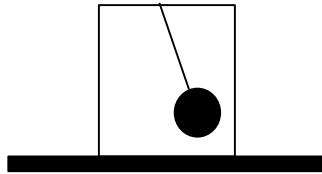
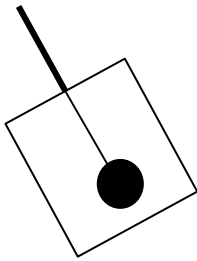


Q: ニュートンのゆりかごは勝手に止まることはありますか？

A: 空気抵抗や、跳ね返り係数が1でないために、振幅は少しずつ小さくなります。

Q: ニュートンのゆりかごを運ぶときに、つり下げてやると、カチカチならないのはなぜか。

A: つり下げると、横方向に力が加わらないからです。カートに載せて運んだりすると、横方向にも力が加わります。例えば、水平に(左に)加速する場合、下の図のようになります。



Q: (ニュートンのゆりかごは)アメリカンクラッカーともいいますよね。

A: 一般的には、右の写真のようなおもちゃを指すようですが、ニュートンのゆりかごをさす場合もあるようです。
ニュートンのゆりかごの別名としては、衝突球、カチカチ玉等があります。

Q: 湿度が多いとき、シャープペンで書いた字がいつもより薄くなります。紙の凹凸に水分子がくっついて
いるからでしょうか。

A: 確かに指摘のように、芯が原因でなく紙に原因があるようです。鉛筆やシャープペンで紙に字を書くことは、紙の繊維でできたサンペーパーで芯を削っているイメージでよいですが、湿度が高いときは、繊維が柔らかくなって、あまり削れなくなるようです。湿度が高いと紙がふにやふにやしてますよね。

Q: ベクトルで考えなければならない問題のイメージが付きません。

A: 角運動量や力のモーメントは回転のイメージでよいですが、その回転の軸が違うものを同時に扱うときは、ベクトルでやらないといけません。角運動量も力のモーメントも本来はベクトルです。力もベクトルですが、ばねの問題のように一次元の方向しか考えていない場合は、単なる数値としての扱いでよいのと同じです。

Q: 季節によって空の色が違うのはなぜですか？

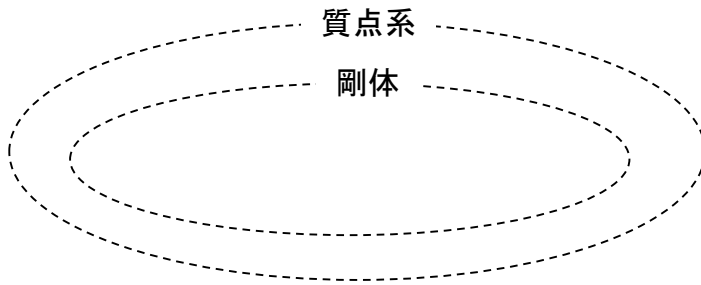
A: 春は白っぽく秋は青いですよね。秋の青い空が、空の本来の色ですが、大気中に塵やほこりがあると、光を乱反射するので白っぽくなります。大気中の塵やほこりは、上昇気流で上空に運ばれますが、上昇気流は春が一番強いのです。上昇気流は地面と上空の温度差が関係しますが、春の上空の大気はまだ冷たいのに加え、夏至は6月なので春の日差しは夏と同程度に強いからです。黄砂も春ですよ。

Q: +1点の企画、もっとやってほしいです。

A: 適切な問題(良問で、適度に難しい)があれば、またやりますが、あまりないんですよ。

質点系: 質点の集まり(質点間の距離が変化してもよい)

剛体: 外から力が加えられたときに変形が無視できる硬い物体(質点間の相対位置が不変)



