

レポート答案 (授業 曜 限) 学籍番号

氏名

$$\vec{r}(t) = (2t - 1, t^2 - 3) [\text{m}]$$

テキストに載っていない問題

(1)(a) 位置ベクトル (説明・計算):

$$\begin{aligned}\vec{r}(-1) &= (2 \times (-1) - 1, (-1)^2 - 3) \\ &= (-3, -2) [\text{m}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{r}(0) &= (2 \times 0 - 1, 0^2 - 3) \\ &= (-1, -3) [\text{m}]\end{aligned}$$

$$\vec{r}(1) =$$

$$\vec{r}(2) =$$

$$\vec{r}(3) =$$

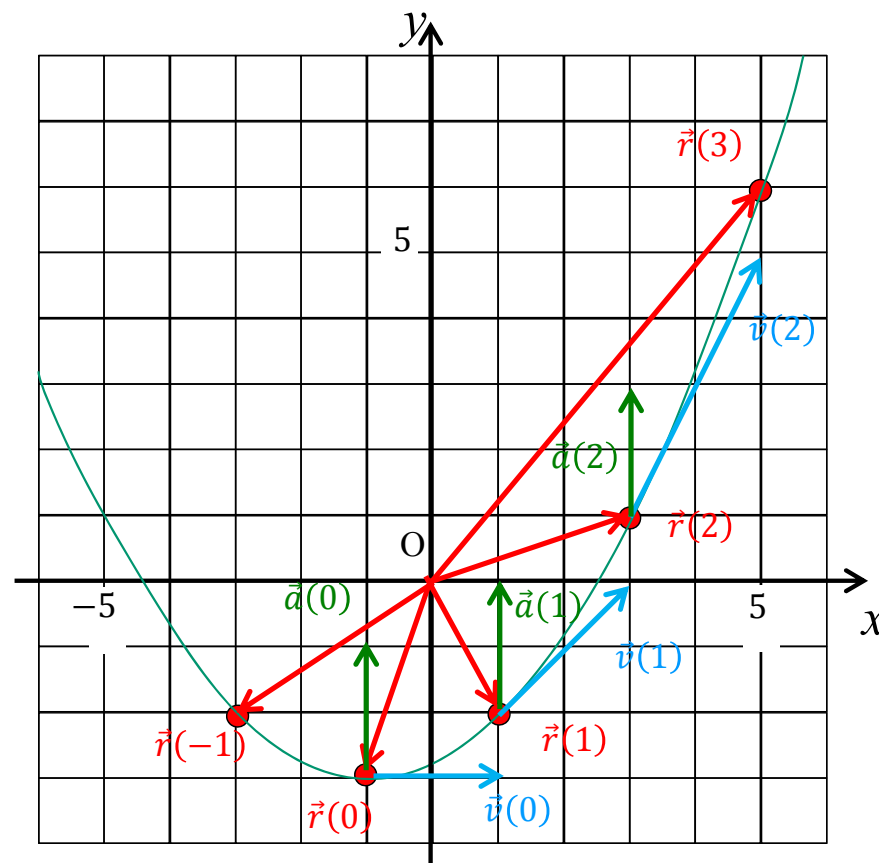
(1)(b) $t = 3$ [s] の原点 O と物体 A の距離

(説明・計算):

(1)(a) 軌道曲線, 位置ベクトル (グラフ・作図):

(2)(b) 速度ベクトル (作図):

(3)(b) 加速度ベクトル (作図):



(1) (b) $t = 3$ [s] の原点 O と物体 A の距離
(説明・計算):

答: $\overline{OA}(3) =$ _____

(2)(a) 速度 $\vec{v}(t)$ の導出 (説明・計算): $\vec{r}(t) = (2t - 1, t^2 - 3)$ [m]

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \left(\frac{d(2t - 1)}{dt}, \frac{d(t^2 - 3)}{dt} \right) = (2, 2t) \text{ [m/s]}$$

答: $\vec{v}(t) =$ _____

(2)(b) 速度ベクトル (説明・計算):

$$\vec{v}(0) = (2, 2 \times 0) = (2, 0) \text{ [m/s]}$$

$$\vec{v}(1) = (2, 2 \times 1) = (2, 2) \text{ [m/s]}$$

$$\vec{v}(2) =$$

(2) (c) $t = 2$ [s] の速さ (説明・計算): $\vec{v}(2) = (2, 4)$ [m/s]

$$v(2) = \sqrt{v_x(2)^2 + v_y(2)^2} = \sqrt{(2 \text{ m/s})^2 + (4 \text{ m/s})^2} = \sqrt{20} \text{ m/s}$$

答: $v(2) =$ _____

(3)(a) 加速度 $\vec{a}(t)$ の導出 (説明・計算):

$$\vec{v}(t) = (2, 2t) \text{ [m/s]}$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \left(\frac{d[2]}{dt}, \frac{d[2t]}{dt} \right) = (0, 2) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

