

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4回目 力の合成・分解, 力のつり合い

今日の授業の目的

前回までの授業で, 力はベクトルで表されることと, 力の代表的な種類について力の法則(向き, 大きさ, 作用点を決める法則)を理解した。そこで, これまでの内容を具体的な問題に適用する。今回の授業の目的は, 力の合成・分解と力のつり合いを理解して, 適切な作図と計算が出来るようになることである。

(テキスト p.1)

◇力の合成

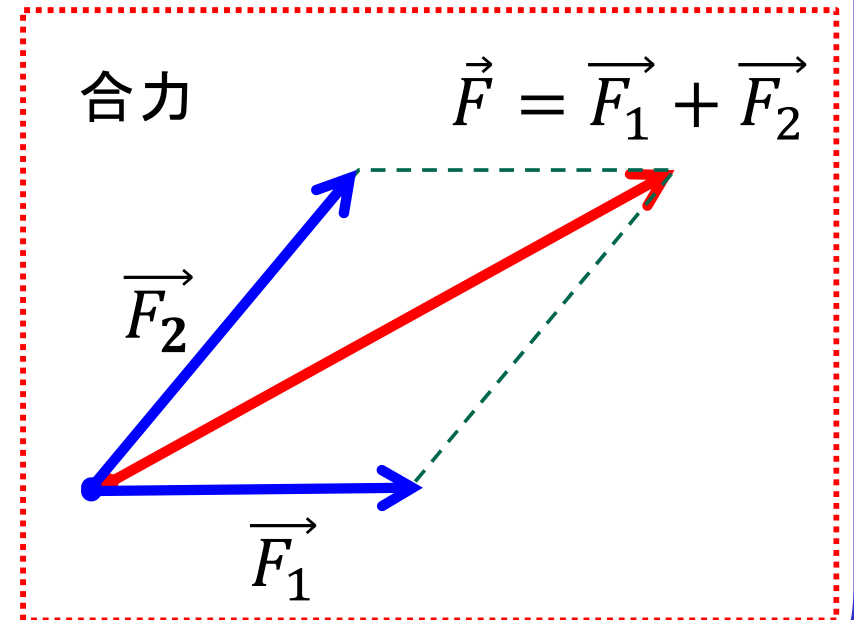
一つの物体に複数の力 $\vec{F}_i (i = 1, 2, \dots, n)$ が働くと、
物体は何らかの運動を行う。

(静止や変形も運動の一つ。)

その複数の力の働きと同じ働きをする
(全く同じ運動を引き起こす)
一つの力 $\vec{F}$ を考えることができる。

力の合成 《平行四辺形の法則》

$$\text{合力 } \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$



(テキスト p.4)

◇ 復習演習 問題演習1から問題1-6 (1)(2)に取り組む。

$$\vec{F}_1 = (2.0, 1.0) [\text{N}], \quad \vec{F}_2 = (0.0, 1.0) [\text{N}], \quad \vec{F}_3 = (-1.0, -3.0) [\text{N}]$$

