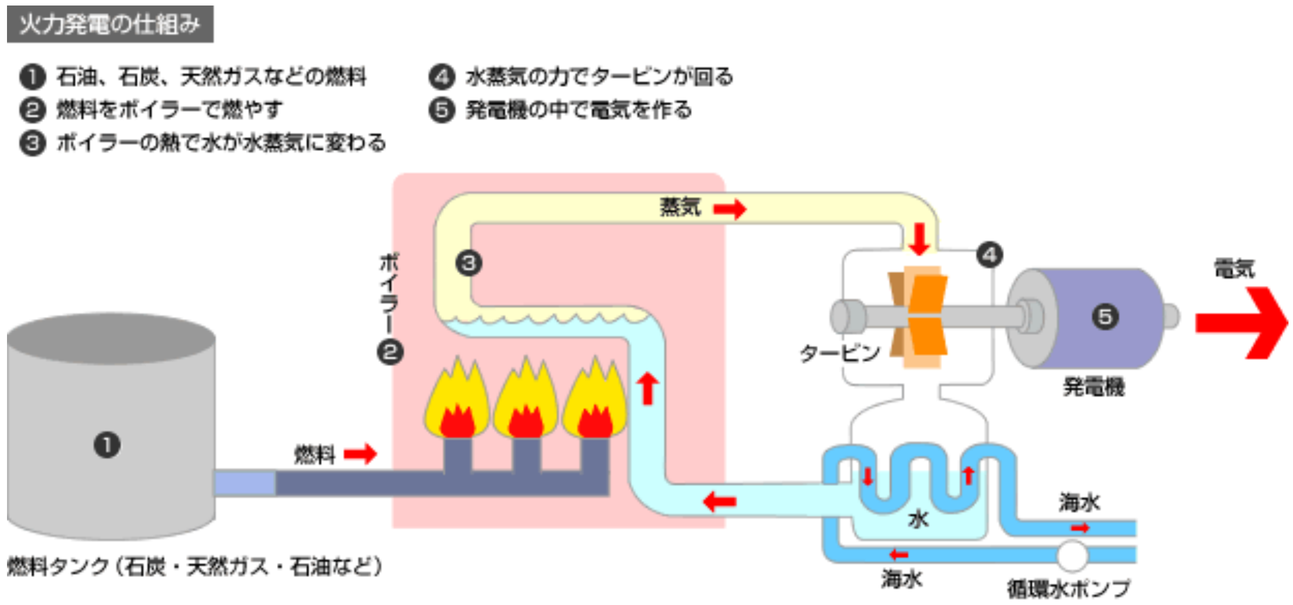
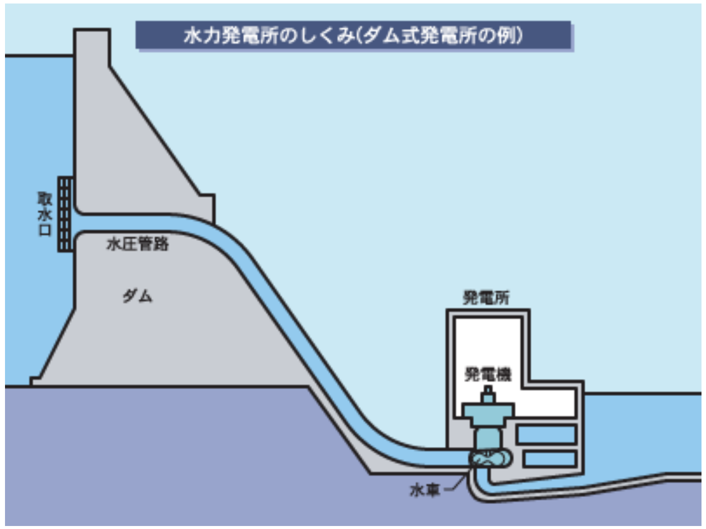
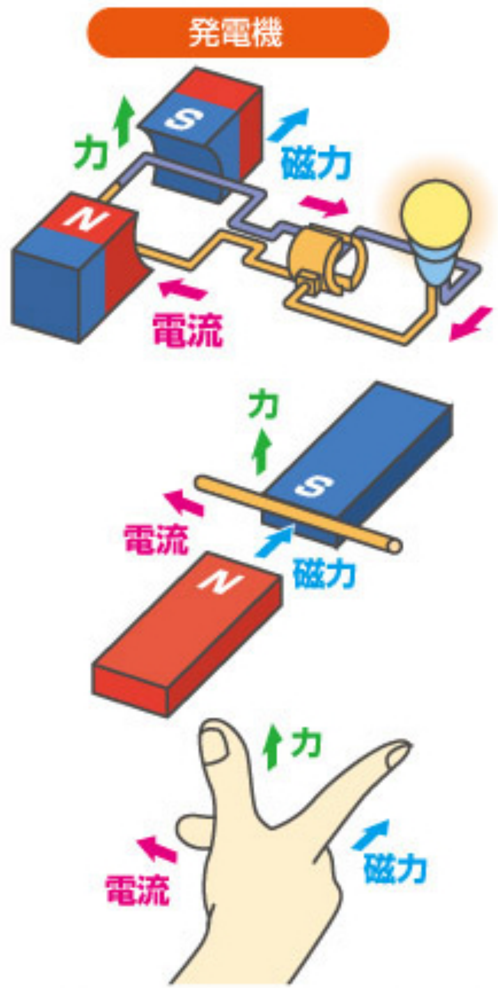
第 6 回 ①

