

物理学・物理学概論

東海大学 理学部
物理学科



*Department of Physics School of Science
Tokai University*



物理学概論 定期試験

7月29日 木曜日 1時限

6B-101

本日のメニュー

- ・後半のポイント復習
電流と磁場、誘導起電力
過渡現象
インピーダンス
共振現象
- ・電磁波

9.1 抵抗とコンデンサーを含む回路

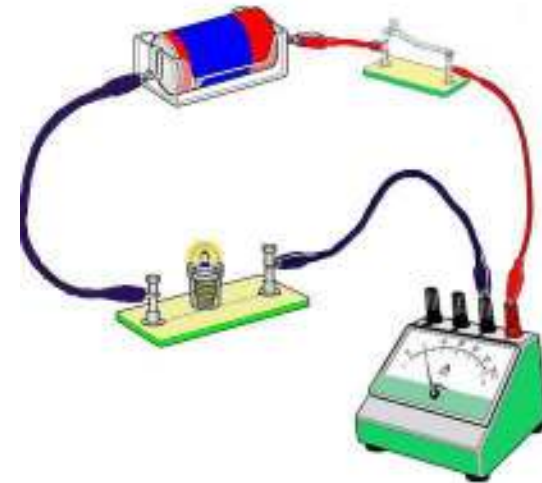
過渡現象

抵抗だけの回路・・・スイッチONとともに**一定**の電流

抵抗+コンデンサー・・・だんだん電流が**減**っていく

抵抗+コイル・・・だんだん電流が**増**えていく

過渡現象 = だんだん何かが変わる現象

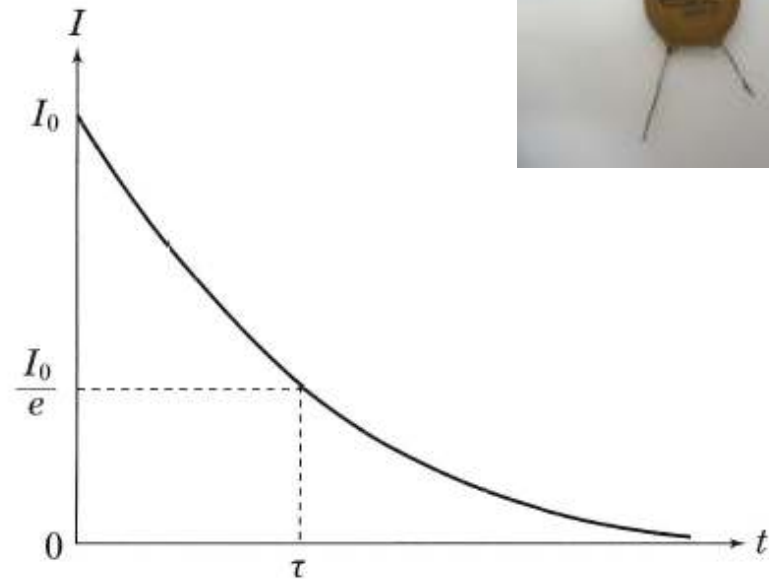
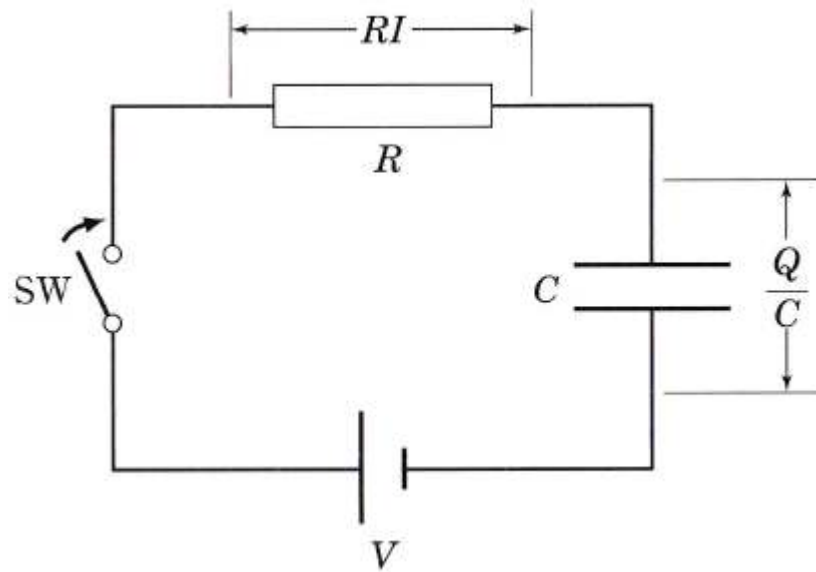


9.1 抵抗とコンデンサーを含む回路

RC回路①

抵抗 R +コンデンサー C ... だんだん電流が減っていく

コンデンサーに電荷が溜まっていき、満杯になると電荷が動けなくなるので電流が流れなくなる。



9.2 抵抗とコイルを含む回路

RL回路①

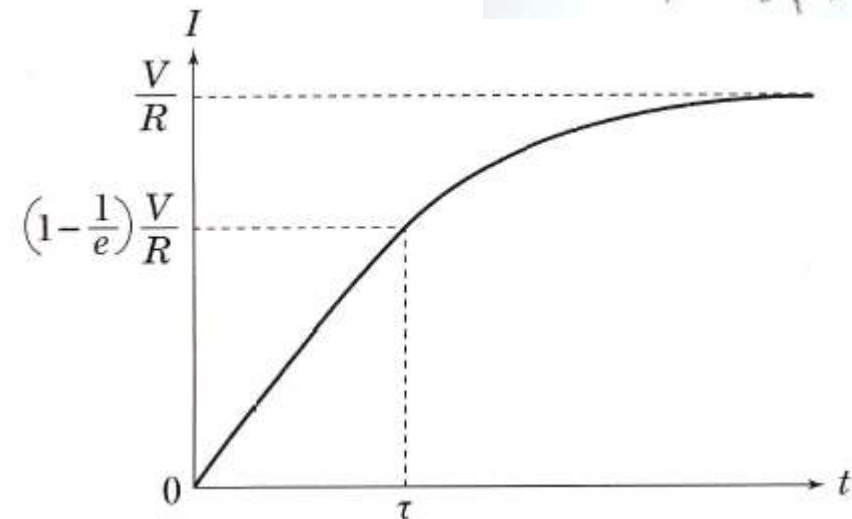
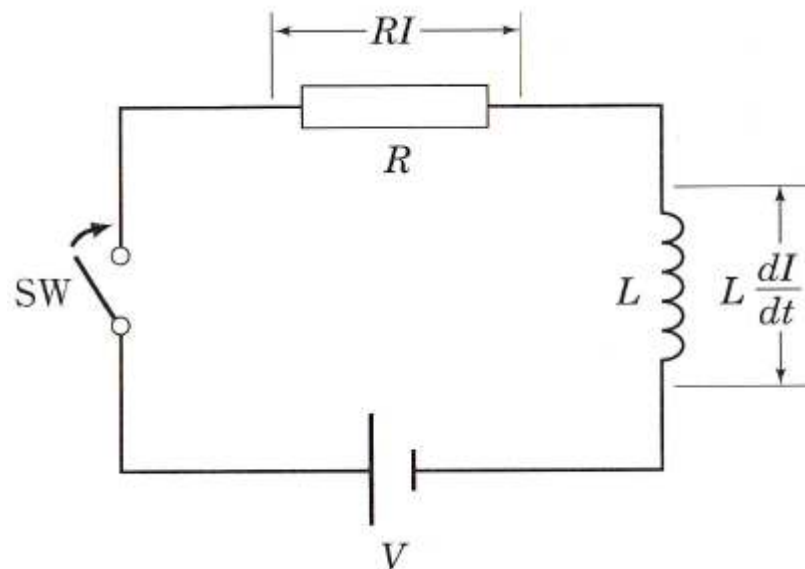
抵抗 R ＋コイル L ... だんだん電流が増えていく

スイッチON時(電流の変化量大きい)

→コイルの自己誘導による逆向きの電流も大きい。

電流が流れだすと

→電流の変化量が小さくなり逆向きの電流が減少。



DVD 直流と交流の違い

電気と磁気

交流と直流のちがい

$$C = f \cdot \lambda \quad \text{周波数} \cdot \text{波長} \cdot \text{速さ}$$

$$y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad \text{高校の教科書}$$
$$T = 1/f$$

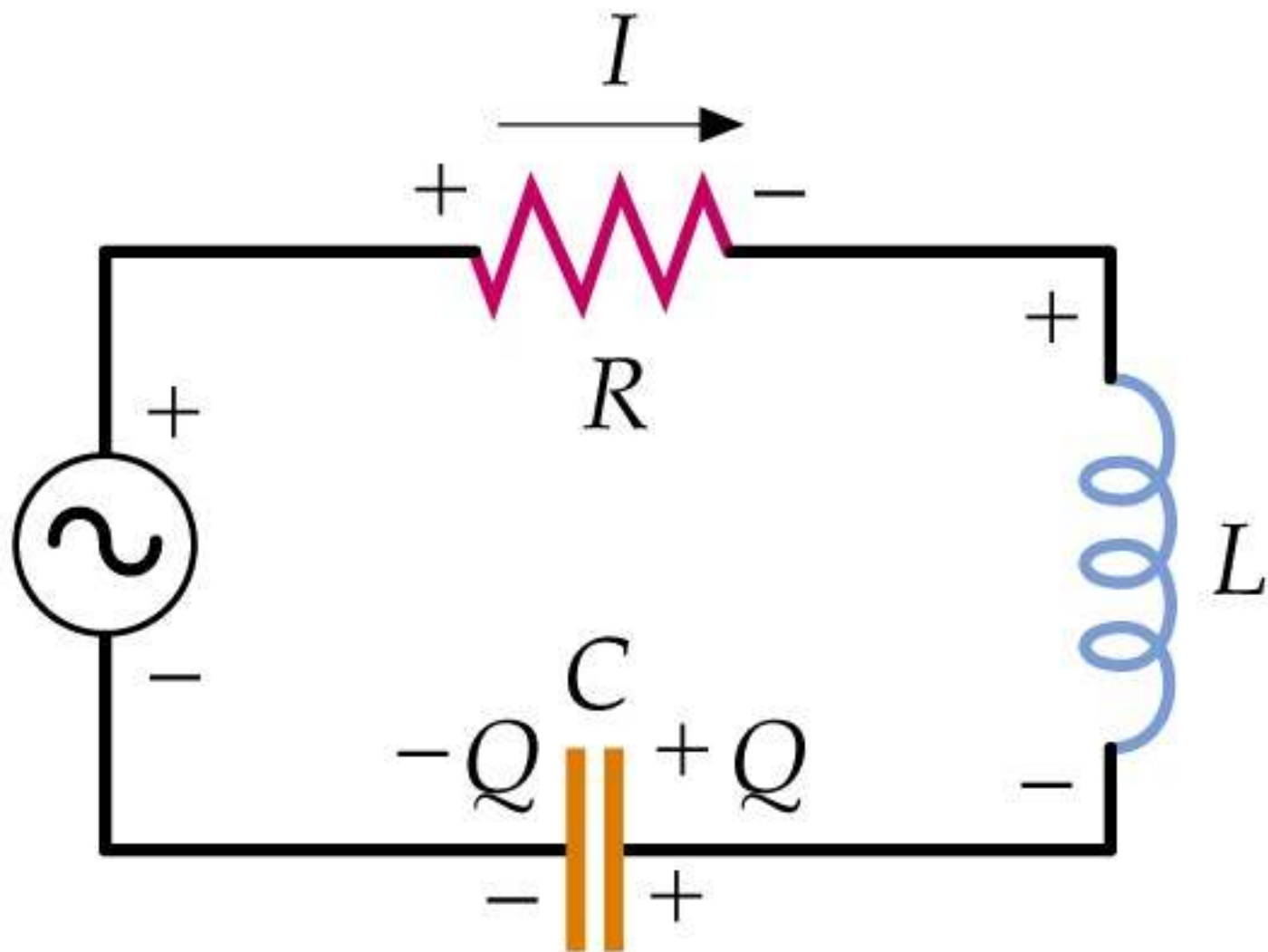
$$\omega = 2\pi f \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$y = A \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

