

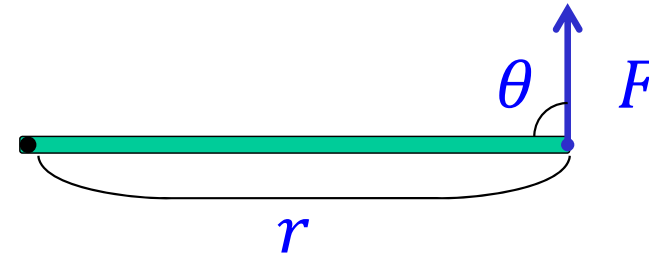
### テキスト第3章, 問題演習3

#### 問題 3-1

説明・計算（求める力のモーメントを $N$ とする。力のモーメントの符号の基準も各自で設定すること。）：

力のモーメント

$$N = rF \sin \theta$$

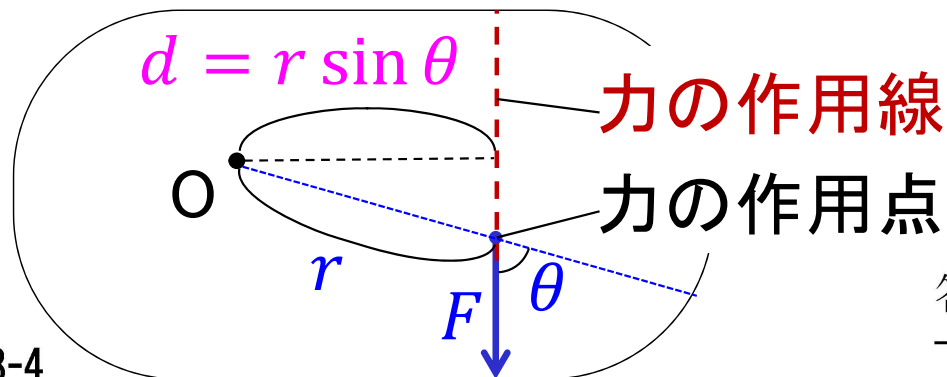


答： $N =$

---

#### 問題 3-2

説明・計算（求める力のモーメントを $N$ とする。力のモーメントの符号の基準も各自で設定すること。）：



力のモーメント

$$N = F \cdot r \sin \theta = Fd$$

$d$ : 腕の長さ

(作用線までの距離)

答： $N =$

---

#### 問題 3-4

説明・計算（求める力のモーメントを $N$ とする。力のモーメントの符号の基準も各自で設定すること。）：

答： $N =$

---

問題 3-5（この問題では、力のモーメントの符号は時計回りを正とする。）

(1)説明・計算（求める力のモーメントを $N_1$ とする。）

(3)説明・計算（求める力のモーメントを $N_3$ とする。符号も考えて和をとる。）：

力のモーメント  $N = rF \sin \theta$

時計回りを正としているので、略解とは符号が逆になる。

略解には「偶力」という用語が出てくるが、気にせず2つの力のモーメントの和をとれば、同じ結果が得られる。

答： $N_3 =$

---

(4)説明・計算（求める力のモーメントを $N_4$ とする。符号も考えて和をとる。）：

答： $N_4 =$

---

問題 3-6

(2.6)

プリント項目(5) のつり合い条件(キ)のうち、どれを使うと何が求まるかを考えること。

(1) 説明・計算（求める伸びを $D$ とする）：力を図示する。力のつり合いを考えている方向と正とする向きを明記して、式を立てる。

答 :  $N_4 =$

---

問題 3-6

(2.6)

プリント項目(5) のつり合い条件(キ)のうち、どれを使うと何が求まるかを考えること。

(1) 説明・計算 (求める伸びを  $D$  とする) : 力を図示する。力のつり合いを考えている方向と正とする向きを明記して、式を立てる。

棒に加わる3つの力のつり合いを考える。

Oに加わる上向きのばねの力

Aに加わる下向きの荷重 (おもりに働く重力  $2.0\text{N}$  に等しい)

Bに加わる下向きの荷重 (おもりに働く重力  $3.0\text{N}$  に等しい)

⇒ ばねの伸びが求まる。

答 :  $D =$

---

(2) 説明・計算 (求める長さを  $L$  とする。力のモーメントの符号の基準は各自で設定すること。) :  
どの点のまわりの力のモーメントのつり合いを考えているのかを明記して、式を立てる。

棒に加わる3つの力のモーメントのつり合いを考える。

略解では、Oのまわりで力のモーメントを求めている (Oのまわりで回転しない条件)。[AやBのまわりで考えてもよい。]

