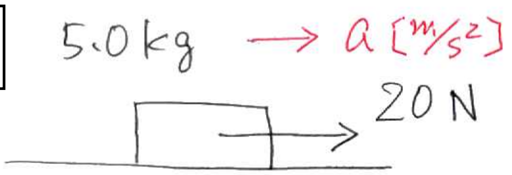
# §4 プロセス

**1** 手からはなれたボールにはたらく力は，鉛直下向きの重力だけである。運動方程式から，ボールには鉛直下向きに加速度が生じ，水平方向の加速度は0である。

したがって手をはなす前に電車とともに運動していた速度の水平成分は変わらないので，ボールは手の真下に落ちる。

**2**

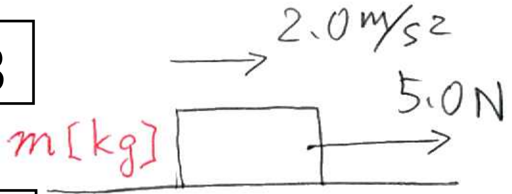


運動方程式より，

$5.0a = 20$

$a = 0.40\ \mathrm{m/s^2}$　右向きに $4.0\ \mathrm{m/s^2}$ Ans.

**3**



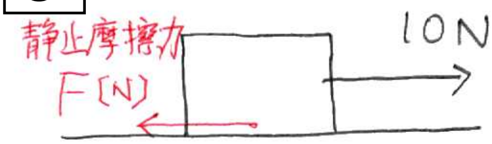
運動方程式より

$m \times 2.0 = 5.0$

$m = 2.5\ \mathrm{kg}$　2.5kg Ans.

**4** **解答冊子のとおりです。**

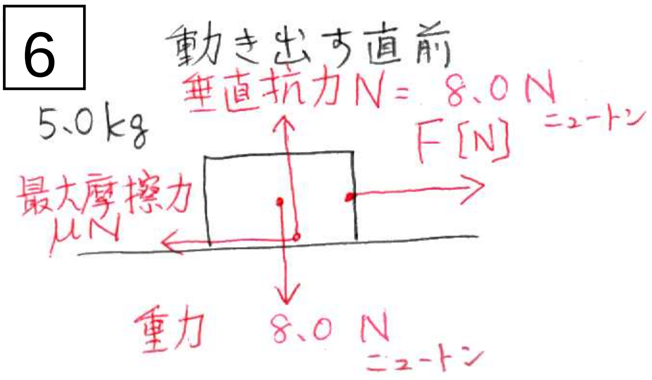
**5**



力のつりあいより

$F = 10\ \mathrm{N}$　10N Ans.

**6**



動き出す直前の力のつりあいより

$F = \mu N$

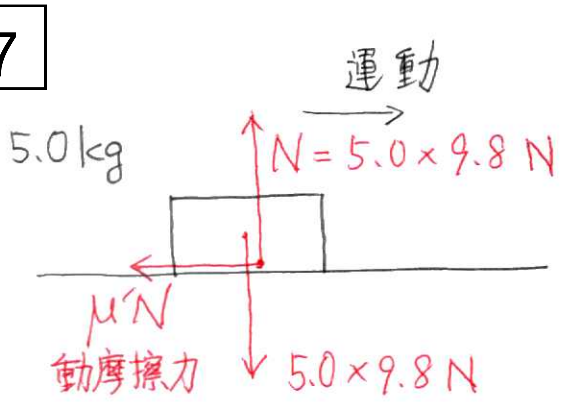
$= 0.60 \times 8.0$

$= 4.8\ \mathrm{N}$

4.8N Ans.

# §4 プロセス

## 7



$\mu' N = 0.40 \times 5.0 \times 9.8$

$= 19.6$ N

<u>20 N</u> Ans.

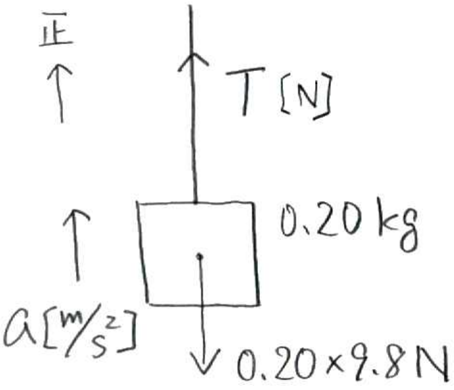
動摩擦力の大きさは，運動の速さによらないので，<u>20N</u> Ans

## 8

（範囲外）

# 基例10

糸の張力の大きさを $T$[N]として，物体の加速度 $a$[m/s²]との関係式をつくってみましょう。（標準的な解答は問題冊子を）



運動方程式より，

$$0.20\,a = T - 0.20\times 9.8 \quad \text{----①}$$

(1) $T = 2.45$ を①に代入

$$0.20a = 2.45 - 0.20\times 9.8$$

$$a = 12.25 - 9.8 = 2.45\ \mathrm{m/s^2}$$

↑ ＋なので鉛直上向き，

鉛直上向きに 2.5 m/s² Ans.

(2) $a = -4.9$ を①に代入

$$0.20\times(-4.9) = T - 0.20\times 9.8$$

$$T = 0.20\times(9.8 - 4.9)$$

$$= 0.98\ \mathrm{N}$$

0.98 N Ans.

(3) 速度が一定ということは，$a = 0$ なので，①に代入して，

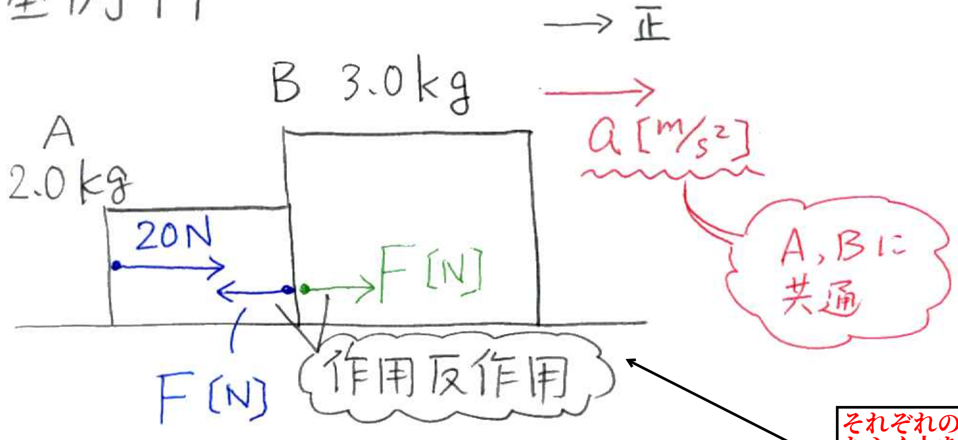
よく勘違いする場所です

$$0 = T - 0.20\times 9.8$$

$$T = 1.96\ \mathrm{N}$$

2.0 N Ans.

# 基例11



それぞれの物体にはたらく力をはっきりと区別して書くこと

運動方程式は,

$$\begin{cases} A : \quad 2.0a = 20 - F \quad \cdots\cdots ① \\ B : \quad 3.0a = F \quad \cdots\cdots\cdots ② \end{cases}$$

