

授業予定(変更されたシラバス)

- ①力の合成・分解の実験的理解
- ②ベクトルの基礎事項と力
- ③基本的な力:有効重力, バネの力, 摩擦力 (小)
- ④力の合成・分解, 力のつり合い (小)
- ⑤ベクトルと力の総合演習 (小)
- ⑥微分の基礎事項と速度・加速度の定義
- ⑦積分の基礎事項と位置・速度・加速度の関係 (小)
- ⑧微分積分と位置・速度・加速度の総合演習 (+確認試験1)
- ⑨平面運動の位置・速度・加速度とベクトル・微分積分
- ⑩力学の3つの基本法則1 : 導入 (小)
- ⑪力学の3つの基本法則2 : 問題演習 (小)
- ⑫放物運動1 : 運動方程式を解く (小)
- ⑬放物運動2: 問題演習1 (小)
- ⑭力学の3つの基本法則・放物運動の総合演習 (+確認試験2)
- ⑮まとめ
- ⑯期末試験

力学1 ≪ 学習到達目標 ≫

- 1) 力の合成・分解をベクトルを使って説明できる。
- 2) 基本的な力の法則(重力, ばねの力, 摩擦力)の法則を説明できる。
- 3) 速度, 加速度の定義を説明できる。
- 4) 力学の3つの基本法則を説明できる。
- 5) 放物運動の運動方程式を解き, その運動を説明できる。

第3回目 基本的な力の法則～有効重力, バネの力, 摩擦力

今日の授業の目的

力は, 第1回目の実験で確認した性質(合力や分力は平行四辺形の法則に従う)を持つ。この力の性質を正確に理解するには, 数学のベクトルを利用するのが最も都合がよいことを確認した(前回の授業)。

そこで今回の授業の目的は, 代表的な力の向き, 大きさ(強さ), 作用点を決める法則を理解し, (経験に基づいて)覚えることである。

◇ いろいろな力

① 重力 $F = mg$

$g = 9.8 [\text{m/s}^2]$ ← 覚える
: 重力加速度の大きさ

向きは, 鉛直下向き
作用点は, 重心

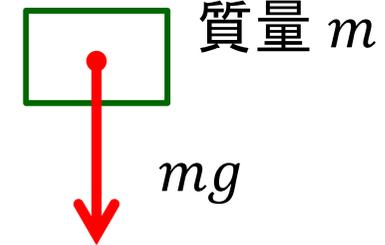
② 万有引力 $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

$G = 6.674 \times 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2]$ ←
: 万有引力定数 覚えなくてよい

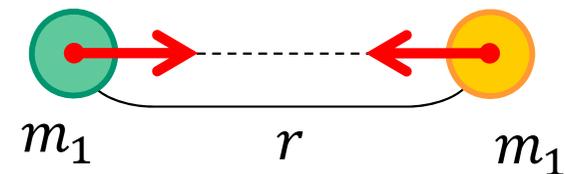
向きは, 互いに引き合う向き(引力)
作用点は, 重心

(テキスト p.6~7)

