

授業予定(変更されたシラバス)

- ①力学1の確認と力学2の概要
- ②仕事
- ③運動エネルギー
- ④位置エネルギー (小)
- ⑤力学的エネルギーとその保存則 (小)
- ⑥エネルギーの総合演習 (小)
- ⑦単振動1: 定性的な理解と三角関数 (+確認試験1)
- ⑧単振動2: 運動方程式を解く
- ⑨単振動3: 問題演習 (小)
- ⑩円運動と慣性力1: 基礎事項 (小)
- ⑪円運動と慣性力2: 問題演習 (小)
- ⑫力のモーメント1: 実験的理解と定義 (小)
- ⑬力のモーメント2: 問題演習1 (小)
- ⑭問題演習2 (+確認試験2)
- ⑮まとめ
- ⑯期末試験

力学2 ≪ 学習到達目標 ≫

- 1) 仕事の定義を説明できる。
- 2) 力学的エネルギー保存則を説明できる。
- 3) 単振動の運動方程式を解き、その運動を説明できる。
- 4) 円運動と、慣性力としての遠心力を説明できる。
- 5) 力のモーメントの定義を説明できる。

第2回目 仕事

今日の授業の目的

力学2の前半は力学的エネルギーの理解を目指す。そして、エネルギーの根本的な基礎は『仕事』という考え方にある。そこで、今回の授業の目的は、仕事という考え方を理解することである。

(テキスト p.48)

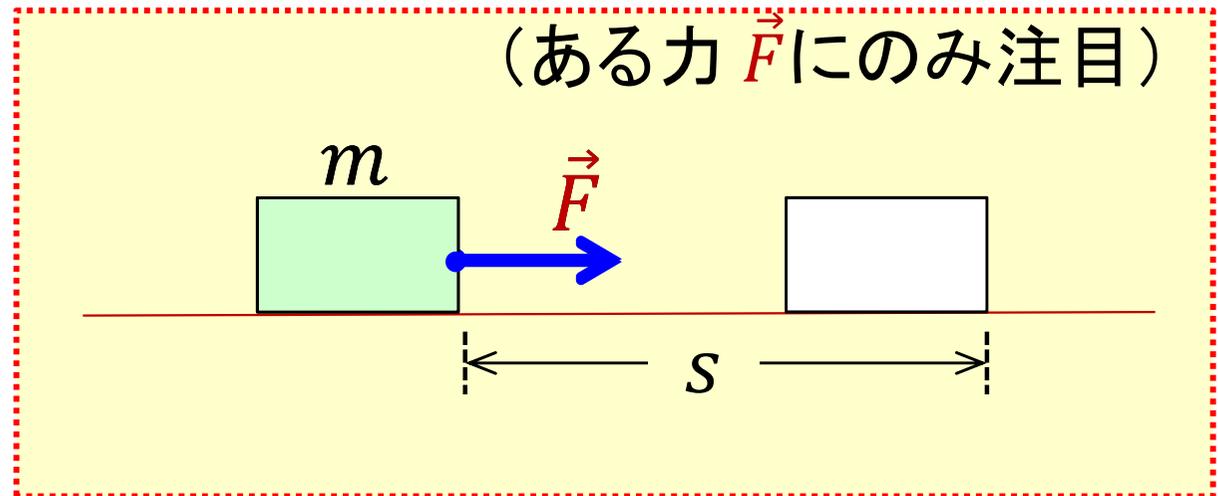
(2) 仕事の意味

物体に力が働くとき、**どれだけのエネルギーをその物体に与えたのか**を評価する量

物体に働く力 \vec{F} (の向きと大きさ) が一定
かつ直線上を運動する場合の**仕事**

物体を動かした距離が
長い程、疲れる！

力 \vec{F} のみであれば、
物体は**勢い**を増す。
(**エネルギー増大**)