(1) 3つの力を図示せよ。

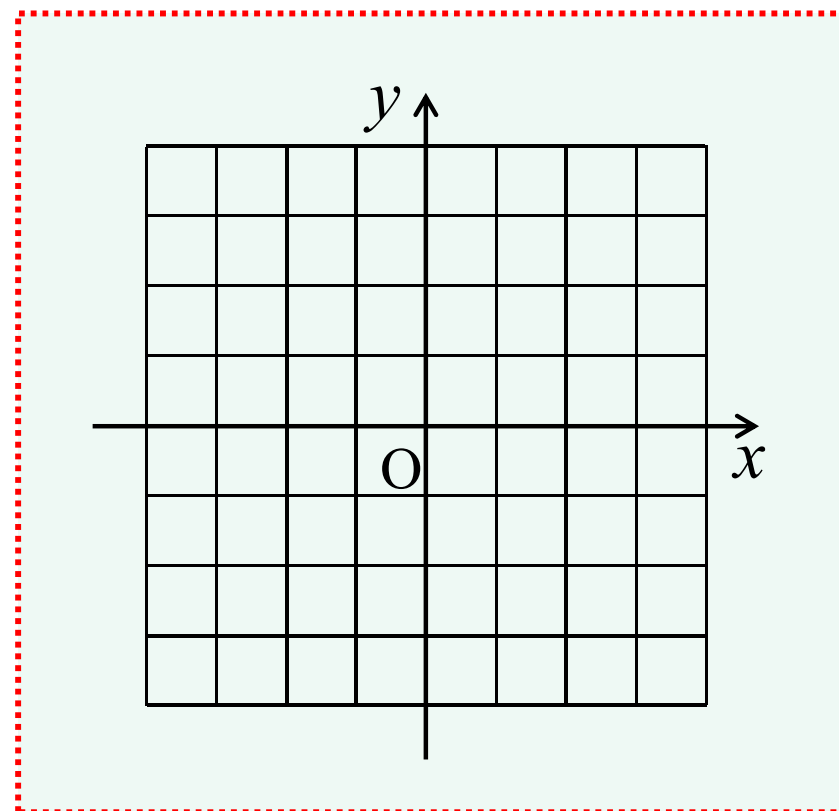
(2) 合力 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ を
図示せよ。

合力 $\vec{F}$ の成分も計算せよ。

おまけ

さらに $\vec{F}_4$ を加えて4つの力を
つり合わせる。 $\vec{F}_4$ を求めよ。

4分



(テキスト p.4)

◇ 復習演習 問題演習1から問題1-6 (1)(2)に取り組む。

$$\vec{F}_1 = (2.0, 1.0) [\text{N}], \quad \vec{F}_2 = (0.0, 1.0) [\text{N}],$$

$$\vec{F}_3 = (-1.0, -3.0) [\text{N}]$$

(1) 3つの力を図示せよ。

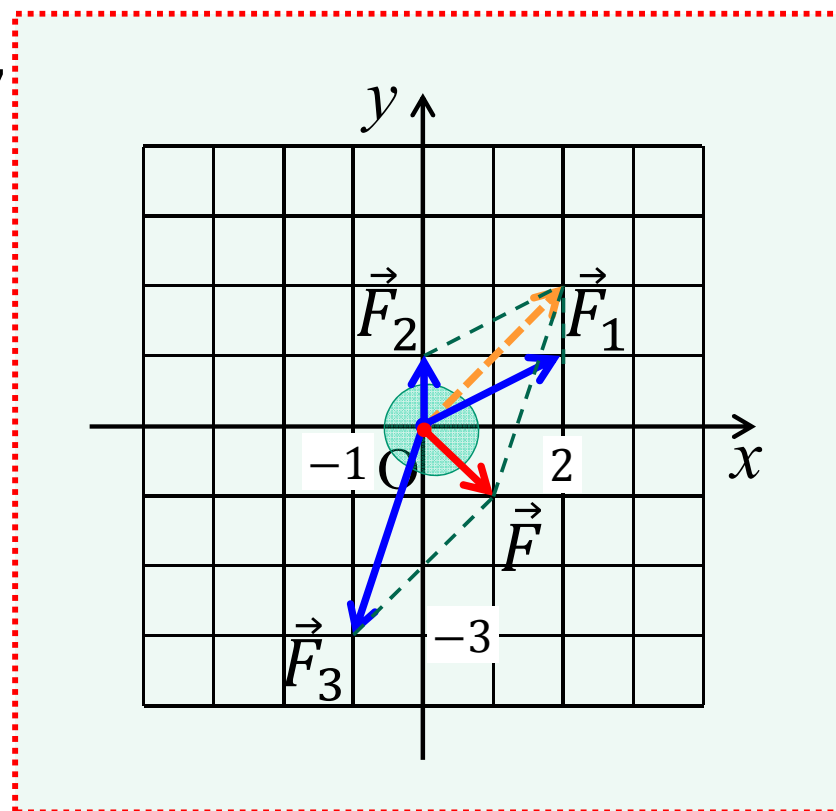
(2) 合力 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ を
図示せよ。