大学基礎授業
で使用する式

V



抵抗 $R \rightarrow$ 熱損失

(ω に関係なく回路電流を抑制)

ω (時間)に関係して変化

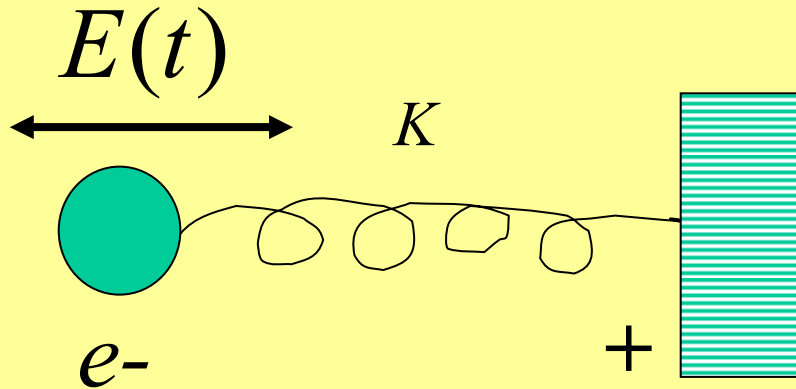
誘導性リアクタンス $X_L = \omega L$

(ω が高いと回路電流を抑制)

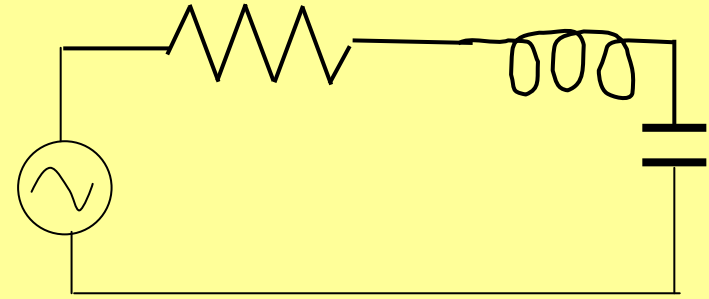
容量性リアクタンス $X_C = 1/\omega C$

(ω が低いと回路電流を抑制)