物理学概論第一

余談 ②







磁石(磁力)と力(回転)を使って
「電気(電流)」を発生させます。
「フレミングの右手の法則」
といいます。

仕事って何？ ③

- 定義:「力の移動方向成分」×「移動距離」

$$W = F_t s = F s \cos\theta$$

- ベクトルで表現すると,

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} =$$

- 単位は J = N m = kg m^2 s^{-2}

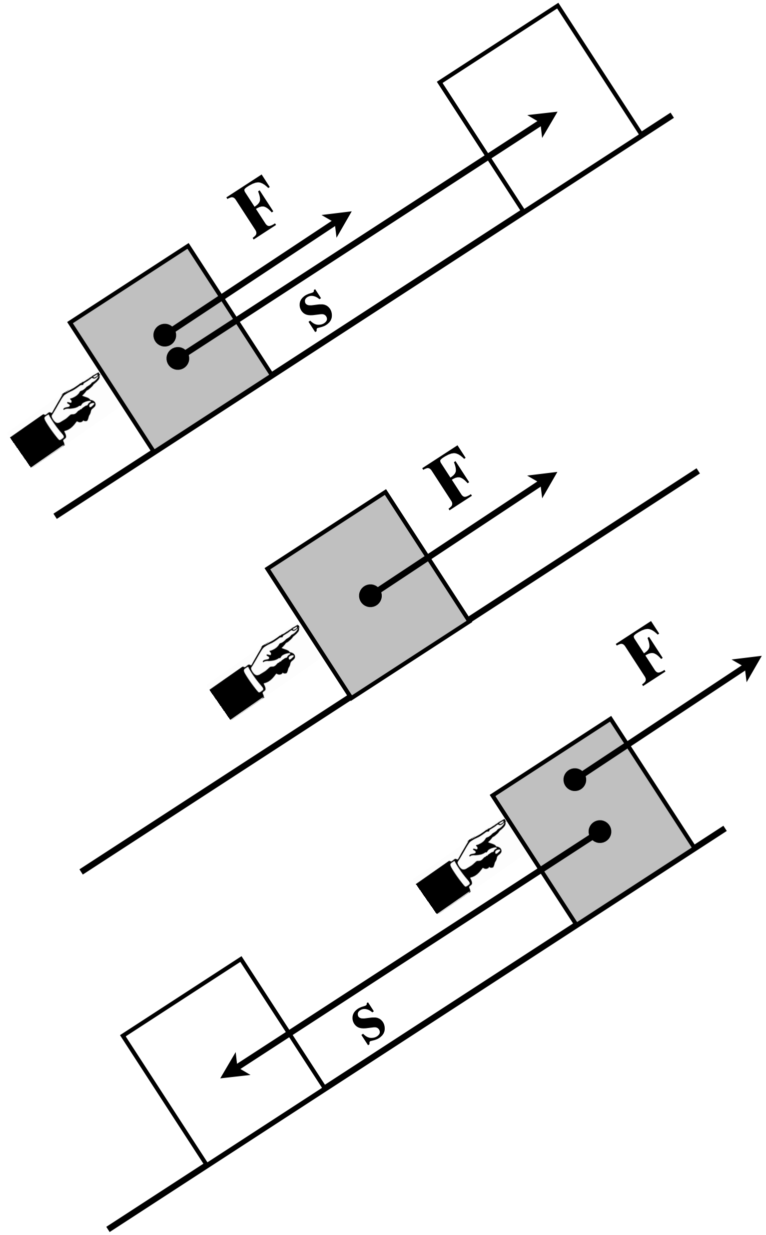
仕事が取り得る値は？ ④

- 坂道で箱を押す

正の仕事: $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} > 0$

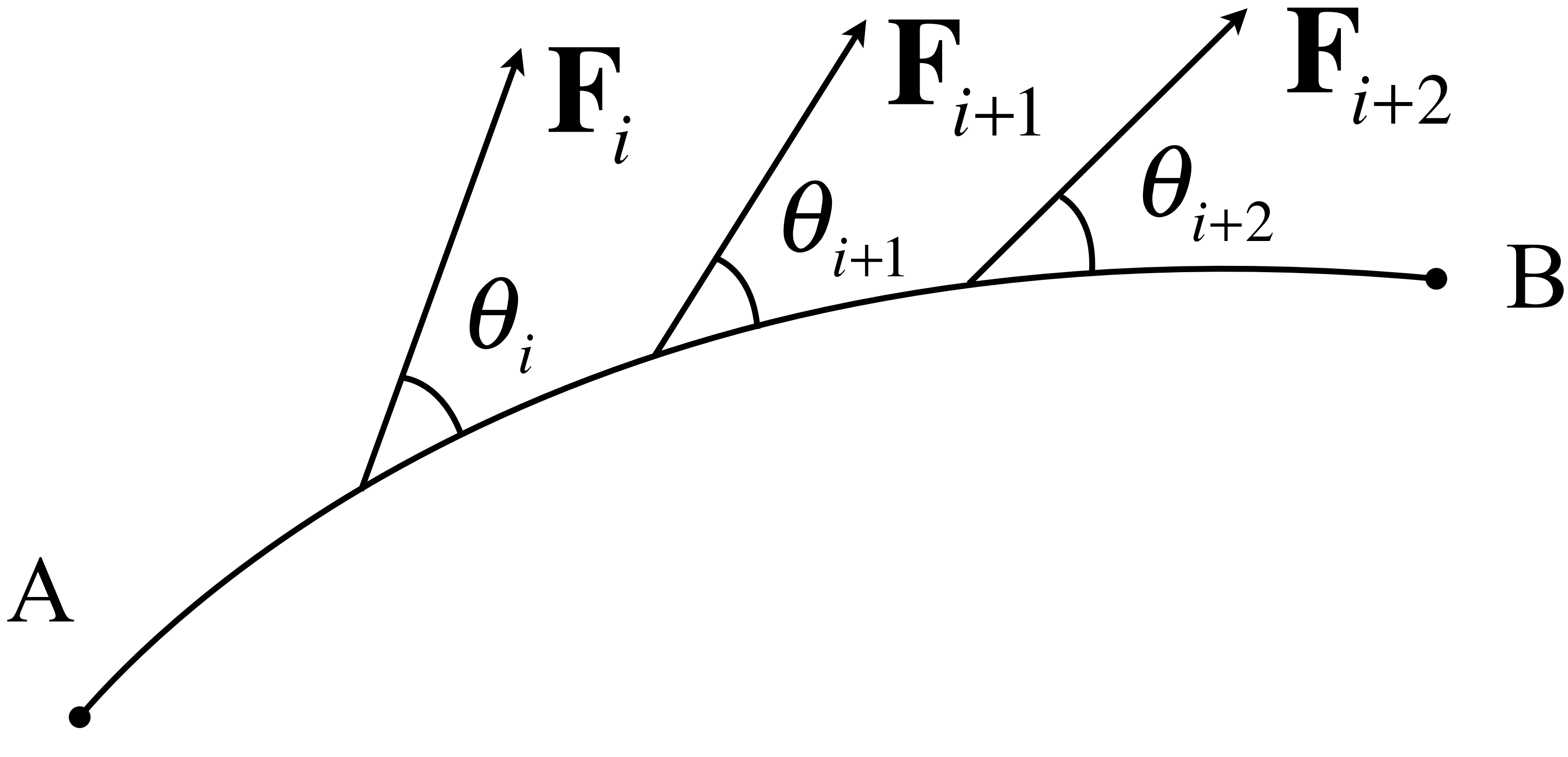
零の仕事: $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = 0$

