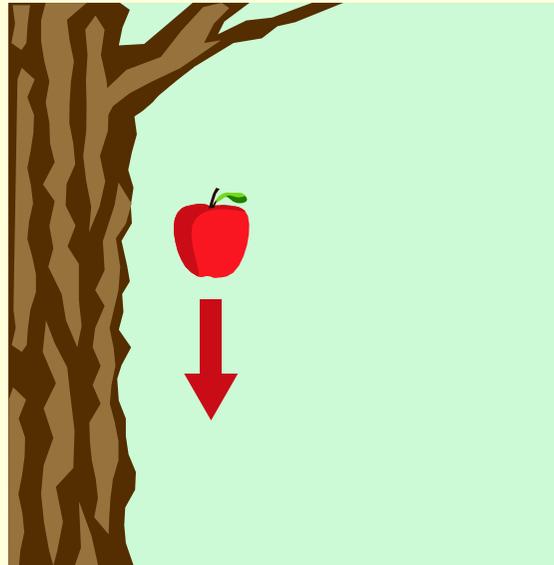
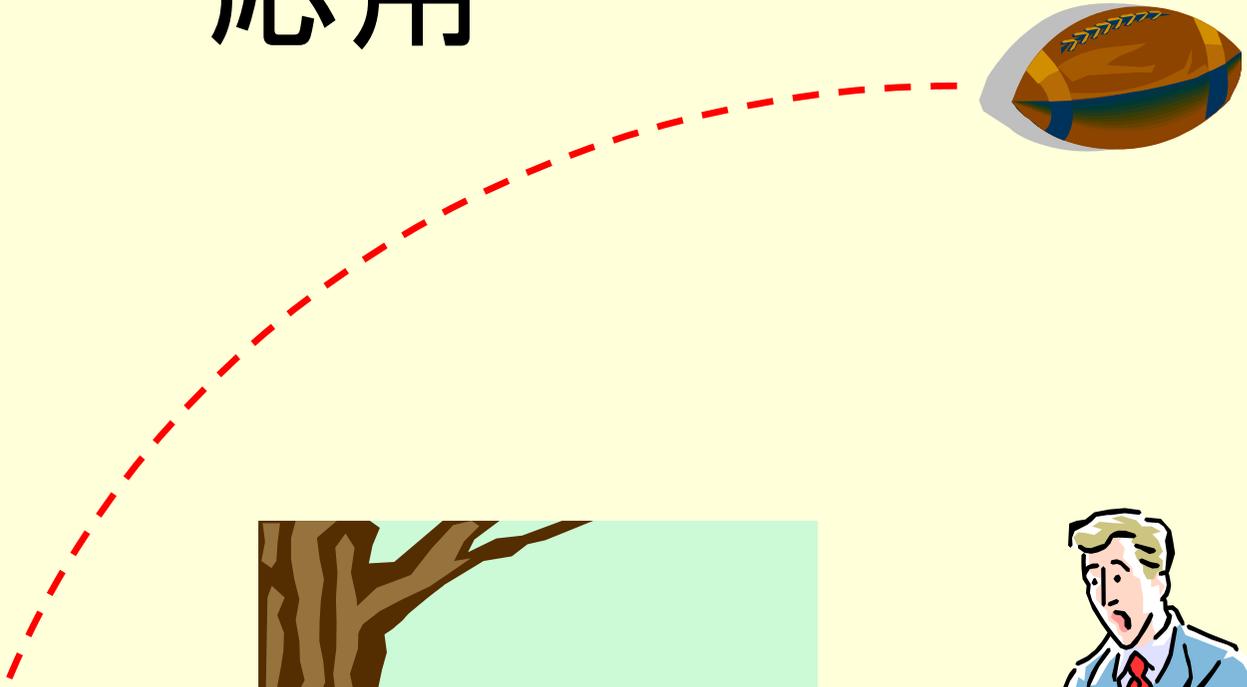


第4章 ニュートンの法則の 応用



運動と力（運動方程式の役割）

1. 力から加速度を求める

加速度と初速度・初期位置がわかれば、どのように運動するかがわかる。

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \xrightarrow{\text{積分}} \text{起こる運動を求める}$$