2階の微分方程式の相似と解

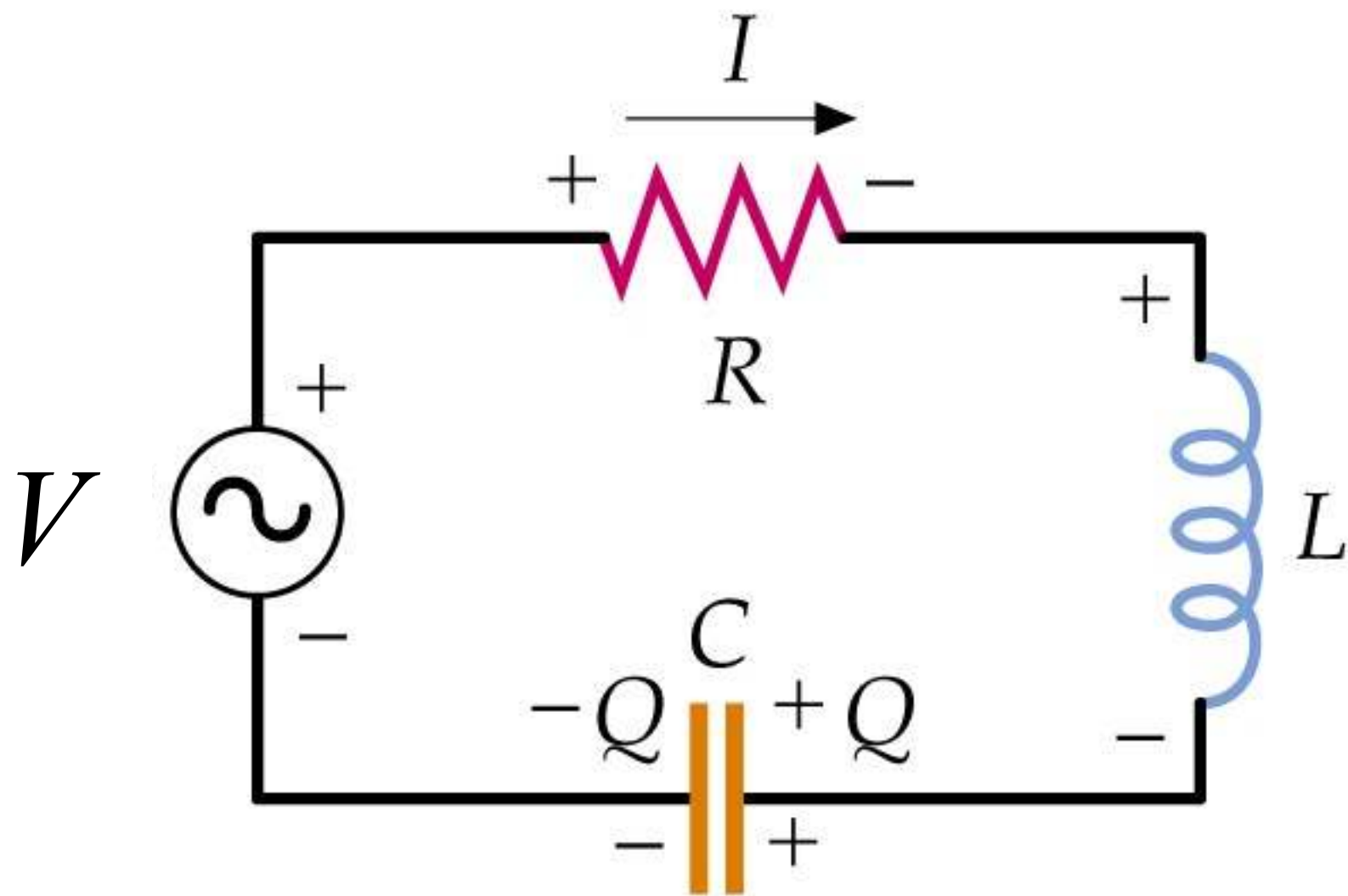


$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + Kx(t) = -eV(t)$$

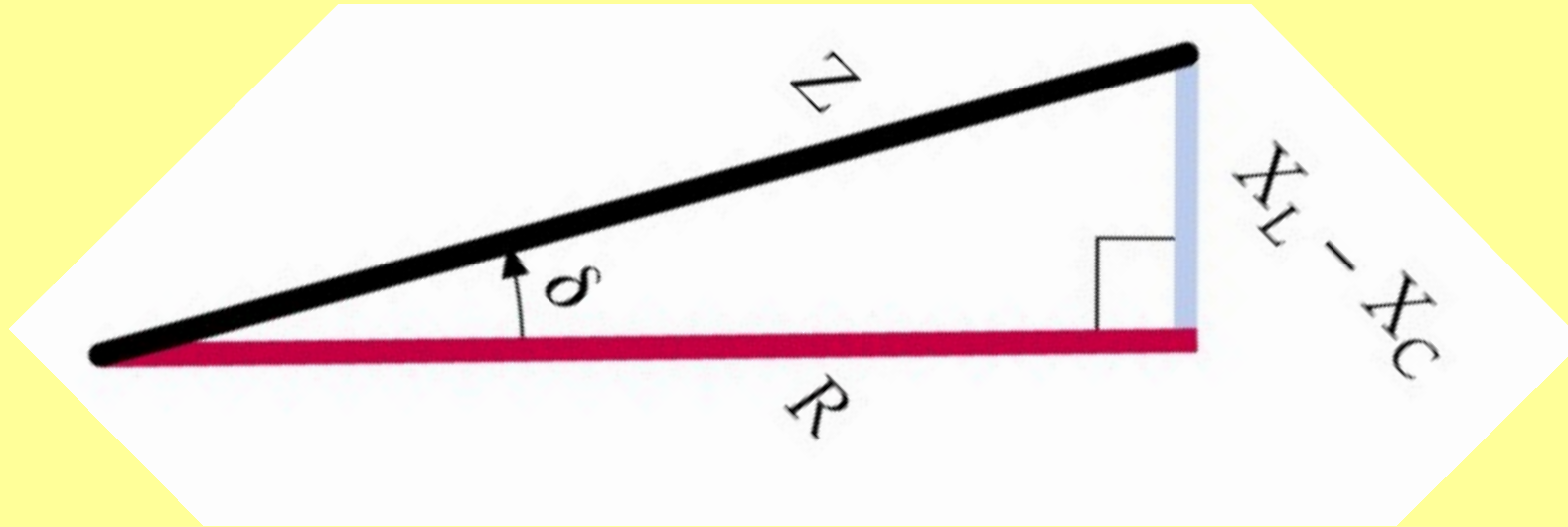


$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = V(t)$$

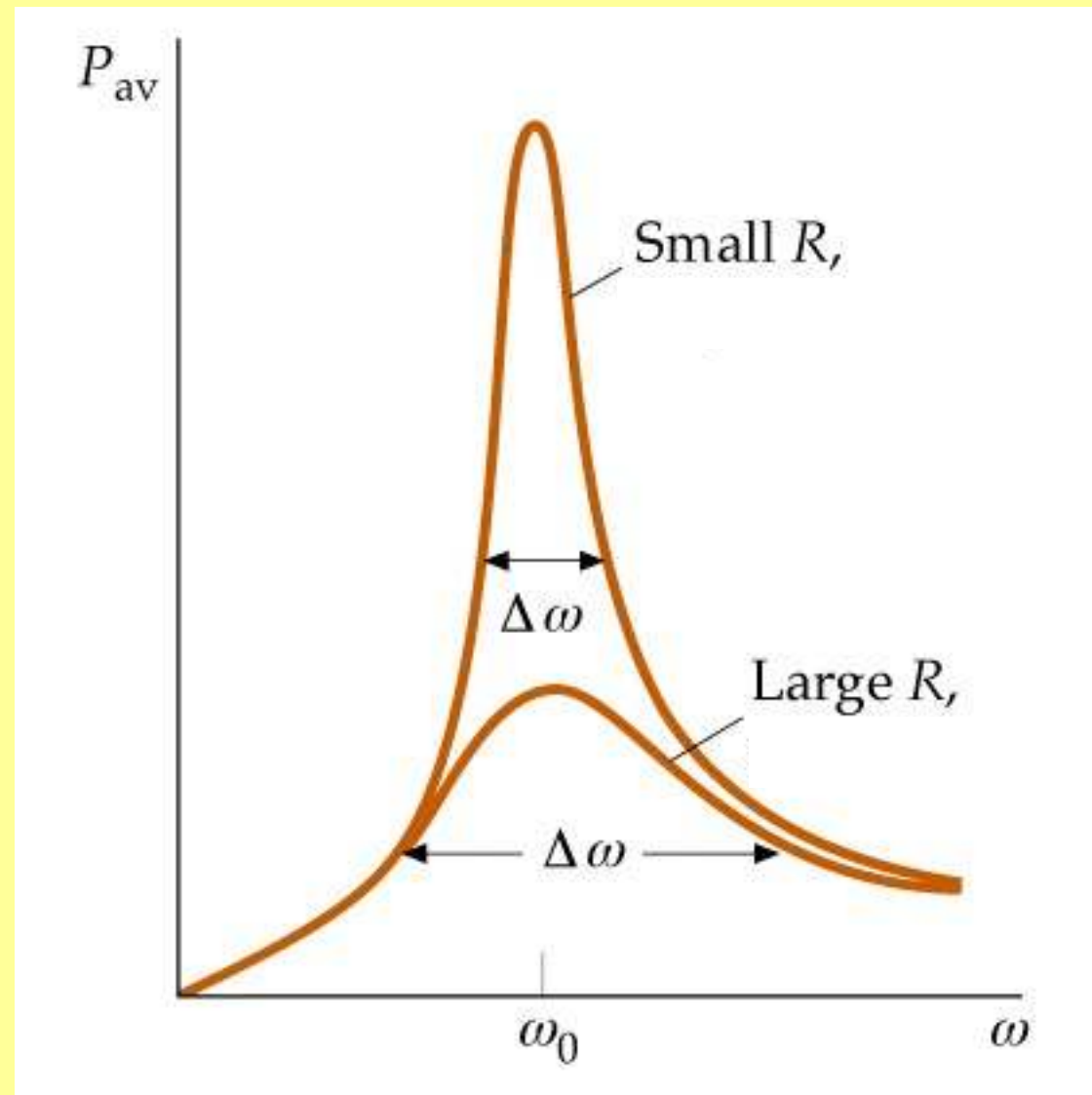
質量	m	L
減衰	γ	R
ばね定数	K	$1/C$



電流の最大値と電圧の最大値の関係



$$\begin{aligned} V_m &= \sqrt{(V_R)^2 + (V_L - V_C)^2} \\ &= \sqrt{(\text{Im} \cdot R)^2 + (\text{Im} \cdot X_L - \text{Im} \cdot X_C)^2} \\ &= \text{Im} \cdot \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2} \end{aligned}$$



本日のメニュー

- ・後半のポイント復習
電流と磁場、誘導起電力
過渡現象
インピーダンス
共振現象
- ・電磁波

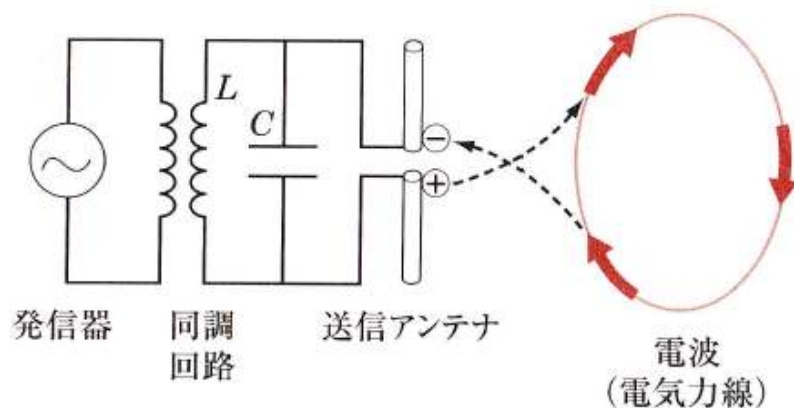
アンテナによる電波の送信と受信

電波送信

アンテナの上下の電荷を交互に入れ替える
(電荷を振動させる)

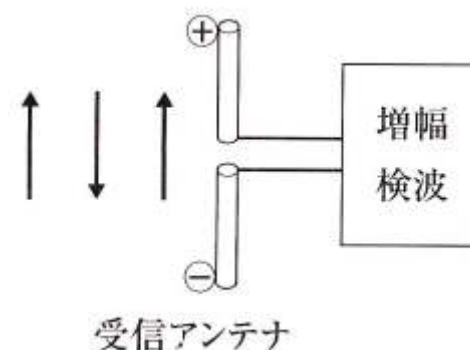
→ 電気力線は交差しないように互いに反発

→ 電気力線が飛んでいく(押し出される)



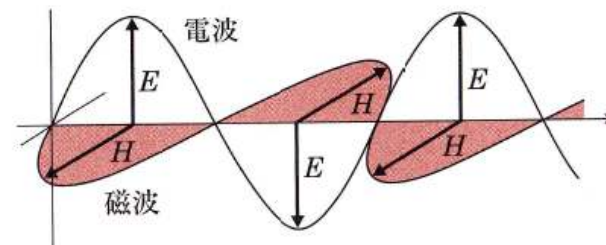
電波受信

電波(電磁波)がアンテナの
電子動かす(電流発生)