⇒ AOの長さ  $L$  が求まる。

答 :  $L =$

---

## 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13回目 力のモーメント2(問題演習)

### 今日の授業の目的

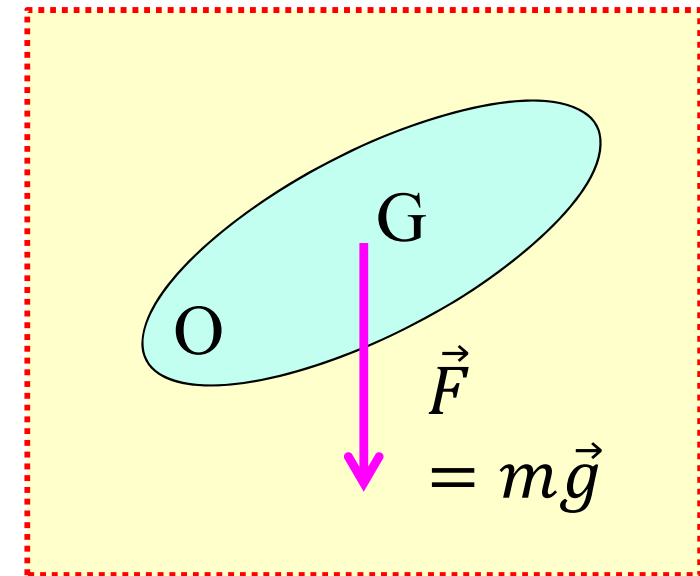
前回の授業で、力のモーメントの定義と意味、そして物体の大きさも考慮した場合のつり合い(ただし、物体に働く力が全て同一平面に平行な場合)を理解した。そこで、今回の授業の目的は、前回の授業内容を定着させるための問題演習である。次回は、前回の確認テスト1以降の内容(単振動から後の内容)の確認テストを行う。これまでの授業内容の問題について、自力で適切な答案(図・説明文・計算をレイアウトよくまとめた答案)が書けるように、解答練習を十分に行うこと。

## 前回(3) 物体の重心

物体を構成する要素(原子など)それぞれに働く。  
そして、一つ一つの構成要素に働く重力の和が、物体全体に  
働く重力(大きさ $mg$ )である。

物体全体に働く重力の作用点  $\Rightarrow$  重心G

一様で対称性のよい形の場合  
(長方形の板, 円板, 球など)は,  
図形的な中心が重心



## 前回(5) 物体の大きさも考慮した上でのつり合い

物体が全体として運動せず(重心が静止して),  
かつ物体が回転(自転)しない場合が,  
物体の大きさも考慮した上でのつり合い状態である。

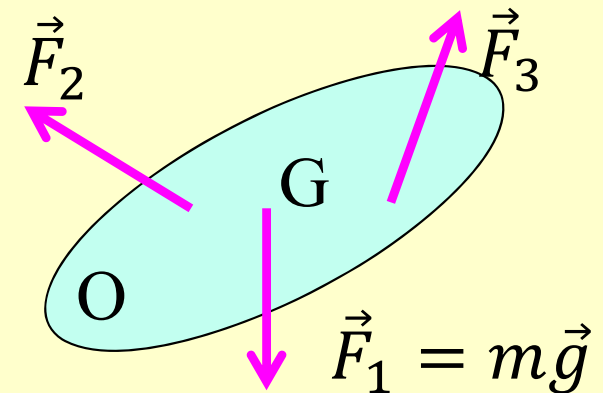
$$\text{重心静止の条件: } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}$$

↑合力がゼロ

$$\text{自転しない条件: } N_1 + N_2 + \dots + N_n = 0$$

↑力のモーメントの和がゼロ

力のモーメント $N$ を計算するとき  
原点 $O$ はどこにとってもよいが,  
すべての力 $\vec{F}$ で共通とすること。



(1) 問題演習3, 問題3-9に取り組む。

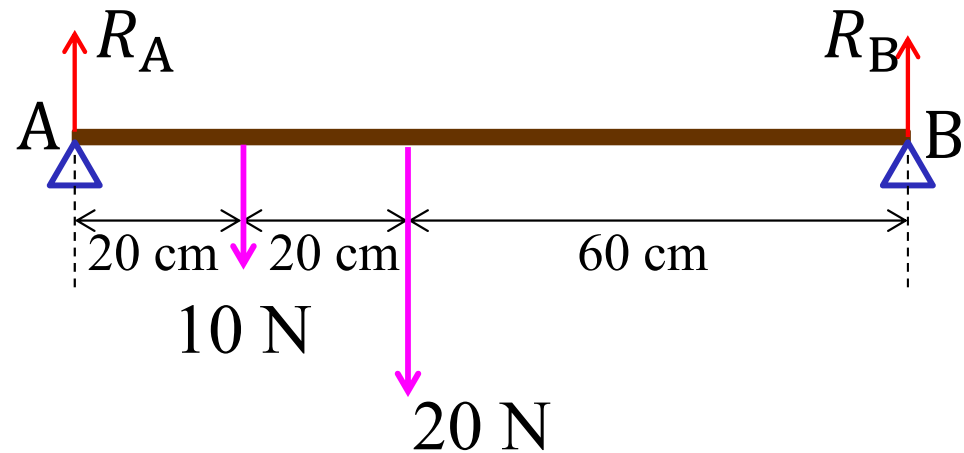
『軽い棒』は, 『棒の質量は十分軽くて無視できる(棒の重力を無視できる)』という意味。