2. 加速度から力を求める

現象から、その原因を考察する

運動の原因を理解

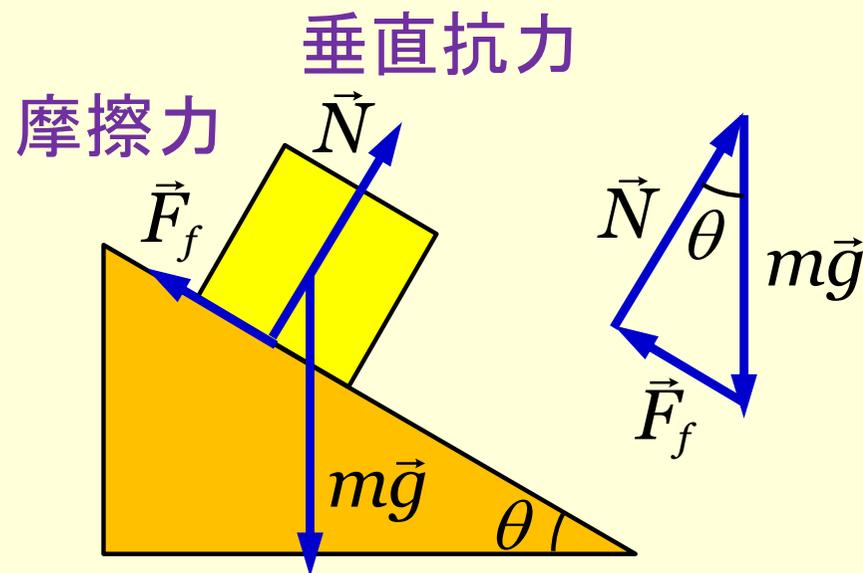
運動から力を考える

- 静止
 - ➡ 静的平衡状態
 - 等速運動
- } 合力がゼロ！
➡ 力学的平衡状態
- 加速度運動
 - 力が働いて、加速度が働いている
 - 加速度が正なら加速、負なら減速
 - 等速円運動
 - 角度を見ると等速運動
 - でも・・・速度を見ると常に方向が変化する
 - ➡ 実際は加速度が働いている＝力が働いている（**向心力**）