電場の変化があれば磁場がある

→ 電波は**電磁波**



DVD 電波の発信と受信

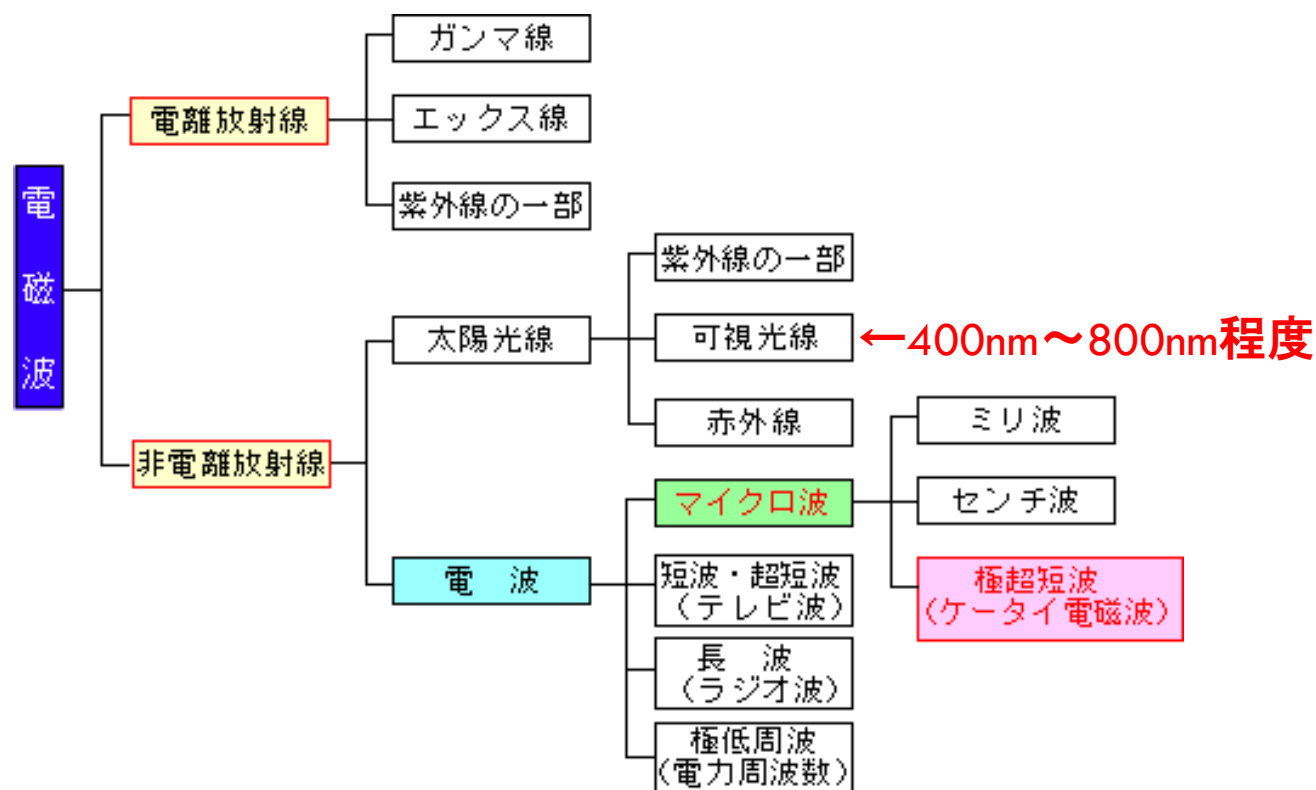
電気と磁気

電波の発信と受信

9.4.2 アンテナからの電波の発射と電磁波

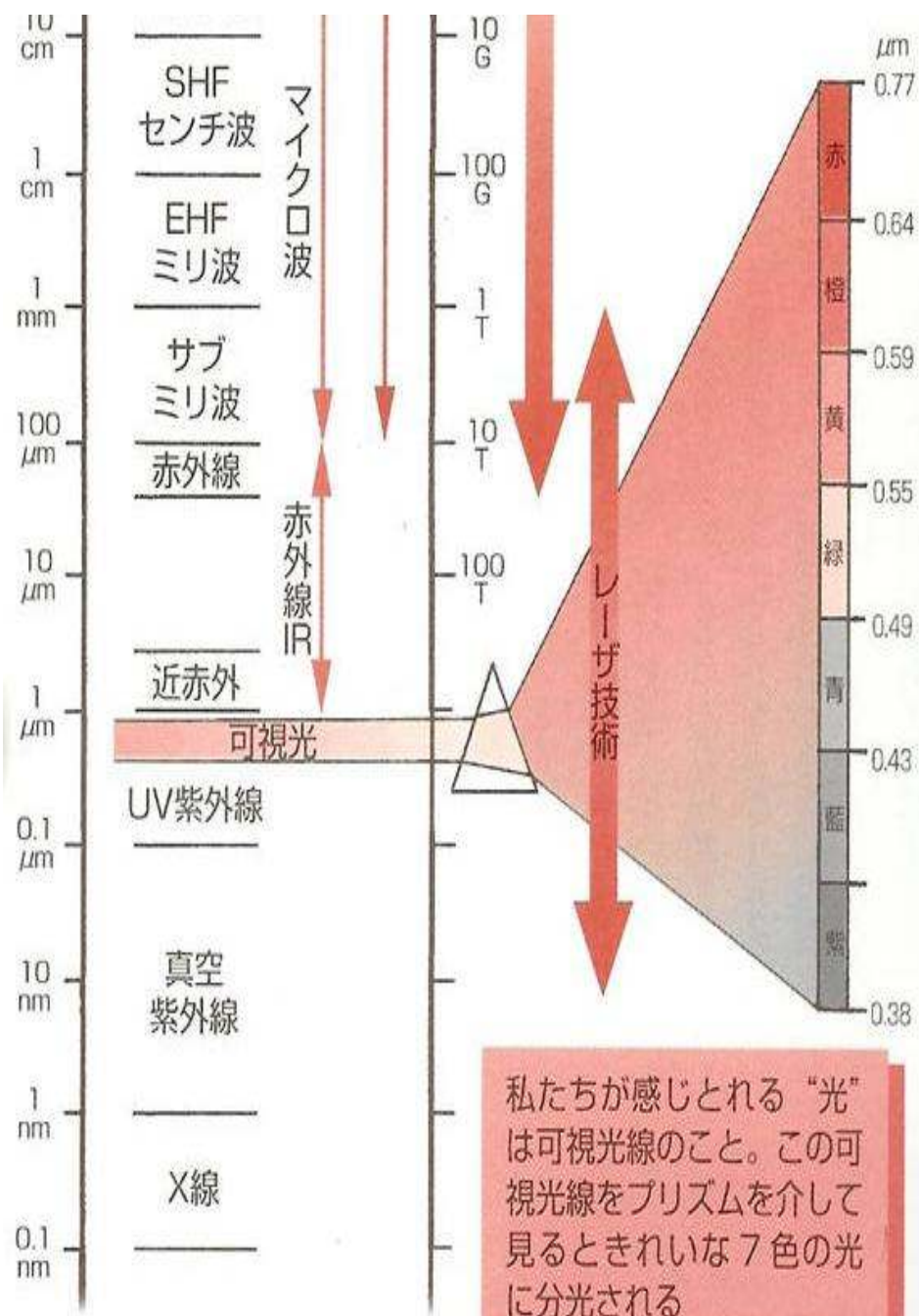
電波と電磁波

電磁波は波長(周波数)によって名前(別名)が付けられている



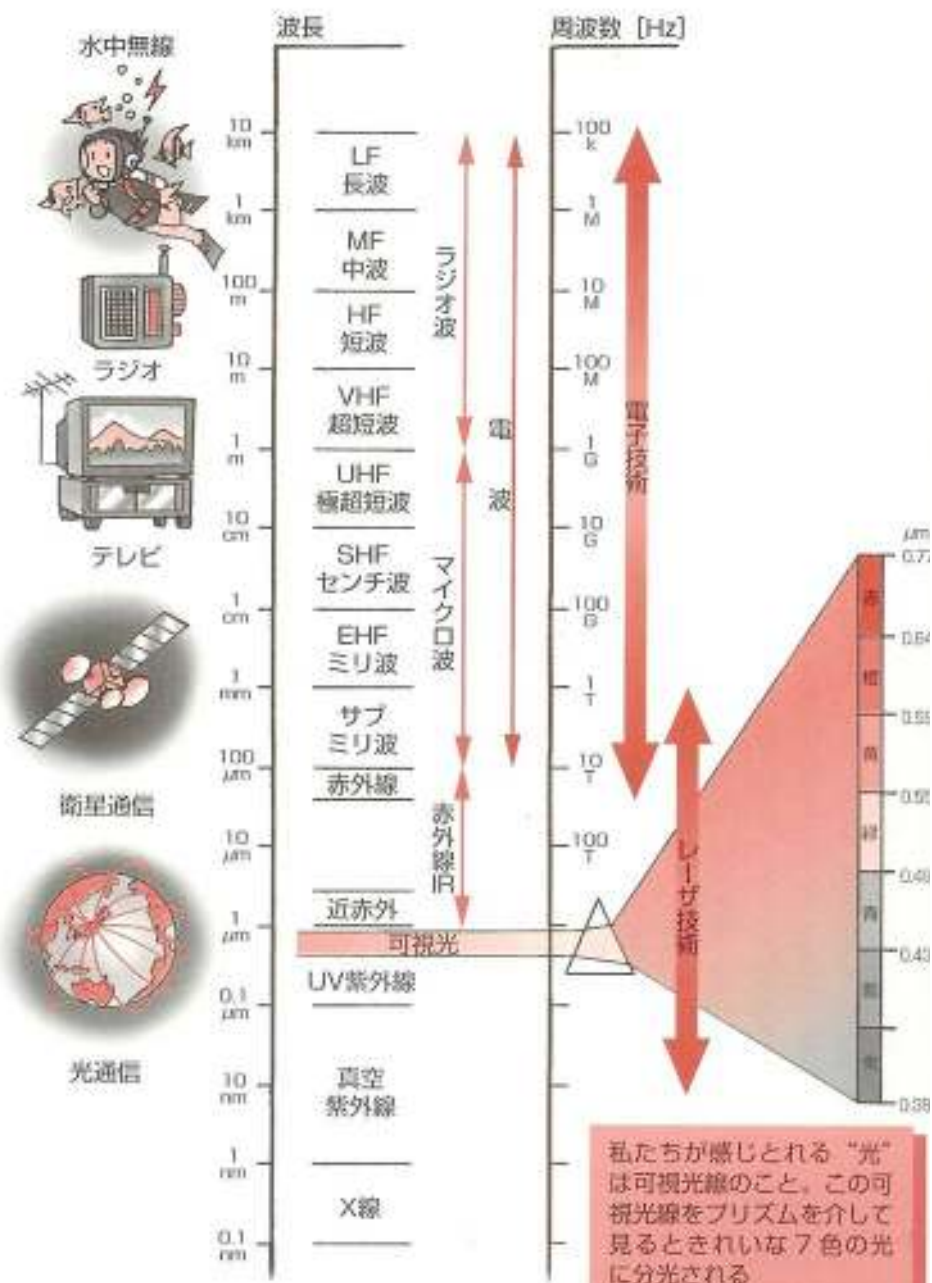
波長が短い(上に行く)ほどエネルギーが高い(危険)

周波数 (Hz)	名称	波長 (メートル)
10^{22}	ガンマー(γ)線	10^{-14}
10^{20}		10^{-12}
10^{18}	エックス(X)線	1ピコm
10^{16}		10^{-10}
10^{16}	紫外線	10^{-9}
10^{14}	光 可視光線	1ナノm
10^{14}	赤外線	10^{-6}
10^{12}		1マイクロm
1テラHz	サブミリ波	10^{-4}
10^{10}	ミリ波	10^{-3}
10^9	センチ波	1ミリm
1ギガHz	極超短波	10^{-1}
10^7	超短波	1m
10^6	短波	10^1
1メガHz	中波	10^2
10^4	長波	10^3
10^3	超長波	1キロm
1キロHz		10^5
10^2	電磁界 超低周波	10^6



私たちが感じとれる“光”は可視光線のこと。この可視光線をプリズムを介して見るときれいな7色の光に分光される

電磁波の種類とレーザの範囲



私たちが感じとれる“光”は可視光線のこと。この可視光線をプリズムを介して見るときれいな7色の光に分光される

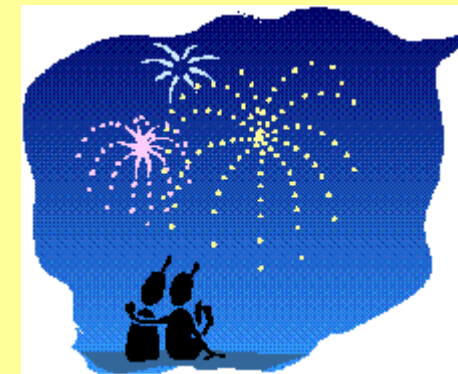
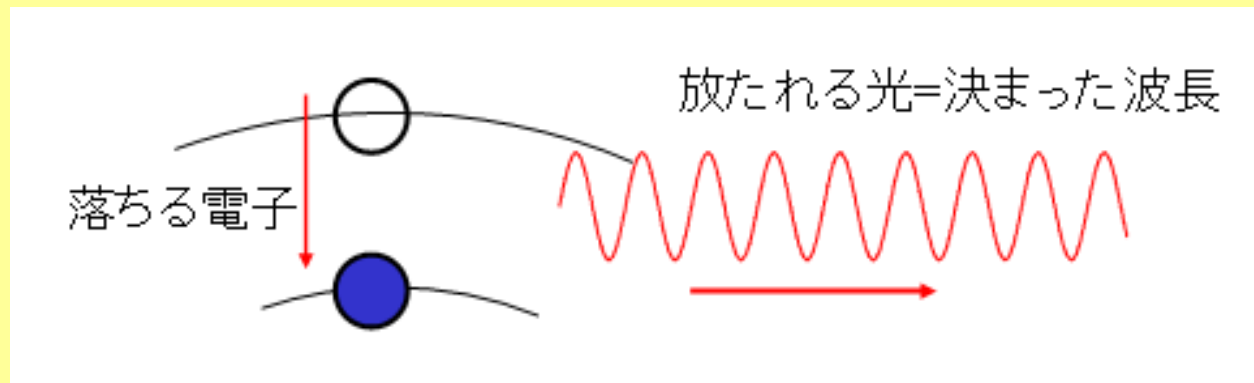
見えない光の例 (家電リモコンの赤外線)