①＋②　$5.0a = 20$

お約束のやり方

$a = 4.0 \ \mathrm{m/s^2}$　　$\underline{4.0 \ \mathrm{m/s^2}}$ Ans(1)

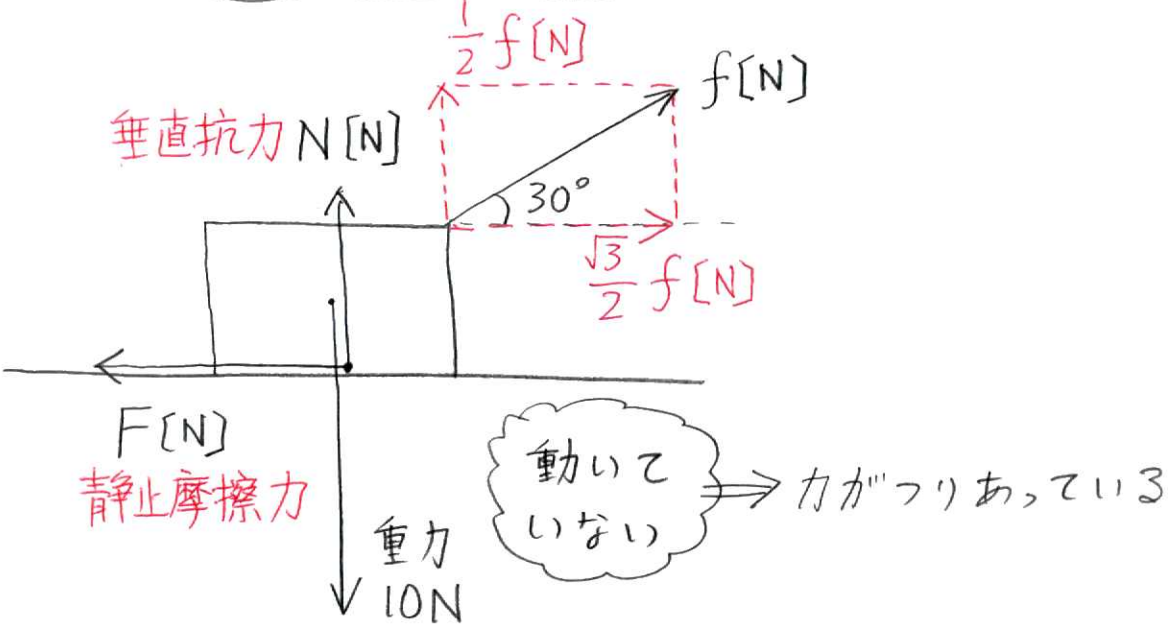
②へ aを代入して

$F = 3.0 \times 4.0 = 12 \ \mathrm{N}$　$\underline{12 \ \mathrm{N}}$ Ans(2)

# 基例 12

解答のストーリー（解答例とは少し変えてみましょう）

力の大きさが f〔N〕のときの静止摩擦力 F〔N〕を求める。F が最大摩擦力をこえないうちは静止している。その条件をこえたとき，物体が動き出す。



動いていない ⟹ 力がつりあっている

水平方向の力のつりあいから，$\frac{\sqrt{3}}{2}f - F = 0$ ……①

鉛直方向の力のつりあいから，$\frac{1}{2}f + N - 10 = 0$ ……②

次の展開

動かないためには，もう一つ，$F \leqq \mu N$ という条件がつきます。

（$\mu$：静止摩擦係数）

ここから f の条件にもっていく方法は知っておかないと意外とできません。

（続く）

## 基例 12（続き）

①から $F = \frac{\sqrt{3}}{2} f$ ---①'

②から $N = 10 - \frac{1}{2} f$ ----②'

動き出すまでは，静止摩擦力Fは最大摩擦力μN（$= \frac{1}{\sqrt{3}} N$）をこえていないから，

$F \leqq \mu N$ ---③

③に①'，②'を代入して，

$$\frac{\sqrt{3}}{2} f \leqq \frac{1}{\sqrt{3}} \left( 10 - \frac{1}{2} f \right)$$

$$\frac{3}{2} f \leqq 10 - \frac{1}{2} f$$

$$2f \leqq 10$$

$$f \leqq 5.0$$

したがって $\underline{5.0\,\mathrm{N}}$

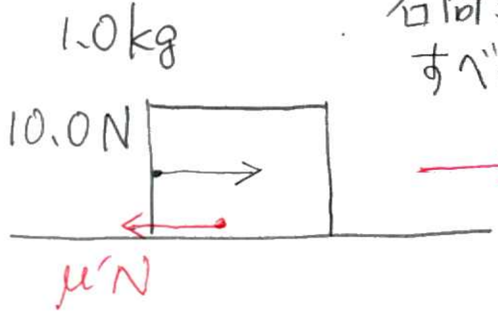
この問題は全体の流れをつかむと，とても楽に解くことができます。

静止摩擦力Fと垂直抗力Nを求めて，

$F \leqq \mu N$ の条件をつける．

# 基例 13

(1)



右向きに
すべっている

$\longrightarrow a\ [\mathrm{m/s^2}]$

$= 0.50 \times 1.0 \times 9.8\ \mathrm{N}$
（ニュートン）

Nを求める過程を
省略しました。
(あまりほめられたことでは
ありませんね。)

運動方程式より

$1.0a = 10.0 - 0.50 \times 1.0 \times 9.8$

$a = 10.0 - 4.9$

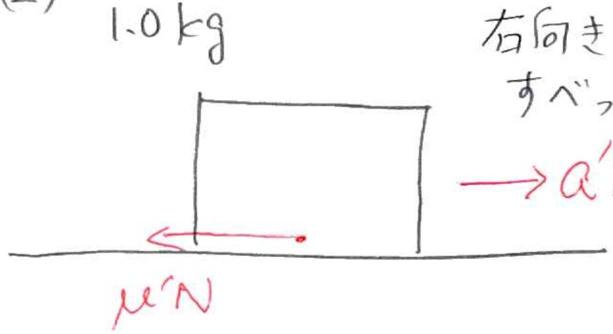
$= 5.1\ \mathrm{m/s^2}$

$\underline{\text{右向きに } 5.1\ \mathrm{m/s^2}}$ Ans.

