

力学について

2005年5月9~23日(月)3時限 203教室

担当:野々瀬真司(理科館333号室 内線2218)

1. 力のはたらき

力とは何か

力は物体の速度を変化させる原因となる

力の種類

弾性力 張力 重力 摩擦力 電気力 磁気力

近接力と遠隔力

力の単位 ニュートン(N) 1kg重=9.8N

力のベクトル

矢印の長さがベクトルの大きさに比例する

力の三要素

力の大きさ 力の向き 作用点

力の合成と分解

合力

$$\text{分力} \begin{cases} F_x = F \cos \theta \\ F_y = F \sin \theta \end{cases}$$

力のつり合い

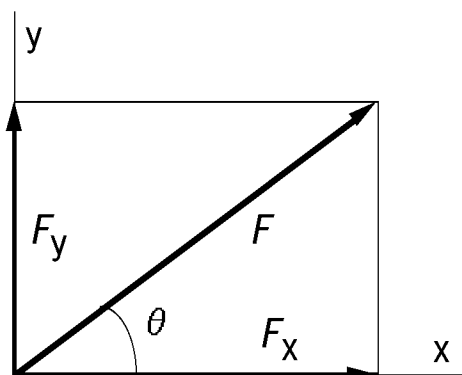
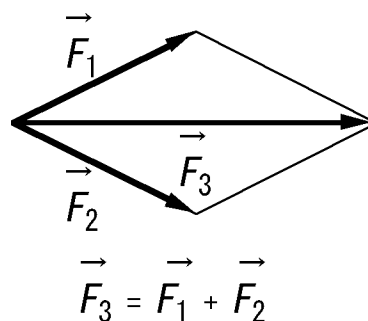
作用と反作用

作用と反作用の2力は

同一直線上にあり、

大きさが等しく、

互いに逆向きである。



いろいろな力

重力 $F = mg$

弾性力 フックの法則 $F = kx$ (k はバネ定数)

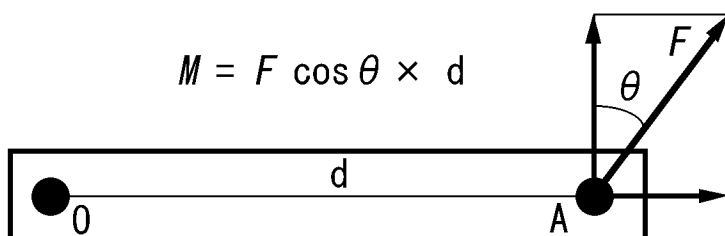
摩擦力 $F = \mu N$ (μ は静止摩擦係数)

圧力 $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$

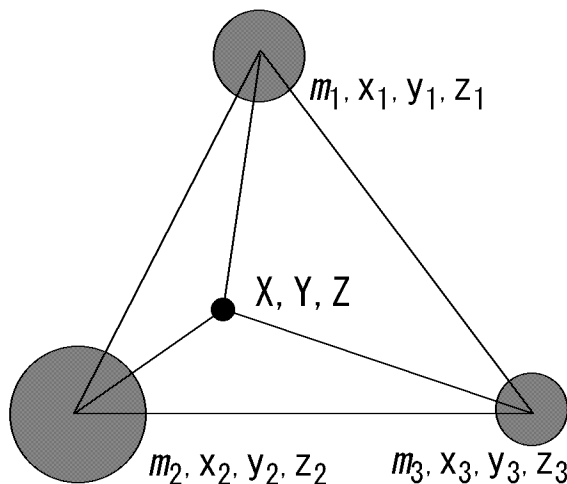
$1\text{hPa} = 100\text{Pa}$

$1\text{気圧} = 1013\text{hPa}$

力のモーメント = (力) × (回転軸から力の作用線までの距離)



重心 $\begin{cases} X = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3} \\ Y = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{m_1 + m_2 + m_3} \\ Z = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2 + m_3 z_3}{m_1 + m_2 + m_3} \end{cases}$