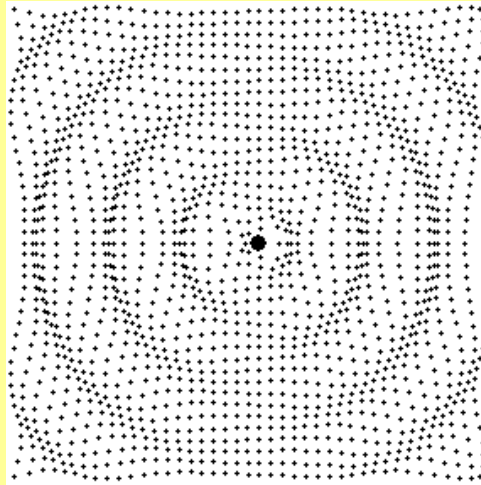
放射と花火

電子は決まった軌道しか回れないので、放出される光のエネルギーは原子によって異なる一定の値になる。光の波長は電子のエネルギーに対応するので、これが原子に特有の色になって現れる。

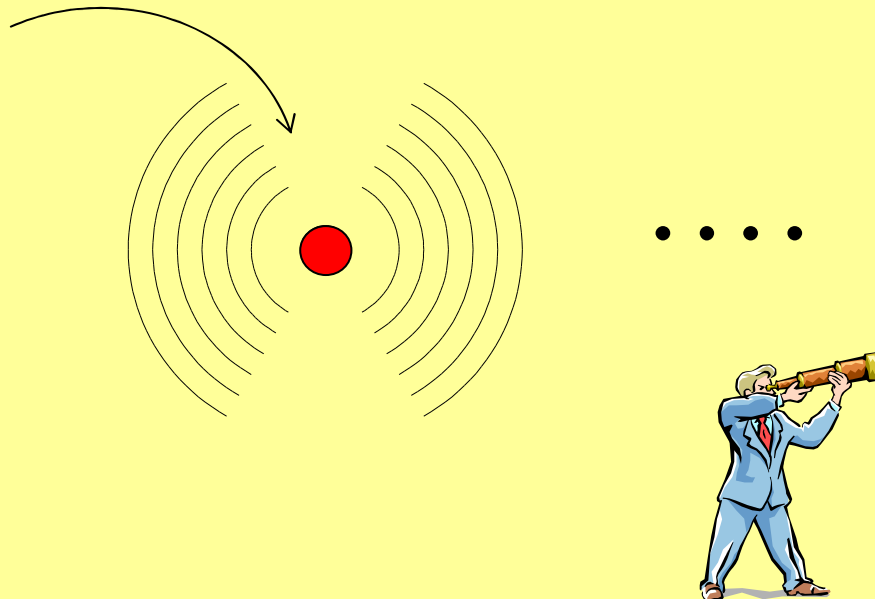
花火：薬にいろんな原子を混ぜて、爆発のエネルギーでその原子から光を放出させている。 銅、ストロンチウム、ナトリウム



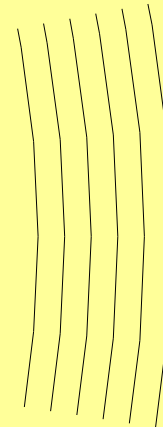
電荷が周期的に動いたときの波紋



投げた小石の作る波紋

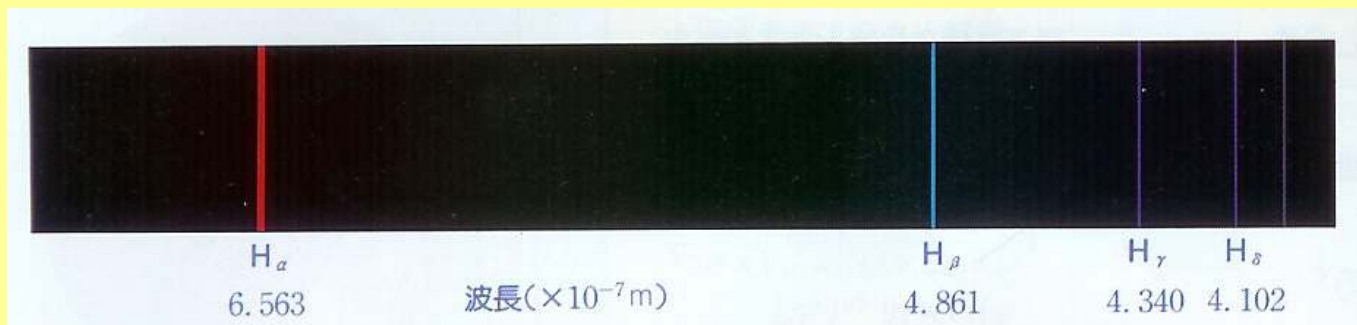
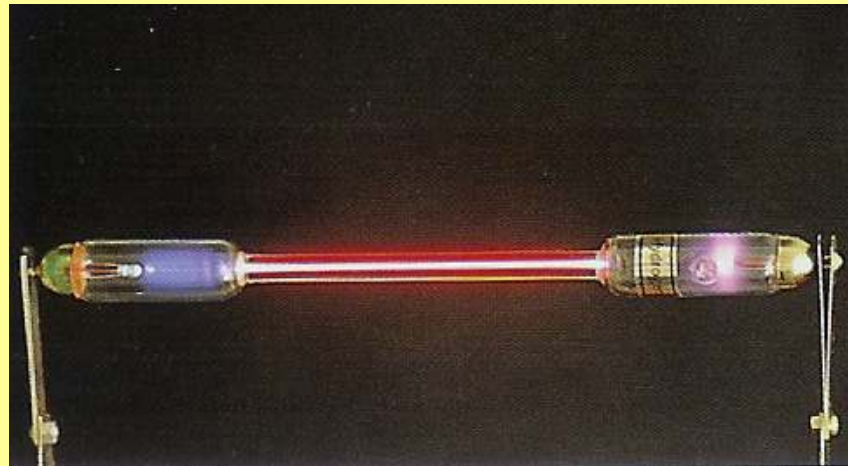