答: $\vec{a}(t) =$ _____

(3)(b) 加速度ベクトル (説明・計算):

$$\vec{a}(0) = (0, 2) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\vec{a}(1) = (0, 2) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\vec{a}(2) =$$

(3) (c) $t = 1$ [s] の加速度の大きさ (説明・計算):

レポート答案 (授業 曜 限) 学籍番号

氏名

$$\vec{r}(t) = (2t - 1, t^2 - 3) [\text{m}]$$

テキストに載っていない問題

(1)(a) 位置ベクトル (説明・計算):

$$\begin{aligned}\vec{r}(-1) &= (2 \times (-1) - 1, (-1)^2 - 3) \\ &= (-3, -2) [\text{m}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{r}(0) &= (2 \times 0 - 1, 0^2 - 3) \\ &= (-1, -3) [\text{m}]\end{aligned}$$

$$\vec{r}(1) =$$

$$\vec{r}(2) =$$

$$\vec{r}(3) =$$

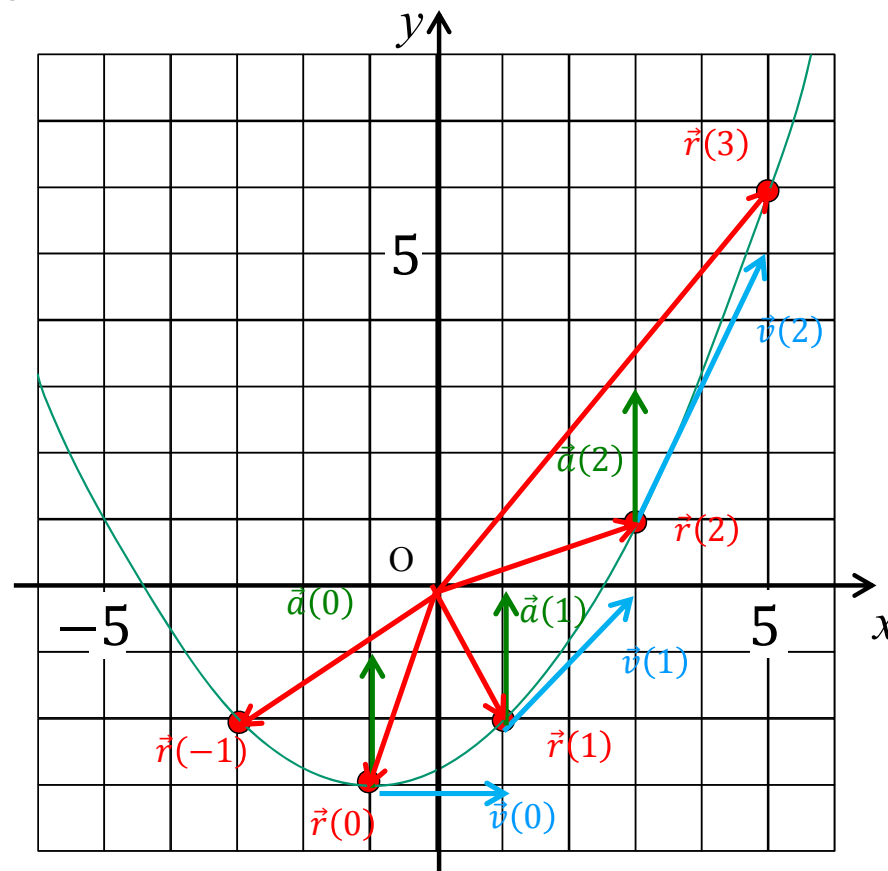
(1) (b) $t = 3 [\text{s}]$ の原点 O と物体 A の距離

(説明・計算):

(1)(a) 軌道曲線, 位置ベクトル (グラフ・作図):

(2)(b) 速度ベクトル (作図):

(3)(b) 加速度ベクトル (作図):



(3) (c) $t = 1$ [s] の加速度の大きさ (説明・計算):

答: $a(1) =$ _____

☆このレポートをやるのに _____ 時間 _____ 分,

それ以外にこの授業の予習復習を _____ 時間 _____ 分した。

(余力のある人のために)

位置 $\vec{r}(t) = (x, y) = (2t - 1, t^2 - 3)$ [m] から時刻 t を消去して, 軌道曲線を表す方程式を $y = f(x)$ の形で求めよ。

$$\vec{r}(t) = (2t - 1, t^2 - 3) \text{ [m]}$$

$$x = 2t - 1 \cdots \textcircled{1}, \quad y = t^2 - 3 \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \text{ より } t = \frac{x+1}{2} \text{ を } \textcircled{2} \text{ に代入。 } y = \left(\frac{x+1}{2} \right)^2 - 3$$