物体の大きさを考慮したつり合い条件を考えよ。

力のモーメントを計算する際の**原点(回転中心)の位置を上手く選ぶ**と, 計算が少し楽になる。

⇒ 点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

10分



(1) 問題演習3, 問題3-9に取り組む。

力のつり合い式

水平方向の力の成分はない  $\Rightarrow$  つり合い式不要

鉛直方向 (鉛直上向きを正とする)

$$R_A + R_B + (-10\text{N}) + (-20\text{N}) = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

力のモーメントのつり合い式

点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

(点Bのまわりの  $R_B$  のモーメントはゼロ)

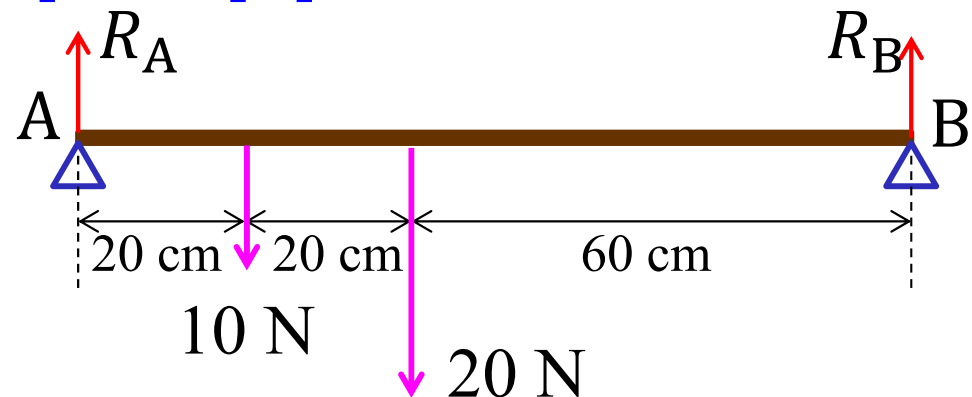
$$\begin{aligned} -1.00[\text{m}] \times R_A \sin 90^\circ + 0.80[\text{m}] \times 10[\text{N}] \cdot \sin 90^\circ \\ + 0.60[\text{m}] \times 20[\text{N}] \cdot \sin 90^\circ = 0 \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

②より

$$R_A = 20[\text{N}]$$

①に代入して

$$R_B = 10[\text{N}]$$



(2) 問題演習3, 問題3-7に取り組む。

物体の大きさを考慮したつり合い条件を考えよ。

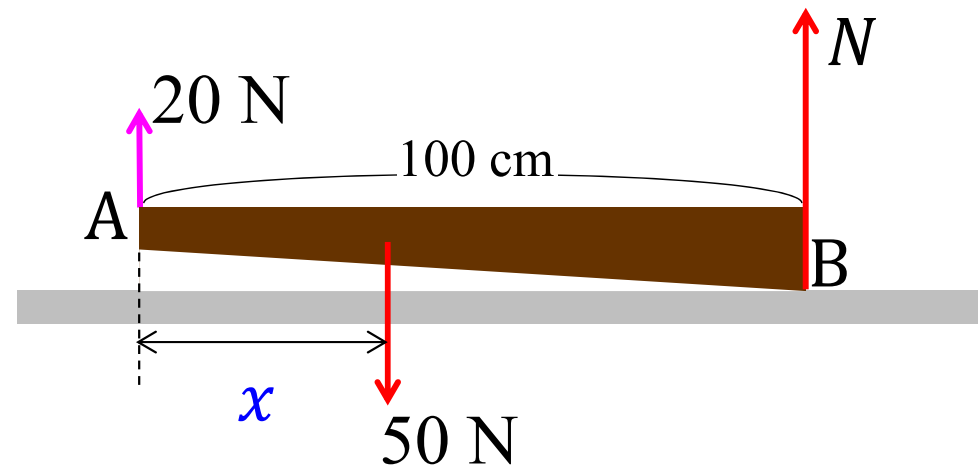
力のモーメントを計算する際の**原点(回転中心)の位置を上手く選ぶ**と, 計算が少し楽になる。

(1) 重心は端Aから何cm?

⇒ 点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

(2) 端Bに力を加えて少し持ち上げる。鉛直上向きに何N?