遠くで観測される波紋

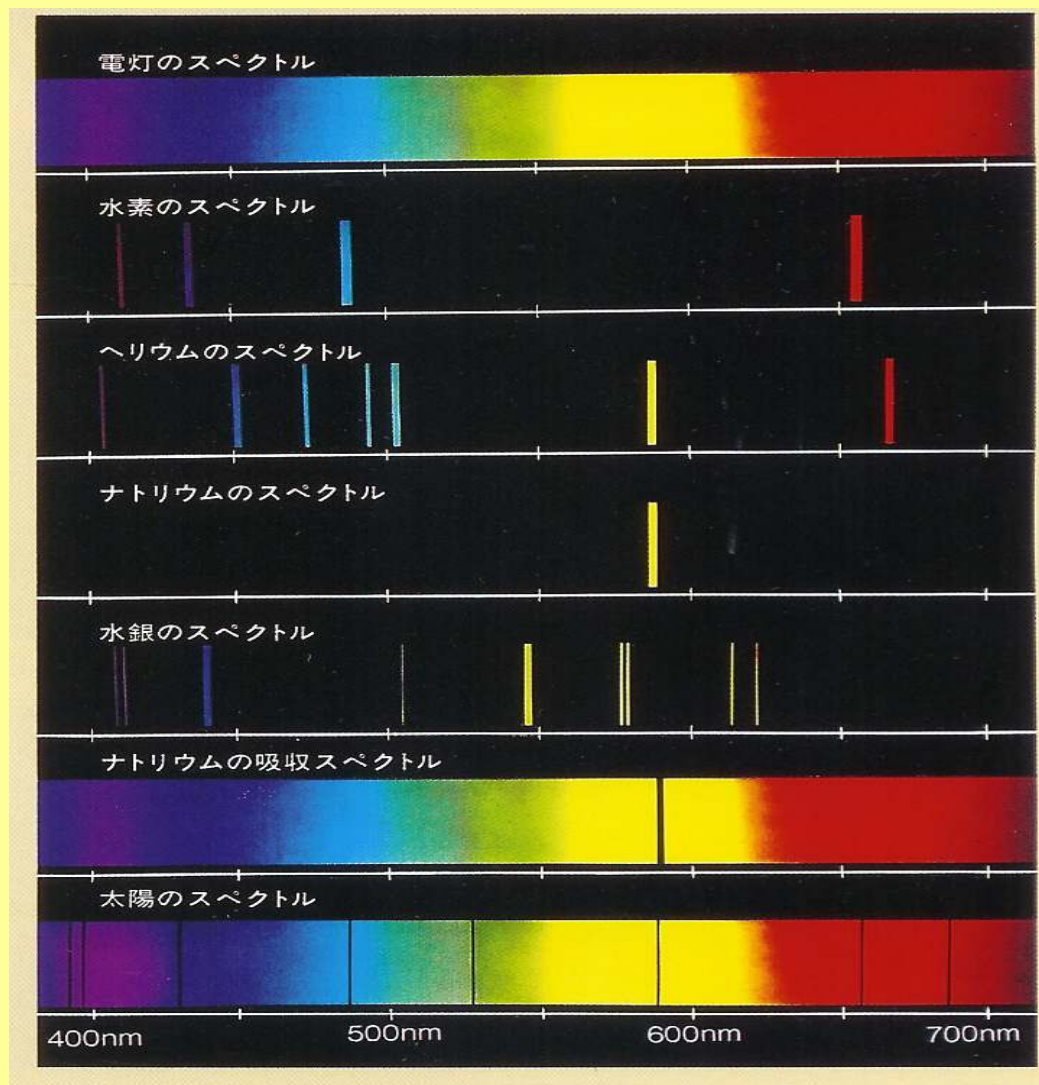


真空放電

水素原子からの発光とスペクトル

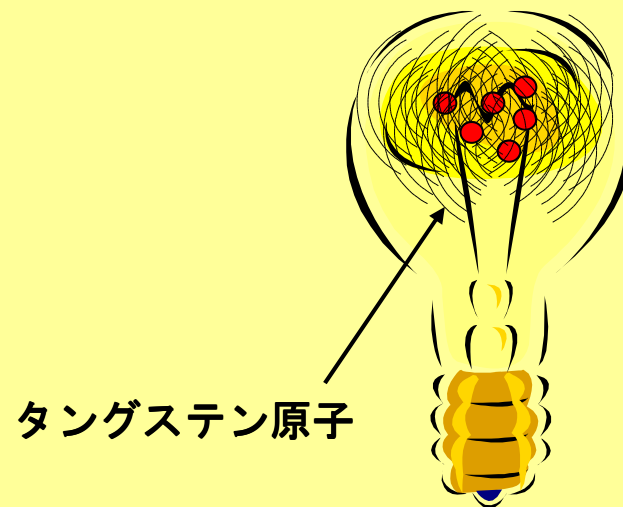


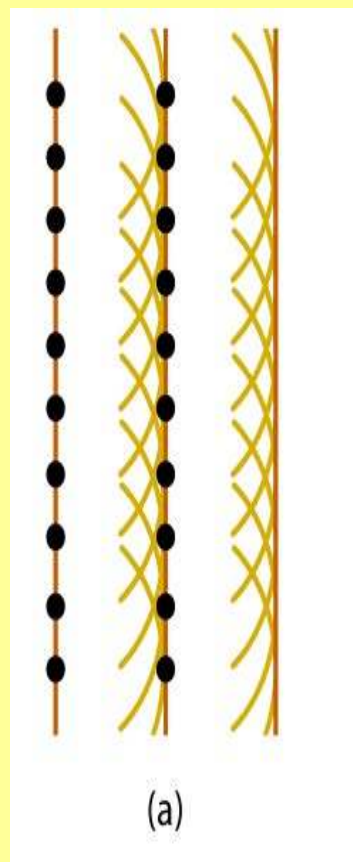
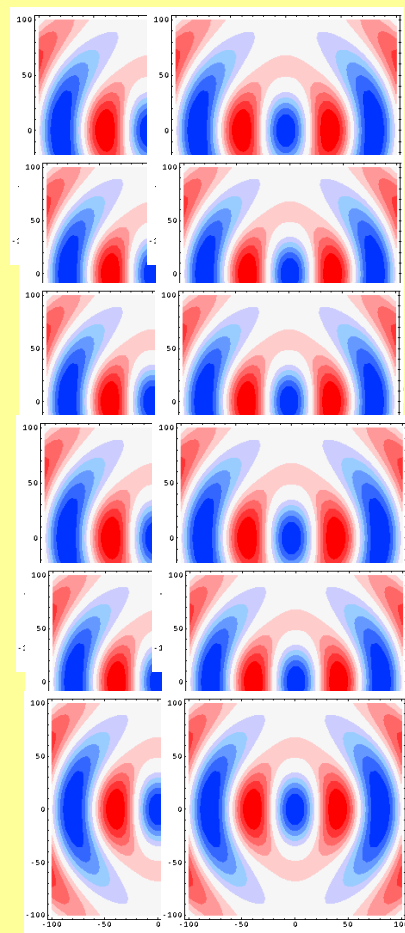
いろいろな原子のスペクトル



たとえば、電球を考えてみよう。

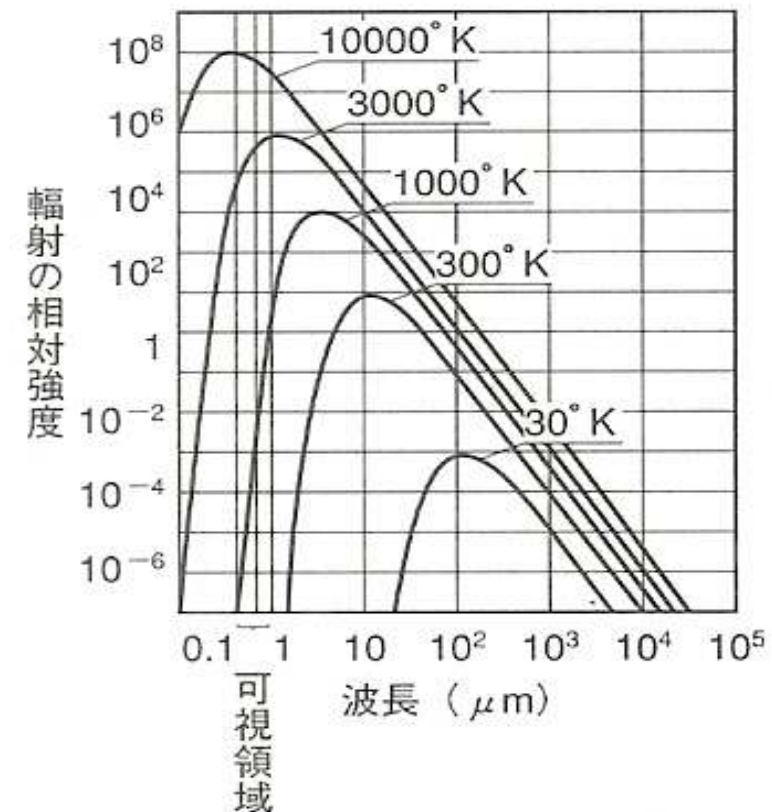
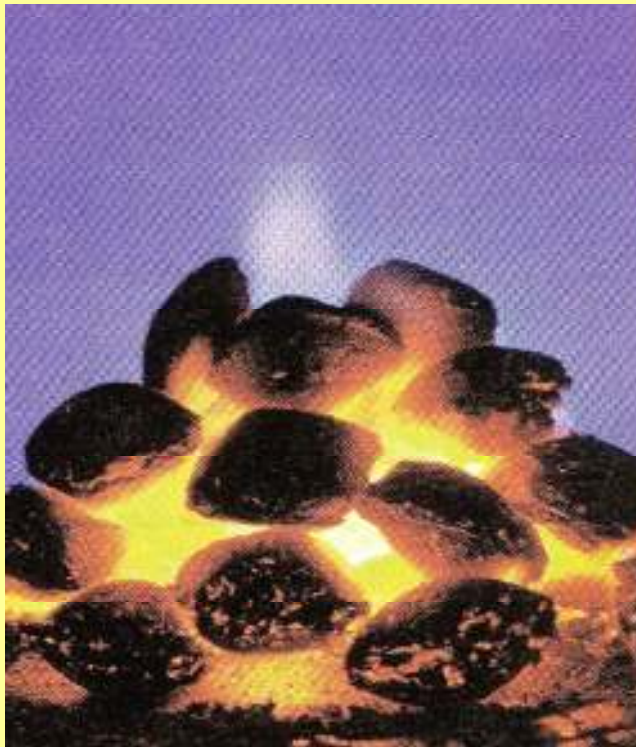
光を出すのはフィラメント、これは、たくさんのタングステン原子から出来ている。実は、電球の光はこの一つ一つのタングステン原子がばらばらに発している。つまり、電球から出る光は、たくさんの小石が水面に投げ込まれたときの水面と同じような乱れた波面になる。





$$\lambda_p \cdot T = \alpha$$

$$\alpha = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

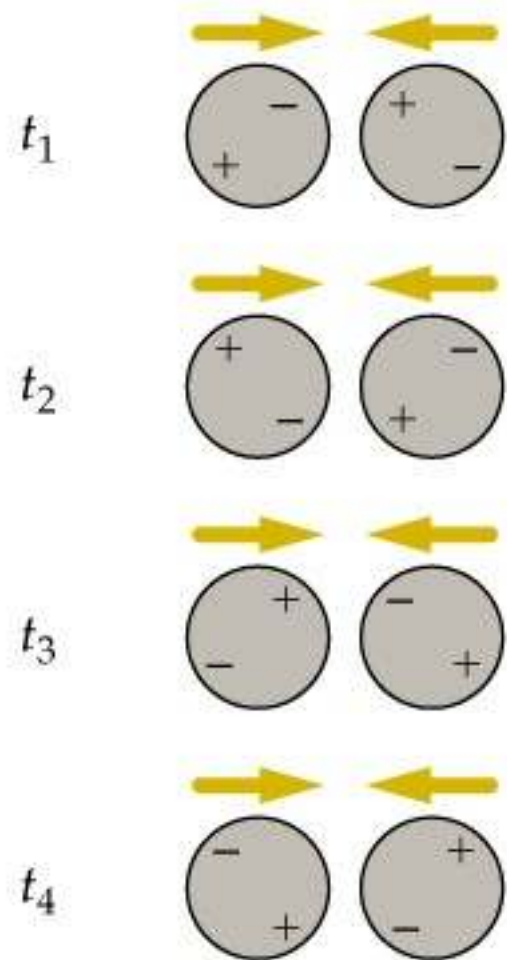


放射のエネルギーを知れば温度がわかる。

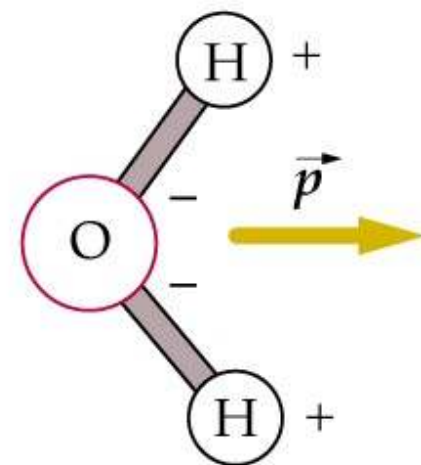
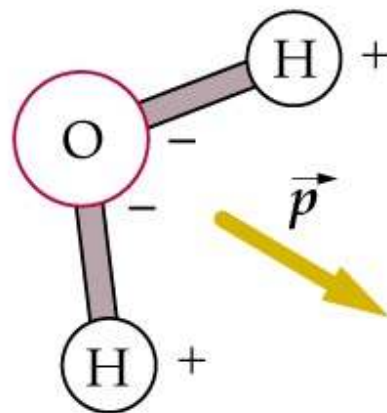


$$dW = dN_{\nu} \cdot kT$$

$$= \frac{8\pi V}{c^3} \nu^2 \cdot h\nu \cdot \frac{\exp(-h\nu / kT)}{1 - \exp(-h\nu / kT)} d\nu$$