静的平衡状態

「静止」も運動のひとつ

例 斜面上に静止する物体



合力0から、それぞれの力の大きさが決まる。

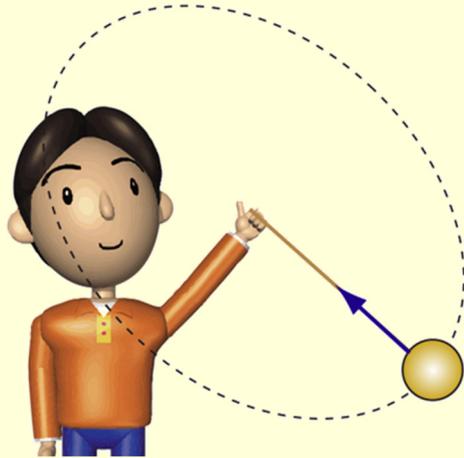
$$N = mg \cos \theta$$

$$F_f = mg \sin \theta$$

円運動の力

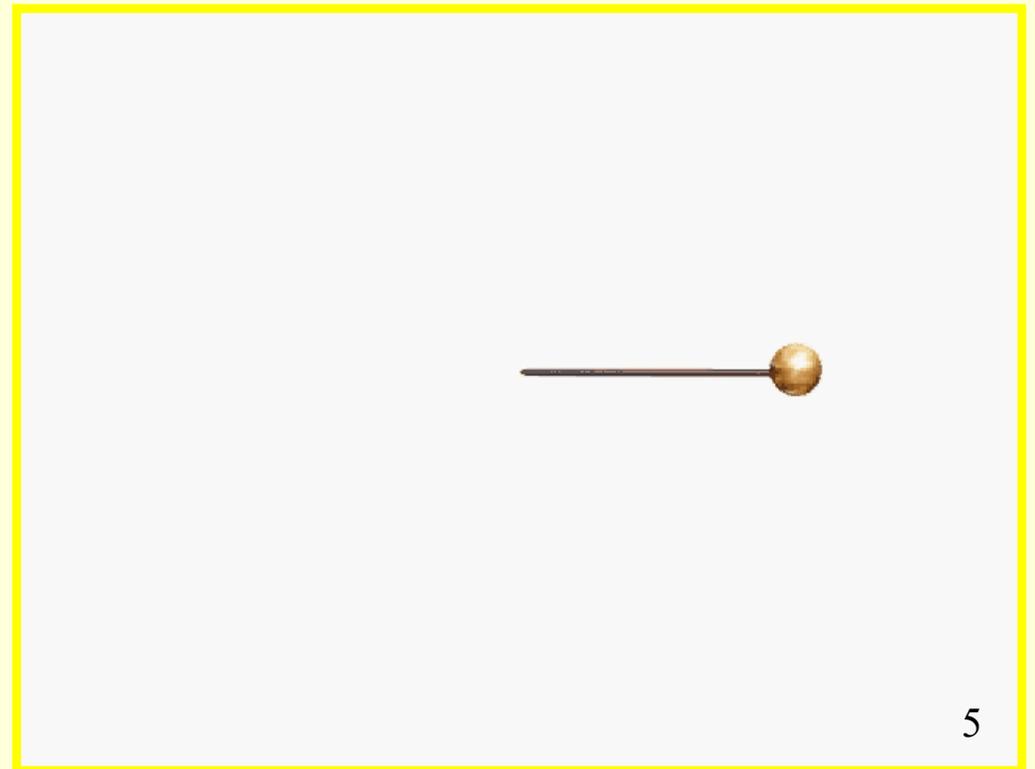
円運動をさせるためには？

中心向きに力を加えればいい。
この回転させようとする力を**向心力**という。



$$F = ma = m \frac{v^2}{r}$$

回転している物体に乗っている人には、向心力は感じないため、あたかも向心力と釣り合う力のみが働いているように見える。これを**遠心力**という。



力から運動を考える

日常の様々な現象で働く力

重力 鉛直下向きに mg

垂直抗力、張力

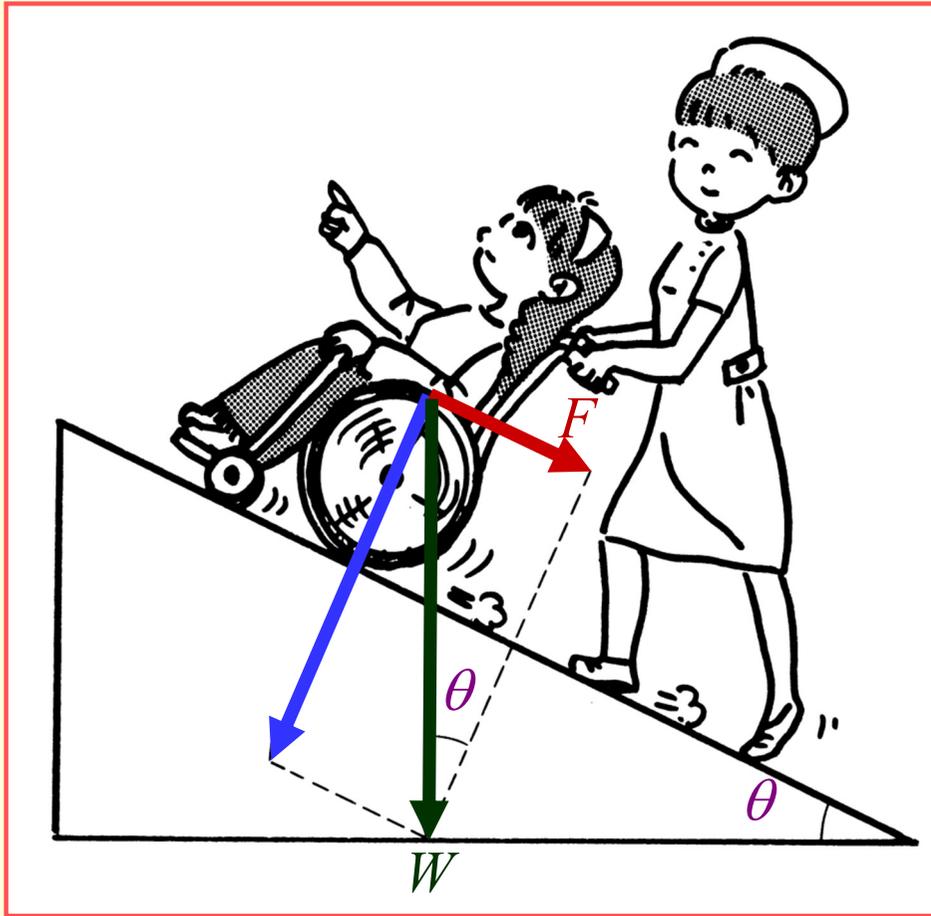
与えられた力に対する反作用の力

摩擦力 **もう少し詳しく！**

空気抵抗 4.8～4.11(自習)

