

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  $0.1\text{g}$ 、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  $\omega$  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、 $\mathbf{v} \cos(\omega t + \delta)$  の形のものを 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  $\Delta r$  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。