさい。
- 宿題 12. (7月16日出題) 理想気体の代わりに

$$PV = nRT + \frac{B}{V}, \quad U(V', T) = U(V, T) + \frac{B}{V'} - \frac{B}{V} \quad (5)$$

が成り立つ系で $\Theta(T)$ を計算しなさい。ただし、断熱準静過程で $V'_1/V'_2 = V_1/V_2$ は成り立つとする。