$\downarrow$

問題に正の向きが示されていないので明記する。

(2)



右向きに
すべっている

$\longrightarrow a'\ [\mathrm{m/s^2}]$

$= 0.50 \times 1.0 \times 9.8\ \mathrm{N}$

運動方程式より

$1.0a' = -0.50 \times 1.0 \times 9.8$

$a' = -4.9\ \mathrm{m/s^2}$

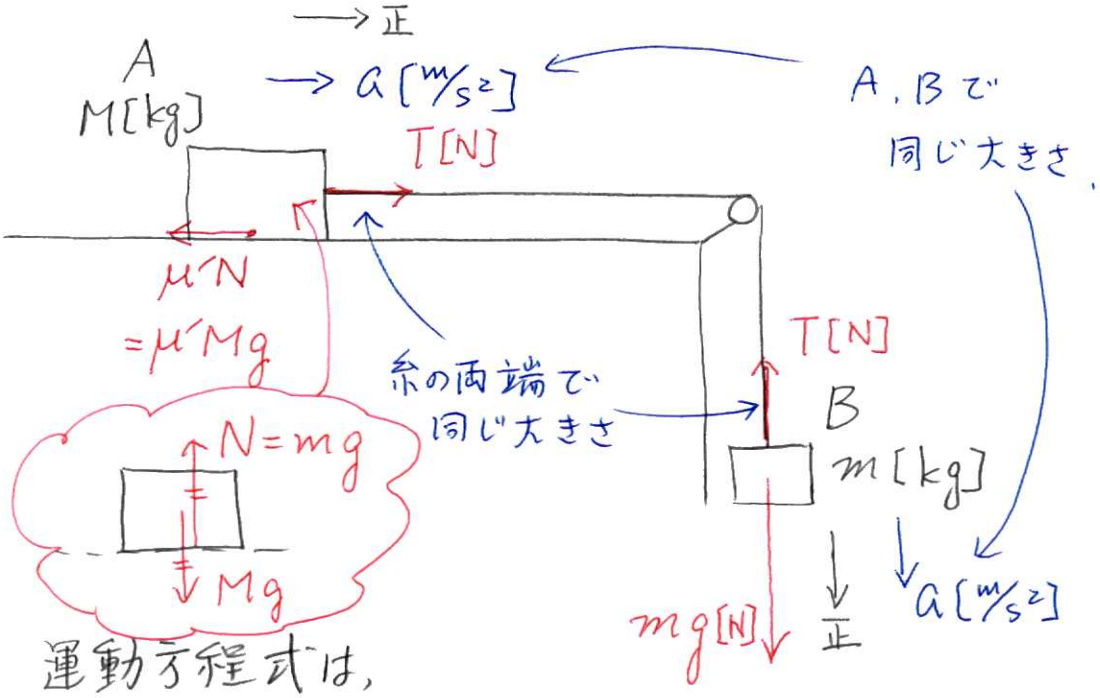
$\underline{\text{左向きに } 4.9\ \mathrm{m/s^2}}$ Ans.

# 基例14

滑車で２物体の運動の向きが異なる。

⇓

物体ごとに正の向きを定める。



運動方程式は、

$$A: \quad Ma = T - \mu' Mg \quad \text{----} ①$$

$$B: \quad ma = mg - T \quad \text{------} ②$$

①+② $(M+m)a = (m - \mu' M)g$

定石

$$a = \frac{m - \mu' M}{M+m} g \ [\mathrm{m/s^2}]$$ Ans.

②にaを代入して　（①に代入しても可能です）

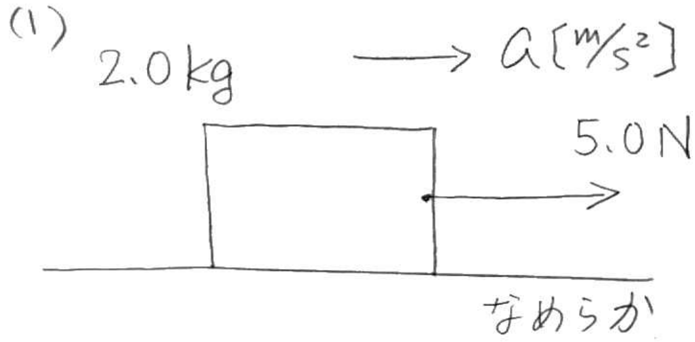
$$T = m(g-a)$$

$$= \frac{m \cdot (M + \mu' M)}{M+m} g = \frac{(1+\mu')mM}{M+m} g \ [\mathrm{N}]$$ Ans.

簡単に思える計算も必ず、自分の手をやっておきましょう。
見ただけでは、なかなかできないものです。

# 基80

(1)



運動方程式は　$2.0\,a = 5.0$

$a = 2.5$ m/s²

右向きに 2.5 m/s² Ans.

問題に正の向きの指定がなければ，わかるように書く。

(2) 引きはじめて 3.0 s 後の速度 $v$ は，

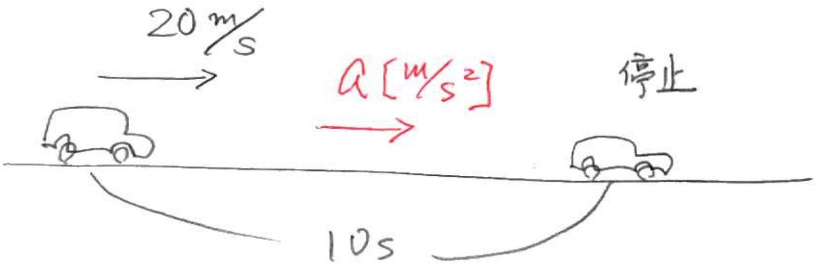
$v = at = 2.5 \times 3.0 = 7.5$ m/s

引くのをやめると，なめらかな水平面なので等速度運動を続ける。

「右向きに 7.5 m/s の等速度運動を続ける」 Ans.

