

摩擦力とは

物体が互いに接触しているとき、両物体が接触面をずらそうとする(滑らそうとする)ときに、ずれを妨げる方向に(摩擦)力が発生する。摩擦力は、その状況により3つのタイプに分かれる。

- ① 静止摩擦力 → 静止している(滑らない)ときの摩擦力
- ② 動摩擦力 → 滑っているときの摩擦力
- ③ 最大摩擦力 → 滑り出す直前の摩擦力(静止摩擦力の最大値に相当する)

※ 静止摩擦力は最大摩擦力を超えることはできない

摩擦力の大原則

静止摩擦力は物体に働く力に釣合う大きさになる。したがって、摩擦力の公式は無い!

最大摩擦力は物体に働く垂直抗力に比例し、比例定数を「**静止摩擦係数**」という。公式 $f = \mu N$

動摩擦力も物体に働く垂直抗力に比例し、比例定数を「**動摩擦係数**」という。公式 $f' = \mu' N$

摩擦係数の大きさは、接触面の状態により大きな影響を受ける。水や油などが付着しているときは大幅に減少する。通常の範囲では摩擦力は接触面積の影響を受けず、垂直抗力だけによる。

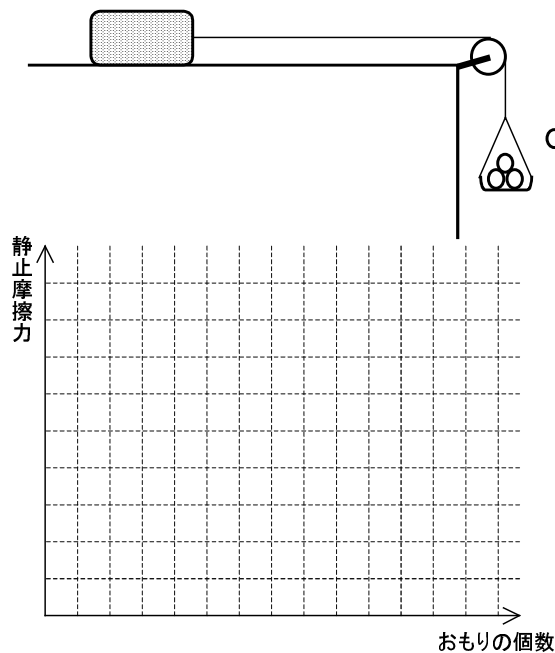
※ 動摩擦係数 μ' は静止摩擦係数 μ より小さい。→ 具体的数値は教科書など参照のこと

静止摩擦力の変化

摩擦がある机の上に物体が乗せられている。糸を付けて物体を引いた。軽いお皿の上に乗せるおもりを徐々に増やしていった。おもりの量が 37 個になったとき、机の上の物体は滑り出した。物体の質量を $5.0[\text{kg}]$ 、おもり1個の質量を $0.10[\text{kg}]$ とする。

考え方 物体が静止しているとき、物体にかかる力は釣合っている!

滑り出す直前までの摩擦力を右のグラフに記入しなさい。



最大摩擦力は () $[\text{N}]$

静止摩擦係数 ()

動摩擦力

動き出してから摩擦力の大きさは一定の大きさになる。 ※ 滑る速度には無関係と考えてよい!

したがって、動摩擦力の大きさは、「**公式** $f' = \mu' N$ 」で決まってしまう。

練習 質量 $4.0[\text{kg}]$ の物体が、静止摩擦係数が 0.60 、動摩擦係数が 0.20 の板の上に寄せられている。この板を徐々に傾けていったところ、ある角度になったときに物体が滑り出した。

(1) 板の傾斜角が 30° のとき、物体は滑り出すか? 滑り出さないか?

(2) 滑り出すときの板の傾斜角の大きさを求めなさい。 ※ 三角関数表を参照してよい!

(3) 傾斜角が 45° のときの摩擦力を求めなさい。

理科(物理分野) いろいろな運動 ⑫ 摩擦力が働く運動方程式

一般の運動では摩擦力が必ず働いている。物体の運動を解析するときには、摩擦力を含んだ運動方程式を考える必要が必須である。

初級 5.0[kg]の物体が水平な床の上に置かれている。物体と床との間の静止摩擦係数は 0.50、動摩擦係数は 0.15 である。

- (1) 物体を水平方向に 20[N] で引いた。このときの物体の加速度を求めなさい。
- (2) 物体を水平方向に 30[N] で引いた。このときの物体の加速度を求めなさい。
- (3) 物体を水平方向に f [N] で引いた。このときの物体の運動方程式を作りなさい。※ f の大きさにより場合分けが必要です！