剛体は質点系の部分集合である

↓
第7章で学んだ質点系の運動法則は
すべての質点系に適用できるので
当然、剛体にも適用できる。

剛体の重心運動の法則

質点の場合

$$ma = F$$

$$m \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = F$$

剛体の重心の位置ベクトル

$$M \frac{d^2 \mathbf{R}}{dt^2} = F \quad (MA = F)$$

剛体の質量

剛体に働く外力のベクトル和

(剛体→質点系と読み代えれば、第7章と同じ)

剛体の回転運動の法則

$$L = L_G + L', \quad N = N_G + N'$$

Oのまわりの
剛体の角運動量

$$\frac{dL}{dt} = N$$

Oのまわりの
外力のモーメント

剛体の全質量が重心に
集まっていると考えたときの
重心運動のOのまわりの角運動量

$$\frac{dL_G}{dt} = N_G$$

外力が重心に
作用するとしたときの
外力のモーメント

剛体の重心Gの
まわりの角運動量

$$\frac{dL'}{dt} = N'$$

(質点系, 7章と同じ)

剛体の重心Gのまわりの
外力のモーメント

(剛体→質点系と読み代えれば、第7章と同じ)

いくつかの力 $F_1, F_2, \dots$ が作用している剛体が静止しつづけているとき
これらの力はつり合っているという。

剛体が静止しつづける条件(つり合いの条件)

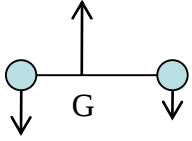
(条件1) 剛体に作用する外力の合力は 0

$$(条件1) \quad F = F_1 + F_2 + \dots = 0$$

(条件2) 任意の1つの点のまわりの外力のモーメントの和 N は0

$$(条件2) \quad N = N_1 + N_2 + \dots = 0$$

第7章
すでに説明しました



条件1が満たされれば、剛体の重心は、静止していれば静止しつづける。運動していれば等速直線運動をつづける。

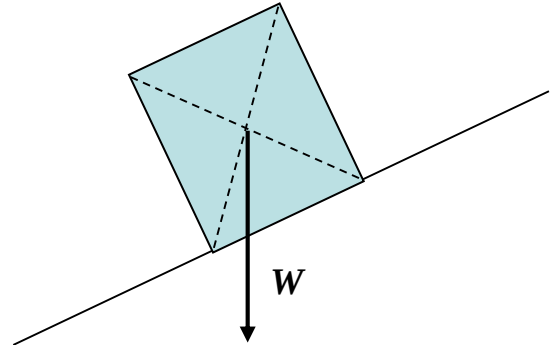
条件2が満たされれば、剛体は、回転していなければ、回転をはじめない。

問題: 斜面の上に角柱(直方体)が静止している。

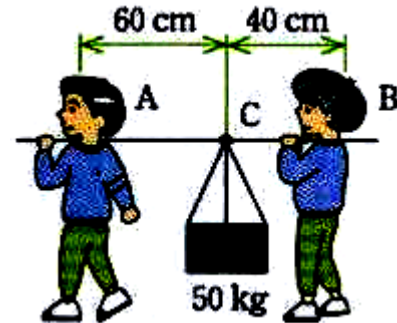
図には角柱に働く重力 W のみが書き込まれているが

角柱に働く垂直抗力 N と(静止)摩擦力 F を図に書き込め。

ヒント: 角柱は剛体で作用している3つの力はつり合っている。



問題: 右図のように、質量 50 kg の物体を水平な軽い棒で2人の人間が
支えている。2人の肩が支える力の大きさ F_A, F_B を求めよ。



日頃の経験より
絵を見て(計算せずに)どちらが
たいへんかわかりますか？

例題1 (p95) : 右図のように長さ $L = 4 \text{ m}$ のはしごが壁に立てかけてある。壁とはしごの上端の摩擦は無視でき、床とはしごの静止摩擦係数を $\mu = 0.40$ とする。はしごの質量は 20 kg で重心 G は、はしごの中央にある。はしごと床の角度が 60° のとき、このはしごを体重 60 kg の人が上りはじめた。この人ははしごの上端まで到達できるか？