合力 $\vec{F}$ の成分も計算せよ。

$$\begin{aligned} F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} \\ &= 2[\text{N}] + 0[\text{N}] + (-1[\text{N}]) \\ &= 1[\text{N}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} \\ &= 1[\text{N}] + 1[\text{N}] + (-3[\text{N}]) \\ &= -1[\text{N}] \end{aligned}$$

$$\vec{F} = (1, -1)[\text{N}]$$



おまけ

$$\vec{F} + \vec{F}_4 = \vec{0}$$

$$\therefore \vec{F}_4 = -\vec{F} = (-1, 1)[\text{N}]$$

◇力の分解

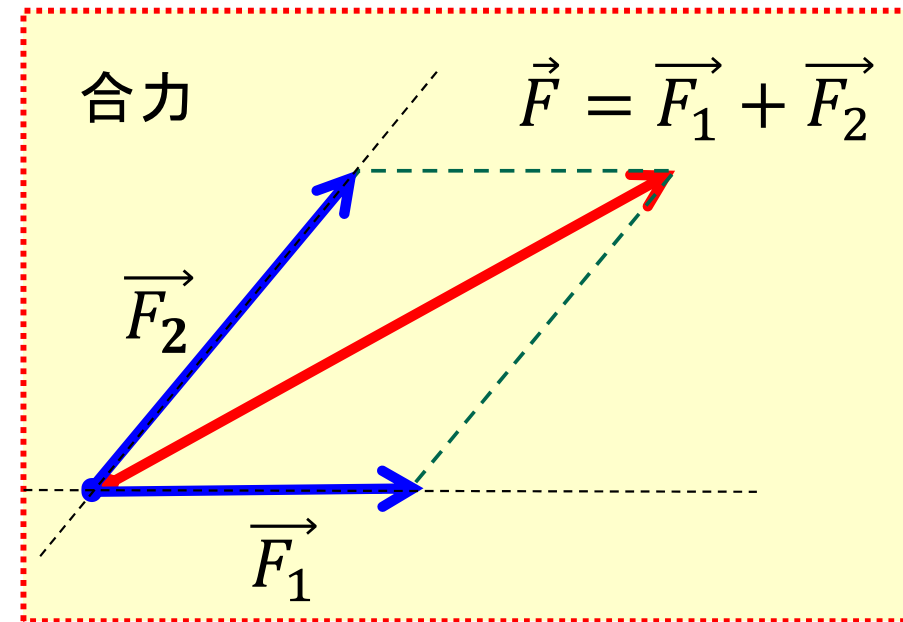
(テキスト p.1～2)

一つの力 $\vec{F}$ を, いくつか(例えば2つ)の力で表すこと:

《 平行四辺形の法則 》

力の分解 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

分力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2$



◇ 力の分解の演習

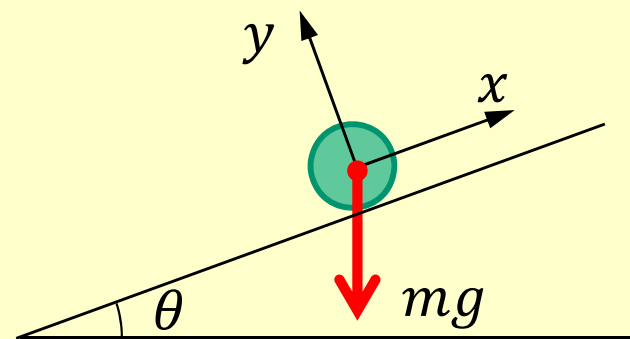
(テキスト p.5)

p.5 の問題演習1から問題1-8 に取り組む。

水平方向と角度 θ をなす方向に x - y 軸をとるとき、鉛直下向きに働く重力 mg の x 成分および y 成分はいくらか。

4分

重力の分解



◇ 力の分解の演習

(テキスト p.5)

