

Q: レポートは手書きでなくても良いですか。(Wordなど)

A: はい。どちらでもよいです。

Q: 例えば、ブランコの実験をしたとして、記録係がいた方がいいと思うのですが、2人で行って、それぞれがレポートを書くというのは可能ですか？

A: はい。よいですよ。

Q: レポートでブランコを取り上げたとしたら、やってみただけでなく、数式も書いた方がよいのですか？

A: 実験をしたら、普通はその結果を書き、その結果について考察をします。その際に数式を使った方がよいと思えば使えばよいです。また、実験内容の説明等に数式を使った方がよければ使えばよいです。必要な使えばよいということです。必要ないなら使わなくてよいです。

Q: レポートの採点基準(意識すべきこと、大切にすべきこと)はどのようなものですか？

A: 実験や観察なら、創意工夫が感じられたり、真面目に取り組んだものなら、たとえ失敗したり、うまくいなくても高得点です。なるほどと思ったり、面白いと思ったものも高得点です。汚い字で、ちよいちよいと書いてあるものは、低い点となります。

Q: 8月7日は授業か何か行いますか？

A: いいえ。7月31日の期末試験が最後です。不可の人は、特別試験がありますが日程は未定です。

Q: 角運動量保存について:軸が回転するイスに座り足を伸ばしたまま床をけてイスを回転させ、足を折りたたむと回転の速度が大きくなることと同じですか。

A: はい。同じです。今日の授業で似たような動画を見せます。実験もします。

Q: 先生が物理学が面白い！と思った瞬間はどんな時でしたか？

A: 物理学は、神様が作ったこの世界(宇宙)の謎解き(解明すること)だと思っていますが、実は、まだ根幹の大事な部分で分かっていないこと(謎)が多いです。その分かっていないこと(謎)自体が面白いというか、ロマンを感じます。

例①:この宇宙には物質ばかりで反物質が無い理由。素粒子実験で粒子と反粒子を対生成させたり、対消滅させたりできますが、粒子だけを作り出すことはできません。

例②:この宇宙には、私たちがよく知っている原子・分子の何倍もの見えない物質(ダークマター、暗黒物質)があることがわかっていますが、その正体はわかっていません。

これまでも天才達が、謎と思われていたことを解明してきましたが、そのこと自体も面白いと思っています。

Q: パラグライダーやりたいです。

A: 富山市なら、立山山麓に、立山パラグライダースクールがあります。本格的にやりたいなら入校すればよいのですが、体験や、インストラクターとのタンデム飛行(二人乗り)もできます。

これまでは質点(大きさの無視できる物体)の運動を勉強した。
広がった物体を考えると、物体を微小な部分に分割し、そのおのおのを質点と考える。



: 質点の集まり

: 外から力を加えたときに変形が無視できる硬い物体

重心の2つの重要な性質

① 重心は、質点系を構成する物体の各部分に作用する の合力が作用すると考えてよい点
(①'重心はそこで支えるとつり合う点。実演参照)

② 重心は、質点系を構成する質点に作用するすべての外力の和 F が作用している
同じ質量の質点と同じ運動をする。 $MA = F$ (M : 質点系の質量, A : 重心の加速度)

②は後で説明

2つの質点の重心

2つの質点、P(質量 m_1)とQ(質量 m_2)の重心は、線分 PQ を $m_2:m_1$ に分ける点である

例題: 質量の無視できる棒の両端 P, Q に、左の図のように
質量 m_1 と質量 m_2 の小さな玉がついている剛体を考える。
それぞれの玉に働く重力 W_1, W_2 と線分 PQ を $m_2:m_1$ にわけ
る点 G に作用する力 $F = -(m_1+m_2)g$ がつり合うことを示せ。

つり合いの第1の条件: 外力の合力が 0

$$\text{外力の合力} = F + W_1 + W_2 = -(m_1 + m_2)g + m_1g + m_2g = 0$$

つり合いの第2の条件: 外力のモーメントの和が 0

外力の点Gのまわりのモーメントは、

$$\begin{aligned} N &= W_1 L_1 - W_2 L_2 \\ &= m_1 g L_1 - m_2 g L_2 \\ &= (m_1 L_1 - m_2 L_2) g \end{aligned}$$

F の作用線は
G を通るので
 $N = 0$

$$L_1 : L_2 = m_2 : m_1 \text{ より } L_1 m_1 = L_2 m_2$$

よって、 $N = 0$ であり第2の条件を満たす。

剛体のつり合いの2つの条件を満たすので W_1, W_2, F はつり合っている

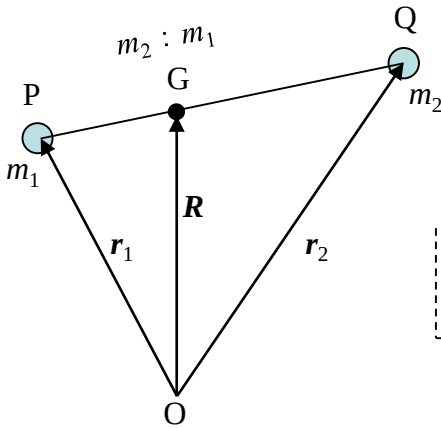
(剛体のつり合いは8.2節で勉強します)