$(-1, -3)$ が頂点の下に凸(上に開いた)放物線

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(確認試験2+)問題演習2
- ⑮まとめ
- ⑯期末試験

第10回目 力学の3つの基本法則1(導入)

今日の授業の目的

第1回目から前回までの授業を踏まえて、いよいよ力学の目的「物体がどんな条件でどんな運動をするかを知ること(7回目授業のプリント参照)」を達成するための基本法則を扱う。そこで、今回の授業の目的は、力学の目的を達成するための3つの基本法則を理解して覚えることである。

(1) 力学の目的と基本法則の意義:

力学の目的「物体の運動を知ること」を正確に言うと,
「物体の位置 $\vec{r}(t) = (x(t), y(t))[\text{m}]$ を求めること」である。
また, この目的を達成するために最低限, 考えるべき物理量
は, リスト(10.1)の5つ(位置・速度・加速度・力・質量)である。

物体の位置: $\vec{r}(t) = (x(t), y(t))[\text{m}]$

物体の速度: $\vec{v}(t) = (v_x(t), v_y(t))[\text{m/s}]$

物体の加速度: $\vec{a}(t) = (a_x(t), a_y(t))[\text{m/s}^2]$ (10.1)

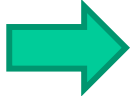
物体に働く力: $\vec{F}(t) = (F_x(t), F_y(t))[\text{N}] \rightarrow [\text{kg} \cdot \text{m/s}^2]$

物体の質量: $m[\text{kg}]$

力の必要性:

確認実験: 机上に何か物を置いて, 手の力で押して動かしてみよ。速度が0 から増加する。机上で何か物を押し出して滑らせよ。動摩擦力によって速度が0 へと減少する。

実験事実: **力によって速度**(という運動を表す物理量)**が変化する**。言い換えれば, 力によって加速する(加速度が発生する)。

 力も「力学の目的(物体の位置を求める)を達成するために最低限考えるべき物理量」の一つ。

質量の必要性:

確認実験: 明らかに質量が異なる2つの物体に, 手で同じ強さの力を加えてみよ。

実験事実: 物体に力を加えたとき, 質量が大きい(小さい)ほど物体を加速させにくい(やすい)。

➡ 質量も「力学の目的(物体の位置を求める)を達成するために最低限考えるべき物理量」の一つ。

物体の速度・加速度・力・質量から, 位置を決めるために使われる基本法則が,

「慣性の法則」, 「運動の法則(運動方程式)」,

「作用・反作用の法則」

の3法則である。

(2) 慣性の法則: (テキスト第5章 p.21)

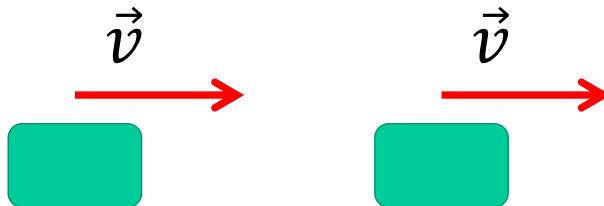
物体に働く**合力が 0** ($\vec{F} = \vec{0}$) のとき,
物体の**運動状態は変わらない**。

つまり最初に

ある速度で運動すれば,
物体は等速度運動を続け,
静止していれば, 静止したままである。



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



等速度

宇宙飛行士の映像
スケート
など

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



静止したまま

(3) 運動の法則:

(テキスト第5章 p.21)

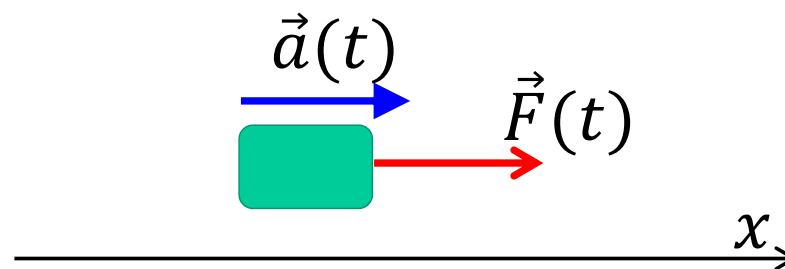
運動方程式が成立すること。

時刻 t で物体に働く合力を $\vec{F}(t)$ として,

$$\text{運動方程式 } m\vec{a}(t) = \vec{F}(t) \quad (10.2)$$

成分ごとに分けると,

$$\begin{cases} ma_x(t) = F_x(t) \\ ma_y(t) = F_y(t) \end{cases} \quad (10.2)$$



力学の基本パターン (運動方程式(10.2)から位置 $\vec{r}(t)$ を導く手順):
初めに力 $\vec{F}(t) = (F_x(t), F_y(t))$ と質量 m が分かれば,
運動方程式(10.2)に代入して加速度 $\vec{a}(t) = (1/m)\vec{F}(t)$ が
求まる。そして, 前回までの授業で扱ったように, 積分を繰
り返せば位置 $\vec{r}(t)$ が求まる。
(運動方程式の立て方と解き方)