4分



(2) 問題演習3, 問題3-7に取り組む。

(1) 重心は端Aから何cm？

力のつり合い式は不要(参考  $20\text{N} + (-50\text{N}) + N = 0$ )

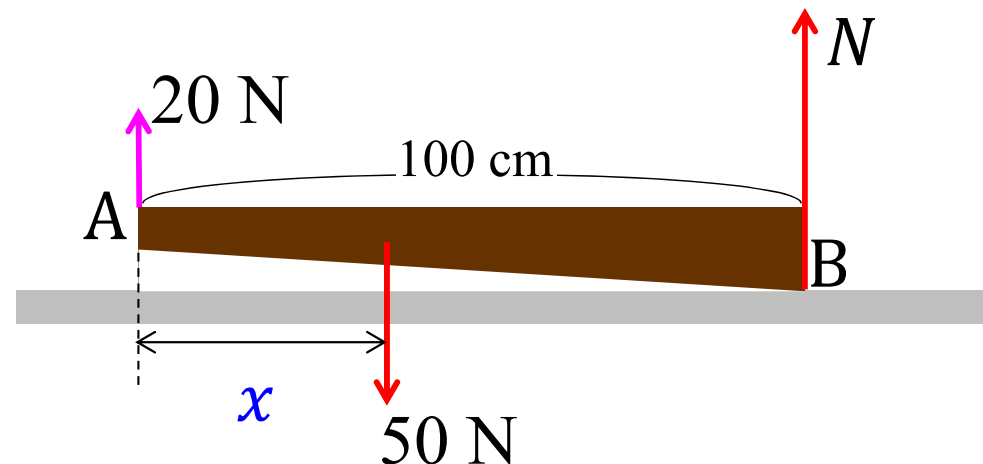
力のモーメントのつり合い式

点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

(点Bのまわりの $N$ のモーメントはゼロ)

$$\begin{aligned} & -1.00[\text{m}] \times 20[\text{N}] \cdot \sin 90^\circ \\ & + (1 - x) \cdot 50[\text{N}] \cdot \sin 90^\circ = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore x = 0.60[\text{m}]$$



(2) 問題演習3, 問題3-7に取り組む。

(2) 端Bに力を加えて少し持ち上げる。鉛直上向きに何N？

力のモーメントのつり合い式

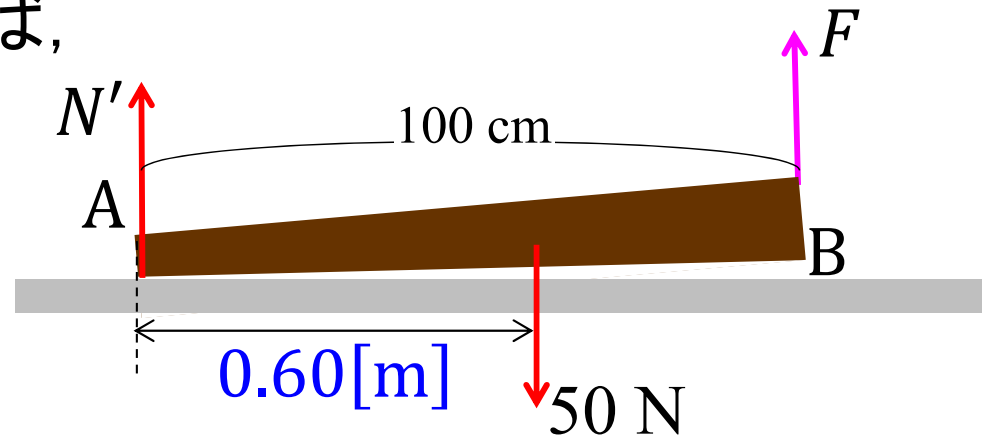
⇒ 点Aを回転中心, 反時計回りを正とする。

$$-1.00[\text{m}] \cdot F \cdot \sin 90^\circ + 0.60[\text{m}] \times 50[\text{N}] \cdot \sin 90^\circ = 0$$