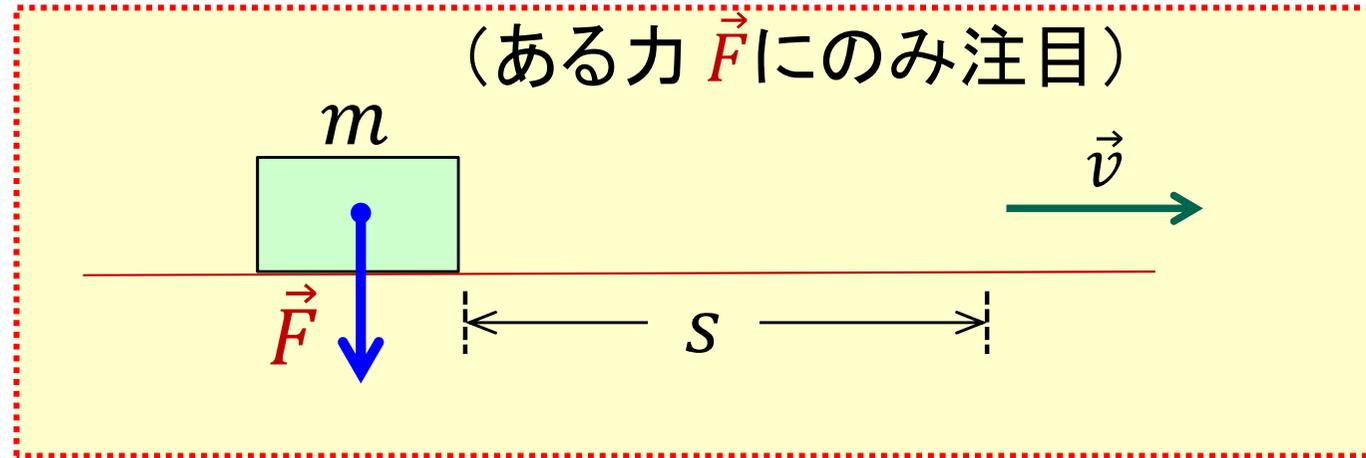
『力』×『移動距離』

◇ 仕事の意味(つづき)

(テキスト p.48)

力 \vec{F} が物体の移動方向を向いていなければ, 運動のいきおいは変化しない。(エネルギーは変化しない)

(ある力 \vec{F} にのみ注目)



この力 \vec{F} は仕事をしない。

水平なスケートリンクを滑っているときの重力

『力』×『移動距離』



力の \vec{v} 方向の成分

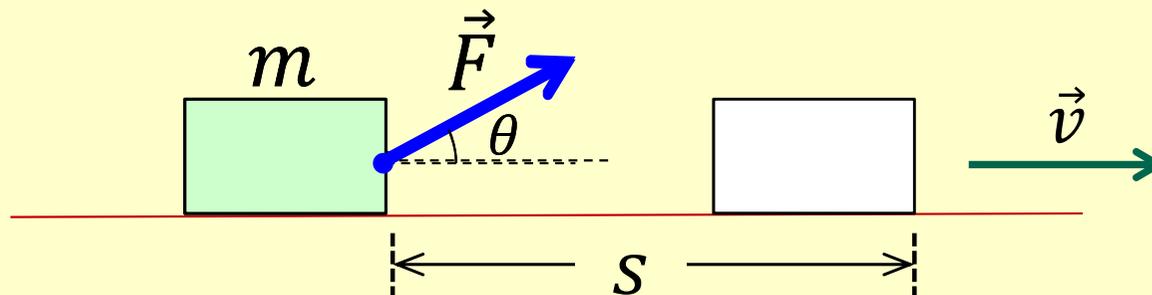
(力の移動方向の成分)

◇ 仕事の定義

(テキスト p.48)

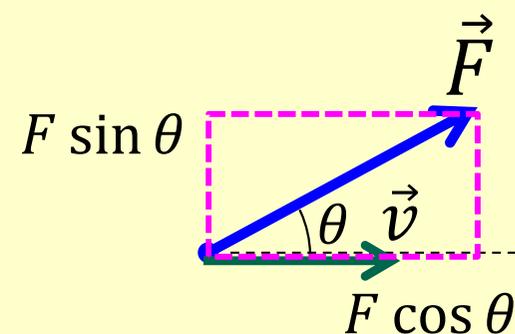
直線運動かつ \vec{F} が一定の場合の仕事

(ある力 \vec{F} にのみ注目)



仕事 W の定義

$$W = F_v s = (F \cos \theta) \times s = F s \cos \theta \quad (2.1)$$



(3) 仕事 W の単位：演習形式で理解しよう。

問題：仕事 W の単位を基本的な単位 $[m]$, $[s]$, $[kg]$ で表すと, $[kg \cdot m^2/s^2]$ であることを示せ。

仕事の定義 $W = Fs \cos \theta$ より

仕事の単位 $[J] =$ 力の単位 \times 長さの単位 $\times 1$ (単位なし)
ジュール

$$\begin{aligned} &= [N] \times [m] \\ &= [kg \cdot m/s^2] \times [m] \\ &\quad (F = ma \text{ より}) \\ &= [kg \cdot m^2/s^2] \end{aligned}$$

(4)エネルギー

「力 × 移動距離」でなくても、
どんな計算過程(どんな定義)かによらず、
とにかく仕事と同じ[J]という単位を持ち、
かつスカラーである量をエネルギーという。

例は次回以降学ぶ

(テキスト p.56~57)

(5) 演習1: 例題12.1, 問題演習12 の問題12-3に取り組む。

例題12.1は, 図を描き, **仕事の定義(2.1)**を用いて計算せよ。

問題12-3は, 図を描き, **仕事の定義(2.1)**を用いて計算せよ。

力の \vec{v} 方向の成分(移動方向成分)も求めよ。

追加問題 問題12-3をもとに, 角度を $\theta = 90^\circ$, $\theta = 180^\circ$ に変えた場合の図を描き, 力がする仕事を求めよ。