[実験] 棒を使って実際に実験してみる。

人間がはしごの下端から距離 x のところにいるとする。 $L \sin 60^\circ$

(1) 剛体のつり合いの第1の条件を水平成分と垂直成分に分けて式を2つ立てよ。図中の記号は用いてよい。

水平成分の式(右向き正)

垂直成分の式(上向き正)

①

②

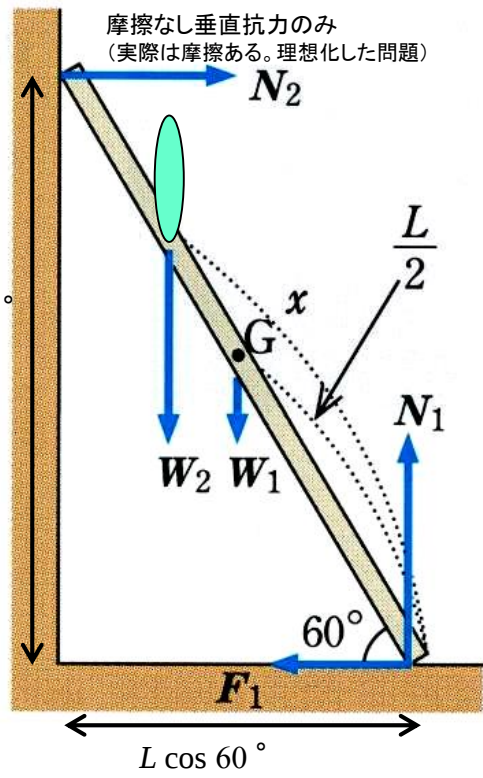
(2) はしごの下端のまわりの力のモーメントの和が0という条件から得られる式をかけ。(第2の条件式) (どの点のまわりでも $N = 0$)