「初めに力 $\vec{F}(t)$ をどう求めるか」(力の探し方)
状況設定に応じて第2章の「力の法則」と
項目(5)「作用・反作用の法則」を
適切に組合せればよい。

《テキスト第6章 p.25を確実に身に着ける》

力 $\vec{F}(t)$ の単位の導出:

運動方程式(10.2)から, 力の単位が次のように計算して導かれる。

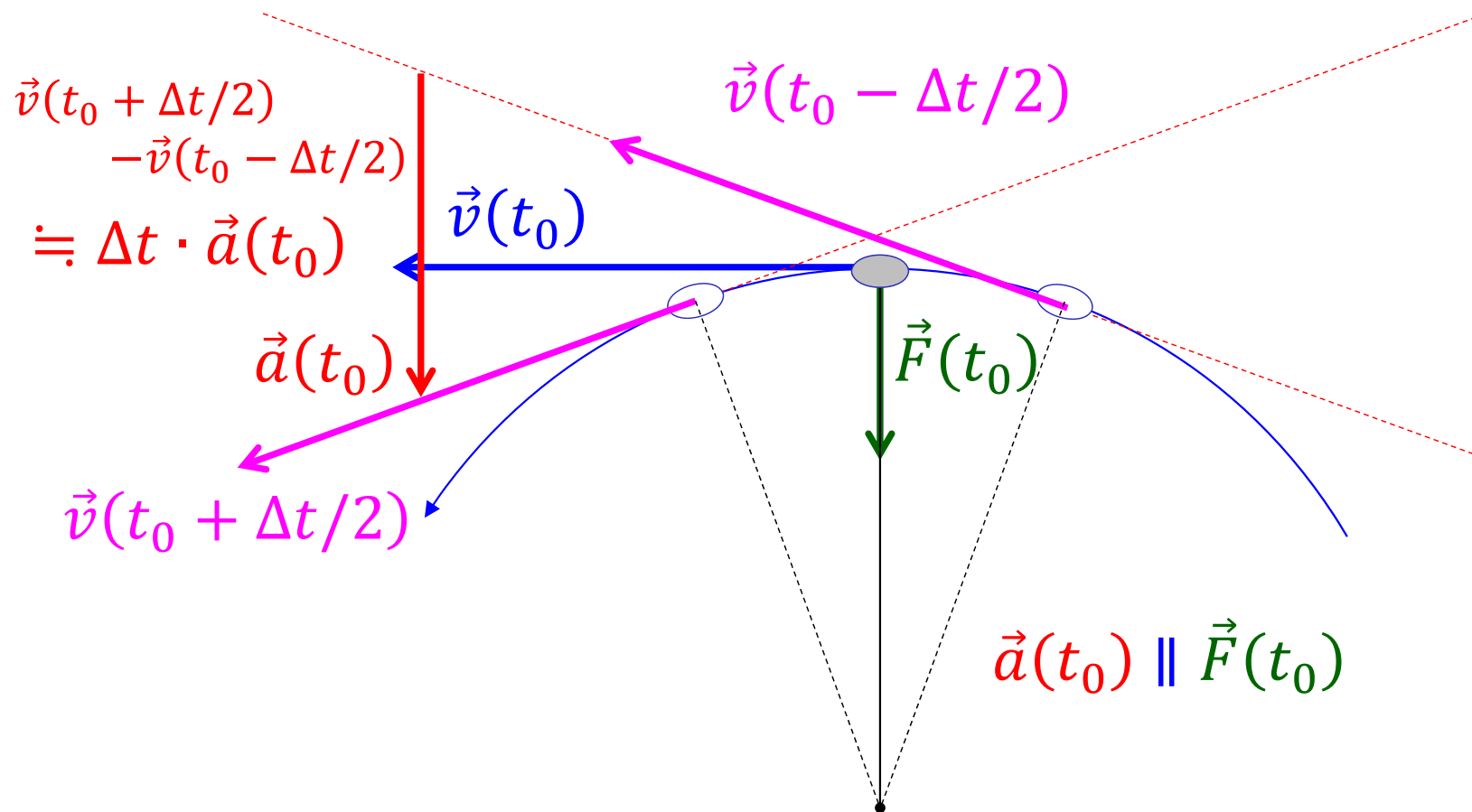
力の単位 $[N] = [\text{質量の単位}] \times [\text{加速度の単位}]$

$$= [kg] \times [m/s^2] = [kg \cdot m/s^2] \quad (10.3)$$

(基本単位) (誘導単位, 組立単位)