ばねの力 第11章

押せるかどうか？



ある人が車椅子に乗った患者を、左図のように水平面から角度 θ の滑らかな坂道を移動するとき、この人が押す力 F はどれくらいになるか。

それぞれの力の関係は図のようになるので、

$$F = W \sin \theta$$

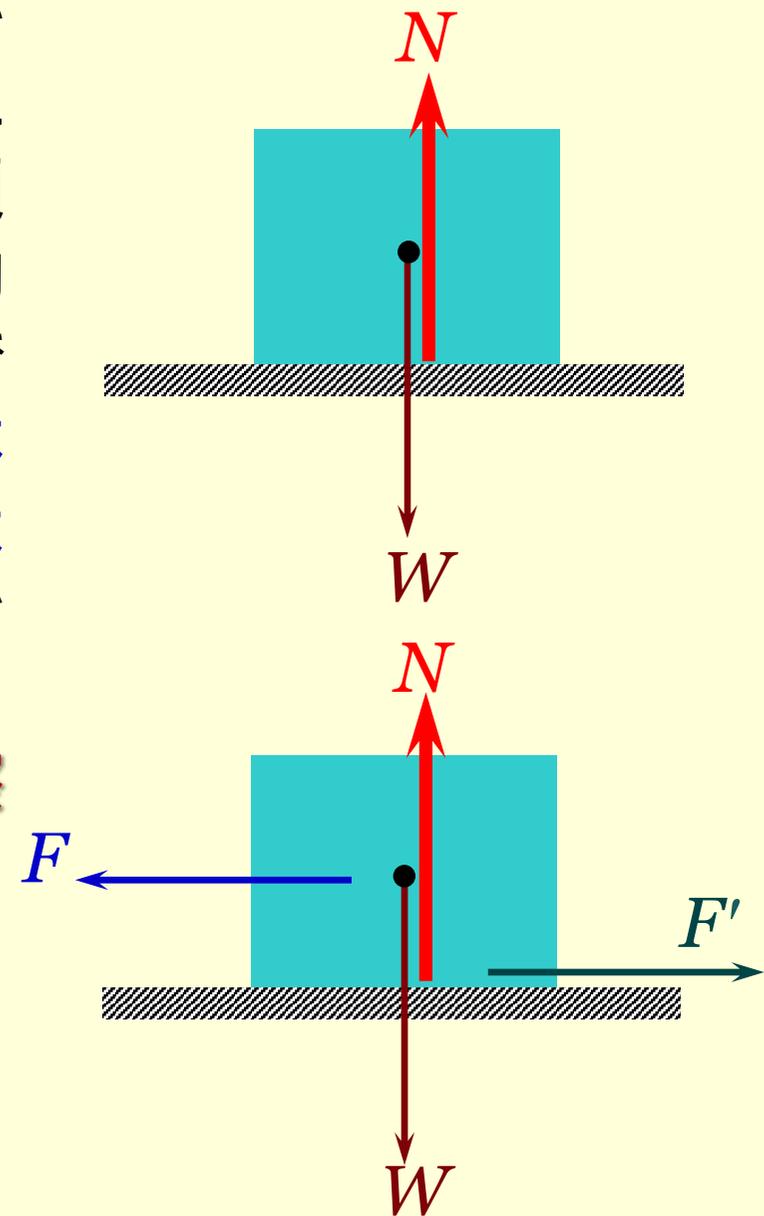
となる。ただし、 W は車椅子と患者の重さを合わせたものとする。

摩擦

物体を板の上に置き、その板をゆっくり傾けると、板がある傾斜角になったとき、突然物体が滑りだす。傾斜がゆるいときに滑らないのは、物体と板の間に摩擦がはたらくからである ($F < F'$)。