成分

$$W = Fs \cos \theta \quad (2.1)$$

(5)仕事の計算練習

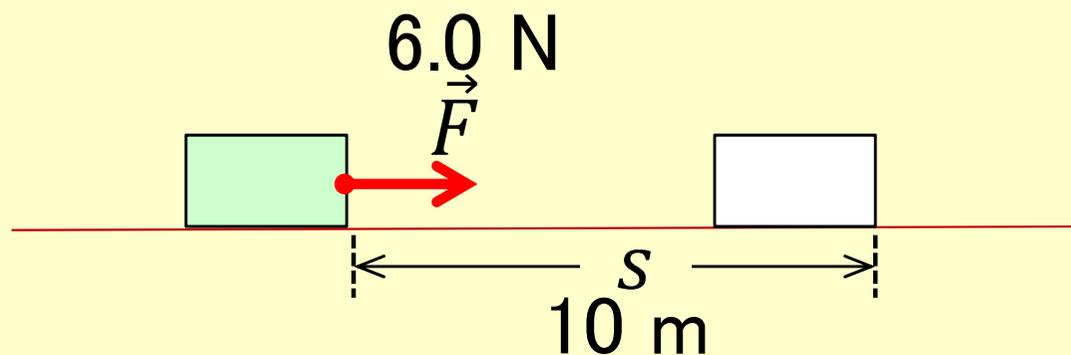
(テキスト p.56~57)

例題12.1

$$\theta = 0^\circ$$

$$W = Fs \cos \theta$$

$$= 6.0 \text{ [N]} \times 10 \text{ [m]} \times \cos 0^\circ = 60 \text{ [J]}$$



問題12-3

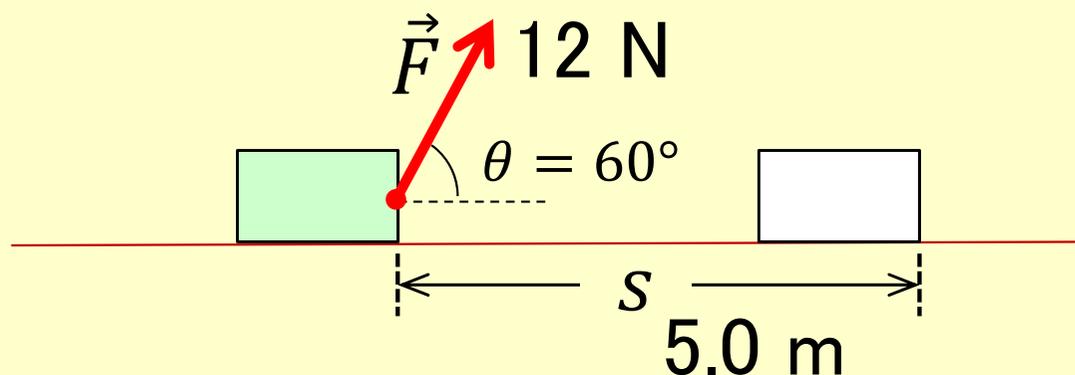
$$F_v = F \cos \theta$$

$$= 12 \text{ N} \times \cos 60^\circ$$

$$= 6.0 \text{ N}$$

$$W = Fs \cos \theta$$

$$= 12 \text{ [N]} \times 5.0 \text{ [m]} \times \cos 60^\circ = 30 \text{ [J]}$$



(テキスト p.56~57)

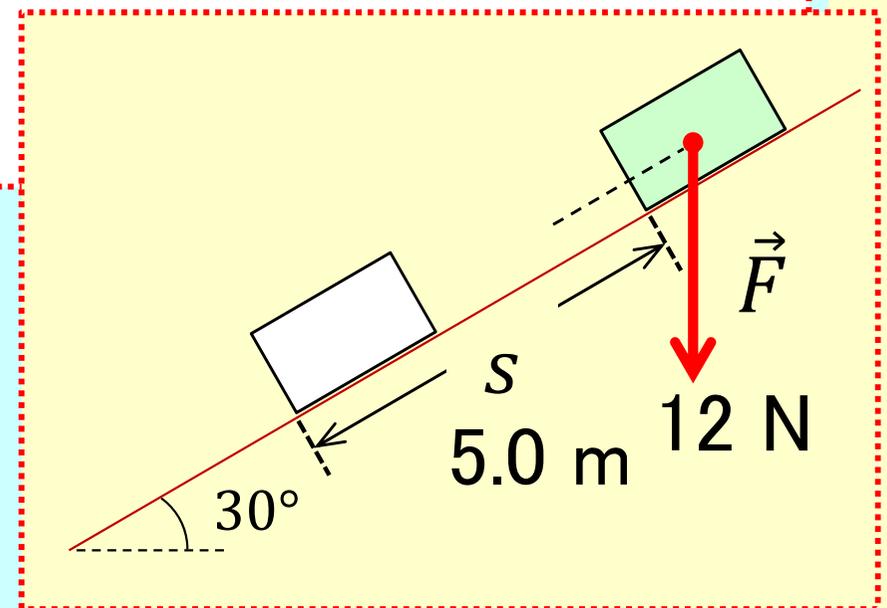
(5) 演習1: 追加問題に取り組む。

追加問題 問題12-3をもとに, 角度を $\theta = 90^\circ$, $\theta = 180^\circ$ に変えた場合の図を描き, 力がする仕事を求めよ。