# 基81

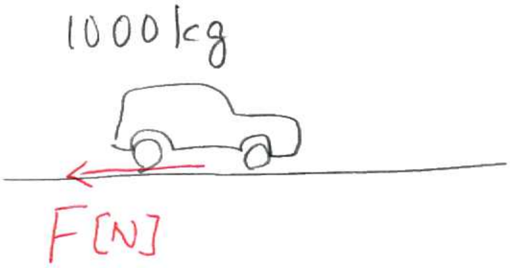
運動方程式と等加速度直線運動が関連づけられた問題です。



等加速度直線運動の公式 $v = v_0 + at$ から，

$$0 = 20 + a \times 10$$

$$a = -2.0 \ \mathrm{m/s^2}$$



運動方程式から，

$$1000 \times (-2.0) = -F$$

↑ 負の向きに仮定したので引く。

$$F = 2.0 \times 10^3 \ \mathrm{N}$$

進む向きと逆向きに $2.0 \times 10^3$ N Ans.

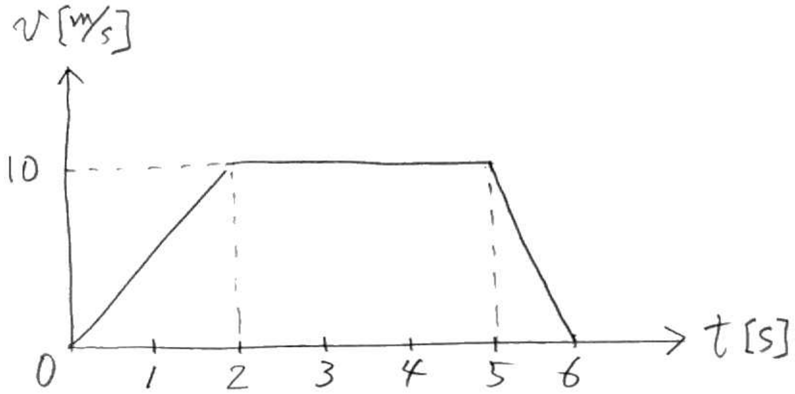
# 基82

意識化できていると本当に強い

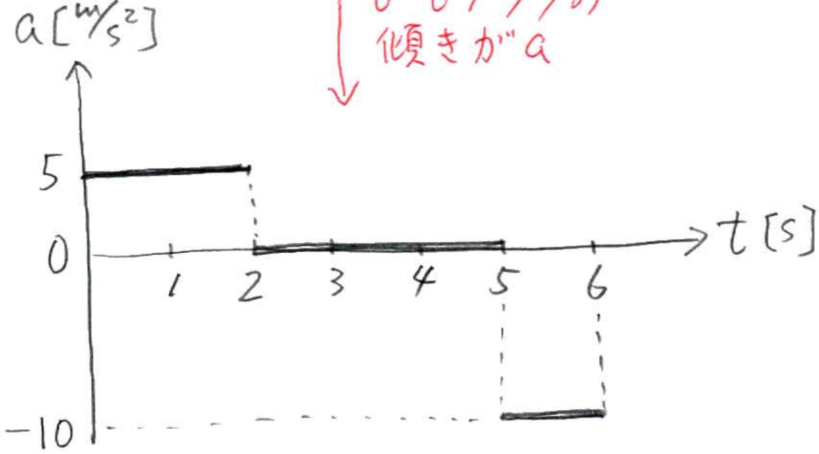
解答の流れ

$$v\text{-}t\text{グラフ} \xrightarrow[\text{グラフの傾き}]{} a\text{-}t\text{グラフ} \xrightarrow[\text{運動方程式}]{} F\text{-}t\text{グラフ}$$

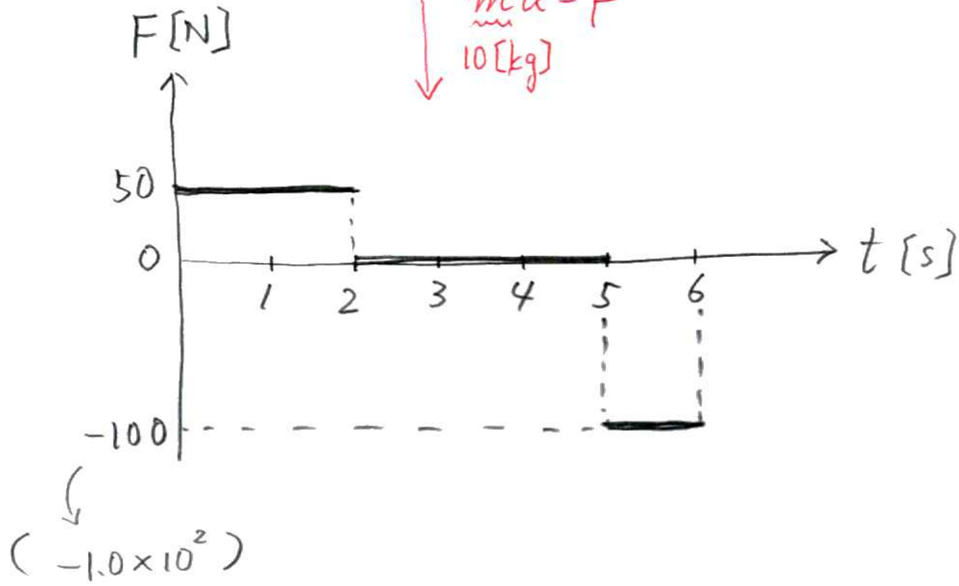
途中は暗算でいけそうですね。



v-tグラフの傾きがa



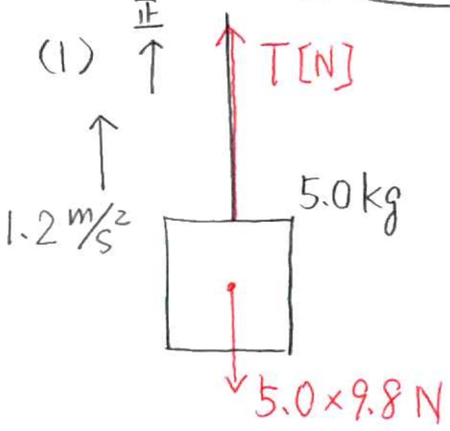
$$\underset{10[kg]}{m}a=F$$



**基83**

運動方程式と等加速度直線運動の組み合せになっています。

(1)



糸の張力の大きさを T[N]とすると，

運動方程式より，

$$5.0 \times 1.2 = T - 5.0 \times 9.8$$

$$T = 5.0 \times (1.2 + 9.8)$$

$$= 55\ \text{N}$$

$\underline{55\ \text{N}}$ Ans.

