

○摩擦力を受ける物体の運動

あらい水平面上に置かれた物体に、水平方向に力を加える

- … 加える力が小さいうちは物体は静止しているが、
加える力がある値を超えると物体は滑り出す。



- ・物体が静止している間



静止摩擦力が徐々に _____ なり、
_____ が保たれる。



- ・物体が滑り出す直前（ギリギリ、 _____ が成り立っている）



静止摩擦力が最大値（= _____ ）
となる。

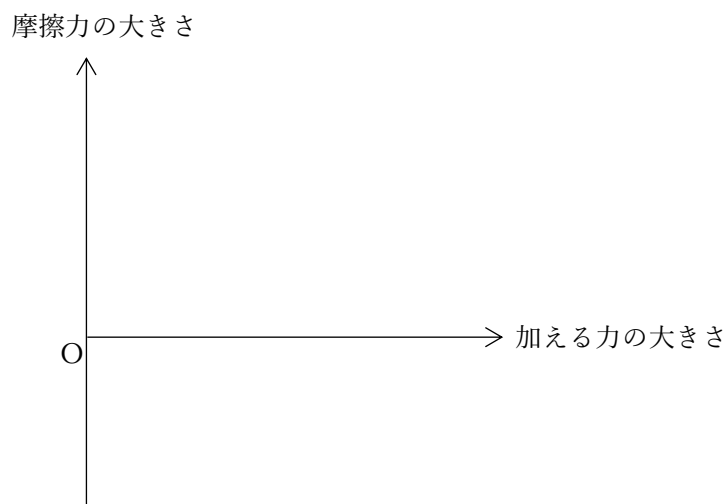


- ・物体が滑り出した後（ _____ が成り立つとは限らない）



動摩擦力（大きさが _____ ）が
はたらくようになる。

※ 物体に加える力を徐々に大きくしていったとき、物体に生じる摩擦力の大きさは次のように変化する。



・最大摩擦力の大きさ = _____

・動摩擦力の大きさ = _____

どちらも、垂直抗力 N に比例する
 … 物体と面が _____ するほど
 N が大きくなるから

μ : 静摩擦係数 }
 μ' : 動摩擦係数 } いずれも接触面の種類や状態によって決まる
 値であり、 μ _____ μ' である。

(練習) 水平な床の上に質量 2.0 kg の物体を置き、水平方向に力を加える。この力を次第に大きくしていくと、 9.8 N を超えたときに物体は動きはじめた。物体と床との間の静摩擦係数を求めよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 物体をあらい板の上に置き、板を水平な状態から少しずつ傾けていく。板の傾きの角が θ_0 を超えると、物体は板の上を滑り出した。物体と板との間の静止摩擦係数を求めよ。

斜面が登場する場合、物体にはたらく力を

- ・斜面に沿った（平行な）方向
- ・斜面に垂直な方向

の2つの方向に分解すると考えやすくなる。

(練習) あらい水平面上で、物体を大きさ v_0 の初速度で滑らせた。物体が静止するまでにかかる時間と、静止するまでに水平面上を進む距離を求めよ。ただし、物体と水平面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とする。

(練習) 傾きの角 θ のなめらかな斜面上に物体を置いて静かにはなした。物体に生じる加速度の大きさを求めよ。重力加速度の大きさを g とする。

(練習) 傾きの角 θ のあらい斜面があり、この上で物体を運動させる。物体と斜面との間の動摩擦係数を μ' とし、重力加速度の大きさを g とする。

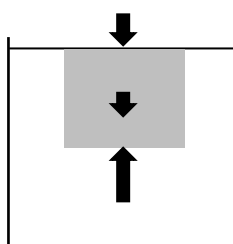
- (1) 物体を静かにはなしたとき、物体に生じる加速度の大きさを求めよ。
- (2) 物体に斜面に沿って上向きの初速度を与えたとき、物体が滑り上がっている間の物体に生じる加速度の大きさを求めよ。

○圧力

圧力（ _____ あたりの面を垂直に押す力の大きさ） = _____

圧力の単位： _____ = _____

水圧（水による圧力）



塗りつぶした部分の水にはたらく力のつりあい

より、水面からの深さ h での水圧は _____ と求められる。

深さが等しければ、どの _____ にも同じ大きさの水圧がはたらく。

(練習) ハイヒールを履いた 50 kg の人が床の上に立っている。ハイヒールの接地面積が 10 cm^2 だとすると、ハイヒールから床にはたらく圧力の大きさはいくらになるか。また、この値は 5000 kg の像（足裏の断面積の合計が 1.0 m^2 ）が地面を押す圧力のおよそ何倍か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 身体の表面積が 1.5 m^2 の人が大気から受ける力の大きさは、何 kg の物体の重力に相当する大きさであるか。大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、重力加速度の大きさを 10 m/s^2 として計算せよ。