この摩擦は、物体が動こうとする方向と逆の方向にはたらき(図中の F' に相当)、その大きさは物体と平面の接触面に垂直な力に比例する。この比例定数 μ を「**摩擦係数**」とよぶ。なお、 F' は

$$F' = \mu N$$

となる。



力の変化と摩擦力

- 静止摩擦力

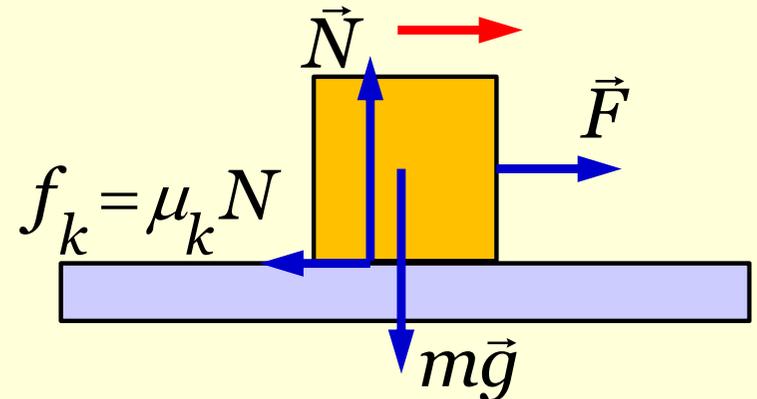
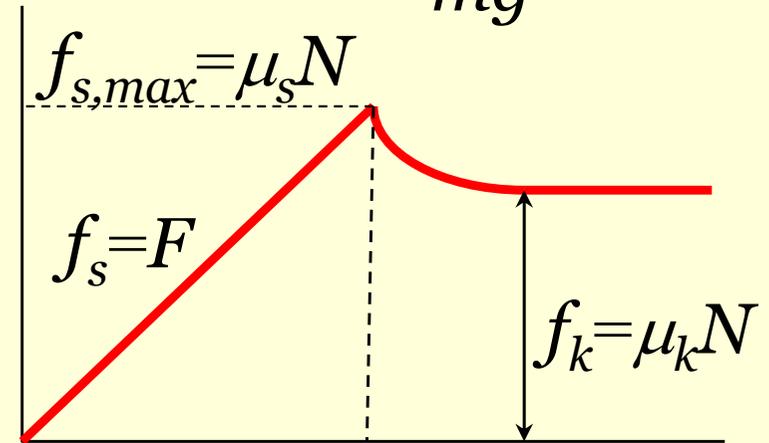
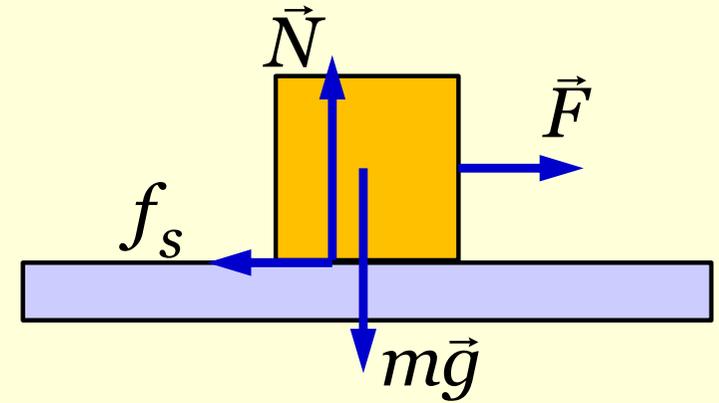
物体を引く(押す)力 F が小さいときは静止摩擦力 f_s が働き動かない。