問題12-3をもとに, 角度を $\theta = 150^\circ$ に変えた場合の図を描き, 力がする仕事を求めよ。

追加応用問題: 重さ12 Nの物体が傾斜角 30° の斜面を5.0 m 滑り降りる。重力がした仕事を求めよ。

4分

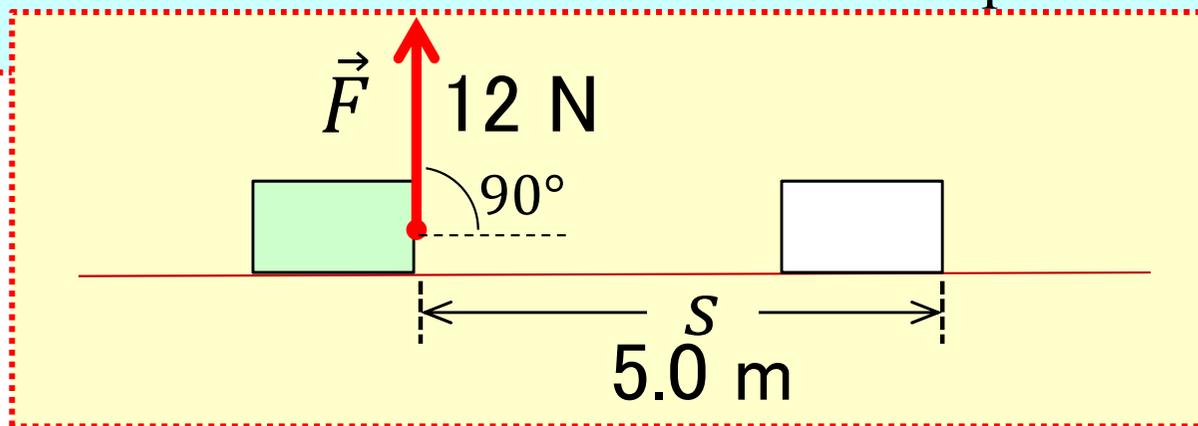


(5)追加問題

(テキスト p.56~57)

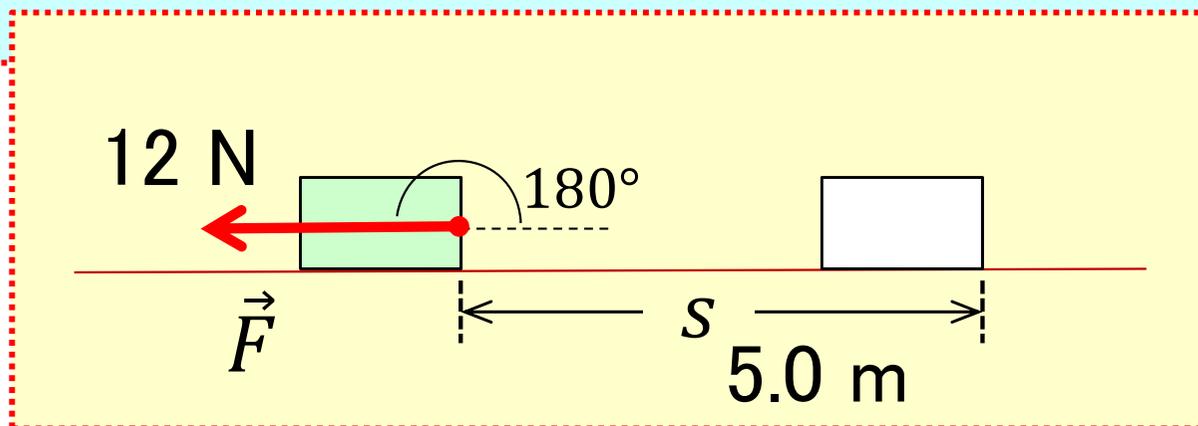
$$\begin{aligned} F_v &= F \cos \theta \\ &= 12 \text{ N} \times \cos 90^\circ \\ &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= Fs \cos \theta \\ &= 12 \text{ [N]} \times 5.0 \text{ [m]} \times \cos 90^\circ = 0 \text{ [J]} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F_v &= F \cos \theta \\ &= 12 \text{ N} \times \cos 180^\circ \\ &= -12 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= Fs \cos \theta \\ &= 12 \text{ [N]} \times 5.0 \text{ [m]} \times \cos 180^\circ = -60 \text{ [J]} \end{aligned}$$