① 重力



② 万有引力



③張力 T

大きさは、つり合いなどで決める
向きは、糸に平行
作用点は、接合点

④抗力

大きさは、つり合いなどで決める

・垂直抗力 N

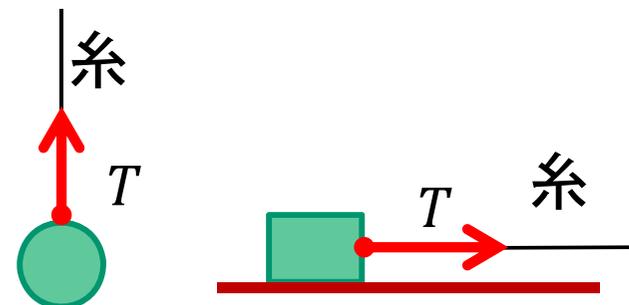
向きは、面に垂直
作用点は、接触面

・摩擦力 f

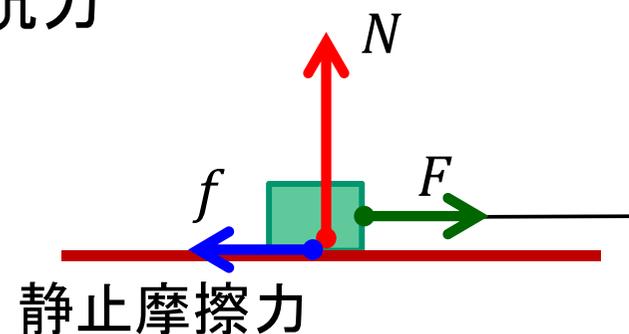
向きは、面に平行
作用点は、接触面

(テキスト p.6~7)

③張力



④抗力



静止摩擦力 $f \leq f_{\max}$

f_{\max} : 最大静止摩擦力 $f_{\max} = \mu N$ μ : 静止摩擦係数

動摩擦力 $f' = \mu' N$ μ' : 動摩擦係数

⑤ばねの弾性力 ばねの伸び x

$$F = -kx$$

:フックの法則

※これは成分の式である
($F_x = -kx$)

k :ばね定数 単位[N/m]

向きは, 自然長に戻る向き

作用点は, 接合点

①重力

③張力

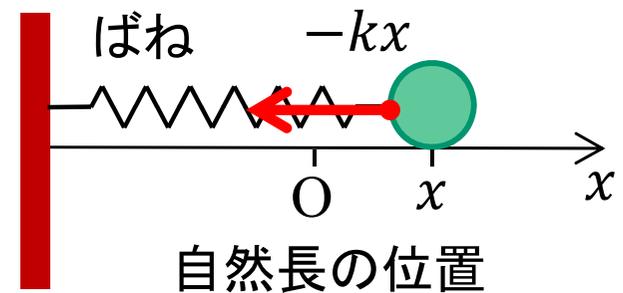
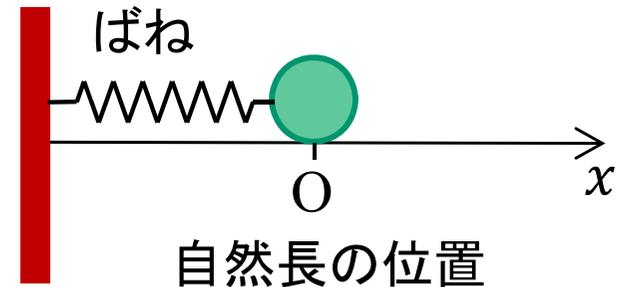
④抗力(垂直抗力, 摩擦力)

⑤ばねの弾性力

は**必須項目**

(テキスト p.6~7)

⑤ばねの弾性力



◇ 演習1 ⑤ばねの弾性力について

(テキスト p.6~7)

- (1)テキストp.7の図に対して、**バネが縮んだ状態**の図を描き、ばねの弾性力 \vec{F} のベクトル(矢印)を描き込め。(テキストの図は、ばねが伸びた状態の図である。)さらに、ばねが伸びた状態と縮んだ状態で、ばねの力 \vec{F} の向きがどう変わるかを、フックの法則 $F_x = -kx$ の符号と関係させて説明せよ。
- (2)問い(1)で描いた図で、ばね定数を $k = 3.0$ [N/m]とし、物体が自然長の位置より15[cm]縮んだ位置に静止している。物体に働くばねの弾性力の大きさはいくらか。

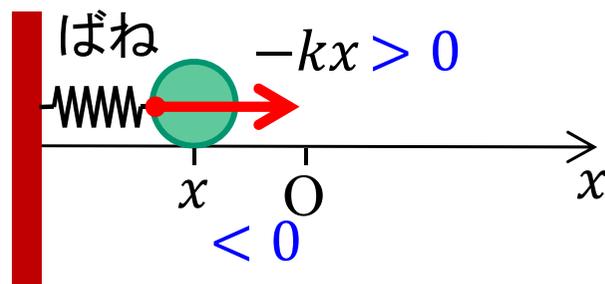
過分

◇ 演習1 ⑤ばねの弾性力について

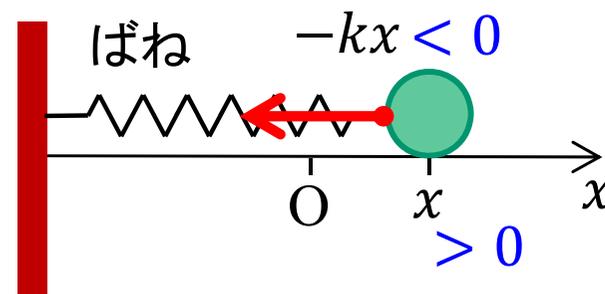
(テキスト p.6~7)

