

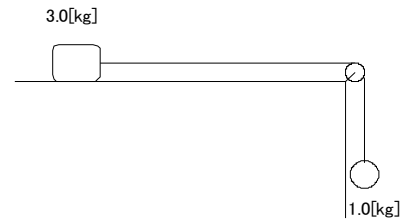
運動方程式（標準編）第1回 問題

手始めに優しい問題から挑戦だ！ ※ 全ての問題で、重力加速度を $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ としなさい。

A) 《準備体操です》 質量 3.0 [kg] の物体を静摩擦係数 0.60 、動摩擦係数 0.20 の粗い水平な床に置き、左から 20 [N] の力を加えた。このとき、物体の加速度を求めなさい。

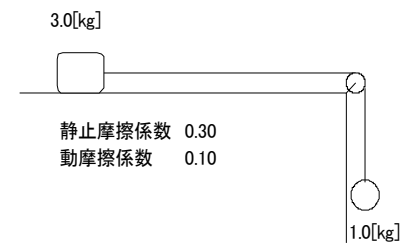
B) 《落とし穴に注意》 質量 3.0 [kg] の物体を静摩擦係数 0.60 、動摩擦係数 0.20 の粗い水平な床に置き、左から 10 [N] の力を加えた。このとき、物体の加速度を求めなさい。

C) 《「鉄則」に従って...》 質量 3.0 [kg] の物体と 1.0 [kg] のおもりを軽い糸をつなぎ、軽い滑車を経由して机の端におもりを垂らせた。手を離れたとき、おもりが落下する加速度を $a \text{ [m/s}^2\text{]}$ 、糸の張力を $T \text{ [N]}$ として、それぞれの運動方程式をつくりなさい。ただし、机、物体などの間に摩擦力は働かないものとする。



また、このときの物体の加速度、糸の張力を求めなさい。

D) 《これが出来たら OK!》 質量 3.0 [kg] の物体と 1.0 [kg] のおもりを軽い糸をつなぎ、軽い滑車を経由して机の端におもりを垂らせた。手を離れたとき、おもりが落下する加速度を $a \text{ [m/s}^2\text{]}$ 、糸の張力を $T \text{ [N]}$ として、それぞれの運動方程式をつくりなさい。ただし、物体と机の間には静摩擦係数 0.30 、動摩擦係数 0.10 の摩擦力が働いているものとする。



また、このときの物体の加速度、糸の張力を求めなさい。

運動方程式 (標準編) 第1回 解答・解説 ※ ただし、重力加速度を $9.8 \text{ [m/s}^2]$ としなさい。

A) 《これはやさしい!》床からの垂直抗力は $3.0 \times 9.8 \text{ [N]}$ だから、「最大摩擦力 ($F_0 = \mu_0 N$)」の公式より、 $3.0 \times 9.8 \times 0.60$ (静止摩擦力ではない!) になる。「引く力の方が最大摩擦力より大きい」から、物体は動く!。動き出してしまえば、動いているときの摩擦力「動摩擦力 ($F' = \mu' N$)」になるから、 $3.0 \times 9.8 \times 0.20 = 5.88 \text{ [N]}$ だから、動く向きを正として運動方程式 ($f = ma$ に代入した式のこと) を作ると、 $20 - 5.88 = 3a$ になる。これより、物体の加速度は $4.7 \text{ [m/s}^2]$ である。

B) 《落とし穴に注意!》床からの垂直抗力は $3.0 \times 9.8 \text{ [N]}$ だから、最大摩擦力は $3.0 \times 9.8 \times 0.60$ になる。引く力の方が小さいのでこの物体は動かない。摩擦力は引く力 10 [N] とつりあって力がゼロになり、加速度はゼロだ。「静止摩擦力は最大摩擦力を超えることはない」という条件になるだけ!

C) 《物体が2つになっただけのこと、なにも難しくはない!》
「運動方程式の作り方の鉄則」を使って運動方程式を作れ!