剛体の各部分に作用する重力の合力($W_1 + W_2$)と点Gに作用する力 F がつり合うということは、
剛体を点Gで力 F で支えるとつり合うということである。
よって、重心の性質①'よりGが剛体の重心である。

(剛体の各部分に作用する重力の合力($W_1 + W_2$)が点Gに作用していると考えてもよい。重心の性質①)

重心 G の位置ベクトル R

質量 m_1 の球の中心の位置を $r_1 = (x_1, y_1, z_1)$, 質量 m_2 の球の中心の位置を $r_2 = (x_2, y_2, z_2)$ とすると
2つの球の重心 $R = (X, Y, Z)$ の位置は



$$R = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_1 + m_2}$$

公式のイメージ
それぞれの質点の質量で
重みをつけた位置ベクトルの平均

$$X = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \quad Y = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2} \quad Z = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2}{m_1 + m_2}$$

問題: $\vec{PG}$ と $\vec{GQ}$ の比を求めよ。(○:○か?, 左上の図がヒント)

$\vec{PG} =$

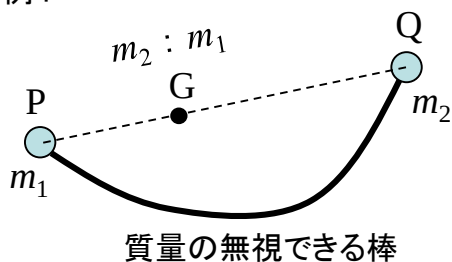
$\vec{GQ} =$

よって $PG:GQ = m_2:m_1$ (G は線分 PQ を $m_2:m_1$ に分ける点になっている。)

練習問題: 質量 2 kg の小さな球 A と質量 4 kg の小さな球 B を質量の無視できる軽い棒で結合した剛体がある。球 A の位置ベクトルを $r_A = (4, 8, 0)$ 、球 B の位置ベクトルを $r_B = (1, -4, 3)$ としたとき、剛体の重心 G の位置ベクトル R を求めよ。

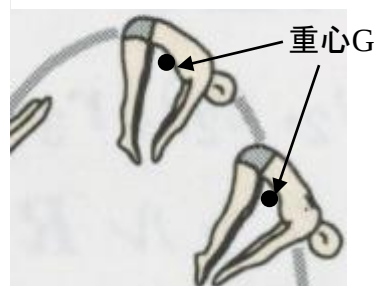
重心は、物体の外部にあってもかまわない

例1



問題: m_1 と m_2 , どちらが大きい。図より判断せよ。

例2



3つ以上の質点の重心，剛体の重心

(剛体も小さな部分に分割すると、質点の集合と考えることができる)

重心Gの位置ベクトル:

$$\mathbf{R} = \frac{m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2 + m_3 \mathbf{r}_3 + \dots}{M} \quad (M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots)$$

$\mathbf{R} = (X, Y, Z)$ とすると、

公式のイメージ
それぞれの質点の質量(の割合)で
重みをつけた位置ベクトルの平均

$$X = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots}{M}$$

$$Y = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + \dots}{M}$$

$$Z = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2 + m_3 z_3 + \dots}{M}$$

対称な図形の(形をした薄い板の)重心: 中心

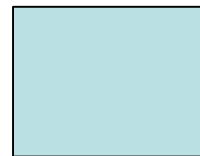
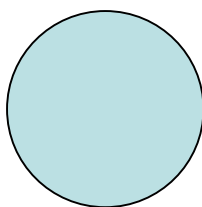
問題: 重心はどこか?

円板(円)

正方形・長方形

重心: そこで支えたと
つり合う点

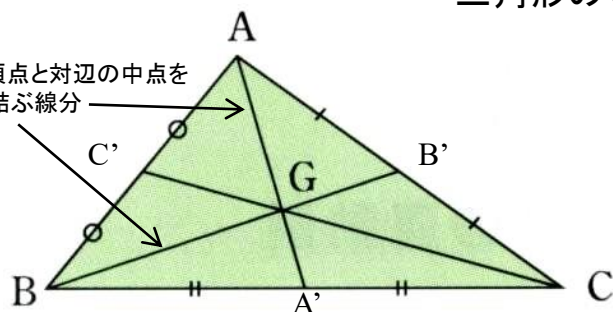
(重心の性質①')