(練習) 水中にある物体の水面からの深さが 20 m のところにある面が受ける圧力は何 Pa か。大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

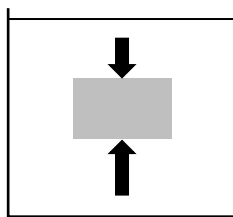
(練習) 水圧の大きさが大気圧の大きさの 2 倍となる水深を求めよ。大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを 10 m/s^2 として計算せよ。

○浮力

浮力： _____ (気体や液体) の中にある物体にはたらく



浮力は、物体にはたらく _____ の力と _____ の力の差によって生じる



浮力 = _____ の力 - _____ の力 = _____

物体が沈んでいる空間には、もともと流体があった。

流体には「重力」と「浮力」がはたらき、2つがつりあっているため静止していた。

この空間が別の物質に置き換わっても、浮力の大きさは変わらない。

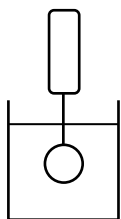
このことから、

浮力の大きさ = 物体が沈んでいる体積の流体にはたらく重力の大きさであると分かる。アルキメデスは、このように考えて浮力の大きさを求めた (アルキメデスの原理)。

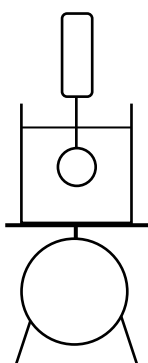
(練習) 密度 $6.0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ の木材で各辺が 0.10 m の立方体を作り、水に浮かべた。水面から上に出る体積を求めよ。水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。

(練習) 水を入れた容器の中に、ばねばかりでつるした質量 50.0 g の金属球を徐々に入れた。金属球が完全に水中に入った状態で、ばねばかりの目盛りは 43.7 g を示した。このとき、金属球は容器の底に触れていなかったとする。水の密度を 1.0 g/cm^3 とする。

- (1) この金属球の体積は何 cm^3 か。
- (2) この金属球の密度は何 g/cm^3 か。



(練習) 水を入れた容器を台ばかりに乗せると、台ばかりの目盛りは 60.0 g を示した。次に、この水の中へばねばかりにつるした 40.0 g の金属球を入れると、ばねばかりの目盛りは 35.5 g になった。このとき、台ばかりの目盛りは何 g を示しているか。

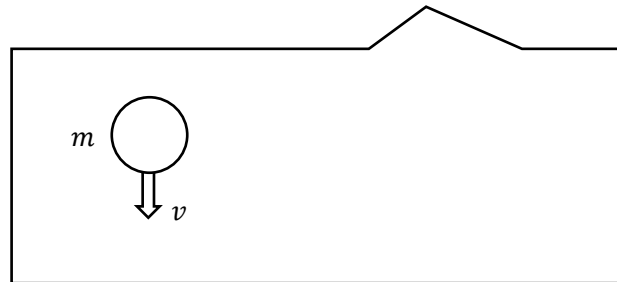


○空気抵抗を受ける落下運動

実際に物体が落下運動するときには、重力だけでなく _____ も受ける。



空気抵抗を受けて落下する物体の運動方程式： _____



物体の速さ v が大きくなるにつれて、
物体に生じる加速度 a は _____ なることが分かる。



やがて _____ となると、
物体の速さ v は一定のまま変化しなくなる。

… このときの物体の速度（終端速度） = _____

(練習) 1.0 km の高さから自由落下する雨滴が、空気抵抗を受けずに落下を続けた場合、地上に達するときにはどのくらいの速さになっているか。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) 雨滴が球形をしているとすると、雨滴の質量は半径の3乗に比例すると考えられる。また、空気抵抗の比例定数が雨滴の断面積に比例するとすると、半径の2乗に比例することになる。このように考えた場合、雨滴の終端速度は雨滴の大きさによってどのように変化すると考えられるか。

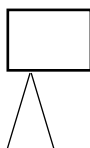
(練習) 質量 5.0×10^{-10} kg の雨滴が、0.27 m/s の一定の速度で落下している。雨滴にはたらく空気抵抗の大きさが速さ v に比例し、 kv (k は比例定数) と表されるものとして、雨滴が一定の速度で落下しているときの空気抵抗の大きさを求めよ。また、このことから k の値を求めよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