テキストp.5 の問題演習1から問題1-8 に取り組む。

水平方向と角度 θ をなす方向に x - y 軸をとるとき、鉛直下向きに働く重力 mg の x 成分および y 成分はいくらか。

重力を $\vec{F}$ として

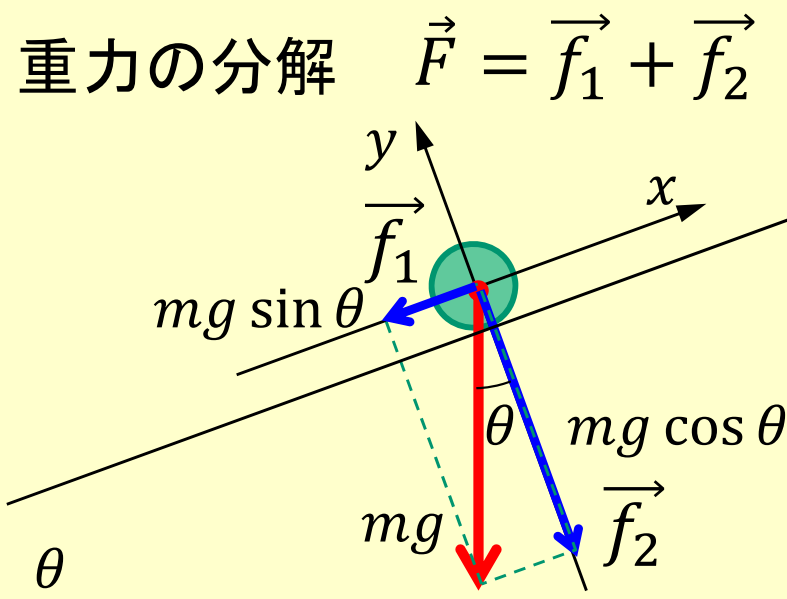
x 方向の分力は x 軸と逆向きだから、
 x 成分

$$F_x = -mg \sin \theta \quad [\text{N}]$$

y 方向の分力は y 軸と逆向きだから、
 y 成分

$$F_y = -mg \cos \theta \quad [\text{N}]$$

$$\vec{F} = (-mg \sin \theta , \quad -mg \cos \theta) \quad [\text{N}]$$



(テキスト p.2)

◇ 力のつり合い

- ・物体が静止し続ける
(あるいは速度一定のまま移動し続ける)

⇒ 合力が $\vec{0}$

つり合いが成立

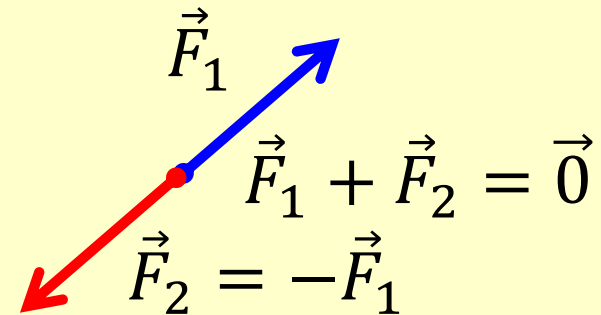
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \vec{0}$$

問題1-6 (1)(2)は

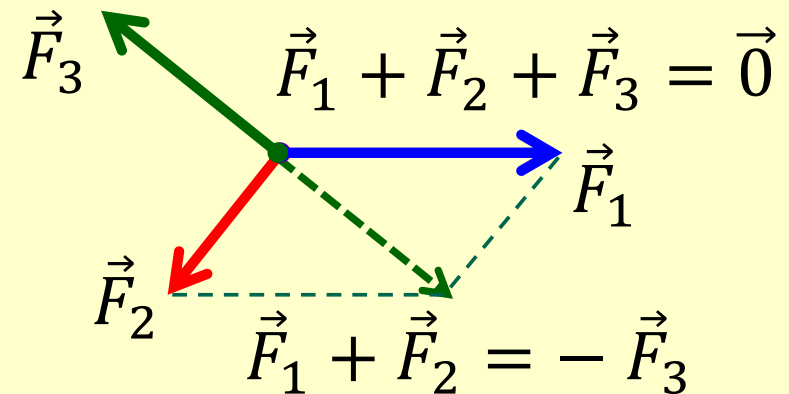
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \neq \vec{0}$$