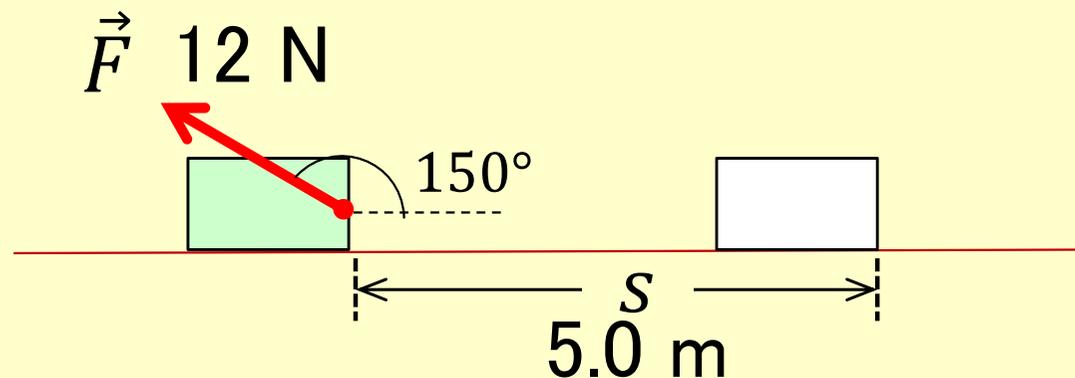
(5)追加問題

(テキスト p.56~57)

$$\begin{aligned}F_v &= F \cos \theta \\ &= 12 \text{ N} \times \cos 150^\circ \\ &= -6\sqrt{3} \text{ N}\end{aligned}$$

$$W = Fs \cos \theta$$

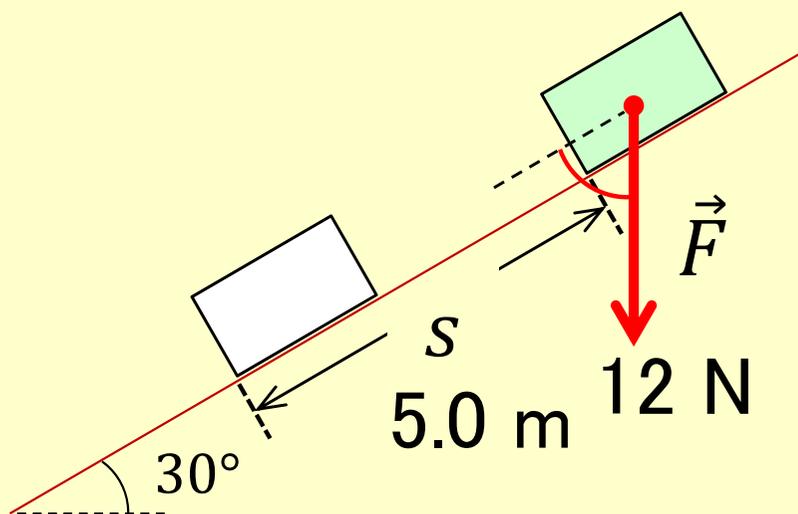
$$\begin{aligned}&= 12 \text{ [N]} \times 5.0 \text{ [m]} \times \cos 150^\circ = 60 \times \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \text{ [J]} \\ &= -30\sqrt{3} \text{ [J]}\end{aligned}$$



(5)追加応用問題

$$\theta = 60^\circ$$

$$\begin{aligned}W &= Fs \cos \theta \\ &= 12 \text{ [N]} \times 5.0 \text{ [m]} \times \cos 60^\circ \\ &= 30 \text{ [J]}\end{aligned}$$

