

# 基礎物理学

担当 小野正利  
onomasat@hoku-iryo-u.ac.jp

## 第5回(1)

教科書

(1)「基礎物理学」

(2) <http://www.hoku-iryo-u.ac.jp/~onomasat/>



## 10分間テスト Test-3



### 2. 摩擦と束縛運動

摩擦の法則

<動摩擦>

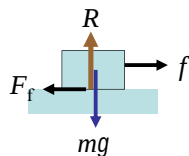
- ・ 動摩擦力  $F_f$
- ・ 垂直抗力  $R$ ,
- ・ 動摩擦係数  $\mu_k$

$$F_f = \mu_k R$$

<静摩擦>

- ・ 静摩擦力  $F_f$
- ・ 垂直抗力  $R$ ,
- ・ 静摩擦係数  $\mu_s$

$$F_f \leq \mu_s R$$



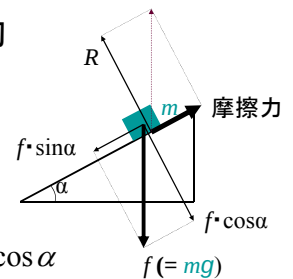
### 3. 斜面上の運動

物体  $m$  が滑らない  
ための条件

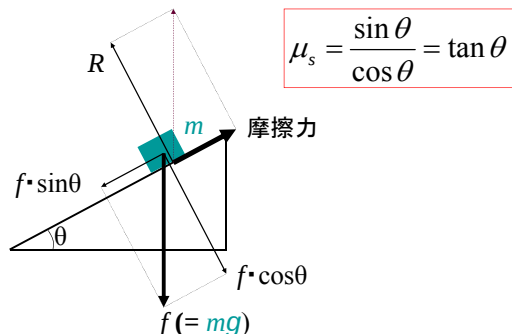
$$f \sin \alpha \leq \mu_s \cdot R$$

$$f \sin \alpha \leq \mu_s \cdot f \cos \alpha$$

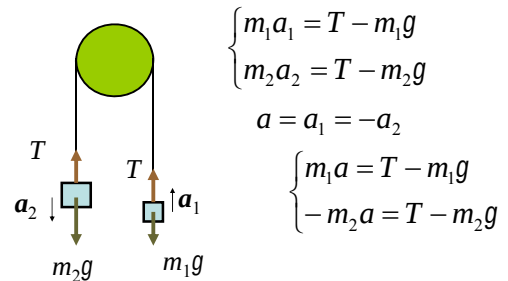
$$\mu_s \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$



$\alpha$  を大きくしていったとき、物体  $m$  が滑り始めるときの角度を 摩擦角 ( $\theta$ ) という。

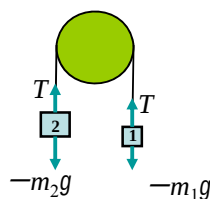


#### 4. Atwoodの機械

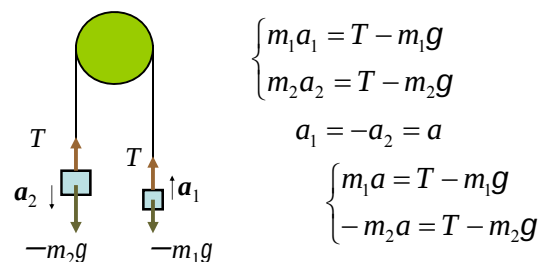


#### <問題4>

4. 滑らかな滑車にひもをかけて、両側に  $m_1$ ,  $m_2$  のおもりをつるした装置をアトウッドの機械という。



(1) ひもの張力を  $T$  として、それぞれのおもりの運動方程式を書け。



(2) 上の二つの式から  $T$  を消去して、おもりが動く加速度を求めよ。

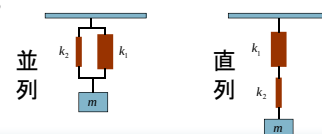
$$\begin{cases} m_1 a = T - m_1 g \\ -m_2 a = T - m_2 g \end{cases} \rightarrow a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$$