2. 物体の運動

変位 x 変位ベクトル \vec{r}

平均の速さ $v = \frac{x}{t}$

速さの単位 $1(\text{m/s}) = 3.6(\text{km/h})$

瞬間の速さ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

速度 $v = \frac{dx}{dt}$

速度の合成と分解 $\begin{cases} v_x = v \cos \theta \\ v_y = v \sin \theta \end{cases}$

相対速度 $v_{BA} = v_A - v_B$

加速度 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

電車の加速・減速

3. 力と運動

慣性の法則

運動方程式 $F = ma$

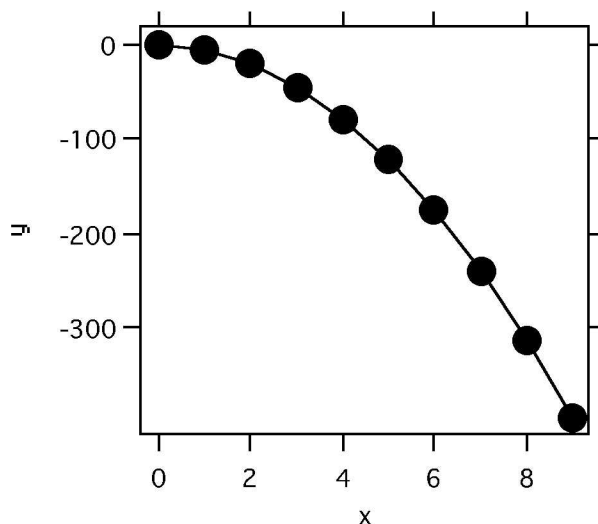
バネ秤と台車

自由落下運動 $F = mg$

放物運動

速度 $\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases}$

位置 $\begin{cases} x = \int v_x dt = gt \\ y = \int v_y dt = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$



4. 運動量保存の法則

$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$

幼児と大人が衝突

人と車が衝突

5. 力学エネルギー

仕事 $W = F \cdot S$

運動エネルギー $K = \frac{1}{2}mv^2$

位置エネルギー

重力 $U = mgh$

バネ $U = \frac{1}{2}kx^2$

力学エネルギー保存の法則 $E = U + K$

ジェットコースター 振り子
ブランコ

6. 円運動

角速度 $\omega = \frac{\theta}{t}$

ラジアン $180^\circ = \pi(\text{rad})$

等速円運動 $v = r\omega$

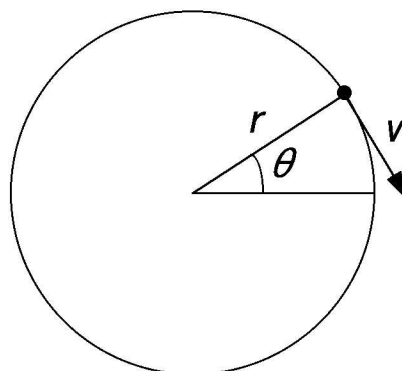
遠心力 $F = mr\omega^2 = m\frac{v^2}{r}$

メリーゴーランド

角運動量保存の法則 $l = mvr$

フィギアスケートのスピン
手を外へ伸ばす 身体を内側へ傾ける
重りを手にして回って御覧なさい

万有引力の法則

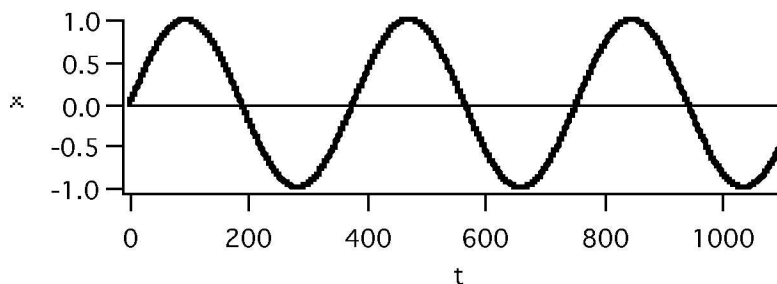
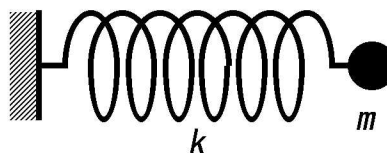