の例 ⇒ 加速運動

2力のつり合い



3力のつり合い



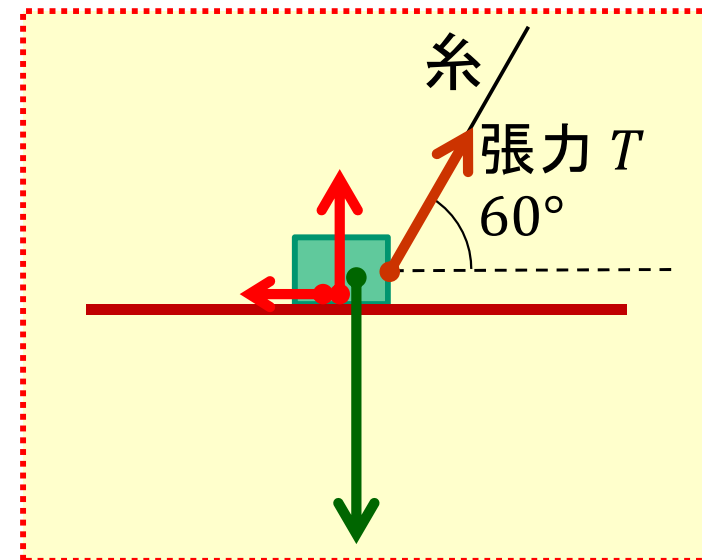
◇ 力のつり合いの演習1

(テキスト p.8)

p.8 の例題2.1の設定を次のように変えて取り組む。

設定： $T = 50[\text{N}]$ の張力を水平より 60° 上向きに加えたとする。項目(4)を参考にして、張力の水平方向の分力の大きさ、鉛直方向の分力の大きさを、それぞれ求めよ。(1)(2)(3)で大きさと向きを答えよ。

通分



◇ 力のつり合いの演習1

(テキスト p.8)

張力の水平方向の分力の大きさ、鉛直方向の分力の大きさを、それぞれ求めよ。(1)重力の大きさと向きを答えよ。

張力の水平方向の分力の大きさ

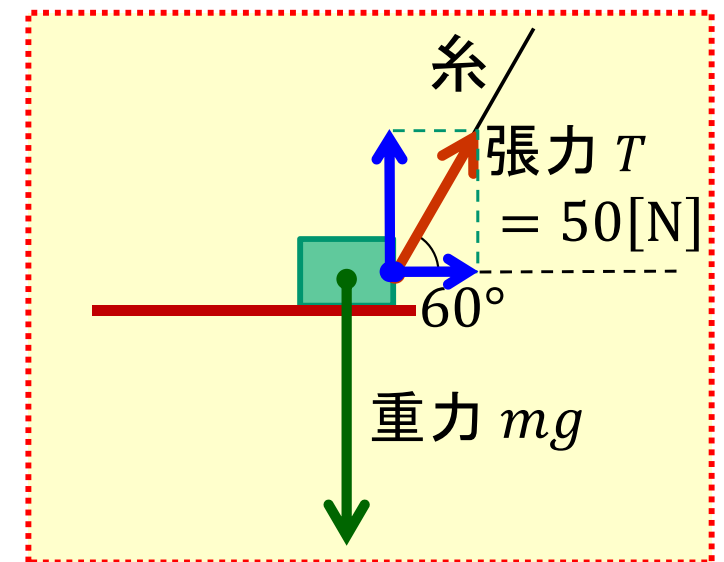
$$T \cos 60^\circ = 50[\text{N}] \times (1/2) = 25[\text{N}]$$