力と加速度の向きが同じであること:

(授業プリント p.3)



(テキスト p.23)

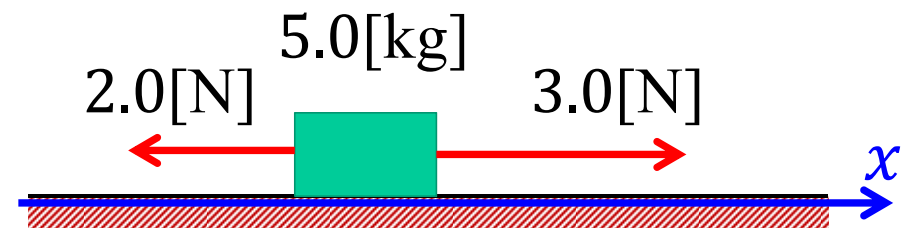
(4) 演習1: 問題演習5の問題5-2, 5-3に取り組む。図も描きながら解け。 水平右向きを x 軸の正の向きとする。

問題5-2

- (1) $2.0[\text{kg}]$ の物体に, 右向きに $5.0[\text{N}]$ の力 加速度は?
- (2) $5.0[\text{kg}]$ の物体を, 右向きに $2.0[\text{m/s}^2]$ で加速 力は?
- (3) 右向きに $10[\text{N}]$ の力を加え, $5.0[\text{m/s}^2]$ で加速 質量は?
- 追加(4) $4.0[\text{kg}]$ の物体に, 左向きに $20.0[\text{N}]$ の力 加速度は?
- (5) $4.0[\text{kg}]$ の物体を, 左向きに $20.0[\text{m/s}^2]$ で加速 力は?

1分

問題5-3 加速度は?



(テキスト p.22, 23)

◇演習1

問題5-2

(1) 運動方程式 $ma_x = F_x$ を用い, $a_x = F_x/m$

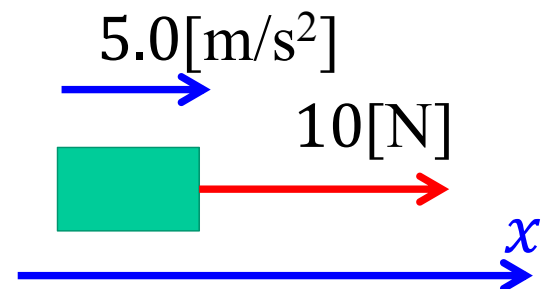
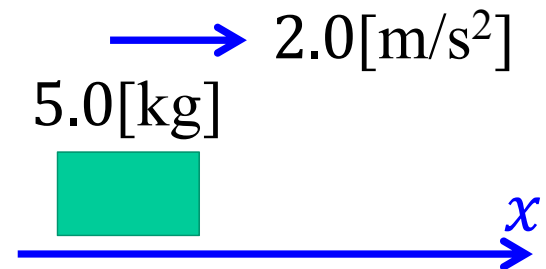
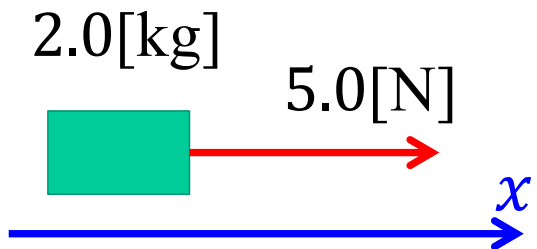
$$a_x = \frac{5.0[\text{N}]}{2.0[\text{kg}]} = 2.5[\text{m/s}^2] \quad \text{右向き}$$

(2) 運動方程式 $ma_x = F_x$ を用い,

$$F_x = 5.0[\text{kg}] \times 2.0[\text{m/s}^2] = 10[\text{N}] \quad \text{右向き}$$

(3) 運動方程式 $ma_x = F_x$ を用い, $m = F_x/a_x$

$$m = \frac{10[\text{N}]}{5.0[\text{m/s}^2]} = 2.0[\text{kg}]$$



(テキスト p.22, 23)

◇演習1

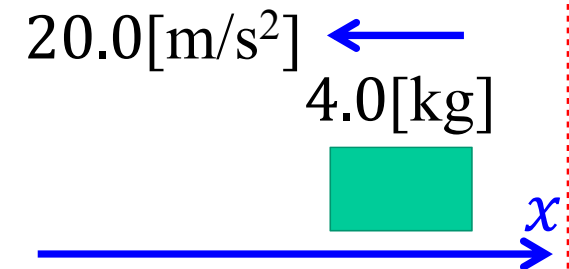
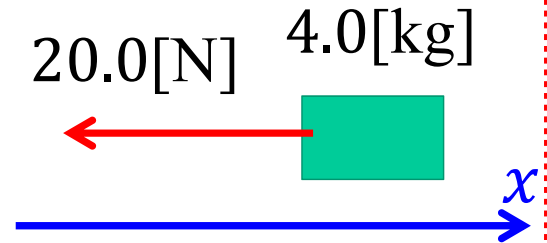
問題5-2 追加