(1)テキストp.7の図に対して, バネが縮んだ状態の図を描き, ばねの弾性力 \vec{F} のベクトル(矢印)を描き込め。(テキストの図は, ばねが伸びた状態の図である。)さらに, ばねが伸びた状態と縮んだ状態で, ばねの力 \vec{F} の向きがどう変わるかを, フックの法則 $F_x = -kx$ の符号と関係させて説明せよ。

力はばねが伸びる向き



力はばねが縮む向き



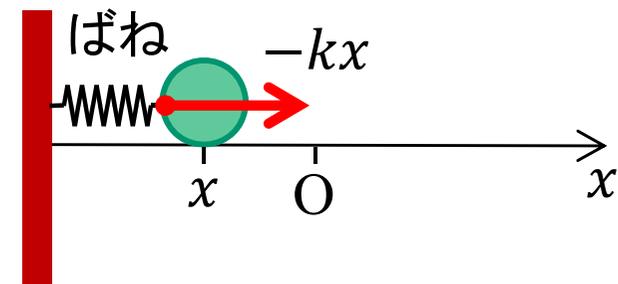
◇ 演習1 ⑤ばねの弾性力について

(テキスト p.6~7)

(2) 問い(1)で描いた図で、ばね定数を $k = 3.0 [\text{N/m}]$ とし、物体が自然長の位置より $15 [\text{cm}]$ 縮んだ位置に静止している物体に働くばねの弾性力の大きさはいくらか。

(2) 弾性力の大きさ

$$\begin{aligned} F &= |F_x| = |kx| \\ &= |3.0 [\text{N/m}] \times (-0.15 [\text{m}])| \\ &= 0.45 [\text{N}] \end{aligned}$$



◇ 演習1 ⑤ばねの弾性力について

(テキスト p.6~7)

(3)ばね定数が 80 [N/m] のばねを 2.0 [N] の力を加えて引っ張るとき, ばねは何 [m] 伸びるか。

(4)あるばねに 60.0 [N] の力を加えて引っ張ると, ばねは 0.050 [m] 伸びた。このばねのばね定数はいくらか。

通分

◇ 演習1 ⑤ばねの弾性力について

(テキスト p.6~7)

(3)ばね定数が80[N/m]のばねを2.0[N]の力を加えて引っ張るとき、ばねは何[m]伸びるか。

(4)あるばねに60.0[N]の力を加えて引っ張ると、ばねは0.050[m]伸びた。このばねのばね定数はいくらか。

$F = k|x|$ より

(3) ばねの伸び

$$|x| = \frac{F}{k} = \frac{2.0 \text{ [N]}}{80 \text{ [N/m]}} = 0.025 \text{ [m]}$$

(4) ばね定数

$$k = \frac{F}{|x|} = \frac{60.0 \text{ [N]}}{0.050 \text{ [m]}} = 1200 \text{ [N/m]}$$