- 最大静止摩擦力

静止摩擦力の大きさには限界がある。物体を引く(押す)力が最大摩擦力 $f_{s,max}$ を超えると物体は動き出す。

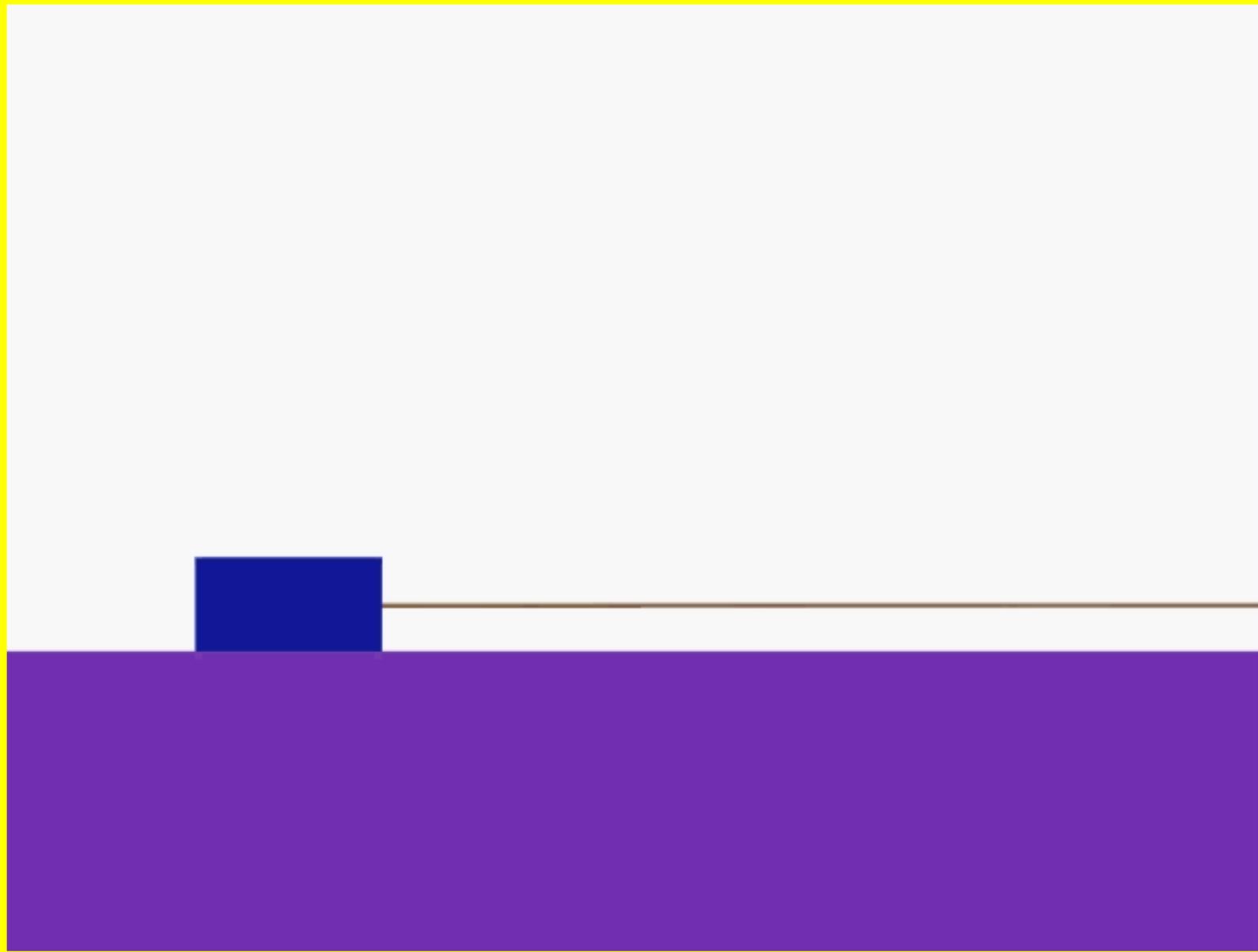
- 動摩擦力

物体が動き出した後は動摩擦力 f_k が働く。



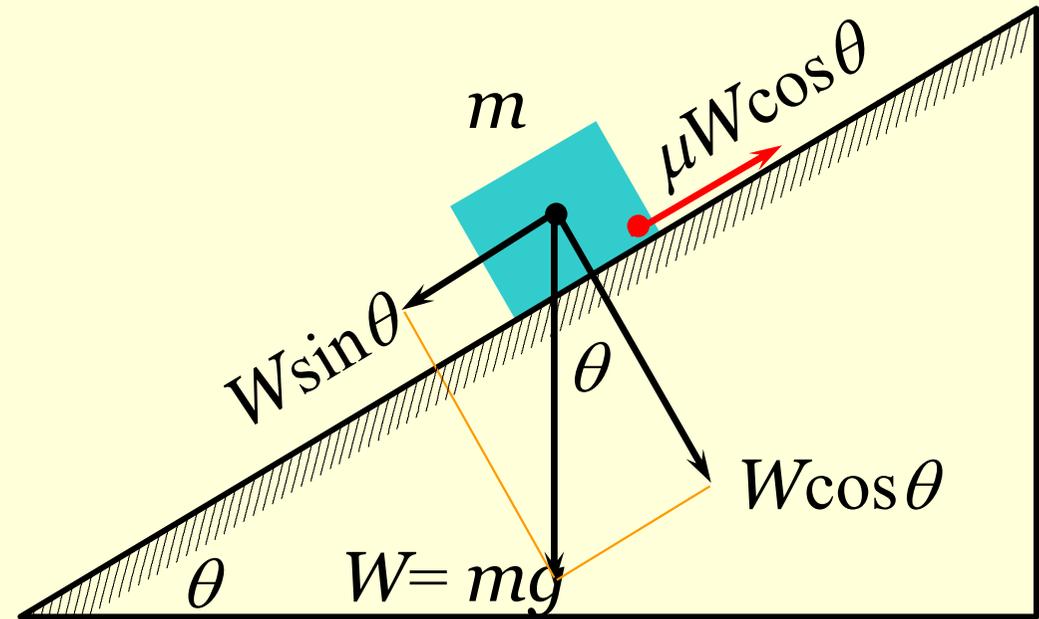
静止摩擦力と動摩擦力

物体を引っ張ってもすぐに動かない。



傾斜の摩擦

角度 θ の斜面を考える。
物体にはたらく重力は $W=mg$ なので、斜面下向きに $W\sin\theta$ 、斜面に垂直に $W\cos\theta$ の力がかかっていることになる。物体は下向きに滑ろうとするので、摩擦力は斜面上向きに $\mu W\cos\theta$ となる。角度 θ を大きくしていき、