○剛体のつりあい

ここまでは、力の作用点については考えてこなかった。

… 作用点によって、力が物体を_____させるはたらきが変わる。

(例) 物体に重力と垂直抗力がはたらく場合



この分野では、大きさのある物体（剛体）の

- _____運動（物体の（重心の）位置が変わること）
- _____運動（（重心を軸として）回転すること）

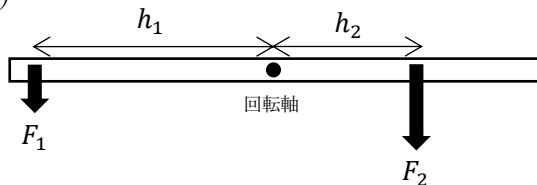
の両方を考える。

力を_____上で移動させても、物体に与える影響は変わらない

○力のモーメント

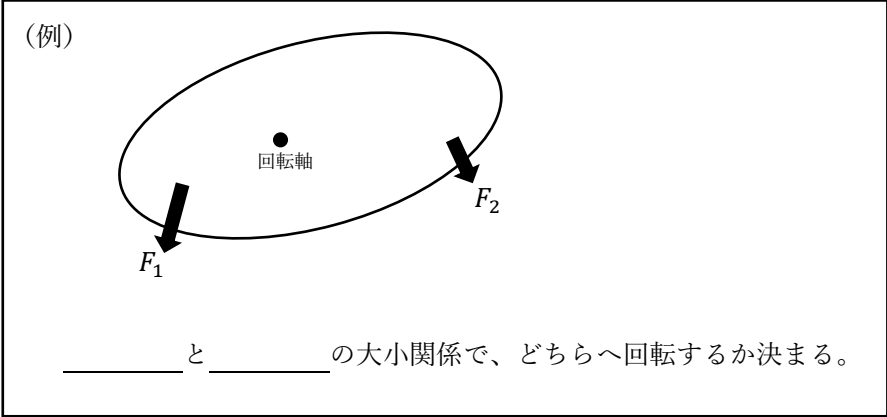
力のモーメント = （力が）物体を回転させようとするはたらきの大きさ

(例)



_____と_____の大小関係で、どちらへ回転するか決まる。

(例)

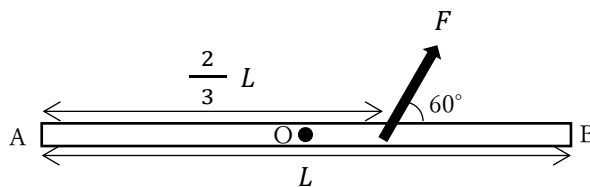


_____と_____の大小関係で、どちらへ回転するか決まる。

↓

力のモーメントは、「力の大きさ F 」と「軸から力の _____ までの長さ h (うでの長さ)」を使って _____ (単位: $\text{N}\cdot\text{m}$) と求められる。

(練習) 長さ L の棒 AB があり、棒の中点を O とする。 A から距離 $\frac{2}{3}L$ の位置に、
 図のように棒に対して 60° の向きに大きさ F の力を加えた。次の各点について、
 力 F のモーメントを、左回り (反時計回り) を正として求めよ。



(練習) 2人でバットの両端付近をそれぞれ握り、互いに逆向きに回す場合、どちらの部分を持った方が有利か答え、その理由を説明せよ。

○剛体のつりあいの条件

剛体が静止する（並進運動も回転運動もしない）には、次の条件が成り立つ必要がある。

・並進運動しないために：力の和 = _____

実際には、すべての力を2つの方向に分解し、方向ごとに力のつりあいを考える

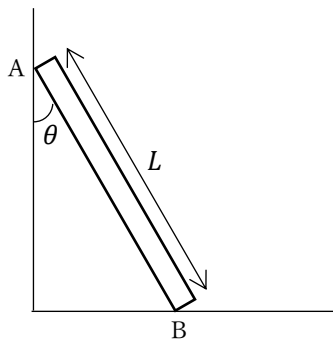
・回転運動しないために：力の _____ の和 = 0

時計回りのモーメントの和 = 反時計回りのモーメントの和と求めてもよい。

※ 力のモーメントのつりあいは、任意の点の周りで考えてよい。

… 一番多くの力がはたらいている点の周りで考えると、計算がラクになる。

(練習) 水平な床からなめらかで鉛直な壁に、質量 m で長さ L の一様な棒を、壁となす角が θ となるように立てかけた。このとき、棒と床との接点 B で棒にはたらく静止摩擦力の向きと大きさを答えよ。重力加速度の大きさを g とする。

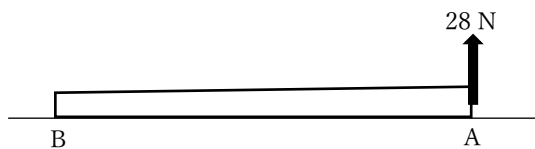


一番多くの力がはたらいっている点 _____ の周りの力のモーメントのつりあいを考えるとラク。

(練習) 上で求めた解を用いて、次の各点の周りの力のモーメントがそれぞれつりあっていることを確認せよ。

- (1) 点 A
- (2) 棒の重心
- (3) 壁からの垂直抗力と床からの垂直抗力の作用線の交点

(練習) 床の上に太さが均一でない長さ 1.4 m の木材がある。右の図のように、一端Aを鉛直に持ち上げるのに 28 N の力を必要とした。また、他端Bを鉛直に持ち上げるのに 21 N の力を必要とした。木材の質量と、Bから重心までの距離を求めよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。