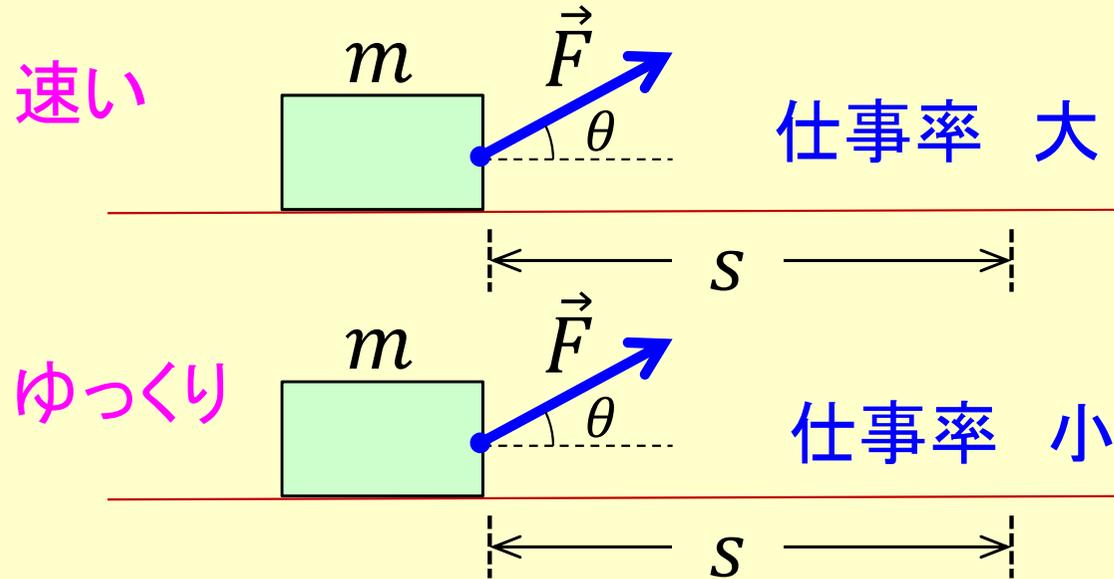


(6) 仕事率 : 単位時間あたりの仕事

(テキスト p.54)

\vec{v} が一定の場合の仕事率 単位は[W](ワット)=[J/s]

$$s = v_x t \text{ なので}$$
$$W = F s \cos \theta$$
$$= F v_x t \cos \theta$$



仕事率 P

$$P = \frac{W}{t} = F v_x \cos \theta$$

(7) 内積で表す仕事, 仕事率

(テキスト p.92)

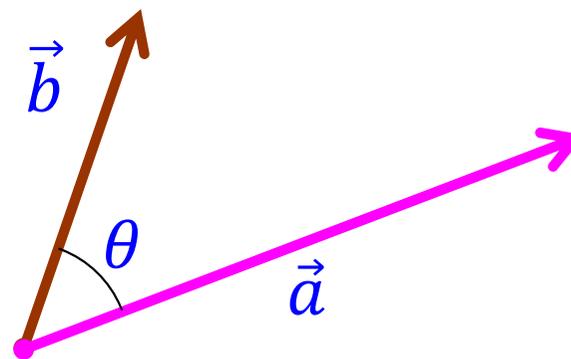
仕事や仕事率を簡潔に扱うための数学：内積

2つのベクトル $\vec{a} = (a_x, a_y)$ と $\vec{b} = (b_x, b_y)$ を考える。
その間の角を θ とする。

ベクトルの内積 $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta \left[= a_x b_x + a_y b_y \right]$

仕事： $W = F s \cos \theta = \vec{F} \cdot \vec{s}$ [J]

仕事率： $P = F v_x \cos \theta = \vec{F} \cdot \vec{v}$ [J/s]



(8)演習2 ①

(テキスト p.92)

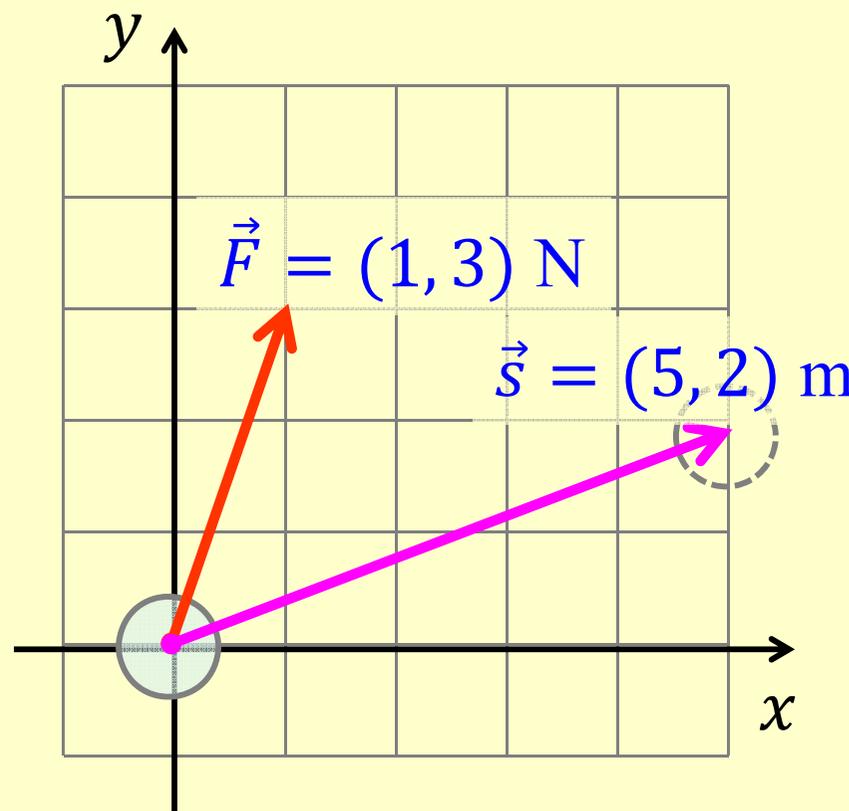
物体に $\vec{F} = (1, 3) \text{ N}$ の力を加えながら、
 $\vec{s} = (5, 2) \text{ m}$ だけ移動させた。