張力の鉛直方向の分力の大きさ

$$\begin{aligned} T \sin 60^\circ &= 50[\text{N}] \times (\sqrt{3}/2) \\ &= 25\sqrt{3}[\text{N}] \end{aligned}$$

(1) 重力の大きさ

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



◇ 力のつり合いの演習1

(テキスト p.8)

(2)垂直抗力の大きさと向きを答えよ。(3)摩擦力の大きさと向きを答えよ。

(2) 垂直抗力の大きさ

鉛直方向の力のつり合いより

$$N + 25\sqrt{3}[\text{N}] - 98[\text{N}] = 0$$

$$\therefore N = (98 - 25\sqrt{3})[\text{N}] \div 54.7[\text{N}]$$

向き: 鉛直上向き

(3) 摩擦力の大きさ

最大静止摩擦力は $f_{\text{max}} = \mu N$

$$= 0.50 \times (98 - 25\sqrt{3})[\text{N}] \div 27.3[\text{N}]$$

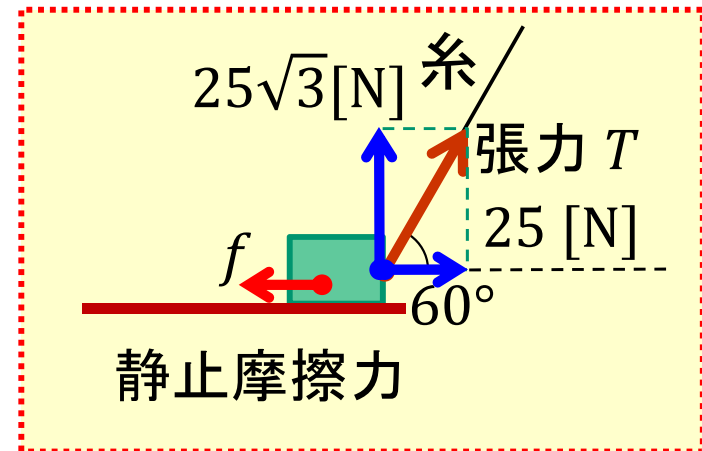
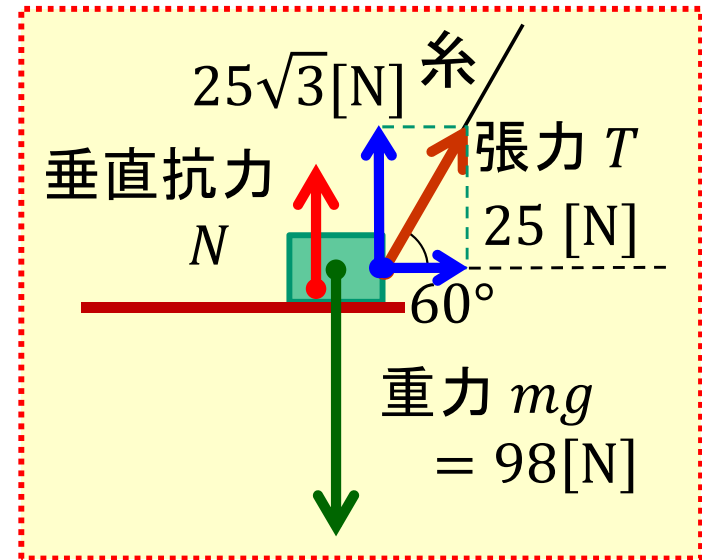
張力の水平方向の分力の大きさは25[N]

なので、摩擦力は静止摩擦力。

水平方向の力のつり合いより

$$25[\text{N}] - f = 0 \quad \therefore f = 25[\text{N}]$$

向き: 水平左向き



◇ 力のつり合いの演習2

(テキスト p.9)