重心 = 重力の作用点 (p37 で登場する)

○剛体にはたらく力の合成

・平行でない 2 力の合成

→ 2 力をそれぞれ _____ 上で移動させ、始点を一致させて合成する。

・平行な 2 力 (同じ向き) の合成

→ 次のような位置へ合成する。

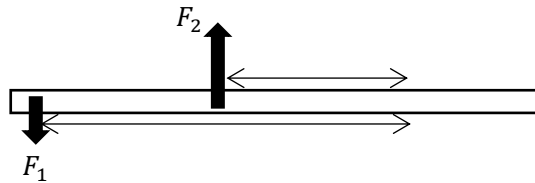
合力の大きさは、2 力の大きさの _____ となる。

:

・平行な2力（逆向き）の合成

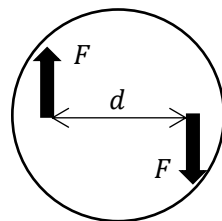
→ 次のような位置へ合成する。

合力の大きさは、2力の大きさの _____ となる。



○偶力

次のような2力は、合成することが _____



- ・大きさが等しい
- ・平行で逆向き
- ・別の作用線上

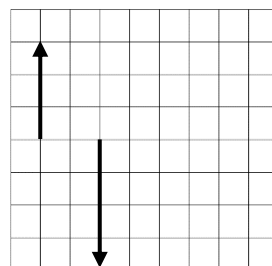
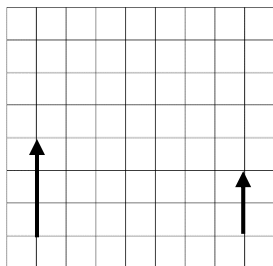
このような2力のペアは _____ と呼ばれる。

… 偶力には、剛体を _____ 運動させるはたらきはあるが、
_____ 運動させるはたらきはない。

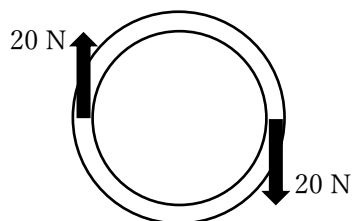
偶力のモーメント（= 2力のモーメントの和） = _____

どの点の周りでもこの値となる

(練習) 剛体にはたらく 2 力の合力をそれぞれ描け。

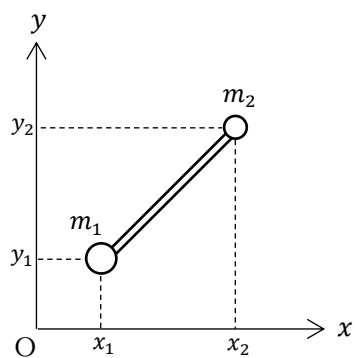


(練習) 直径 30 cm のハンドルに、次のような偶力を加える。偶力のモーメントの大きさを求めよ。



○重心

重心 = 重力の _____ の作用点



重心の位置（座標）は

• $x_G =$ _____

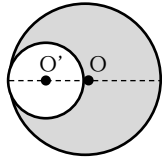
• $y_G =$ _____

のように求められる。

(練習) 一様な材質でできた O を中心とする半径 r の円板から、 O' を中心とする半径 $\frac{r}{2}$

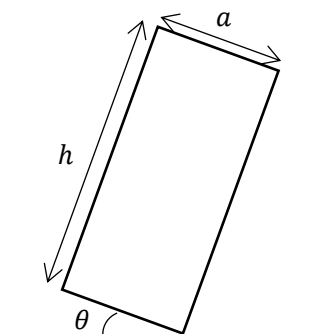
の円板を切り取った。

- (1) 切り取った円板と、円板を切り取られた残りの部分との質量の比を求めよ。
- (2) 残りの部分の重心の位置を求めよ。



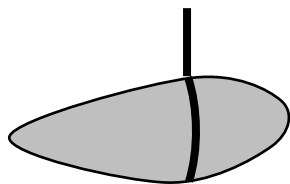
(練習) 野球のバットの重心の位置を求める方法を2つ考えよ。

(練習) 図のような一様な直方体の箱がある。図の角 θ がある値を超えると、箱は倒れる。
そのときの角 θ を、 $\tan\theta$ の値で答えよ。



(練習) 上の問題から、家具の転倒を防ぐためにどのようなことが大事だと分かるか。

(練習) 糸で人参をつるして、人参が水平になる位置を探す。このとき、次の①、②はそれぞれ正しいと言えるか。



- ① 糸でつるした位置に、人参の重心がある。
- ② 糸でつるした位置で人参を切ると、質量を2等分できる。