$$W\sin\theta > \mu W\cos\theta$$

となったとき物体は滑り落ち始める。滑り始める直前では、

$$W\sin\theta = \mu W\cos\theta$$

が成り立ち、これより $\mu = \tan\theta$ となることがわかる。この角度 θ を摩擦角という。

傾斜上で物体を動かすには

斜面上で静止している物体を押し上げるのに必要な力 F は、斜面を滑り落ちようとする力、

$$W\sin\theta + \mu W\cos\theta$$

に打ち勝てばいいので、

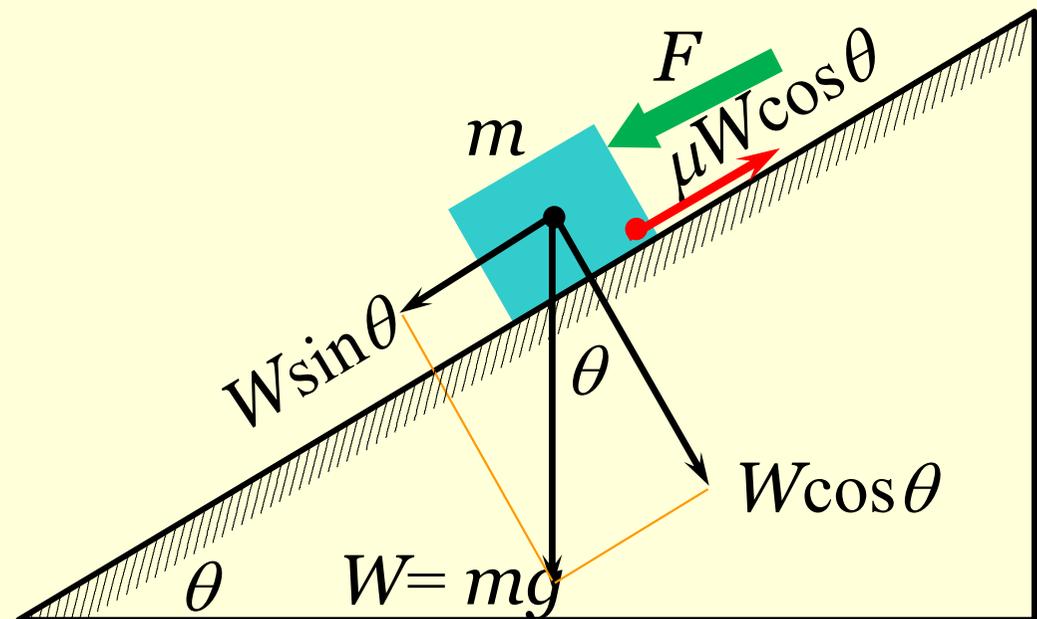
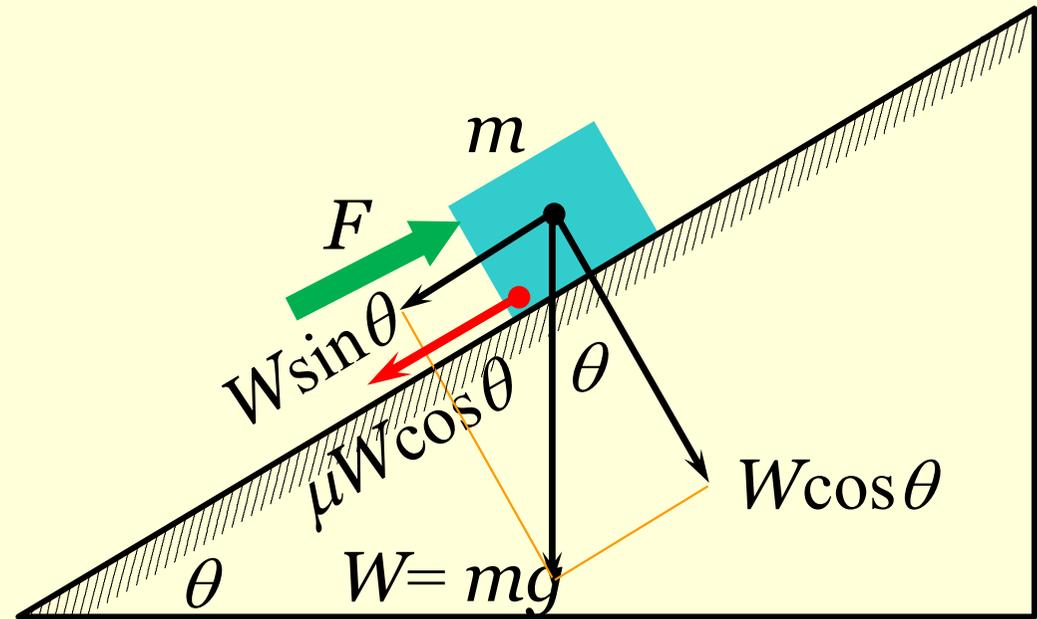
$$F = W(\sin\theta + \mu\cos\theta)$$