力がした仕事 $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$ を
内積の成分表示

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y$$

を用いて求めよ。

通分



(8)演習2 ①

(テキスト p.92)

$$\vec{F} = (F_x, F_y)$$

$$\vec{s} = (\Delta x, \Delta y)$$

の記号を用いる。

力がした仕事は、

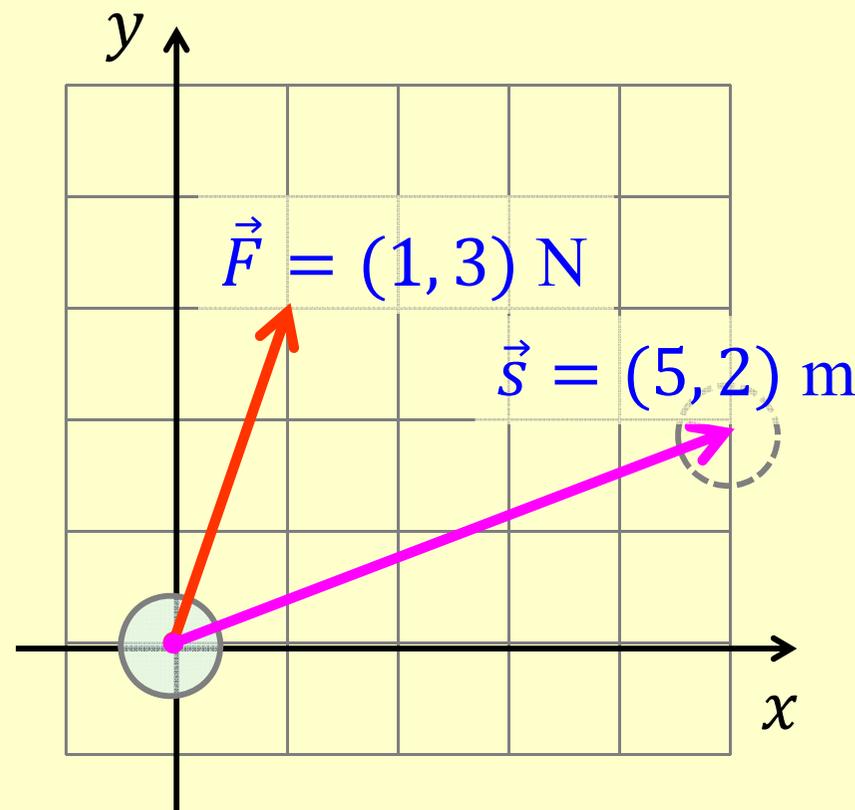
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$= F_x \Delta x + F_y \Delta y$$

$$= (1 \times 5 + 3 \times 2) [\text{J}]$$

$$= 11 [\text{J}]$$

$W = F s \cos \theta$ で求めようとするとなかなか難しい！



(8)演習2 ② 発展

(テキスト p. 92)

x 軸の正方向の単位ベクトルを $\vec{i} = (1,0)$, (x 軸の向きを表す)

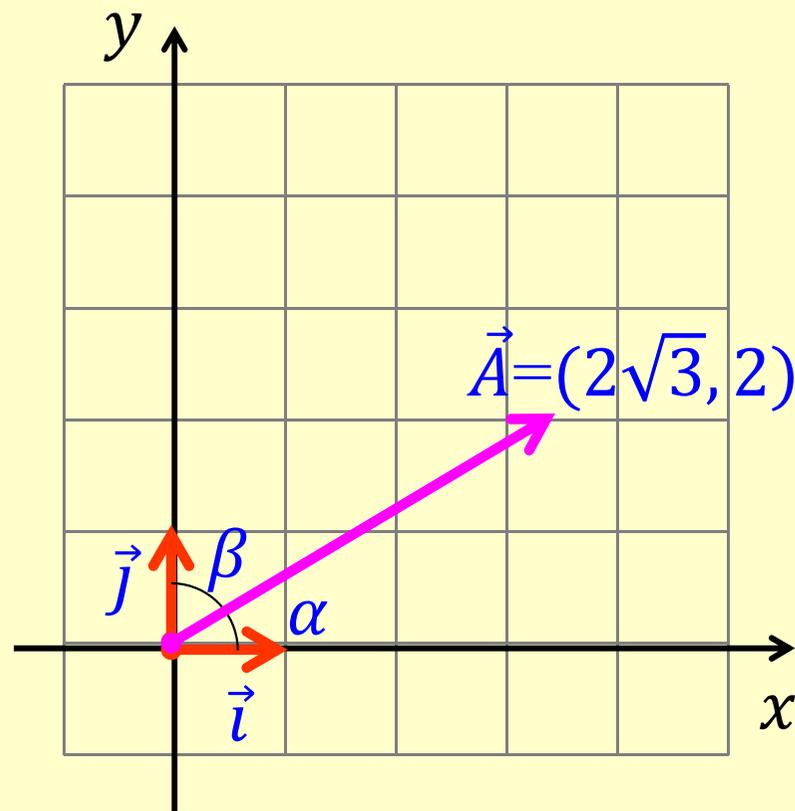
y 軸の正方向の単位ベクトルを $\vec{j} = (0,1)$, (y 軸の向きを表す)