(2) 静止するまでの 3.0 s間について，

等加速度直線運動から加速度 $a$ [m/s²] を求め，

運動方程式で張力 $T'$ [N] を求める。

最初に加速したあとの速度は，$1.2 \times 7.0 = 8.4$ m/s

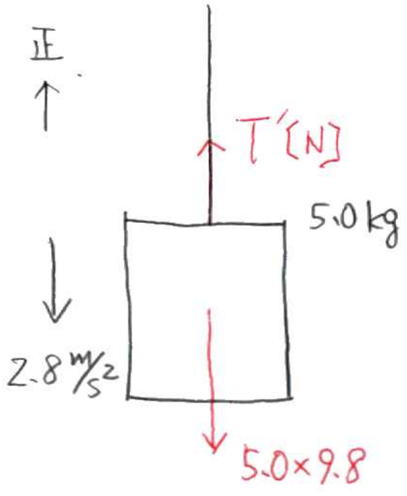
$(v = at)$

ここから 3.0 s間で静止させるから，その間の加速度を

$a$ [m/s²] とすると，

$$0 = 8.4 + a \times 3.0 \quad \text{よって} \quad a = -2.8\ [\text{m/s}^2]$$

$(v = v_0 + at)$　（鉛直上向きが正）



糸の張力を $T'$ [N] とすると，運動方程式より，

$$5.0 \times (-2.8) = T' - 5.0 \times 9.8$$

$$T' = 5.0 \times (9.8 - 2.8)$$

$$= 35\ \text{N}$$

$\underline{35\ \text{N}}$ Ans.

## 基84

作用反作用の法則より，大人が子供に押される力も40Nである。

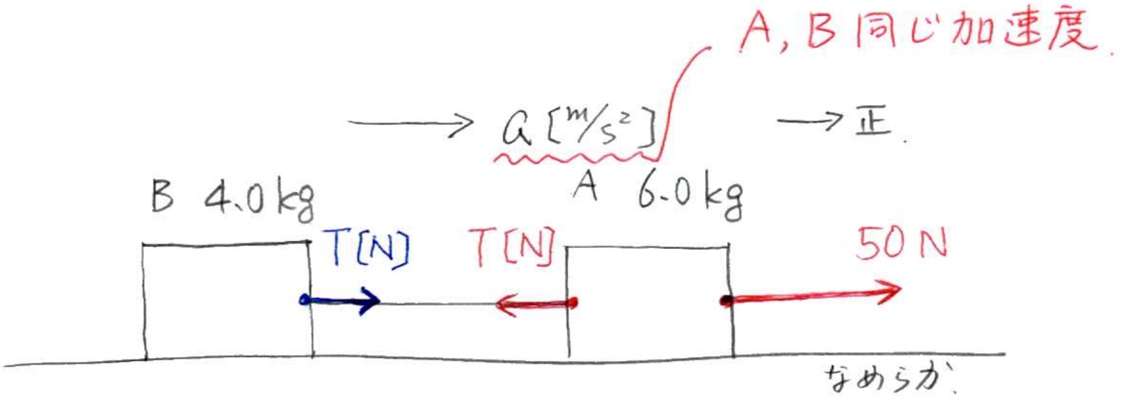
大人の加速度の大きさを$a_1$[m/s²]とすると，
運動方程式より，

$80a_1 = 40$ $a_1 = 0.50$ m/s² $\dfrac{0.50\ \mathrm{m/s^2}}{\text{大人}}$ Ans

子供の加速度の大きさを$a_2$[m/s²]とすると，
運動方程式より，

$40a_2 = 40$ $a_2 = 1.0$ m/s² $\dfrac{1.0\ \mathrm{m/s^2}}{\text{子供}}$ Ans

# 基85



運動方程式は,

$A : 6.0a = 50 - T$ …①

$B : 4.0a = T$ …②

①＋② $10.0a = 50$

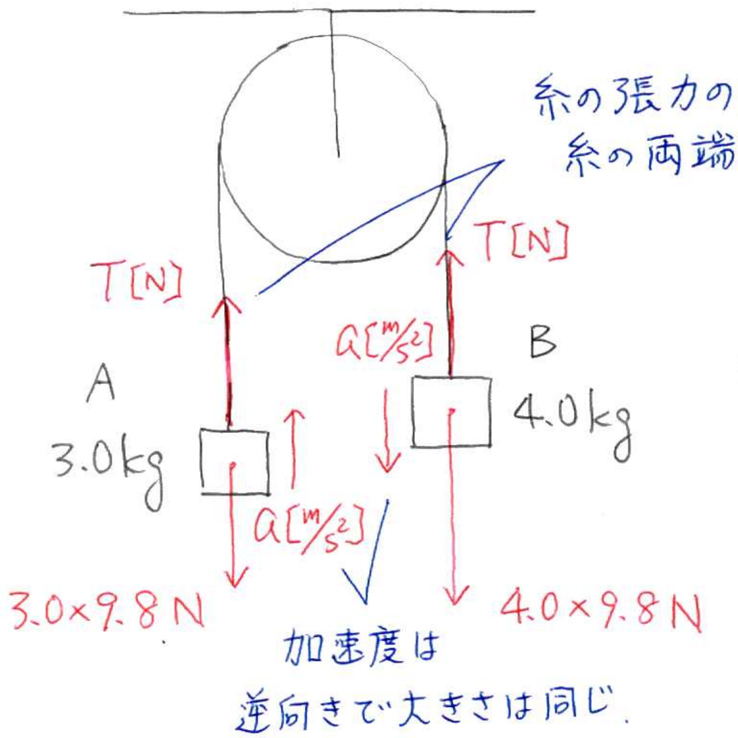
定石です

$a = 5.0 \text{ m/s}^2$ $\underline{5.0 \text{ m/s}^2}$ Ans.

②へ $a$ を代入して，（①でよいが，②の方が楽です）

$T = 4.0 \times 5.0 = 20 \text{ N}$ $\underline{20 \text{ N}}$ Ans.