(4)運動方程式 $ma_x = F_x$ を用い, $a_x = F_x/m$

$$a_x = \frac{-20.0[\text{N}]}{4.0[\text{kg}]} = -5.0[\text{m/s}^2] \quad \text{左向き}$$

(5)運動方程式 $ma_x = F_x$ を用い,

$$\begin{aligned} F_x &= 4.0[\text{kg}] \times (-20.0[\text{m/s}^2]) \\ &= -80[\text{N}] \quad \text{左向き} \end{aligned}$$



(テキスト p.22, 23)

◇演習1

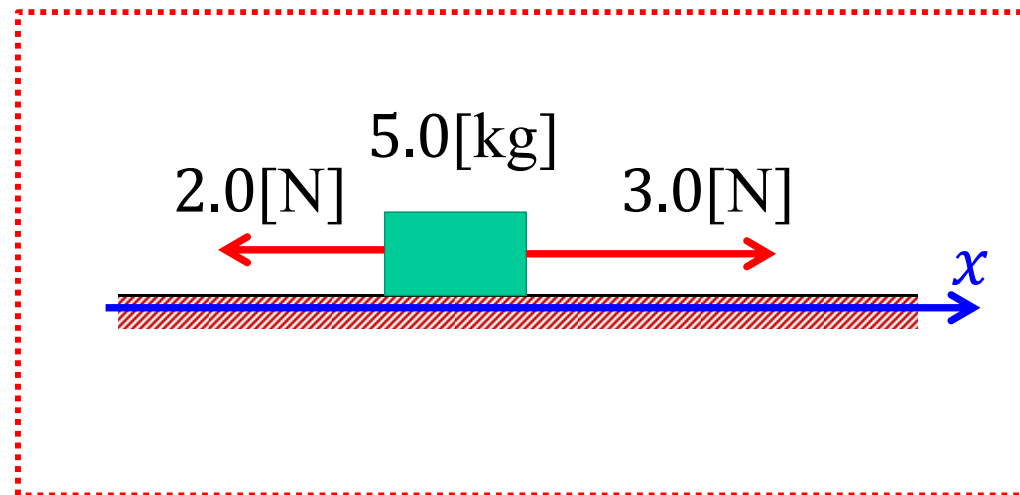
問題5-3

水平右向きを x 軸の正の向きにとって
運動方程式 $ma_x = F_x$ を用いる。

F_x は？ 合力

$$5.0[\text{kg}] \times a_x = 3.0[\text{N}] + (-2.0[\text{N}])$$

$$a_x = \frac{1.0[\text{N}]}{5.0[\text{kg}]} = 0.20[\text{m/s}^2] \quad \text{右向き}$$



(5) 作用・反作用の法則:

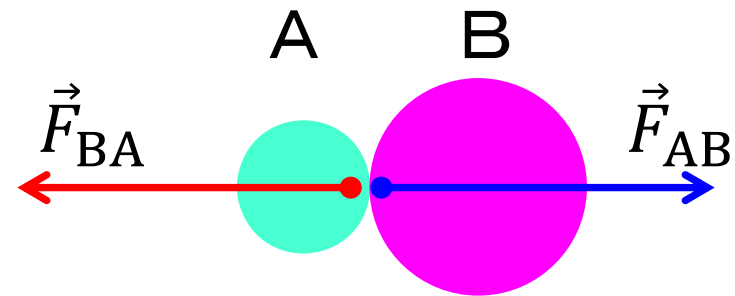
(テキスト第5章 p.21)

2つの物体が互いに及ぼし合う力の、
一方を**作用**，もう一方を**反作用**という。
大きさが等しく，向きは互いに**逆向き**となる。

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

物体間で及ぼし合っている力
を見つげるときに役立つ。

※力のつり合い関係ではないので注意



(テキスト p.22, 23)

(6) 演習2: 第5章の例題5.2, 問題演習5 の問題5-4に取り組む。
例題5.2は必ず図を描く。

例題5.2

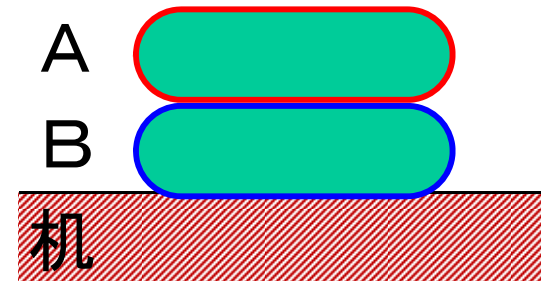
Aさんは壁に固定された物体を右向きに $40[\text{N}]$ の力で押した。
Aさんが物体から受ける力は？