(a)



$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} q = V_0 \sin \omega t$$

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} I = V_0 \omega \sin \omega t$$

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} I = V_0 \omega \sin \omega t$$

$$I = I_0 \sin(\omega t - \phi)$$

$$I_0 \left\{ R \omega \sin \phi - \left(L \omega^2 \cos \phi - \frac{1}{C} \cos \phi \right) \right\} \sin \omega t$$

$$+ \left\{ I_0 \left(R \omega \cos \phi + L \omega^2 \sin \phi - \frac{1}{C} \sin \phi \right) - \omega V_0 \right\} \cos \omega t = 0$$

$$R \sin \phi - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \cos \phi = 0$$

$$R^2 \sin^2 \phi + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \cos^2 \phi$$

$$- 2R \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \sin \phi \cos \phi = 0$$

$$R \cos \phi + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \sin \phi = \frac{V_0}{I_0}$$

$$R^2 \cos^2 \phi + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \sin^2 \phi$$

$$+ 2R \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \sin \phi \cos \phi = \left(\frac{V_0}{I_0} \right)^2$$

$$R^2 \sin^2 \phi + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 \cos^2 \phi$$

$$- 2R\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \sin \phi \cos \phi = 0$$

$$R^2 \cos^2 \phi + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 \sin^2 \phi$$

$$+ 2R\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \sin \phi \cos \phi = \left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2$$

$$R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$$

$$= \left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2$$

$$\left(\frac{V_0}{I_0}\right) = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = Z$$



- ・波：振動が次々に空間を伝播する。

$$C = f \cdot \lambda \quad \text{周波数} \cdot \text{波長} \cdot \text{速さ}$$

$$y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad \text{高校の教科書}$$
$$T = 1/f$$

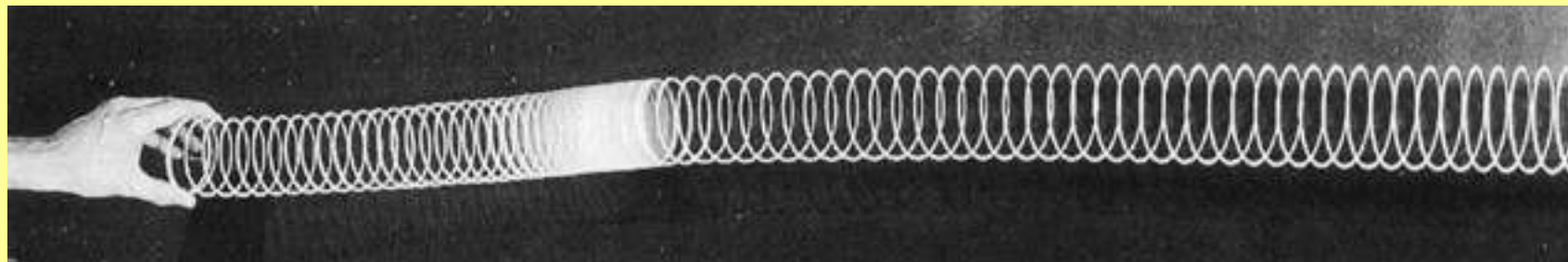
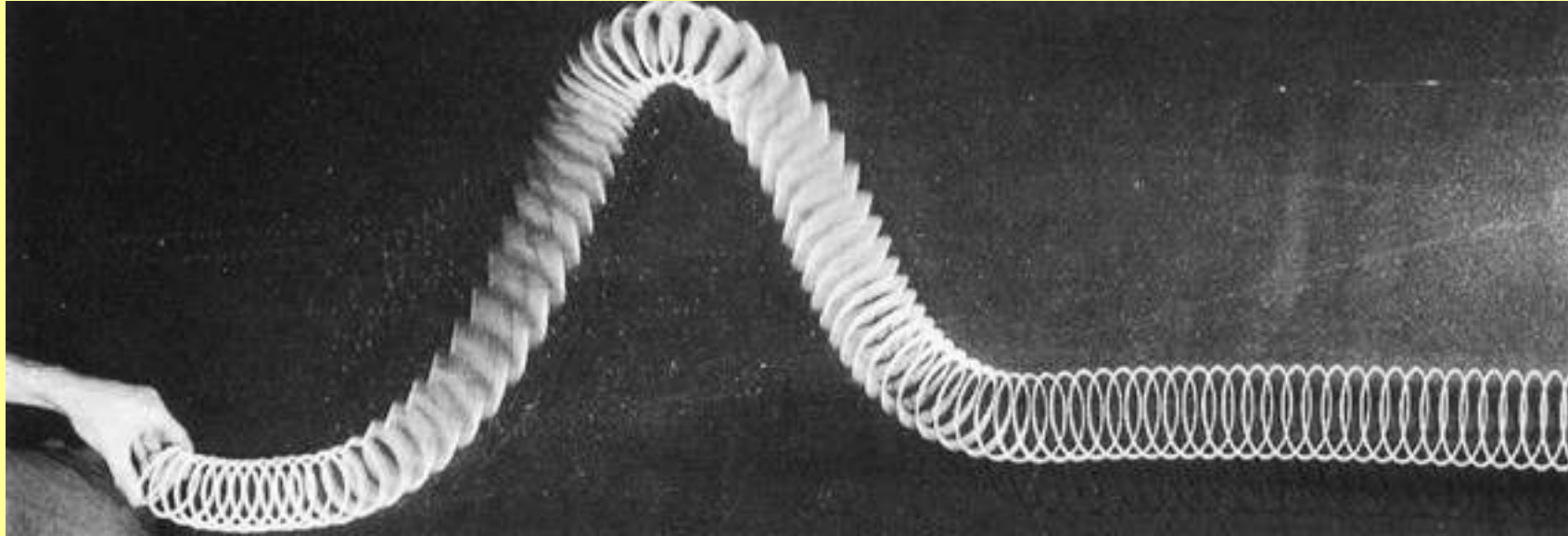
$$\omega = 2\pi f \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$y = A \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

大学基礎授業
で使用する式

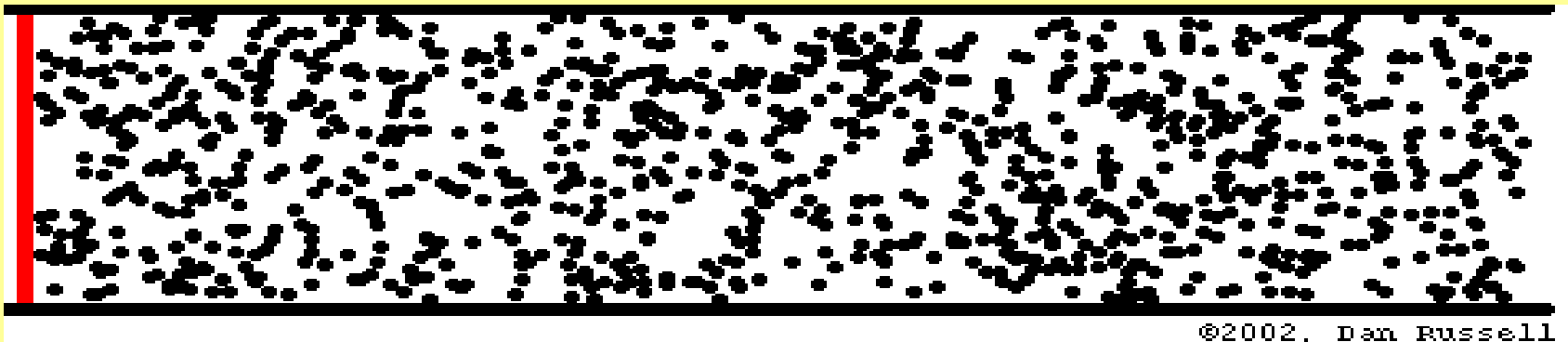
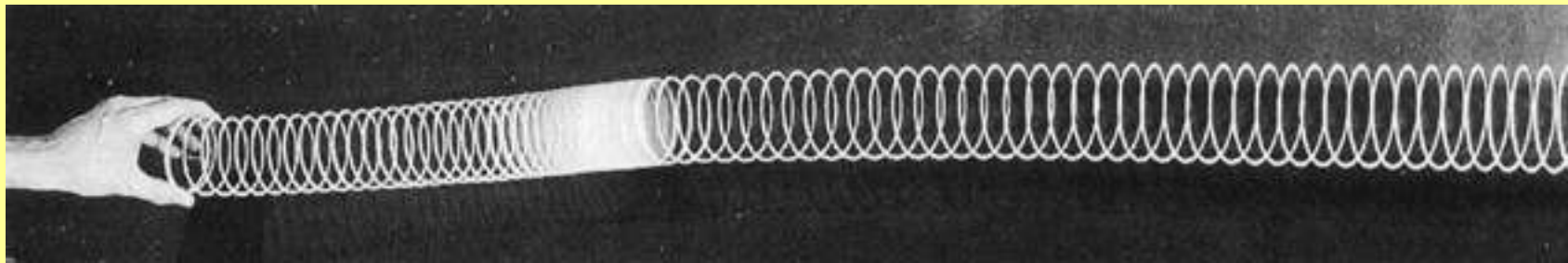
- ・波：振動が次々に空間を伝播する。