$$\therefore F = 30[\text{N}]$$

このつり合い状態が, 端Aを持ち上げたときに実現した状態と同じであることに気づけば,

30[N]とすぐに求められる。

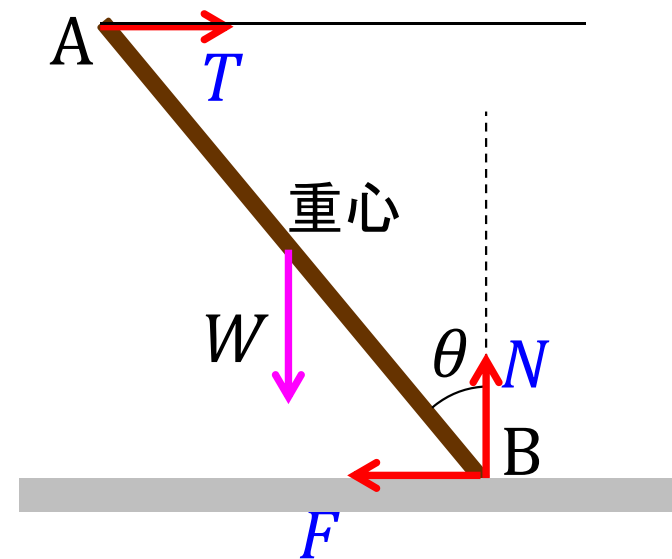


(3) 問題演習3, 問題3-10に取り組む。

この問題では, 重力の大きさ $W$ , 棒の傾き角 $\theta$ , 棒の長さ $\ell$ は与えられた量としている。何が未知変数かに注意して, 物体の大きさを考慮したつり合い条件を考えよ。なお, 一様な細い棒の重心は, 棒の長さの中央の位置にある。

⇒ 点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

4分



(3) 問題演習3, 問題3-10に取り組む。

力のつり合い式

水平方向(水平右向きを正とする)

$$T - F = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

鉛直方向(鉛直上向きを正とする)

$$N - W = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

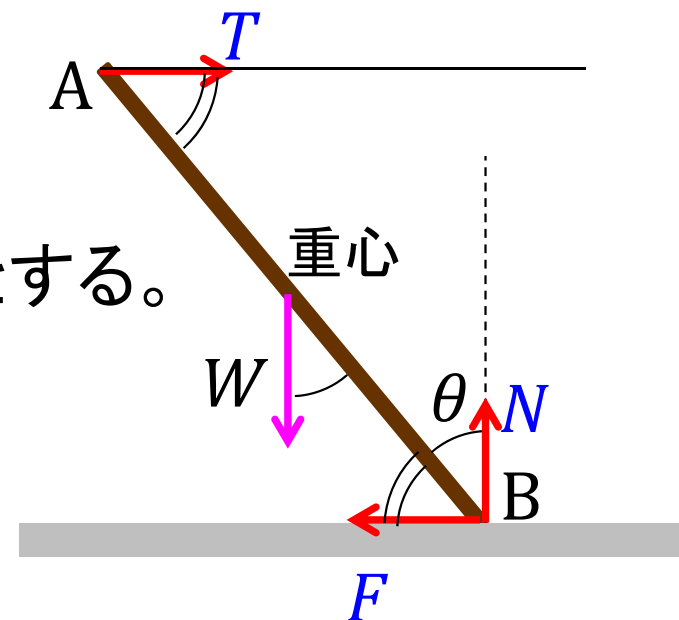
力のモーメントのつり合い式

点Bを回転中心, 反時計回りを正とする。

$$-\ell T \sin(90^\circ - \theta) + \frac{\ell}{2} W \sin \theta = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

③より  $T = (W/2) \tan \theta$ ,

①より  $F = (W/2) \tan \theta$ , ②より  $N = W$



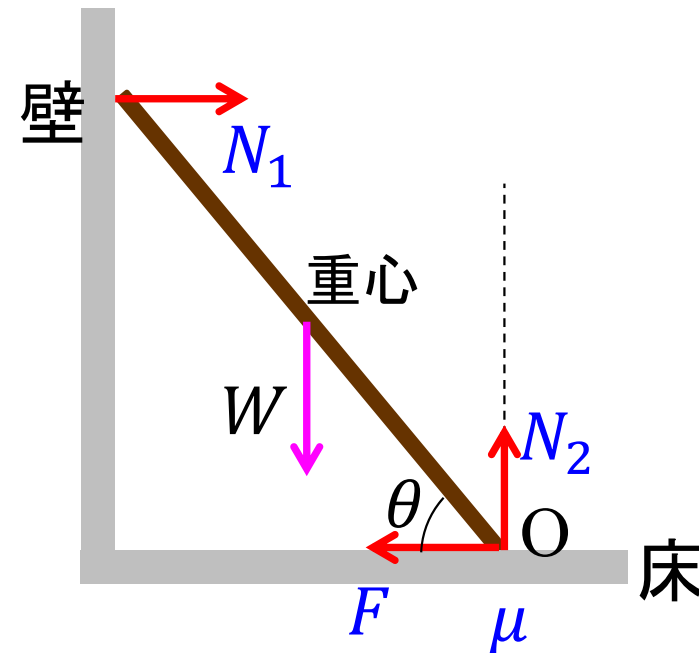
摩擦 force  $F$  が無い  
とどうなる?