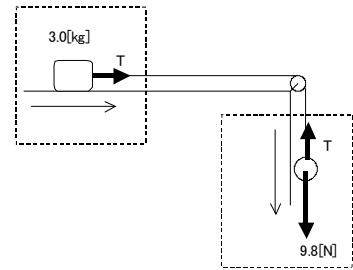
- ① 注目する物体を決め、② その物体に働く力を全て見つける(これが難しい)
- ③ 動く方向を正としてその方向成分を求める。④ 合力を f に代入する。

動く方向を正とする。

おもりの運動方程式は $9.8 - T = 1 \cdot a$

机の上の物体の運動方程式は $T = 3 \cdot a$

だから、加速度は $2.5 \text{ [m/s}^2]$ 、糸の張力は 7.4 [N] になる。



D) 「運動方程式の作り方の鉄則」を使うだけ!

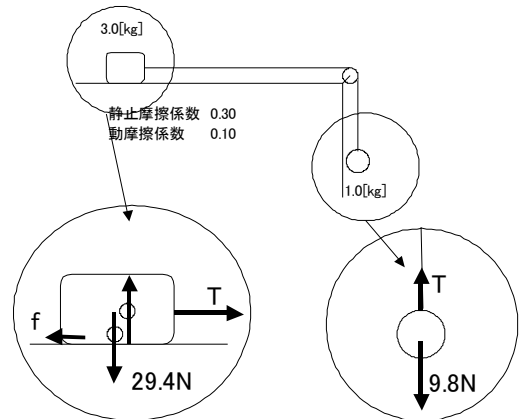
「一つの物体に注目しその物体に働く力を考える」

始めに、両物体が動かないと仮定してみよう。

おもりが静止するから、「重力と張力は等しくなる」...①。
机の物体も静止摩擦力が糸の張力とつりあって静止する。

最大摩擦力は $F_0 = \mu N$ の公式より、机の上の物体の最大摩擦力は $0.30 \times 3.0 \times 9.8 \text{ [N]}$ になり、静止摩擦力はこれを超えることは出来ない(静止条件!)

①の条件から、糸の張力は 9.8 [N] だ。物体に腹宅地からを考えると、物体の静止摩擦力は張力と等しいから張力は 9.8 [N] だ。「糸の張力が最大摩擦力より大きいので静止し続けることはできない」ことになる。したがって、「静止する」という仮定が不成立だから、物体は机の上を滑り出すことになる(物体は動いているので、摩擦力は「静止摩擦力ではない!」)。



机の上の物体は動いているのだから、物体と机の間の摩擦力は動摩擦力になる。 $F' = \mu' N$ の公式に代入して、その動摩擦力を求めると、左向きに $0.10 \times 3.0 \times 9.8 \text{ [N]}$ になる。机の上の物体に働く力は、糸の張力を $T \text{ [N]}$ と動摩擦力になる(これ以外に、重力と、机からの垂直抗力があるが二つは釣り合って消える)から、後は、つぎの鉄則「動く方向を正として、その方向の力の合力を求め、運動の法則 $f = ma$ に代入する」を使って運動方程式が完成するだけだ。

注目する物体を机の上の物体として考えると、物体に働く力は糸の張力と動摩擦力になるから、

物体の運動方程式は $T - 0.10 \times 3.0 \times 9.8 = 3a \dots(1)$

注目する物体をおもりに切り替えて同様に考えると、おもりに働く力は重力と糸の張力になるから、

おもりの運動方程式は $1.0 \times 9.8 - T = 1 \cdot a \dots(2)$

(1)、(2) 式より、未知数である加速度 a と張力 T を解くだけだ。(1)+(2) より、 T を消去して $a = 1.715$ だから、加速度は $1.7 \text{ [m/s}^2]$ であり、糸の張力は 8.1 [N] である。