負の仕事: $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} < 0$



$\mathbf{F}$ や $\mathbf{s}$ が変化する場合は？　⑤

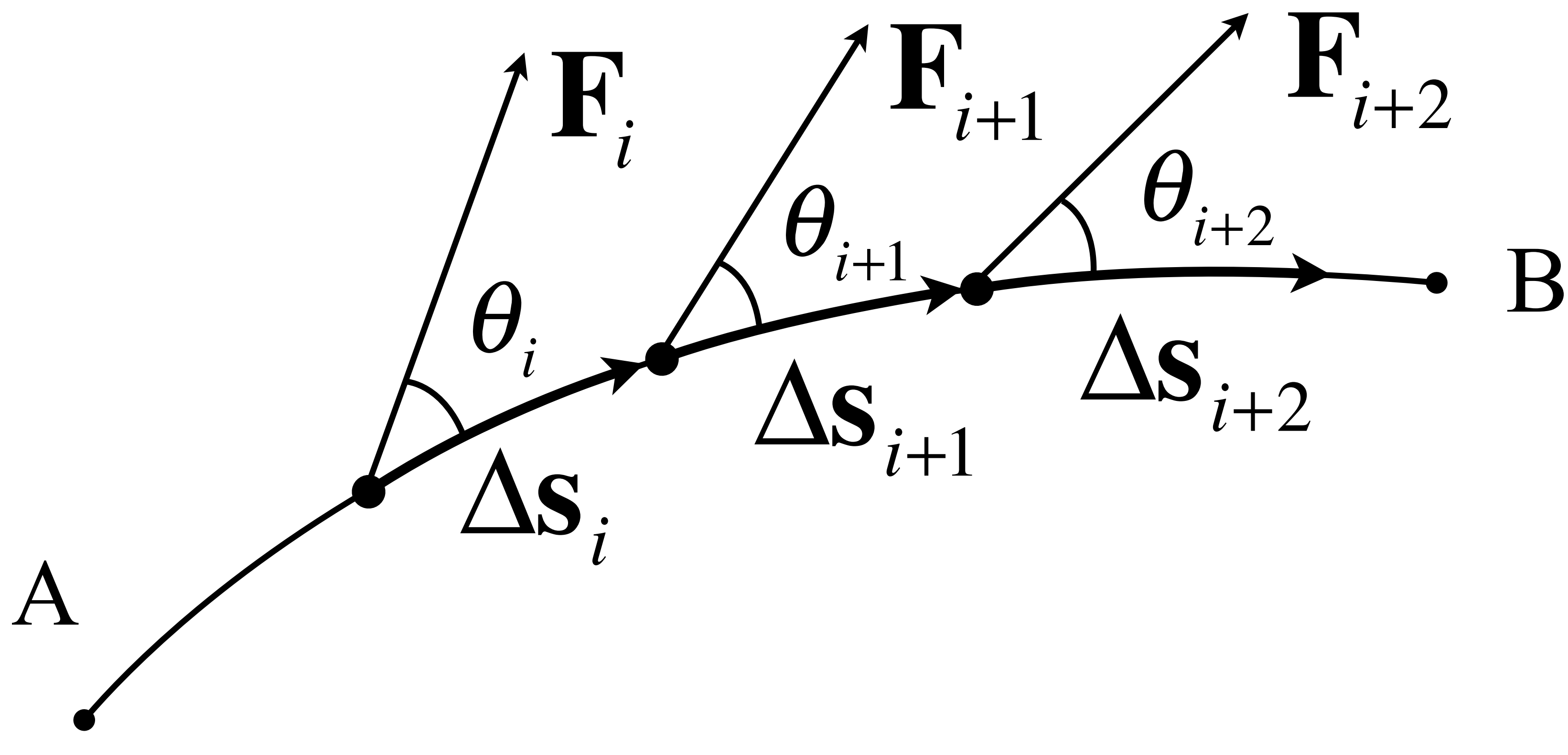
- 物体が A 点から B 点まで移動する間に $\mathbf{F}$ が変化したり, 道筋が直線でない場合を考える



微小仕事 ⑥

- 道筋を微小区間に分け, 微小仕事を考える

$$\Delta W_i =$$



線積分としての仕事 ⑦

- 道筋を微小区間の和として表現し, 微小区間の数を ∞ に飛ばしてやると,

$$W_{A \to B} =$$

仕事率という概念 ⑧

- 単位時間あたりに行われる仕事が仕事率

$$\overline{P} = \frac{W}{t}$$

- 単位は W = J s^{-1} = kg m^2 s^{-3}

瞬間の仕事率 ⑨

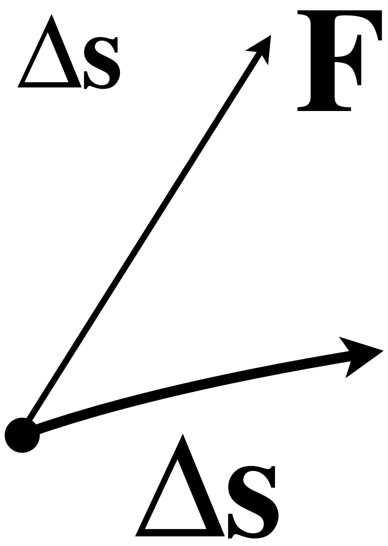
- 力 **F** をうけて, 速度 **v** で動いている物体

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{s}}{\Delta t}$$

$$= \lim_{\Delta t \to 0} \mathbf{F} \cdot \frac{\Delta \mathbf{s}}{\Delta t} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

$$\Delta W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{s}$$



運動エネルギー

- 質量 m の物体の速さが v のとき, この物体の運動エネルギーを以下のように定義する

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

エネルギー:「仕事をする能力」を示す量

運動エネルギーを増やすには ⑪

- 仕事をされると運動エネルギーは増加する

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{A\to B} = Fs$$

運動エネルギーと仕事の関係 ⑫

- 物体に作用する力 **F** がする仕事の量だけ，物体の運動エネルギーが増加する

$$W_{A\to B}=\int_A^B \mathbf{F}\cdot d\mathbf{s}=\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2$$