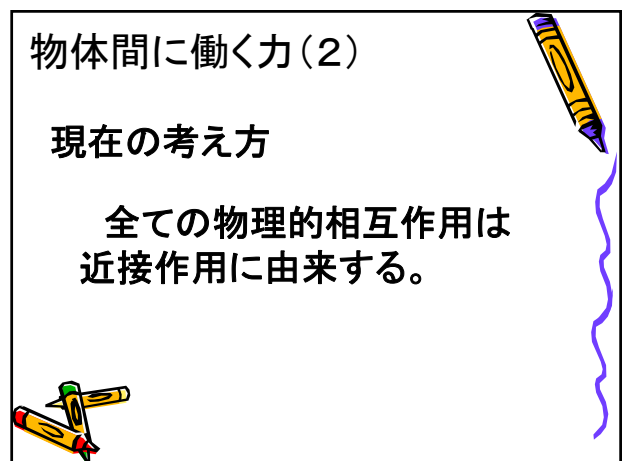
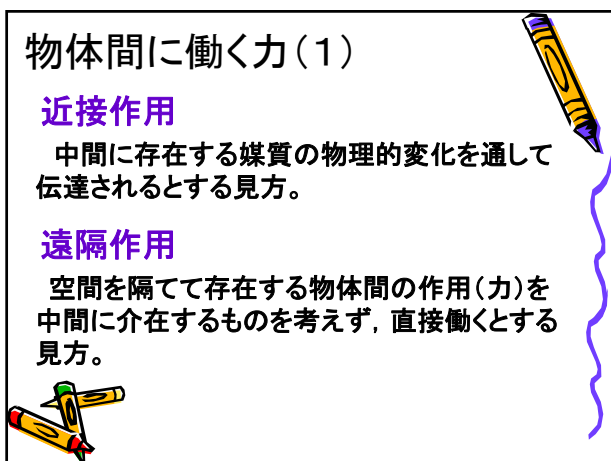
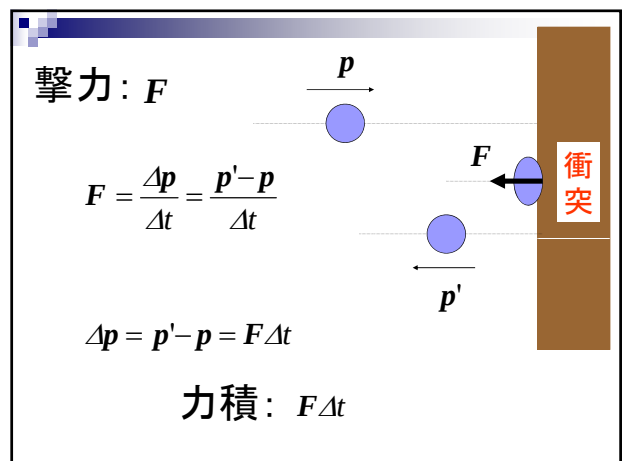
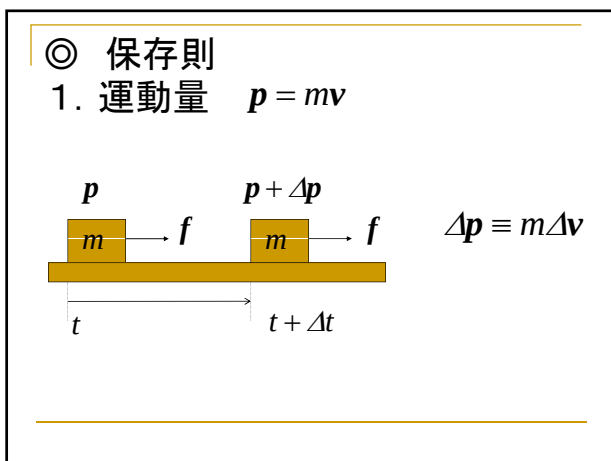
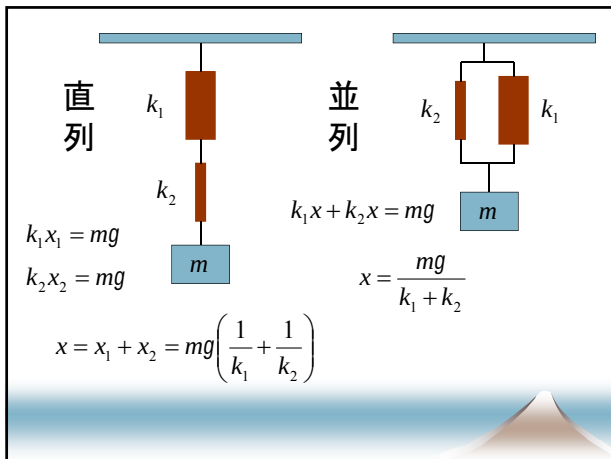
(3) 張力  $T$  を求めよ。

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

#### <問題4>

5. 力が作用していない時の長さ(自然の長さ)が同じ  $l$  [m] で、ばね定数  $k_1$ ,  $k_2$  の二つのばねを並列および直列につなぐことを考える。それぞれの場合に同じ質量  $m$  [kg] を持つ物体をつるした。自然の長さからの伸びを求めよ。