(4) 問題演習3, 問題3-11に取り組む。

この問題では, 重力の大きさ $W$ , 棒の長さ $\ell$ は与えられた量としている。何が未知変数かに注意して, 物体の大きさを考慮したつり合い条件を考えよ。なお, 一様な細い棒の重心は, 棒の長さの中央の位置にある。

⇒ 床と接する端Oを回転中心, 反時計回りを正とする。

4分



(3) 問題演習3, 問題3-11に取り組む。

力のつり合い式

水平方向 (水平右向きを正とする)

$$N_1 - F = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

鉛直方向 (鉛直上向きを正とする)

$$N_2 - W = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

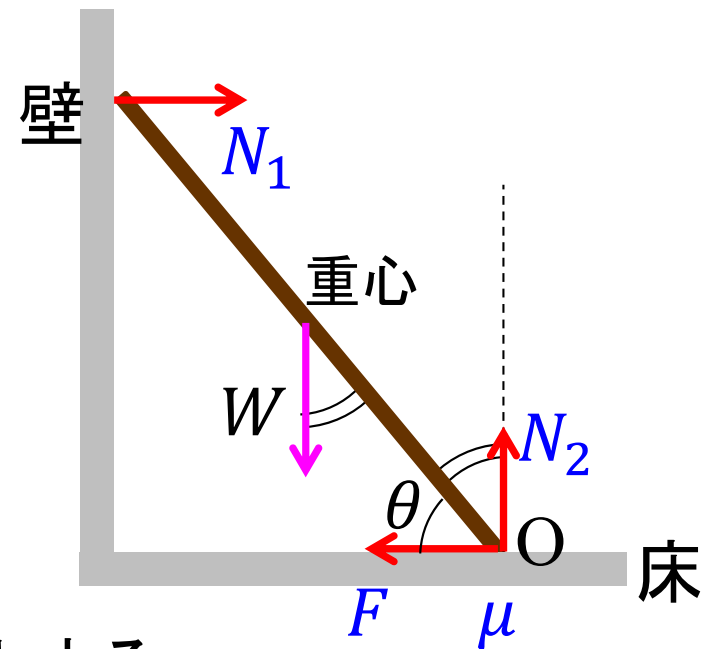
力のモーメントのつり合い式

点Oを回転中心, 反時計回りを正とする。

$$-\ell N_1 \sin \theta + \frac{\ell}{2} W \sin(90^\circ - \theta) = 0$$

$$-N_1 \sin \theta + (W/2) \cos \theta = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

次に, 最小の $\theta$ を求める条件を考える。



(3) 問題演習3, 問題3-11に取り組む。

$$N_1 - F = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$N_2 - W = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

$$-N_1 \sin \theta + (W/2) \cos \theta = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

棒が倒れないでいる最小の $\theta$ は  
静止摩擦力が最大するとき。

$$F = \mu N_2 = 0.5N_2 \quad \dots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{1} \text{と} \textcircled{4} \text{より } N_1 = F = 0.5N_2$$

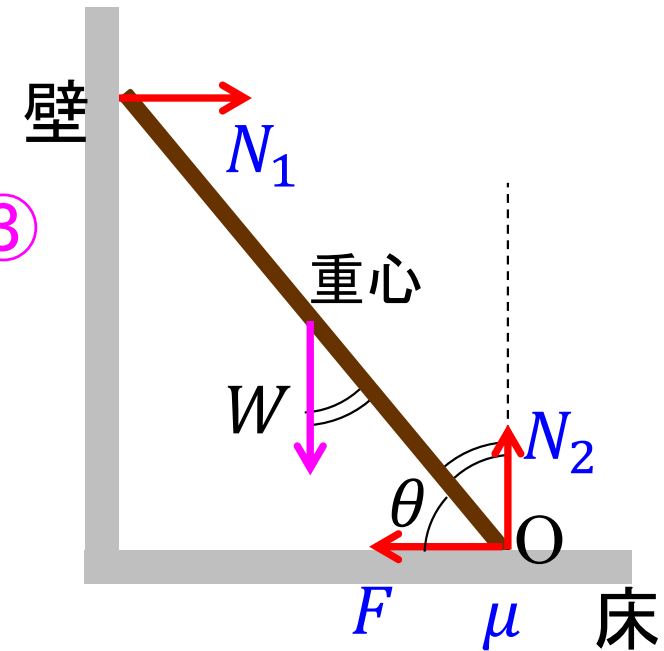
$$\textcircled{2} \text{を用いて } N_1 = 0.5N_2 = 0.5W$$

$$\textcircled{3} \text{に代入して } -0.5W \sin \theta + (W/2) \cos \theta = 0$$

$$-\sin \theta + \cos \theta = 0$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = 1 \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