7. 単振動

$$\begin{cases} x = A\sin\omega t \\ v = A\cos\omega t \\ a = -A\sin\omega t = -\omega x^2 \end{cases}$$

バネ振り子の周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

固有振動数 共鳴
地震で建物の被害



演習

1. 力と運動

高さ 1000mのところを 200m/s の速度で水平に飛んでいる飛行機から A 点の真上で物体を静かに投下した。物体が落下する時間、A 点と落下点との距離、および地面に落下する直前の物体の速さを求めよ。

2. 運動量保存の法則

質量 10 トンの貨車が 30 km/h で走ってきて、前方に静止していた質量 20 トンの貨車に衝突し、連結した。連結直後の貨車の速度はいくらか。ただし、静止していた貨車にブレーキはかかっていなかったものとする。

3. 力学エネルギー

バネ定数 k (N/m) のバネの上端を固定し、下端に質量 m のおもりをつけて鉛直に吊す。この後、バネが自然長になるまでおもりを持ち上げて離れたところ、上下に振動した。

- (1) おもりがつりあいの位置を通るときの速さ v (m/s) を求めよ。
- (2) おもりが最下点にきたときのバネの伸び x (m) を求めよ。

演習 つづき

4. 円運動

長さ l の糸におもりをつけて振り子を作る。糸を鉛直方向と角 θ をなすように傾けて、ある大きさの初速度を加えると、おもりは水平面内で等速円運動をし、糸と鉛直線とのなす角は θ のままであった。おもりの角速度はいくらか。

5. 単振動

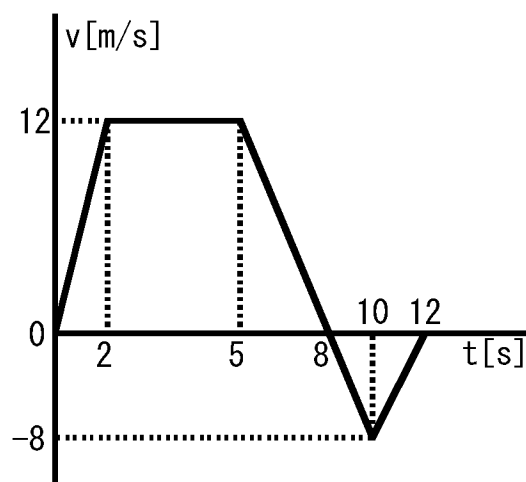
バネにおもりを吊したら、バネは 4.9 cm 伸びてつり合った。この状態からおもりを上下に振動させたときの振動数はいくらか。

練習問題

1. 力と運動

直線上を運動する物体の速度 v と、出発してからの時間 t との関係は右図のようであった。次の各問に答えよ。

- (1) 加速度 a と時間との関係をグラフに示せ。
- (2) 12 s 後の出発点からの距離はいくらか。
- (3) 出発点から最も遠く離れるのは何 s 後か。
- (4) 12 s 間に動いた全体の道のりはいくらか。



2. 力学エネルギー

糸をつけた質量 2.0 kg の物体を、速さ 1.0 m/s で、 10 m 鉛直方向に引き上げた。このことについて、次の問に答えよ。

- (1) 糸を引く力がする仕事を求めよ。
- (2) 重力のする仕事を求めよ。
- (3) 糸を引く力の仕事率を求めよ。

※ 解答を知りたい者は後日野々瀬（理科館 333 号室）まで来て下さい。