テキストp.9の第2章の問題演習2から, 問題2-7 の問(2) にプリントの手順で取り組む。

手順1: 力のつり合いを表す**ベクトルの式**を書く。

手順2: **式変形**し, 合力($\vec{T}_1 + \vec{T}_2$)が, 重力の逆 $-\vec{F}$ になることを理解する。

手順3: 2本の糸の張力の合力(重力の逆の力) $-\vec{F}$ **を作図**する。

手順4: 張力の合力 $-\vec{F}$ を2本の糸の方向に分解する作図(**平行四辺形**)。

手順5: 平行四辺形の辺で, 求める**張力 $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$ を表すベクトル**が分かる。

通分

◇ 力のつり合いの演習2 問題2-7 の問(2) (テキスト p.9)

手順1: 力のつり合いを表す**ベクトルの式**を書く。

$$\vec{F} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0}$$

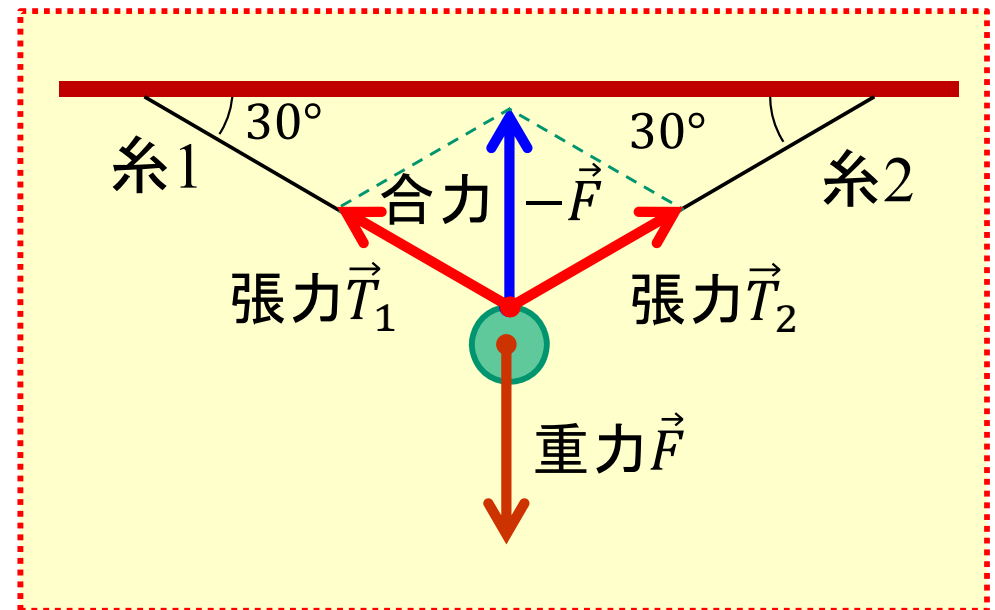
手順2: **式変形**し, 合力($\vec{T}_1 + \vec{T}_2$)が, 重力の逆 $-\vec{F}$ になることを理解する。

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -\vec{F}$$

手順3: 2本の糸の張力の合力
(重力の逆の力) $-\vec{F}$ を
作図する。

手順4: 張力の合力 $-\vec{F}$ を2本の
糸の方向に分解する作図
(**平行四辺形**)。

手順5: 平行四辺形の辺で, 求める
張力 $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$ を表すベクトルが
分かる。



◇ 力のつり合いの演習2

(テキスト p.9)

テキストp.9の第2章の問題演習2から，問題2-7 の問(2) にプリントの手順で取り組む。

手順6: 水平右方向を x 軸，鉛直上方向を y 軸とする。

$$\vec{F} = (F_x, F_y), \vec{T}_1 = (T_{1x}, T_{1y}), \vec{T}_2 = (T_{2x}, T_{2y})$$