$$\left( \tan \theta = \frac{1}{2\mu} \right)$$



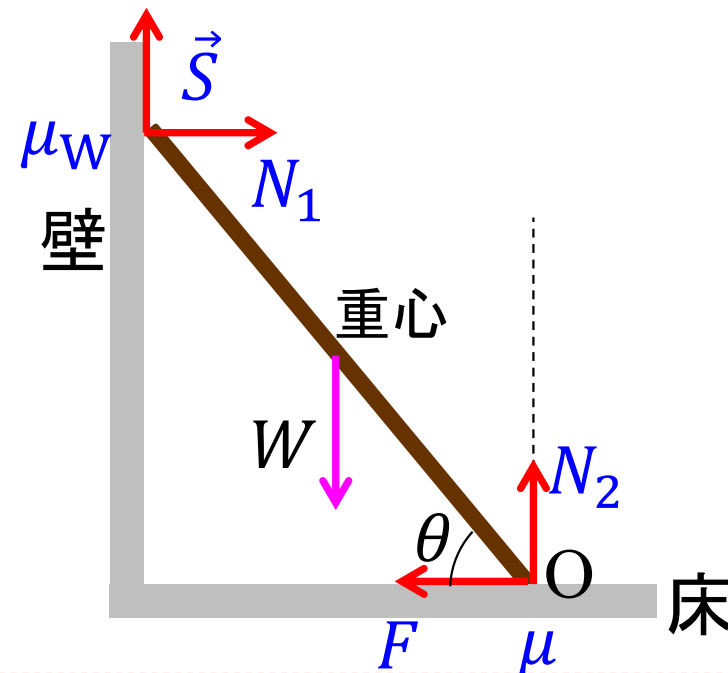
(4) 問題演習3, 問題3-11の追加問題に取り組む。

追加問題: 壁と接する棒の端点にも静止摩擦力(大きさ  $S$ )  
が働く。(p.15と同じ図を描いて, 適切に静止摩擦力  $\vec{S}$   
の矢印を書き込め。)

壁と棒の間の静止摩擦係数を  $\mu_W = 0.10$  とする。  
棒が倒れないでいることのできる最小の  $\theta$  を求めよ。

⇒ 点Oを回転中心,  
反時計回りを正とする。

4分



(4) 問題3-11の追加問題に取り組む。

力のつり合い式

水平方向 (水平右向きを正とする)

$$N_1 - F = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

鉛直方向 (鉛直上向きを正とする)

$$N_2 + S - W = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

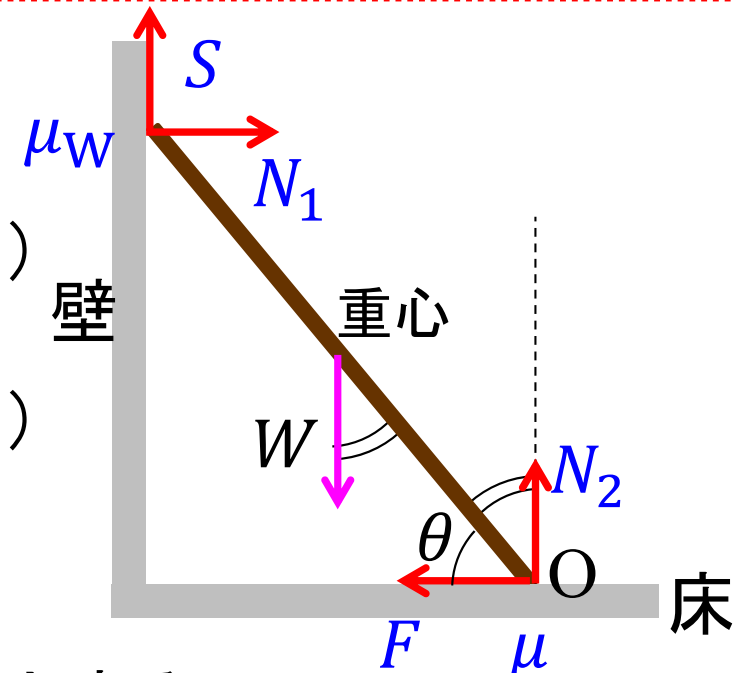
力のモーメントのつり合い式

点Oを回転中心, 反時計回りを正とする。

$$-\ell N_1 \sin \theta + \{-\ell S \sin(90^\circ - \theta)\} \\ + \frac{\ell}{2} W \sin(90^\circ - \theta) = 0$$

$$-N_1 \sin \theta - S \cos \theta + (W/2) \cos \theta = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

次に, 最小の $\theta$ を求める条件を考える。



参考: (最小の $\theta$ より大きい)ある角度 $\theta$ でつり合わせたときは, 答が1つに決まらない。  
未知数4個, 方程式3個。

(4) 問題3-11の追加問題に取り組む。

$$N_1 - F = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$N_2 + S - W = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

$$-N_1 \sin \theta - S \cos \theta + (W/2) \cos \theta = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