◇ 演習2

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

追加:(1)重力の向き (2)垂直抗力の向き (3)摩擦力の向き
(4)糸の張力を徐々に強くする。何[N]より大きくなると動き始めるか。

通分

◇ 演習2

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

追加:(1)重力の向き (2)垂直抗力の向き

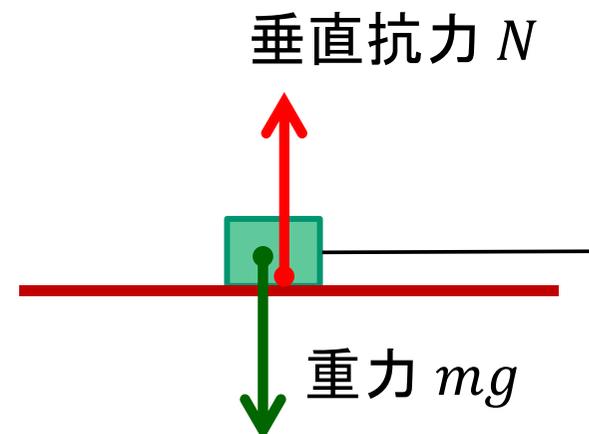
(1) 重力の大きさ

$$\begin{aligned} f_{\text{重}} &= mg = 10[\text{kg}] \times 9.8[\text{m/s}^2] \\ &= 98[\text{N}] \quad \text{向き:鉛直下向き} \end{aligned}$$

(2) 垂直抗力の大きさ

鉛直方向の力のつり合いより

$$\begin{aligned} N - mg &= 0 \quad \therefore N = mg = 98[\text{N}] \\ \text{向き:鉛直上向き} \end{aligned}$$



◇ 演習2

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

追加:(3)摩擦力の向き (4)糸の張力を徐々に強くする。何[N]より大きくなると動き始めるか。

(3) 摩擦力の大きさ

最大静止摩擦力は

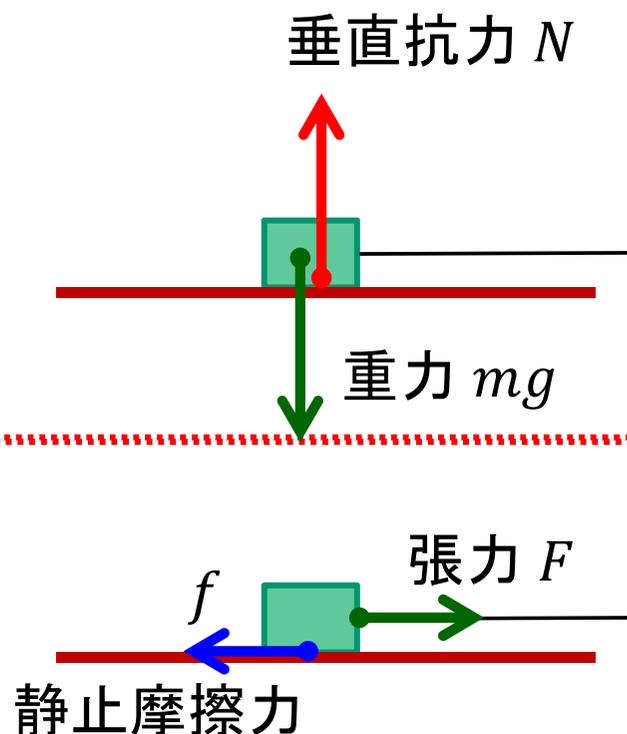
$$f_{\max} = \mu N = 0.50 \times 98[\text{N}] \\ = 49[\text{N}]$$

張力は10[N]なので、静止したままで、摩擦力は静止摩擦力。その大きさは、水平方向の力のつり合いより

$$F - f = 0 \quad \therefore f = F = 10[\text{N}]$$

向き: 水平左向き

(4) 最大静止摩擦力 49[N] より大きな張力で引くと動き始める。



◇ 演習2

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

追加：面の動摩擦係数を0.45とする。

(5) 問い(4)の値より大きい張力で引くとき、物体に働く動摩擦力の大きさはいくらか。その向きも答えよ。

(6) 問い(5)の後、糸で引くのを止め、そのまま物体を右方向に滑らせた。滑っている物体に働く動摩擦力の大きさはいくらか。その向きも答えよ。

通分

◇ 演習2

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1 に取り組む。作図もすること。追加の問いも加えて答えよ。