# 基86



物体ごとに正の向きをかえて運動方程式を立てる。

(1)　運動方程式は,

A：（上向き正）　$3.0\,a = T - 3.0\times9.8$ ……①

B：（下向き正）　$4.0\,a = 4.0\times9.8 - T$ ……②

①＋②　定石　$7.0\,a = (4.0-3.0)\times9.8$

$$a = \frac{9.8}{7.0} = 1.4\ \mathrm{m/s^2}$$

$\underline{1.4\ \mathrm{m/s^2}}$ Ans.

①に $a$ を代入して,（②でもよい）

$$T = 3.0\times(1.4+9.8)$$
$$= 3.0\times11.2$$
$$= 33.6\ \mathrm{N}$$

$\underline{34\ \mathrm{N}}$ Ans.

（続く）

基86 （続き）

(2) Bの等加速度直線運動を考える。

Bは初速度0，加速度が鉛直下向きに $1.4\,\mathrm{m/s^2}$ なので，求める時間を $t\,[\mathrm{s}]$，速さを $v\,[\mathrm{m/s}]$ とすると，等加速度直線運動の公式より，

$$2.8 = \frac{1}{2} \times 1.4 \times t^2 \quad \left(x = v_0 + \frac{1}{2}at^2\right)$$

$$t^2 = \frac{2 \times 2.8}{1.4}$$

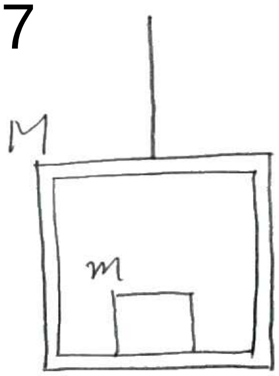
$t > 0$ なので， $t = 2.0\,\mathrm{s}$ 　　 $\underline{2.0\,\mathrm{s}}$ Ans.

$$v = 1.4 \times 2.0 \quad (v = v_0 + at)$$

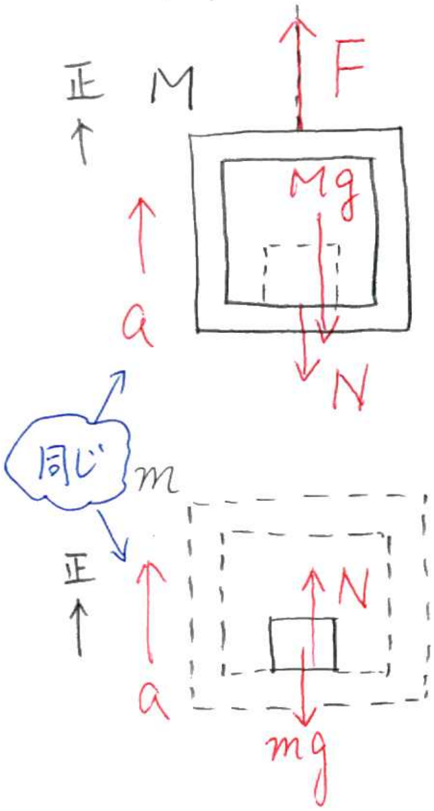
$$= 2.8\,\mathrm{m/s}$$

$\underline{2.8\,\mathrm{m/s}}$ Ans.

# 基87



分けて描きます.



運動方程式

$$Ma = F - Mg - N \cdots\cdots ①$$

$$ma = N - mg \cdots\cdots ②$$

---

①＋② $(M+m)a = F - (M+m)g$

$$a = \frac{F}{M+m} - g$$

問題に単位がないので，単位不要

$$\frac{F}{M+m} - g$$

Ans.

②にaを代入（①でもよいが，②の方が楽）

$$N = m(a+g) = \frac{mF}{M+m}$$

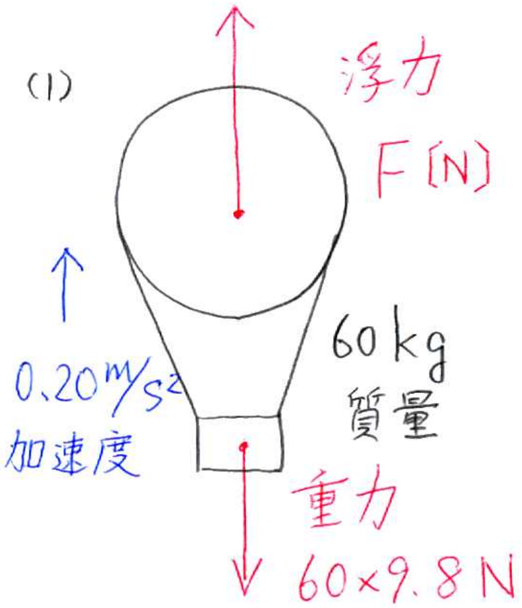
$$\frac{mF}{M+m}$$

Ans.

# 基 88

この問題は空気による浮力を扱っています。空気からの力は，このように特別な場合以外は無視して扱うことになっています。

(1)



「ma = F」より，

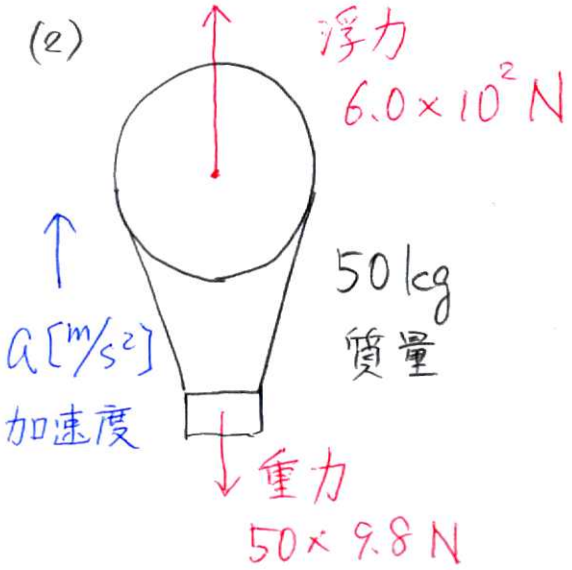
$$60 \times 0.20 = F - 60 \times 9.8$$

$$F = 60 \times (0.20 + 9.8)$$

$$= 600$$

$\underline{6.0 \times 10^2\ \mathrm{N}}$

(2)