棒が倒れないでいる最小の $\theta$ は  
静止摩擦力が最大するとき。

$$F = \mu N_2 = 0.5 N_2 \quad \dots \textcircled{4}$$

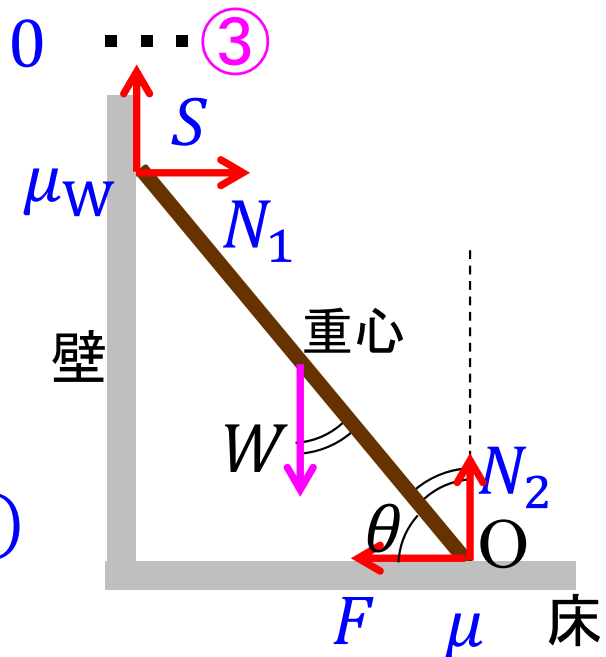
$$S = \mu_w N_1 \quad \dots \textcircled{5}$$

$$\textcircled{1}\textcircled{2}\textcircled{4}\textcircled{5} \text{より } N_1 = F = \mu W / (1 + \mu_w \mu)$$

$$S = \mu_w \mu W / (1 + \mu_w \mu)$$

③に代入して

$$-\mu W / (1 + \mu_w \mu) \sin \theta - \{\mu_w \mu W / (1 + \mu_w \mu)\} \cos \theta + (W/2) \cos \theta = 0$$



(4) 問題3-11の追加問題に取り組む。

③に代入して

$$-\mu W / (1 + \mu_W \mu) \sin \theta - \{ \mu_W \mu W / (1 + \mu_W \mu) \} \cos \theta + (W/2) \cos \theta = 0$$

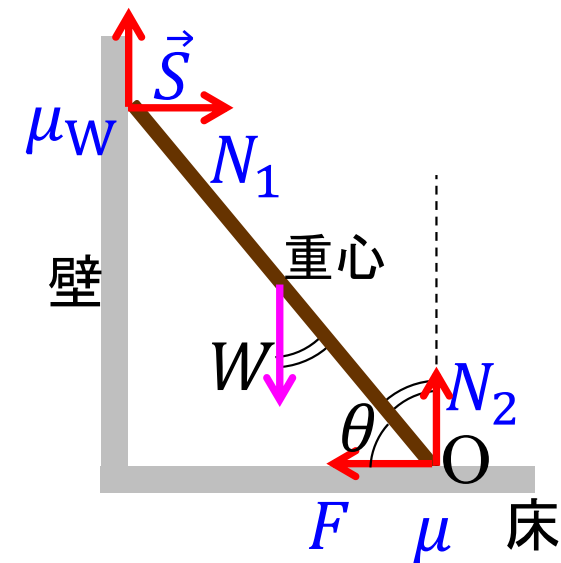
$$-\mu \sin \theta - \mu_W \mu \cos \theta + \{ (1 + \mu_W \mu) / 2 \} \cos \theta = 0$$

$$-\mu \sin \theta - \frac{2\mu_W \mu}{2} \cos \theta + \frac{1 + \mu_W \mu}{2} \cos \theta = 0$$

$$-\mu \sin \theta + \frac{1 - \mu_W \mu}{2} \cos \theta = 0$$

$$\begin{aligned} \therefore \tan \theta &= \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{1 - \mu_W \mu}{2\mu} \\ &= \frac{1 - 0.1 \times 0.5}{2 \times 0.5} = 0.95 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \theta = \tan^{-1} 0.95 = 43.5^\circ$$



## 第13回授業 レポート課題

今回は、確認テスト2[単振動，等速円運動，慣性力，力のモーメント]へ向けて解答練習したものをレポートとします。

ただしこのレポートは，確認テスト2が終了した，授業終了時に集めます。レポート用紙などを用いて，1枚目の上部に学籍番号と氏名を書く。複数枚の場合は必ずホッチキスで止めること。

\* 提出方法や提出場所・期限が通常と異なるので注意せよ。

---

提出：次回(第14回)授業終了時に回収

- ・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