問題5-4 とともに重力の大きさが $20[\text{N}]$ のおもり

- (1) おもりAがおもりBから受ける力
- (2) おもりBがおもりAから受ける力
- (3) おもりBが机から受ける力

求める手順も含めて
答えよ。

10分

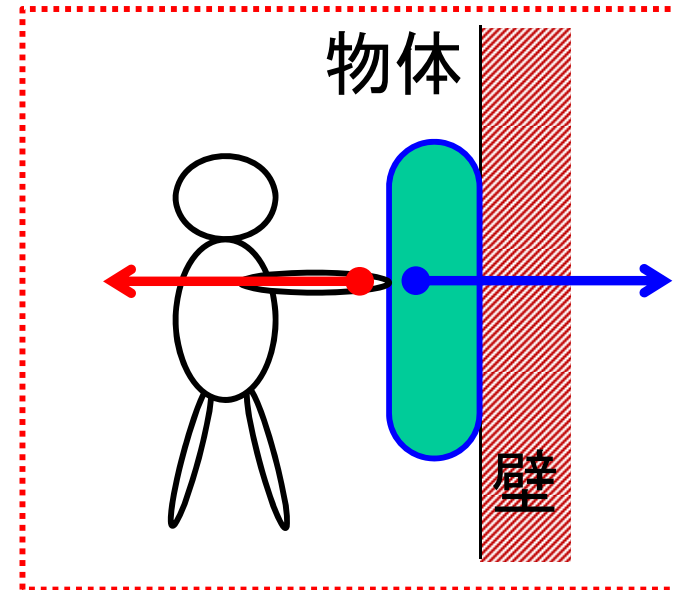


(テキスト p.22, 23)

◇演習2

例題5.2

Aさんは左向きに40[N]の力を
物体から受ける



◇演習2

問題5-4

(1) $W_A = 20[\text{N}]$ 。おもりAがおもりBから受ける力 $\vec{F}_A$ とする。

力のつり合いより $\vec{F}_A + \vec{W}_A = \vec{0}$ $F_A - W_A = 0$ $F_A = 20[\text{N}]$

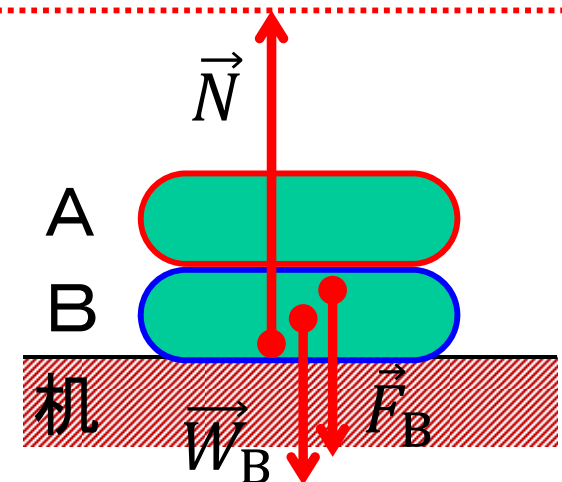
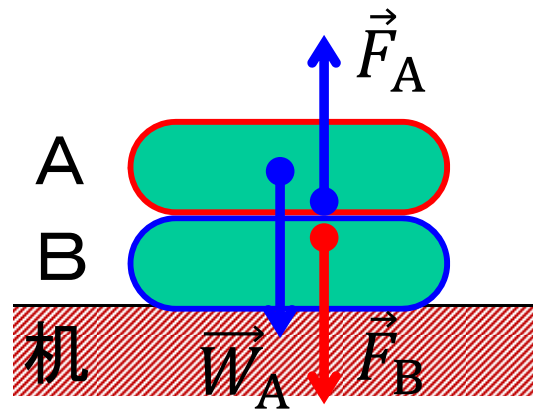
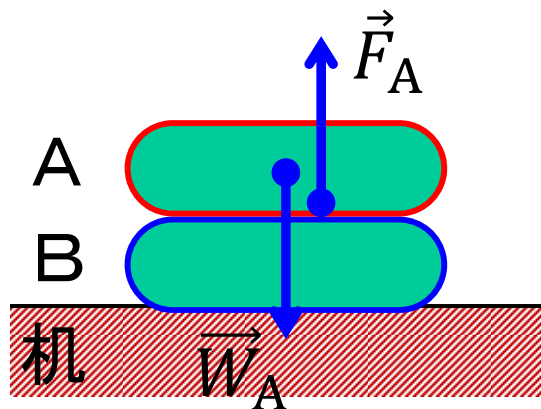
(2) おもりBがおもりAから受ける力 $\vec{F}_B$ とする。