縦波

振動の方向と同じ方向に波が伝播する。

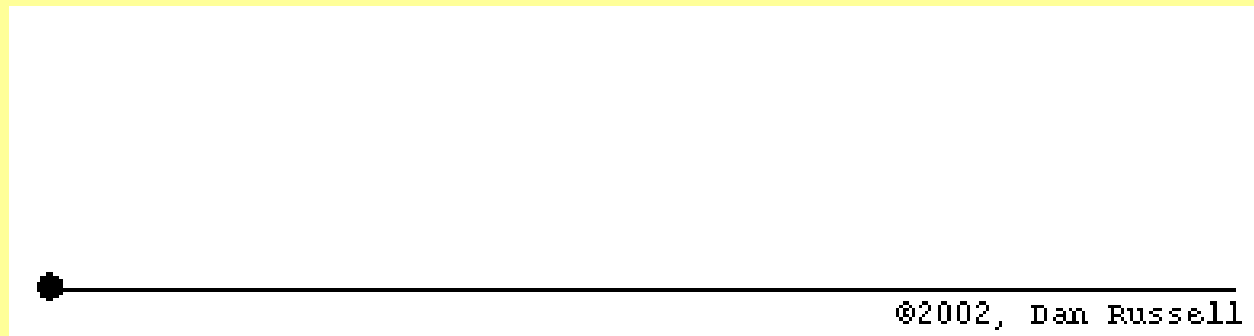
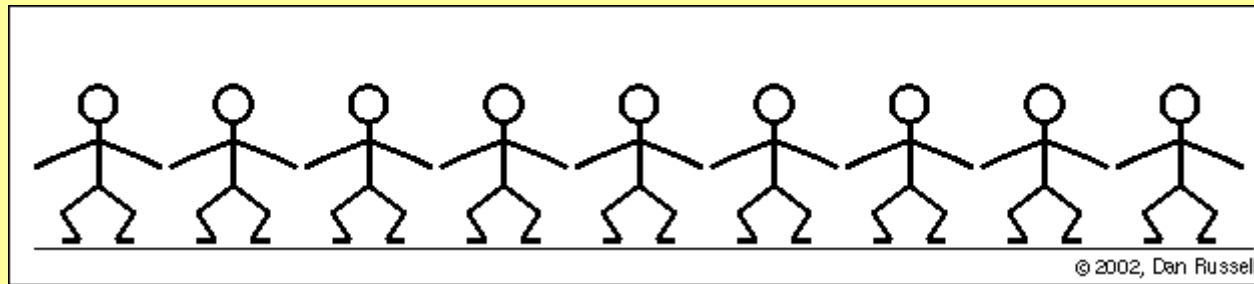
(定義はさておき
想像するのは少々難しい.)

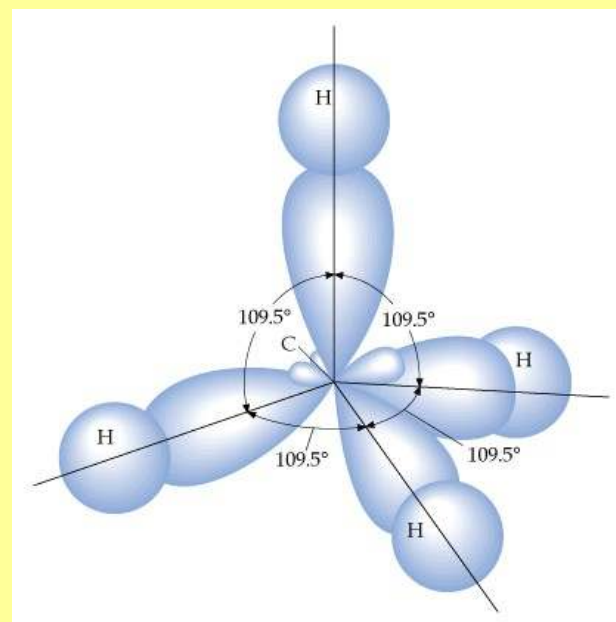
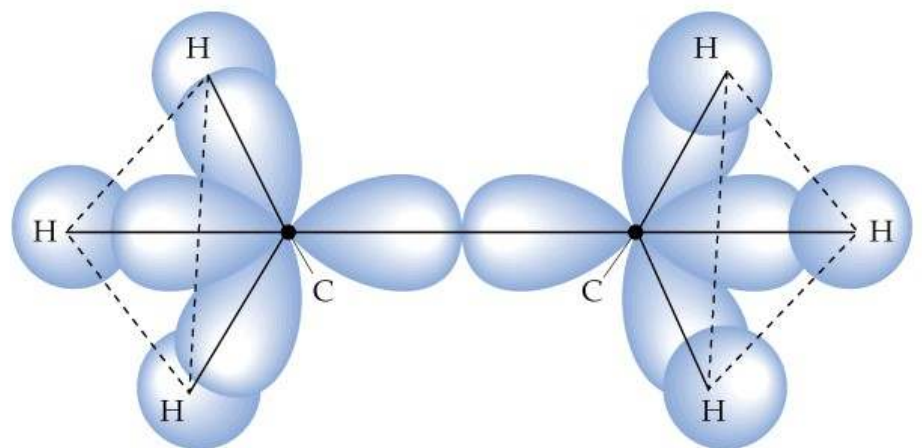
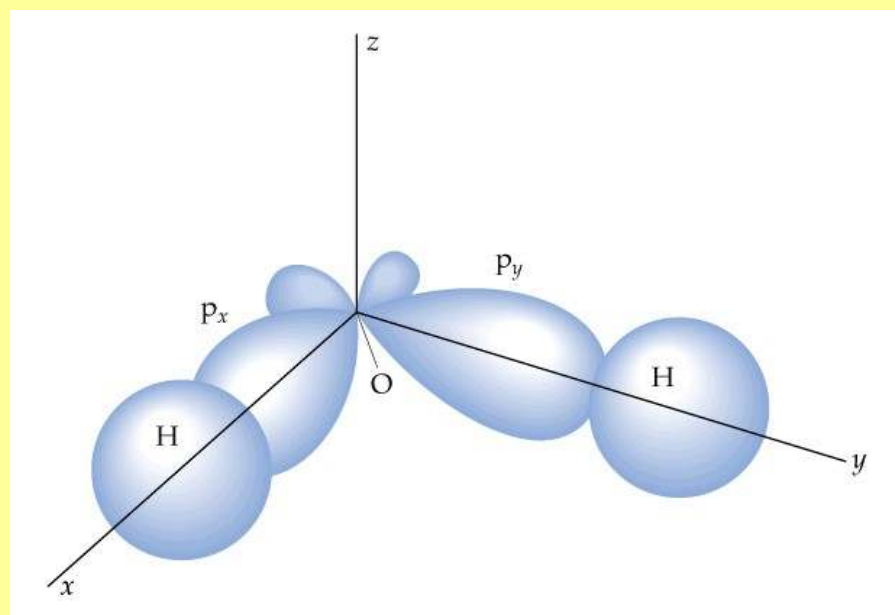


©2002, Dan Russell

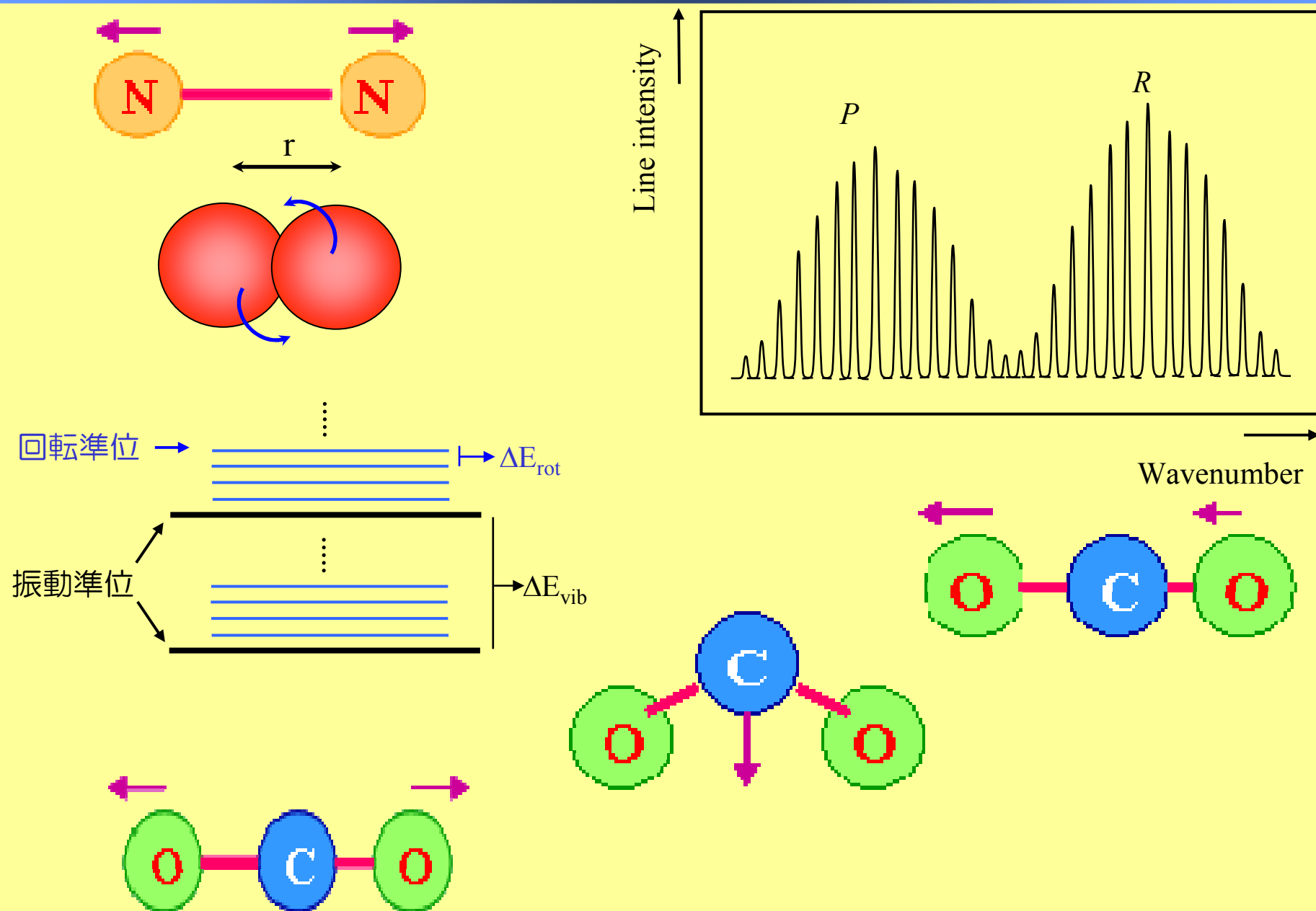
$$\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

$$f = f_m \cdot \cos(\omega t - kz)$$





Vibrational-rotational Energy Level Diagram



$$\omega = 2\pi f$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$C = \frac{2\pi f}{2\pi / \lambda} = f \cdot \lambda \quad C = \frac{\omega}{k}$$