追加：面の動摩擦係数を0.45とする。

- (5) (4)の値より大きい張力。動摩擦力の大きさと向き。
(6) 糸で引くのを止め、右方向に滑らせた。滑っている物体に働く動摩擦力の大きさと向き。

(5) 動摩擦力の大きさ

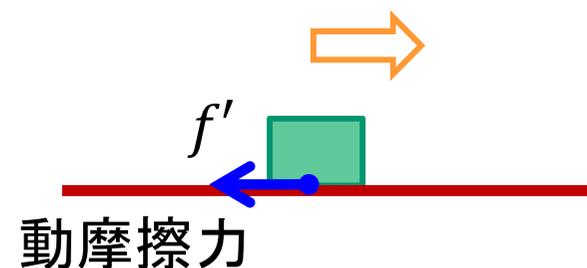
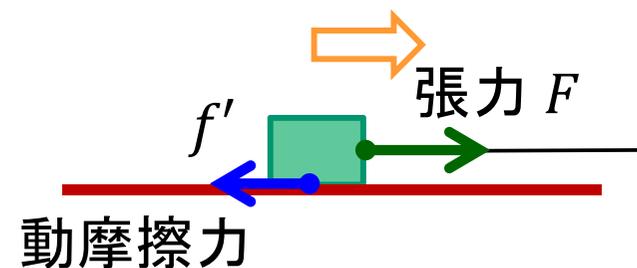
$$f' = \mu' N = 0.45 \times 98[\text{N}] \\ = 44.1[\text{N}]$$

向き：水平左向き

(6) 動摩擦力の大きさ

$$f' = \mu' N = 44.1[\text{N}]$$

向き：水平左向き

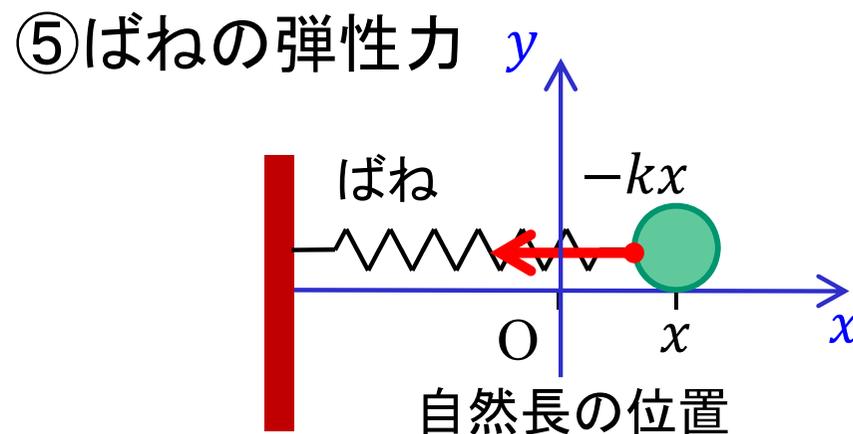
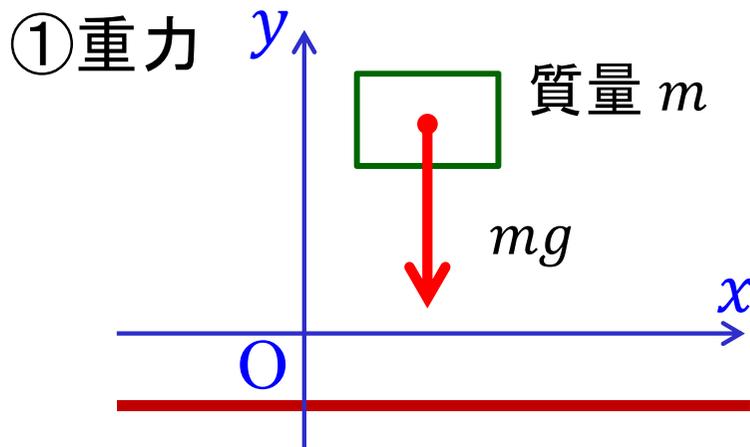


(テキスト p.6~7)

◇ 演習3

・テキストp.6~7の①⑤の力をベクトルとして表せ(成分を求めよ)。ただし, xy 座標は以下のように設定せよ。(x 軸と y 軸をテキストの図に描き込むとよい。)