$\vec{A} = (2\sqrt{3}, 2)$ のとき,

内積 $\vec{A} \cdot \vec{i}$ が \vec{A} の x 成分で
あることを示し,

\vec{i} と \vec{A} の大きさ, 角 α を求めよ。

④ 分



◇演習2 ②

(テキスト p. 92)

単位ベクトル $\vec{i} = (1, 0)$,

$$\begin{aligned}\vec{A} \cdot \vec{i} &= 1 \times 2\sqrt{3} + 0 \times 2 = 2\sqrt{3} \\ &= A \cos \alpha \quad (\vec{A} \text{ の } x \text{ 成分})\end{aligned}$$

$$i = |\vec{i}| = \sqrt{1^2 + 0^2} = 1$$

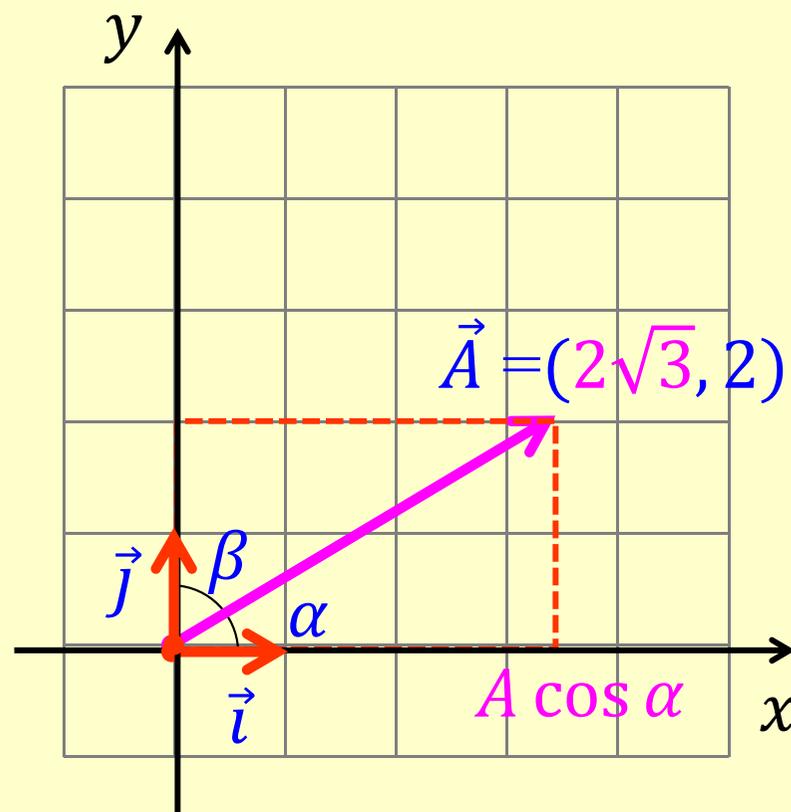
$$A = |\vec{A}| = \sqrt{(2\sqrt{3})^2 + 2^2} = 4$$

$$\begin{aligned}\vec{A} \cdot \vec{i} &= A \times 1 \times \cos \alpha \\ &= 4 \cos \alpha = 2\sqrt{3}\end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \alpha = \cos^{-1} \frac{\sqrt{3}}{2} = 30^\circ$$

(参考) 単位ベクトルは大きさが1で、向きだけを表すベクトル。

使いこなせると便利。成分の意味： $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j}$



第2回授業 レポート課題

テキスト(p.57~58)の問題演習12 から

問1:問題12-2(1)(ただし問題文に「…物体に水平方向に5.0Nの一定の…」と追加修正する。), 問2:問題12-5, 問3:問題12-6(1)(2)(3), を解け。

(問2(1)(2)で求める仕事をそれぞれ W_1 , W_2 とする。問3(2)(3)で求める仕事をそれぞれ W_3 , W_4 とする。)

問4:問題演習23 の問題23-6(p.94)について, 各ベクトルの大きさ $|\vec{a}| = a$, $|\vec{b}| = b$ と内積 $\vec{a} \cdot \vec{b}$ を求めよ。

角度 θ を求める所までは要求しない。

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。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, 今週の**金曜日(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

- ・次週の授業プリント

(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