運動方程式からの導出 ⑬

- 運動方程式に v をかけて t_A から t_B まで積分

$$m\frac{dv}{dt} = F \qquad \int_{t_A}^{t_B} mv\frac{dv}{dt}dt = \int_{t_A}^{t_B} Fv\,dt$$

$$mv\frac{dv}{dt} = Fv \qquad \left[\frac{1}{2}mv^2\right]_{t_A}^{t_B} = \int_{t_A}^{t_B} F\frac{dx}{dt}dt$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \int_{x_A}^{x_B} F\,dx = W_{A\to B}$$

力学的エネルギーって何？ ⑭

- エネルギー:「仕事をする能力」を示す量

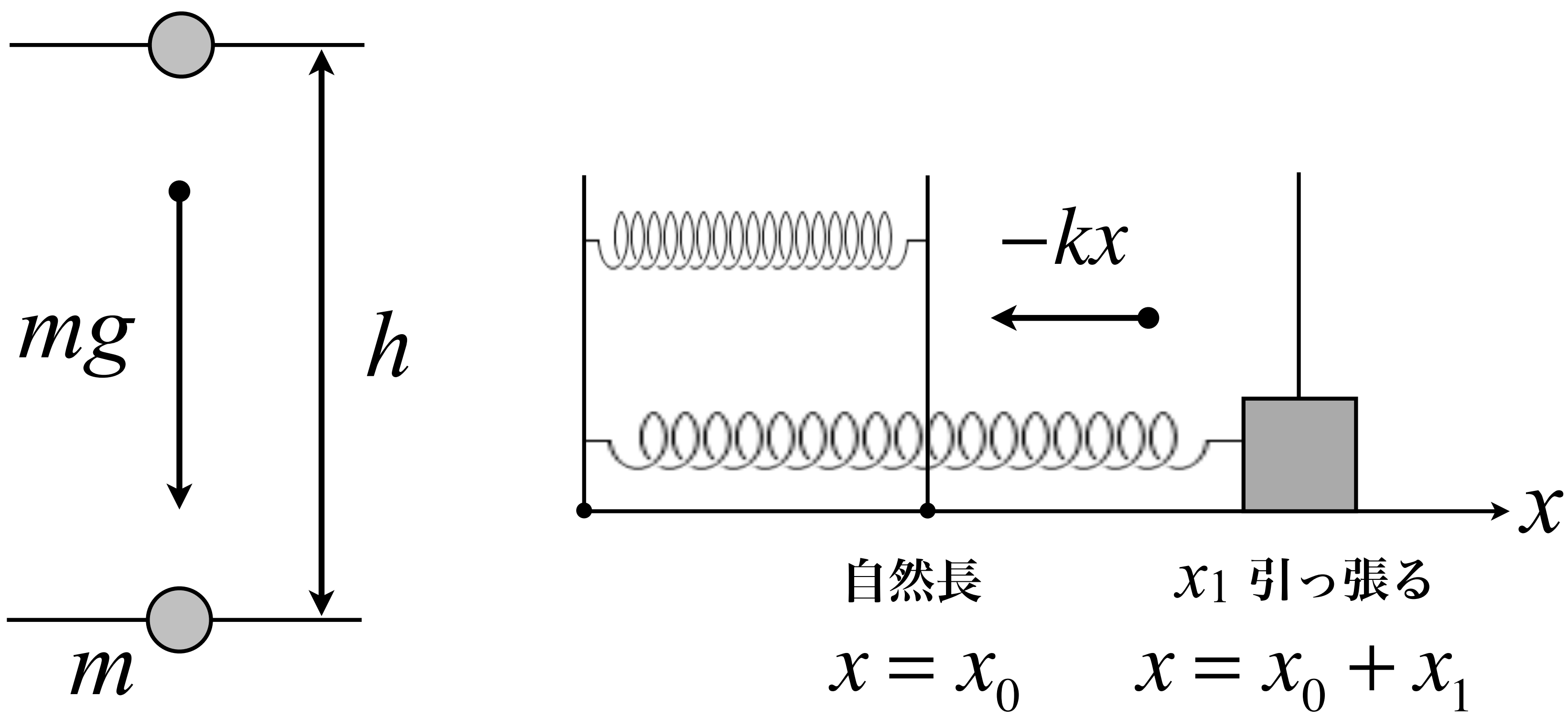