[実験] 厚紙の三角形で確かめてみる

三角形の(板の)重心

中線: 頂点と対辺の中点を
結ぶ線分

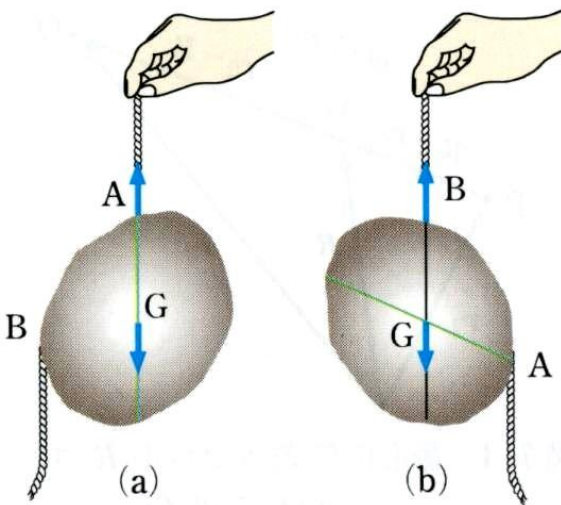


3本の中線は1点で交わる。この交点が重心

豆知識

6つの三角形($\triangle AGC'$, $\triangle AGB'$, ...)の面積: すべて等しい
 $AG:GA' = BG:GB' = CG:GC' = 2:1$

重心の求め方



重心の性質

- ①剛体の各部分に作用する重力の合力が重心に作用すると考えてよい

左の図のような方法で、どんな形の剛体でも重心を求めることができる。

ひもの張力と重力の作用線が同一なので力のモーメントが0となり、つり合っている。

← P83 図7.1

(実演)この方法で三角形の重心を求める

重心はひもの張力の作用線上
(ひもを含む直線上)にある。
もし、張力の作用線上に
重心がないと回転する。
(a)(b)の作用線の交点が重心

質点系の重心の運動方程式 p85

内力: 質点系内の他の質点からの力

$F_{i \leftarrow j}$: i 番目の質点に j 番目の質点が作用する力(内力)
作用・反作用の法則より、 $F_{i \leftarrow j} = -F_{j \leftarrow i}$

外力: 質点系外からの力

F_i : i 番目の質点に作用する外力

質点1と質点2からなる質点系の場合

運動方程式: $m_1 \frac{d^2 \mathbf{r}_1}{dt^2} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_{1 \leftarrow 2},$

$m_2 \frac{d^2 \mathbf{r}_2}{dt^2} = \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_{2 \leftarrow 1}$

上の2式の和をとると $m_1 \frac{d^2 \mathbf{r}_1}{dt^2} + m_2 \frac{d^2 \mathbf{r}_2}{dt^2} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_{1 \leftarrow 2} + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_{2 \leftarrow 1}$

$\frac{d^2}{dt^2} (m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2) = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$

$M \frac{d^2}{dt^2} \frac{m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2}{M} = \mathbf{F}$

M は質点系の質量、 $\mathbf{F}$ は質点系に作用する外力
(個々の質点に働く外力の和)

$M \frac{d^2 \mathbf{R}}{dt^2} = \mathbf{F}$ (質点系の重心の運動方程式)

重心の性質②

$\frac{d^2 \mathbf{R}}{dt^2}$ は重心の加速度 $\mathbf{A}$

$M\mathbf{A} = \mathbf{F}$

質点系の重心は質量 M の質点が外力 $\mathbf{F}$ の作用を受けている場合と同一の運動を行う。

(同じ形の運動方程式)

どちらも加速度は $\mathbf{F}/M$

初期条件 x_0, v_0 が同じなら、同じ運動

以下の3つの問題は基本的に同じものですが、その方法は様々です。
今日は問題を出すだけです、どうやればよいか考えてみて下さい。

①回転板の問題

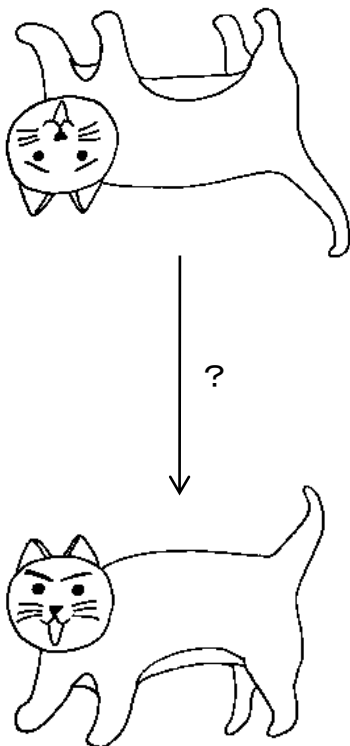
理想的な回転板(摩擦がなく、スムーズに回転する回転板)の上で静止している人が
反対を向いて静止したい。どうすればよいか。

②無重力空間の問題

無重力空間に宇宙飛行士が静止している。反対をむいて静止するにはどうすればよいか。

③猫ひねり

猫は逆さにして静止した状態から落としても、うまく足から着地します。
どうやっているのでしょうか。



動画参照

You Tube等の動画投稿サイトで
「猫ひねり、Cat Flip , Falling Cat」等で検索すると
いろいろあるので、興味のあるひとは
見てみて下さい。