$$50a = 6.0 \times 10^2 - 50 \times 9.8$$

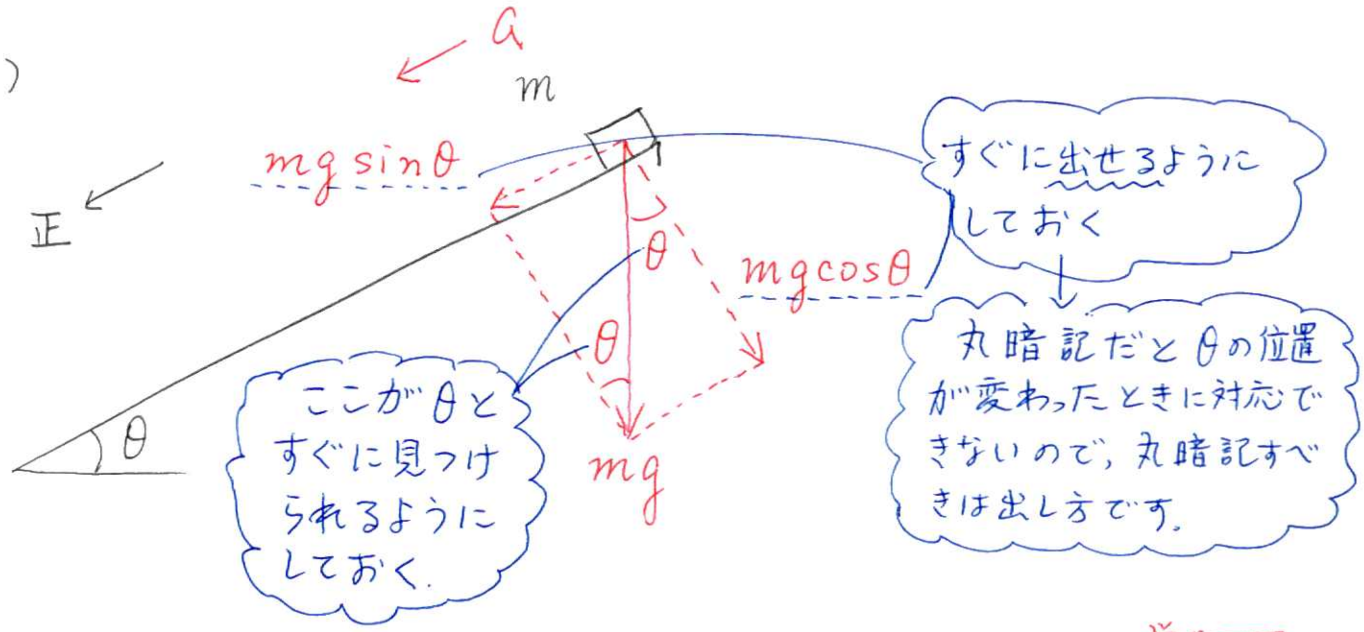
$$50a = 600 - 490$$

$$a = \frac{110}{50} = 2.2$$

$\underline{2.2\ \mathrm{m/s^2}}$

# 基89

(1)



すぐに出せるようにしておく

丸暗記だとθの位置が変わったときに対応できないので，丸暗記すべきは出し方です。

ここがθとすぐに見つけられるようにしておく。

単位不要

運動方程式より

$ma = mg\sin\theta$　　$a = g\sin\theta$　　$\underline{g\sin\theta}$ Ans.

(2) 等加速度直線運動の公式を用いる。

$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より，時間を $t$ とすると，

$l = \frac{1}{2} \times g\sin\theta \times t^2$

$t > 0$ なので，$t = \sqrt{\frac{2l}{g\sin\theta}}$　　$\underline{\sqrt{\frac{2l}{g\sin\theta}}}$ Ans.

$v = v_0 + at$ より，速さを $v$ とすると，

$v = g\sin\theta \times \sqrt{\frac{2l}{g\sin\theta}} = \sqrt{2gl\sin\theta}$

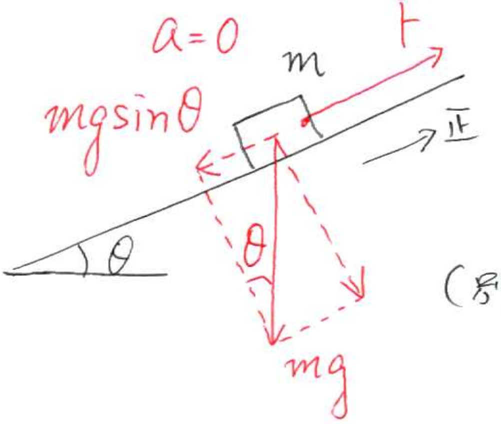
$\underline{\sqrt{2gl\sin\theta}}$ Ans.

別解 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ から

$v^2 = 2g\sin\theta \cdot l$　　$\underline{v = \sqrt{2gl\sin\theta}}$ Ans

# 基90

(1) 等速度運動なので 加速度 0



力がつりあっていると考えると,

$$F = mg\sin\theta$$

$\underline{mg\sin\theta}$ Ans.

(別解)

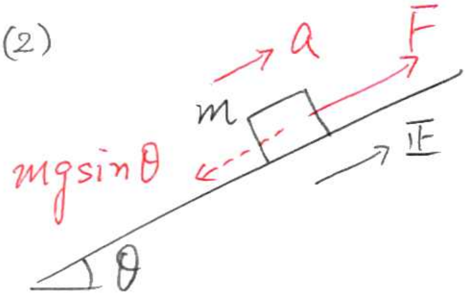
運動方程式で考えると,

$$m \times 0 = F - mg\sin\theta$$

$$F = mg\sin\theta$$

$\underline{mg\sin\theta}$ Ans.

(2)



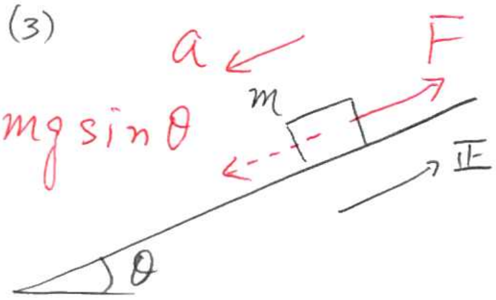
運動方程式は,

$$ma = F - mg\sin\theta$$

$$F = m(a + g\sin\theta)$$

$\underline{m(a+g\sin\theta)}$ Ans.

(3)



運動方程式は,

$$m \times (\underset{\uparrow}{-a}) = F - mg\sin\theta$$

負の向きに
大きさ$a$なので.