の各成分を求める。 T_1 と T_2 と数値を用いて表す。

手順7: 合力の各成分がゼロになるように，力のつり合いの式を立てる。
連立方程式を解いて，大きさ(強さ) T_1 と T_2 を求める。

4 分

◇ 力のつり合いの演習2 問題2-7 の問(2) (テキスト p.9)

手順6: 水平右方向を x 軸, 鉛直上方向を y 軸とする。

$$\vec{F} = (F_x, F_y) = (0, -F) = (0, -2) \text{ [N]},$$

$$\vec{T}_1 = (T_{1x}, T_{1y}) = (-T_1 \cos 30^\circ, T_1 \sin 30^\circ) = (-(\sqrt{3}/2)T_1, (1/2)T_1),$$

$$\vec{T}_2 = (T_{2x}, T_{2y}) = (T_2 \cos 30^\circ, T_2 \sin 30^\circ) = ((\sqrt{3}/2)T_2, (1/2)T_2)$$

手順7: 力のつり合いの式:

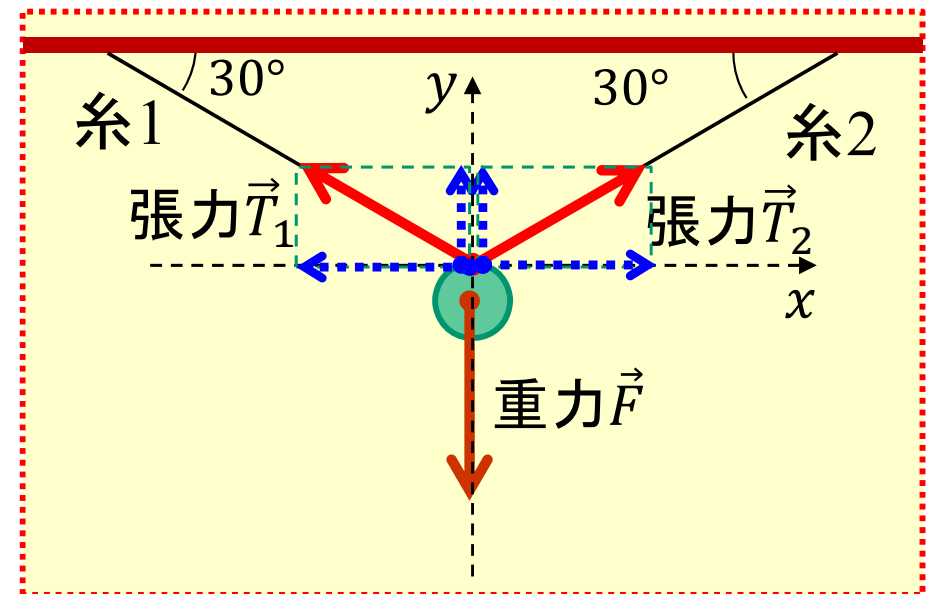
$$\begin{cases} x \text{ 成分のつり合い} \\ -(\sqrt{3}/2)T_1 + (\sqrt{3}/2)T_2 = 0 \cdots \textcircled{1} \\ y \text{ 成分のつり合い} \\ (1/2)T_1 + (1/2)T_2 - 2 \text{ [N]} = 0 \cdots \textcircled{2} \end{cases}$$

$$\textcircled{1} \text{ より } T_2 = T_1 \cdots \textcircled{1}'$$

$$\text{これを} \textcircled{2} \text{ へ代入して } T_1 = 2 \text{ [N]}$$

$$\textcircled{1}' \text{ より, } T_2 = 2 \text{ [N]}$$

$$\therefore T_1 = 2 \text{ [N]}, \quad T_2 = 2 \text{ [N]}$$



第4回授業 レポート課題 ≪第5回目の授業の初めに小テストを行う≫

(A) テキスト第2章の問題演習2から、問題2-5を解け。(少し難しいので、できる所までやる。)

(B) テキスト第2章の問題演習2から、問題2-7 の問(3) を解け。(解答手順は、第4回授業プリントの項目(7) の手順に従えばよい。)

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。計算式だけでなく、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