中級 3.0[kg]の物体が、質量 2.0[kg]の板の上に置かれている。この板を水平で滑らかな机の上に置かれている。物体と板の間の静止摩擦係数は 0.50、動摩擦係数は 0.15 である。

板を水平方向に引くとき、最初のうちは物体と板はいつしよに滑っていた。板を引く力がある大きさを超えたとき、板の上を物体が滑り出した。

- (1) 板を水平方向に 10[N]で引いたとき、物体は板といつしよに動いた。物体と板の加速度を求めなさい。

板と物体が一体となって動くとしたとき、板を引く力が F [N]、物体が板から受ける摩擦力(板が物体から受ける摩擦力)の大きさを f [N]、加速度を a [m/s²] として、次の問いに答えなさい。

- (2) 物体の運動方程式を作りなさい。
- (3) 板の運動方程式を作りなさい。
- (4) 物体が板から受ける摩擦力(板が物体から受ける摩擦力)の大きさを f [N] の条件式を作りなさい。
- (5) 物体が板の上を滑り始めるときの板を引く力 F_0 [N] を求めなさい。
- (6) $F_1 > F_0$ の力で板を引くとき、物体が板の上を滑っている。物体と板の加速度をそれぞれ求めなさい。

空気抵抗

物体が運動するとき、空気抵抗が無視できない場合がある。この場合とは、運動速度が大きい(高速で移動する)場合である。

空気抵抗は速度に関係する

ゆっくり動くとき(徒歩程度)では空気抵抗はほとんど感じられないが、走るときは強い抵抗を感じる。このように、ある程度までの速度であれば、空気抵抗は速度に比例する大きさになることが知られている。

空気抵抗力の公式

$$f = kv \quad v: \text{物体の速度、} k: \text{比例定数}$$

空気抵抗は物体の形に関係する

空気抵抗は物体の形にも大きな影響を受け、正面から見た物体の形が大きいものほど抵抗が大きくなる。流線型の形が最も空気抵抗が少なくなることが知られている。

雨の落下速度**空気抵抗が無視できる領域**

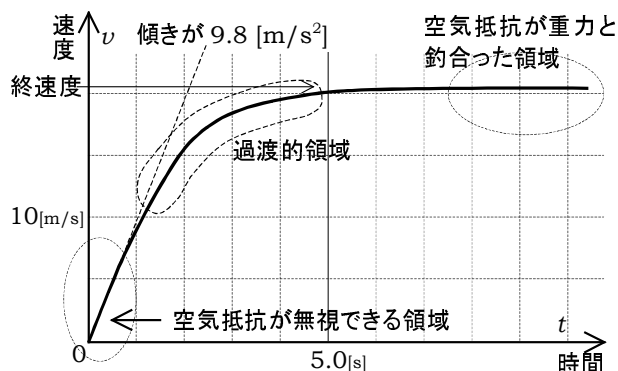
落ち始めは、落下速度が小さいので、重力加速度で落下し始める。したがって、最初のうちは重力加速度で等加速度運動になるから、 v - t グラフの傾きが重力加速度の直線のグラフになる。

過渡的領域

速度が大きくなるにつれて、空気抵抗が大きくなるため、落下方向の力が小さくなるから加速度が減少しながら、速度を増加させる。したがって、 v - t グラフの傾きが徐々に小さくなり、ゼロに近づいてゆく。

空気抵抗と重力が釣り合った領域

やがて、落下速度が大きくなり、重力と空気抵抗が同じになる。このとき、物体にかかる力の合力がゼロになるため加速度がゼロ(v - t グラフの傾きがゼロ)になる。したがって、物体は等速度で落下するようになる。この速度を「**終速度**(しゅうそくど)」という。 v - t グラフで示すと右のグラフのようになる。



練習 雨の落下速度のグラフを見て次の各問いに答えなさい。

- (1) 雨粒の質量を m [kg]、空気抵抗の公式の比例定数を k [Ns/m]、重力加速度を g [m/s²]、雨粒の速度を v [m/s]、雨粒の加速度を a [m/s²] とし、運動方程式を作りなさい。
- (2) 運動方程式を解いて、雨粒の加速度を求めなさい。
- (3) $t = 2.0$ [s] のとき、雨粒が受ける空気抵抗はいくらになるか？ グラフから読み取りなさい。
- (4) 雨粒の質量を 0.020 [g]、重力加速度を 9.8 [m/s²] としたとき、空気抵抗の比例定数を k を求めなさい。 ※ 単位に注意すること！