力学的エネルギー

＝位置エネルギー ＋ 運動エネルギー

位置エネルギーを増やすには ⑮

- 力に逆らって仕事 → 位置エネルギーの発生

  → 手を離すと仕事が成される潜在的な状態



位置エネルギーを持てる力　⑯

- 点 r にある質点に働く力 F が質点の位置 r だけで決まり F(r) と書ける場合: 保存力

重力: $F = mg$

弾性力: $F = -kx$

万有引力: $F = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$

じゃあ, 非保存力は？ ⑰

- 力 F が質点の位置 r 以外の物理量に依存

: 非保存力

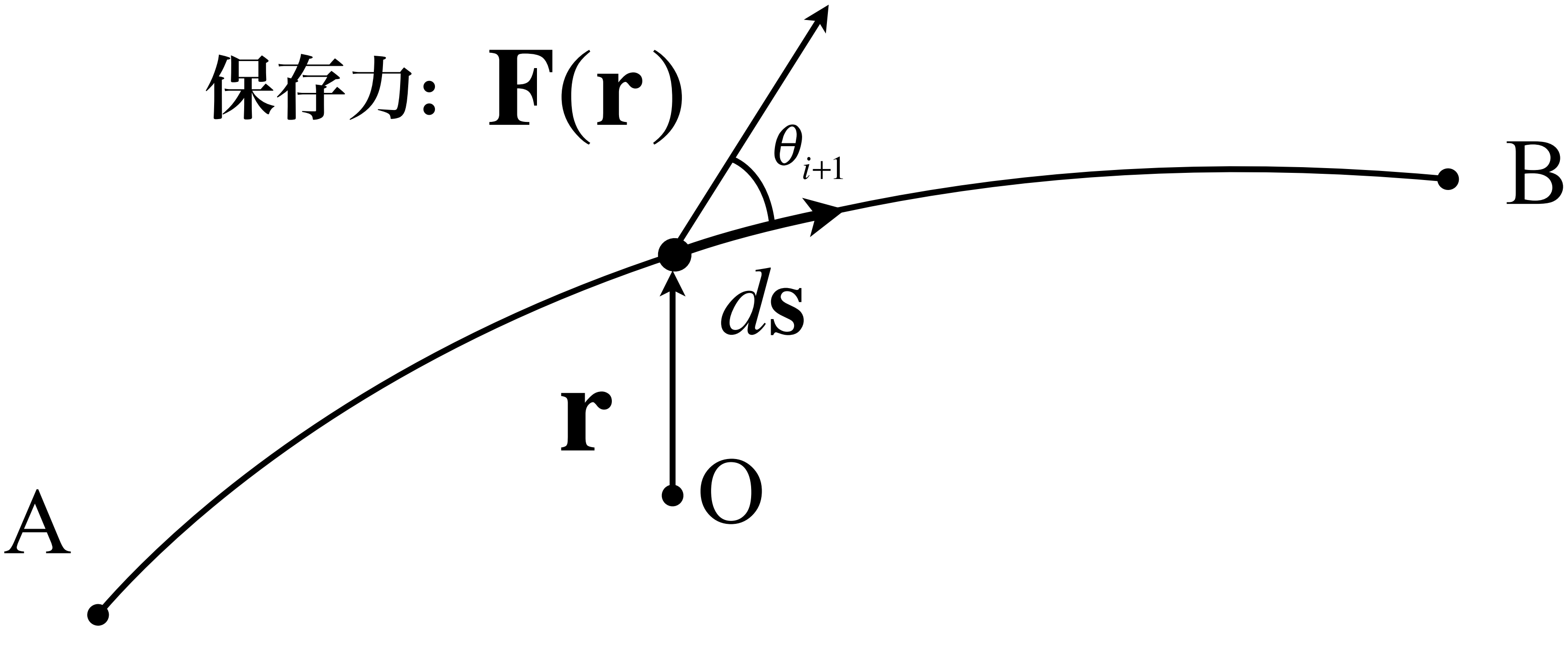
空気抵抗:　$\mathbf{F} = -\lambda\mathbf{v} - \kappa v\mathbf{v}$