- ①重力: x 軸は図の水平右向きを正とし, y 軸は鉛直上向きを正とする。原点はどこでもよい。
- ⑤ばねの弾性力: x 軸は図のとおりで, y 軸は図の上向きを正とする。ただし, 原点 O はばねの自然長の位置であることに注意。



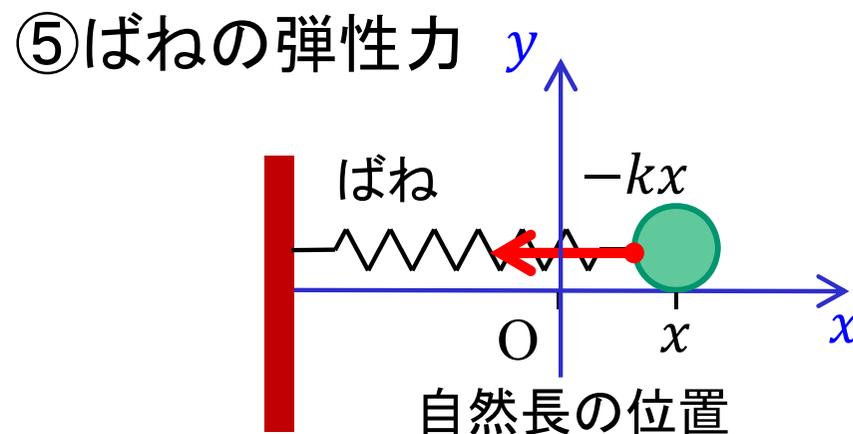
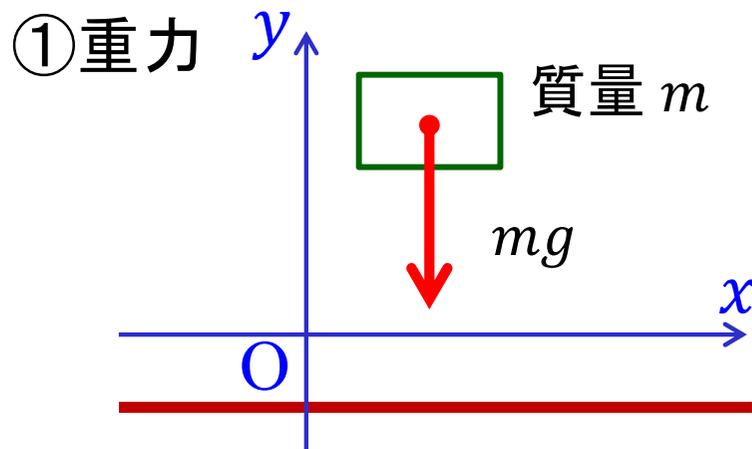
◇ 演習3

(テキスト p.6~7)

・テキストp.6~7の①⑤の力をベクトルとして表せ
(成分を求めよ)。

① 重力 $\vec{F} = (F_x, F_y) = (0, -mg)$

⑤ ばねの力 $\vec{F} = (F_x, F_y) = (-kx, 0)$



第3回授業 レポート課題 ≪第4回目の授業の初めに小テストを行う≫

テキストp.8~9の問題2-1(1)~(4), 2-2, 2-3, 2-4, 2-6を, 以下の修正・追加をして解け。

●追加:問題2-1(1)~(3)は力の向きも答えよ。

●追加:問題2-2の設定で, 自然長から4.0[cm]縮めたときの弾性力の大きさはいくらか。

●問題2-3を次のように修正する:問題文の設定において, 動摩擦力 \vec{f}' の大きさと向きを求めよ。また, テキストのように, x 軸の正方向を水平右向きとしたときの x 成分 f'_x も求めよ。

注意:テキストの解答は略解であり, 答案として必要な部分が省略されている場合がある。説明文や適切な図を加えて, 答案を作成することを心がけよ。答案作成力も見る。

提出×切:答案用紙を, 次週の水曜日(13:00)までに提出

提出場所:D0308(原科)研究室前のレポート提出用の木箱

注意事項:自分の答案をノートに記入するか, コピーをとって, 次の授業に持ってくる。

- ・レポート解答用紙

- ・次回の授業プリント

(これに今週のレポート課題も記してある。)

を必ず持って帰ること