斜面上で静止している物体を押し下げるのに必要な力 F は、斜面を滑り落ちるのを妨げる力、

$$-W\sin\theta + \mu W\cos\theta$$

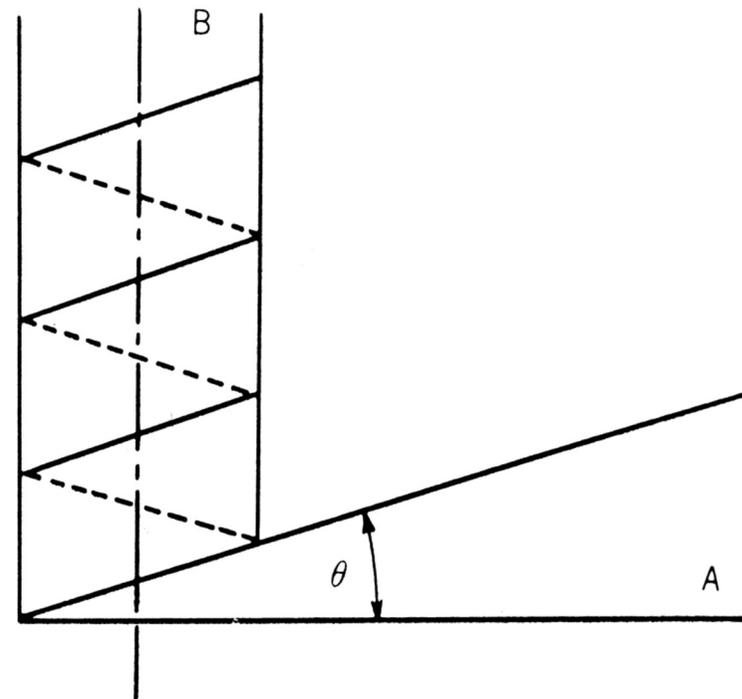
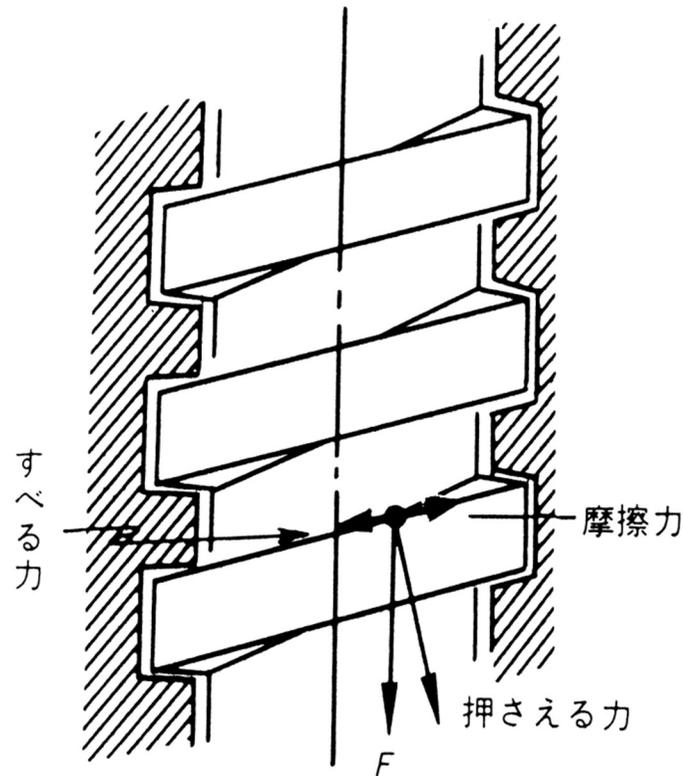
に打ち勝てばいいので、

$$F = W(-\sin\theta + \mu\cos\theta)$$



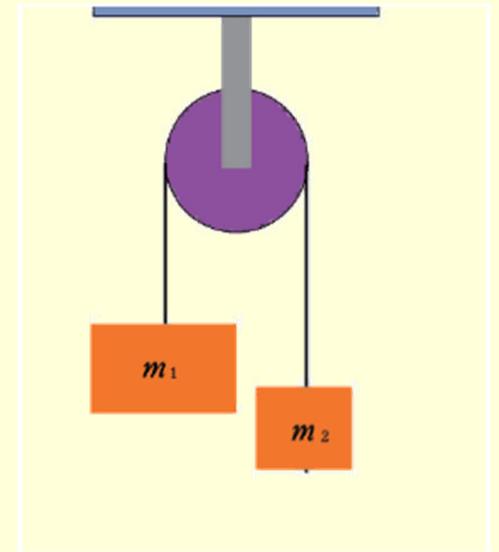
ネジと坂道

ネジは坂道と摩擦力の応用である。傾斜を緩くして大きな力を出し、斜面の摩擦を利用して、締めた力のまま止まるように工夫されている。少ない力で大きな力を出すことができるが、ネジ回しを利用すると更に楽にネジを回せる。



例題1

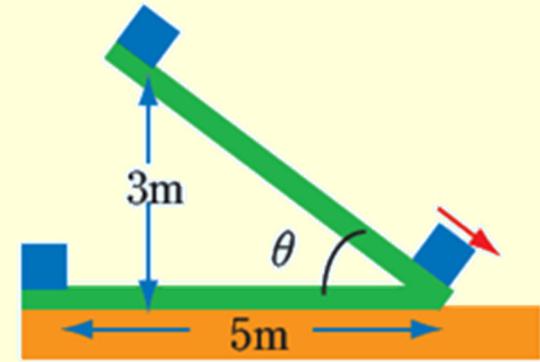
図のように、質量 m_1 と質量 m_2 ($m_1 > m_2$) の物体が紐で結ばれて、自由に動ける滑車につながられている。滑車とひもの重さや空気抵抗は無視できるものとして、糸の張力を求めなさい。



例題2

図のように、質量 m の物体を長さ5[m]の板の端にのせて傾けたところ、物体の高さが3[m]のところから滑り始めた。

- (1) 静止摩擦係数 μ_s の値を求めなさい。
- (2) 滑り始めてから滑り降りるまでの時間は2.5[s]であった。動摩擦係数 μ_k と静止摩擦係数 μ_s の差を求めなさい。ただし、重力加速度の大きさを $g=10[\text{m/s}^2]$ とする。



-
- 4-14～18 慣性力以降は次週へ