作用・反作用の法則より $\vec{F}_B = -\vec{F}_A$ $F_B = 20[\text{N}]$

(3) おもりBが机から受ける力 $\vec{N}$ とする。

力のつり合いより $\vec{N} + \vec{F}_B + \vec{W}_B = \vec{0}$ $N - F_B - W_B = 0$

$$N = F_B + W_B = 40[\text{N}]$$



(テキスト p.22, 23)

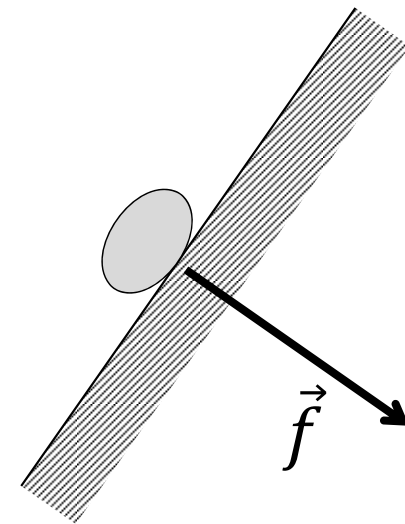
(7) 演習3: 物体に働く合力がゼロだった。
ある瞬間に速度 $\vec{v}$ を測ったら、右図
運動の名称は？軌道は？



(8) 演習4: 物体が飛んできて斜面に衝突した瞬間。

斜面が物体に及ぼす力 $\vec{f}'$ = ____ $\vec{f}$ である。

$\vec{f}'$ を作図せよ。



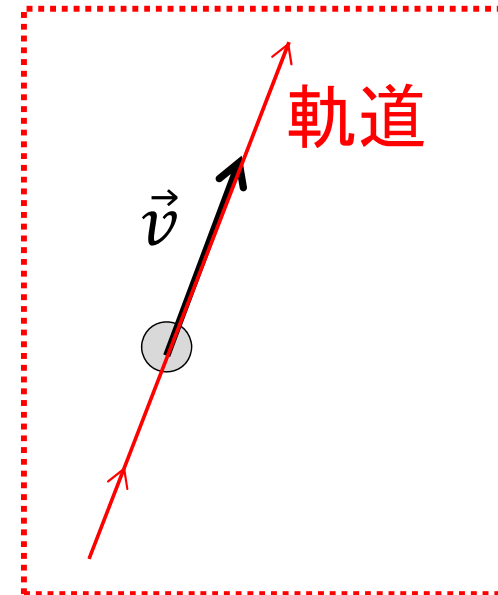
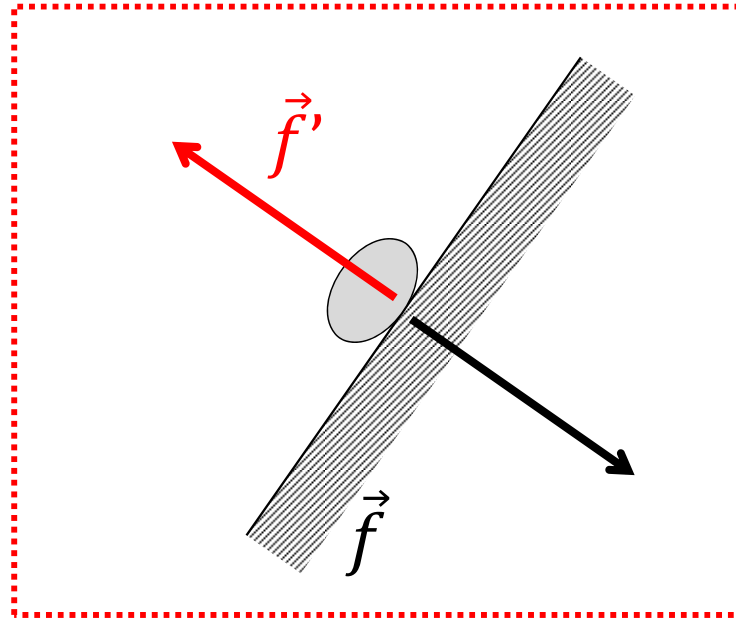
1分

◇演習3

慣性の法則より, 図の速度の向きに等速度運動(等速直線運動)する。

◇演習4

$$\vec{f}' = \underline{\quad - \quad} \vec{f}$$



第10回授業 レポート課題

テキスト第5章, 問題演習5の問題5-1, 5-5, 5-7, 5-8を解け。

※補足: 問題5-1... 単語を入れて文章全体を書け。

問題5-8... 上のおもりを1, 下のおもりを2として, おもり1, おもり2に働く力を, どちらに働く力か(作用点)を区別して作図せよ。

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。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