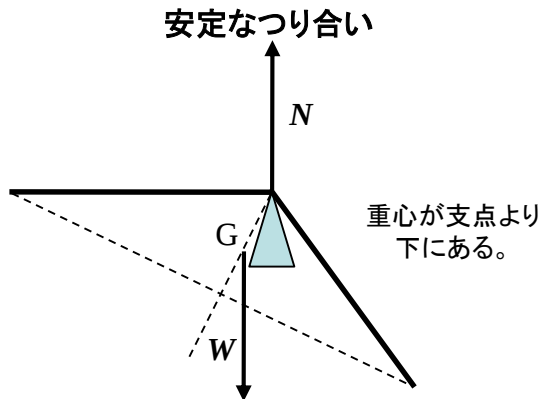
③

(3) なら、はしごは倒れない。続きをやってみよ。

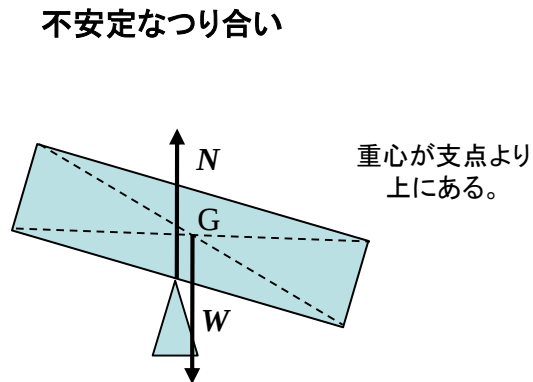
重力加速度 g は答えには無関係であるが、 10 m/s^2 とする。

記号の整理に使うて下さい: 力の大きさ5個 W_1, W_2, N_1, F_1, N_2 , 人の位置 x , はしごの長さ L



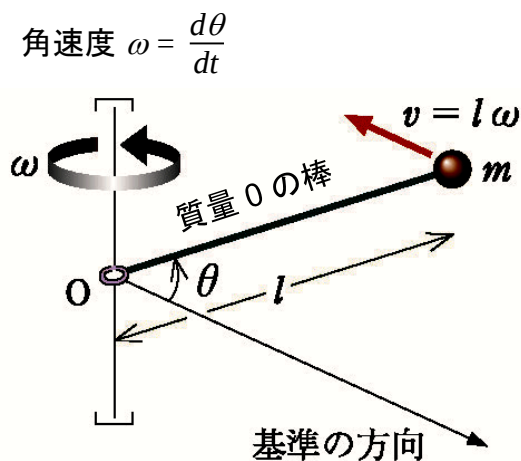


つり合いの状態から少しずらした時に
復元力が働く場合
(力のモーメントはずれを戻す向き)
例: やじろべえ(実演参照)
重心が支点の下にある



つり合いの状態から少しずらした時に
復元力が働かない場合
力のモーメントはずれを拡大する向き
例: 教科書(実演参照)
重心が支点の上にある

8.2 固定軸のまわりの剛体の回転運動と慣性モーメント p96



$$\text{角運動量 } L = p d = m v l = m l^2 \omega$$

$$L = m l^2 \omega$$

$$L = I \omega \text{ とおくと } I = m l^2$$

直線運動
 $p = m v$

I を回転軸のまわりの という

慣性モーメント I は、直線運動における質量 m に対応する。
角速度 ω は直線運動における速度 v に対応する。
 I : 回転しにくさ、 m : 動きにくさ

$$\text{運動エネルギー } K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m l^2 \omega^2$$

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2$$

直線運動

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

ニュートンのゆりかご②



実験：(2つの球で)両方の球を引き上げて手を離してみる。

問題：振幅が半分になるまでに約250回衝突した。
(衝突速度は振幅に比例 ← 振り子の等時性)
はね返り係数 e を見積もれ。

実験(前回出した問題の確認)：(5つの球で)2個の球を引き上げて手を離してみる。

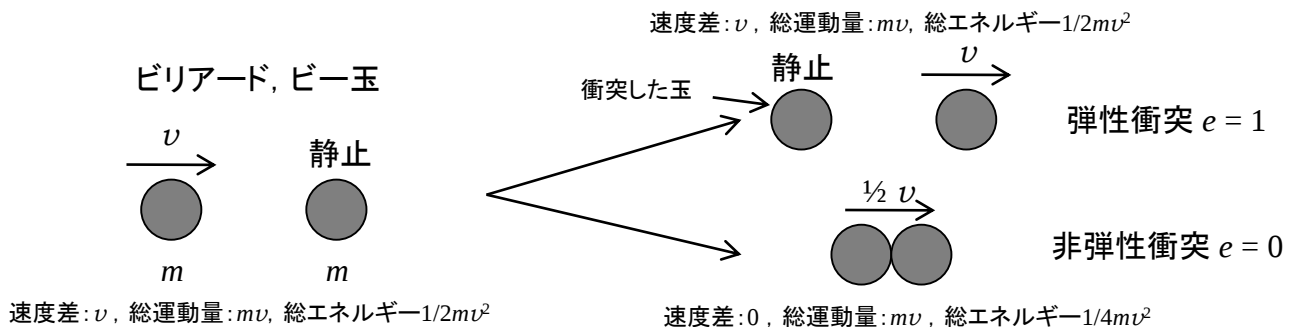
問題：なぜ反対側の2個の玉が同じ速度で飛び出すのか？

弾性衝突だと考えて検討せよ。説明できる人いますか？

(2つ分の玉の質量の1つの物体を同じ速度で衝突させるとこのような結果にならない。)

	弾性衝突	非弾性衝突
力学的エネルギー	保存する	保存しない
運動量	保存する	保存する
はね返り係数 e	1	1 未満

注) 床や壁で跳ね返る場合
ボールだけで考えると
運動量は保存しない。
床や壁(地球)を含めて
考えると保存する。



問題：速さ v で金属球の9倍の金槌でたたくとどうなる？(超難問)

1個 2個 3個 4個 5個(全部) 飛び出す

どんなふうに、どんな速さで？