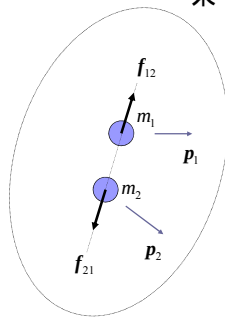
## 二つの物体が運動しているとき

$f_{12}$  : 物体 1 が  
物体 2 から受ける力

$f_{21}$  : 物体 2 が  
物体 1 から受ける力

$$f_{21} = -f_{12}$$

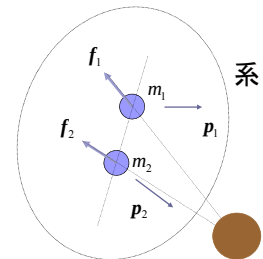
**内力**



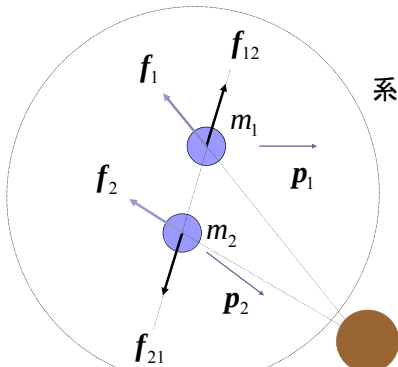
$f_1$  : 物体 1 が  
物体 2 以外の物体から受ける力

$f_2$  : 物体 2 が  
物体 1 以外の物体から受ける力

**外力**



## 2つの物体に働く内力と外力

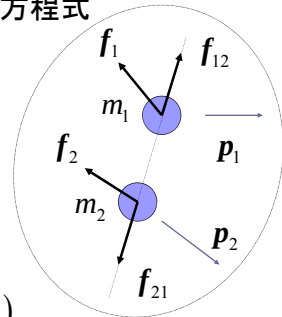


## 物体1と物体2の運動方程式

$$\begin{cases} \frac{dp_1}{dt} = f_{12} + f_1 \\ \frac{dp_2}{dt} = f_{21} + f_2 \end{cases}$$

$$f_{21} = -f_{12}$$

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} = \frac{d(p_1 + p_2)}{dt} = f_1 + f_2$$



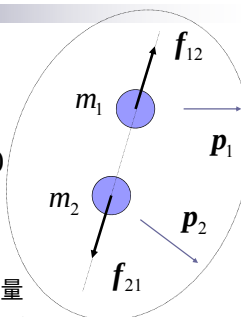
## 外力がゼロの場合

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} = \frac{d(p_1 + p_2)}{dt} = 0$$

物体 1 ( $m_1$ ) と物体 2 ( $m_2$ ) の運動量  
の和が時間の経過に従って変わらない。



**運動量保存の法則**



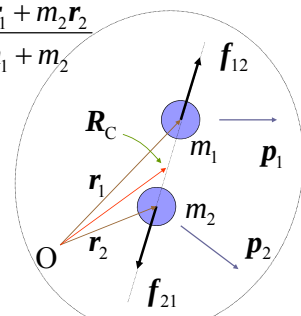
$$p_1 + p_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = \frac{d}{dt} (m_1 r_1 + m_2 r_2)$$

$$= (m_1 + m_2) \frac{d}{dt} \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_1 + m_2}$$

$$\equiv (m_1 + m_2) \frac{d}{dt} R_C$$

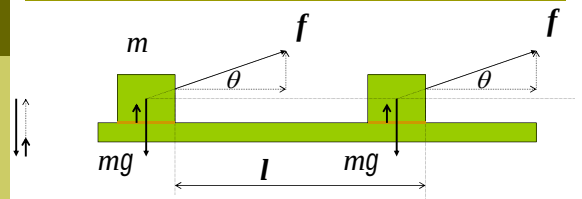
$$R_C \equiv \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_1 + m_2}$$

**質量中心**





## 2. エネルギー保存の法則



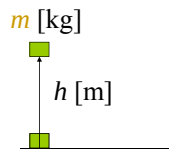
仕事  $W = (f \cos \theta)l = f \cdot l$  スカラー積(内積)

$[W = (\text{移動する方向の力}) \times (\text{移動した距離})]$

質量  $m$  の物体を鉛直上方に  $h$  m 持ち上げる  
ときの仕事(エネルギー) :  $W$  。

$W = (\text{移動する方向の力}) \times (\text{移動した距離})$

単位:  $mg \text{ [kg} \cdot \text{m/s}^2] \cdot h \text{ [m]} = mg \text{ [N]} \cdot h \text{ [m]}$   
 $= mgh \text{ [Nm]} = mgh \text{ [J]}$



J  $\Rightarrow$  (ジュール)

### <問題5>

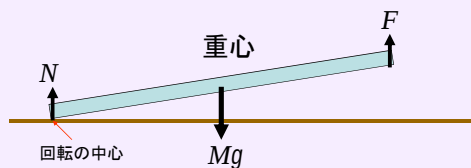
1. 質量  $M$  [kg], 長さ  $l$  [m] の丸太が地面に横たわっている。



(1) その一方の端を手で持ち上げるには、どれだけの力が必要か。

外力の総和  $F + N - Mg = 0$   
トルクの総和  $Mg \cdot l/2 - F \cdot l = 0$

$\therefore F = Mg/2$   
 $N = Mg/2$



(2) 一方の端を高さ  $h$  まで持ち上げるとき、手が  
する仕事は、丸太の位置エネルギーの増加に等し  
いことを確かめよ。

手がする仕事  $= Fh = (Mg/2) \times h = Mgh/2$   
丸太の位置エネルギーの増加  $= Mg \times (h/2) = Mgh/2$