動摩擦力:　$F = \mu' mg$

保存力による仕事の性質 ⑱

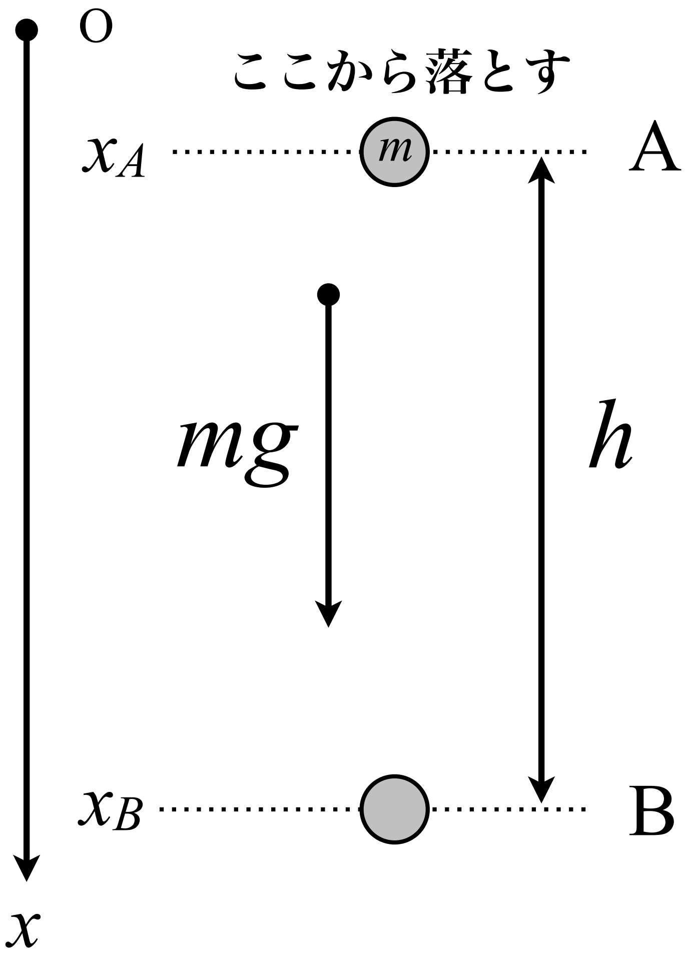
- 保存力によってなされる仕事 $W_{A\to B}$ を考える

$$W_{A\to B} = \int_A^B \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s} \to \left[\Phi(\mathbf{r})\right]_{\mathbf{r}_A}^{\mathbf{r}_B} = \Phi(\mathbf{r}_B) - \Phi(\mathbf{r}_A)$$



重力が成す仕事を考える ⑲

- 質点が自由落下するときに重力がする仕事

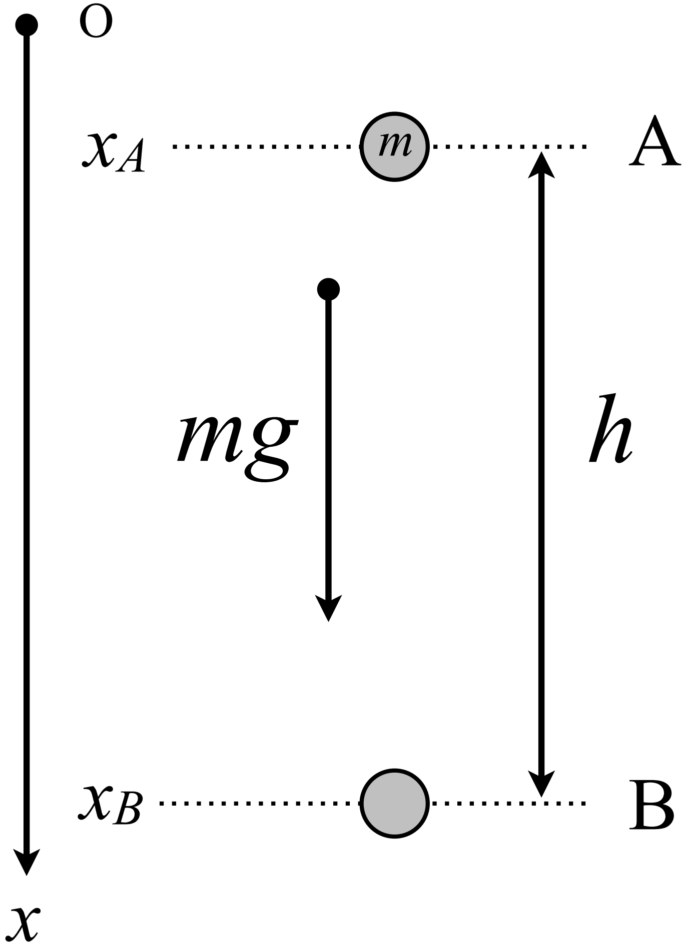


$$W_{A\to B} = \int_A^B \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s}$$

$$=$$

位置エネルギーとは？

- 保存力が果たせる仕事と等価のものと定義



$$U_A - U_B = W_{A\to B}$$

$$= \int_A^B \mathbf{F}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{s}$$

$$=$$

ちゃんとした定義

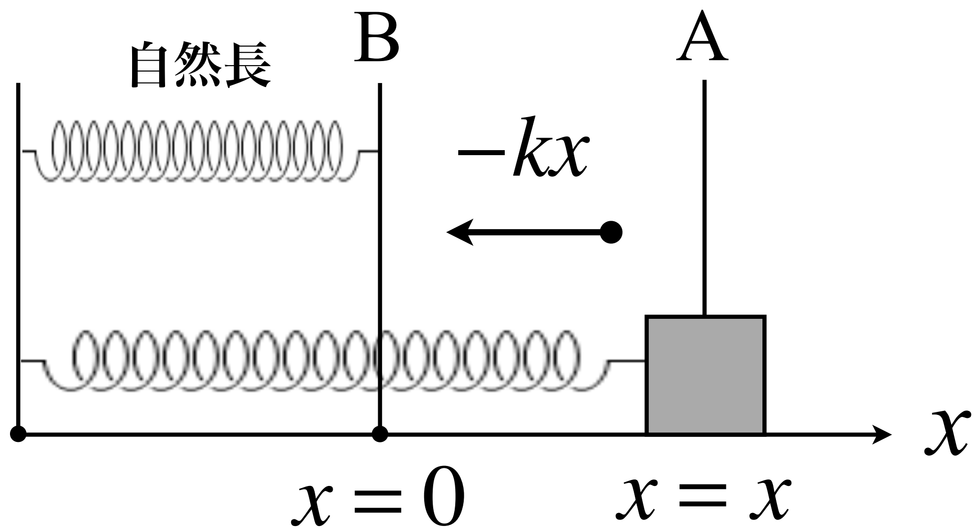
- **F**(**r**) が保存力の場合, $\mathbf{r}_0$ を基準として, **r** における位置エネルギーを以下で定義する

$$U(\mathbf{r}) =$$

弾性力の位置エネルギー

- 弾性力 $-kx$ による位置エネルギーは...

$$
\begin{aligned}
U(x) &= W_{A\to B} \\
&= \int_A^B \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s} \\
&= -\int_B^A \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s} \\
&=
\end{aligned}
$$

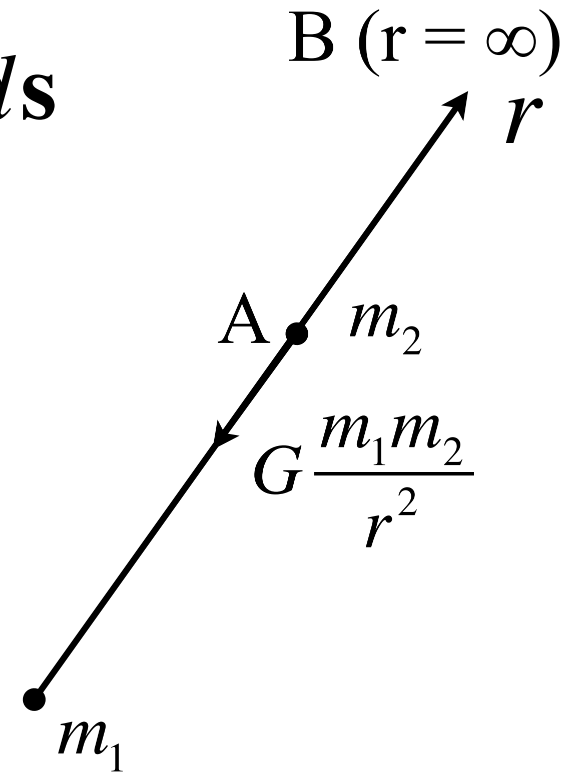


万有引力の位置エネルギー　㉓

- 万有引力 $G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$ による位置エネルギーは…

$$U(r) = W_{A\to B} = \int_A^B \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s} = -\int_B^A \mathbf{F}(\mathbf{r})\cdot d\mathbf{s}$$

$$=$$



位置エネルギー → 保存力

- 保存力と位置エネルギーを見ると…

重力: $F=-mg$ $U(h)=mgh$ $F=-\dfrac{dU(h)}{dh}$

弾性力: $F=-kx$ $U(x)=\dfrac{1}{2}kx^2$ $F=-\dfrac{dU(x)}{dx}$

万有引力: $F=-G\dfrac{m_1m_2}{r^2}$ $U(r)=-G\dfrac{m_1m_2}{r}$ $F=-\dfrac{dU(r)}{dr}$