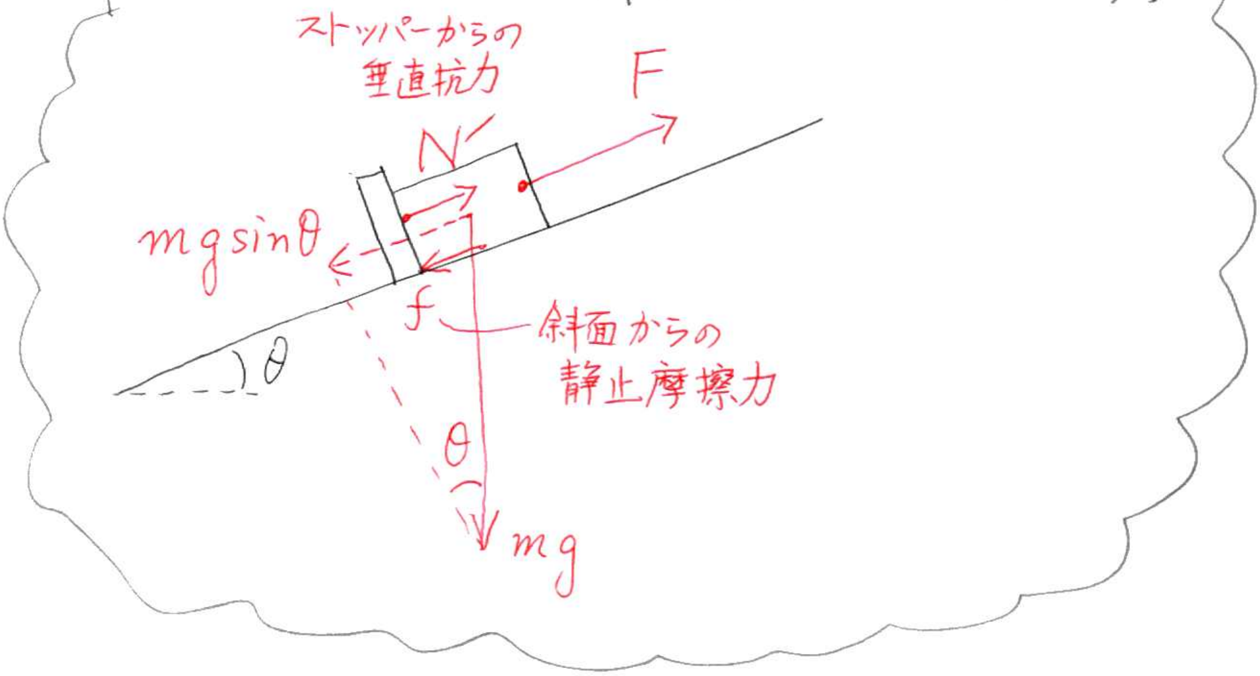
$$F = m(g\sin\theta - a)$$

$\underline{m(g\sin\theta - a)}$ Ans

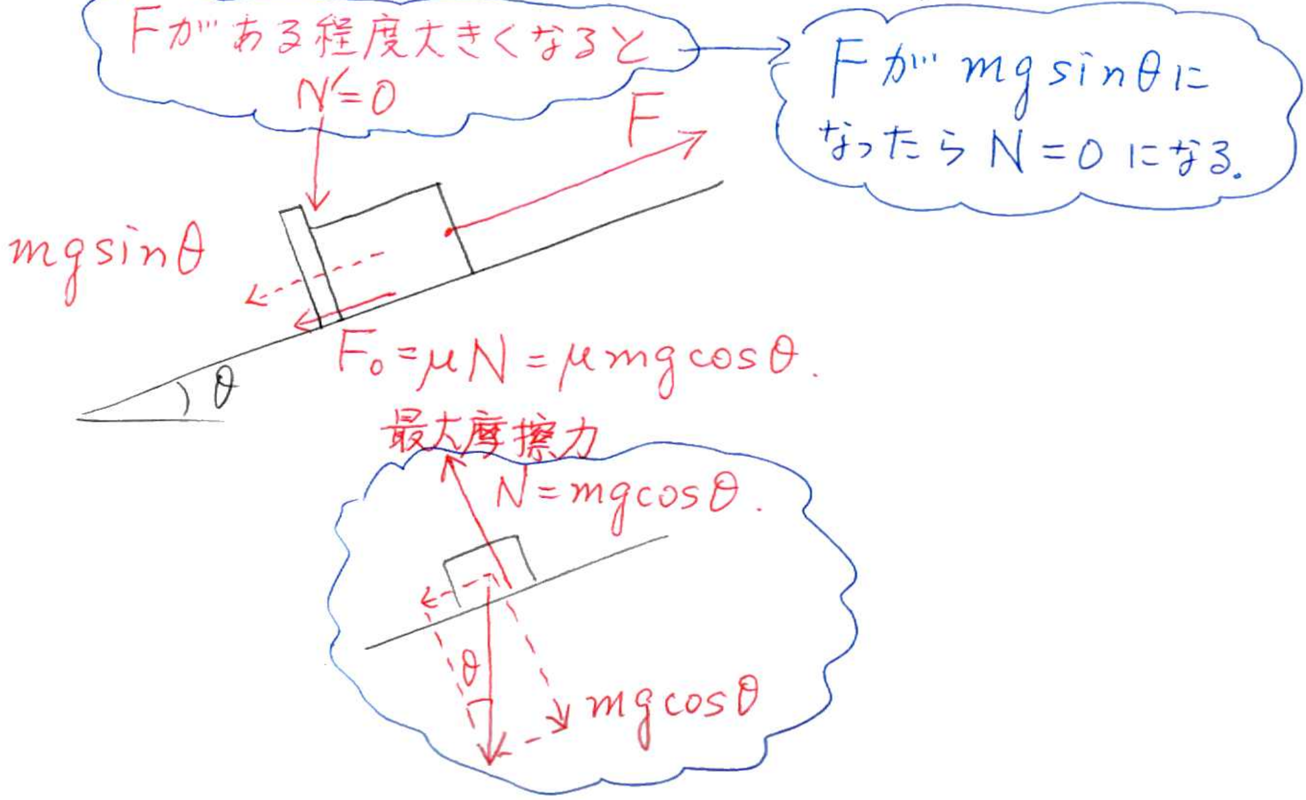
下向きを正として運動方程式を立てると，$ma=mg\sin\theta-F$　同じ結果になる

## 基91

動き出すまでの斜面方向の力のようす.



動き出す直前の斜面方向の力のようす


Fがある程度大きくなると N'=0

Fがmgsinθになったら N=0 になる.

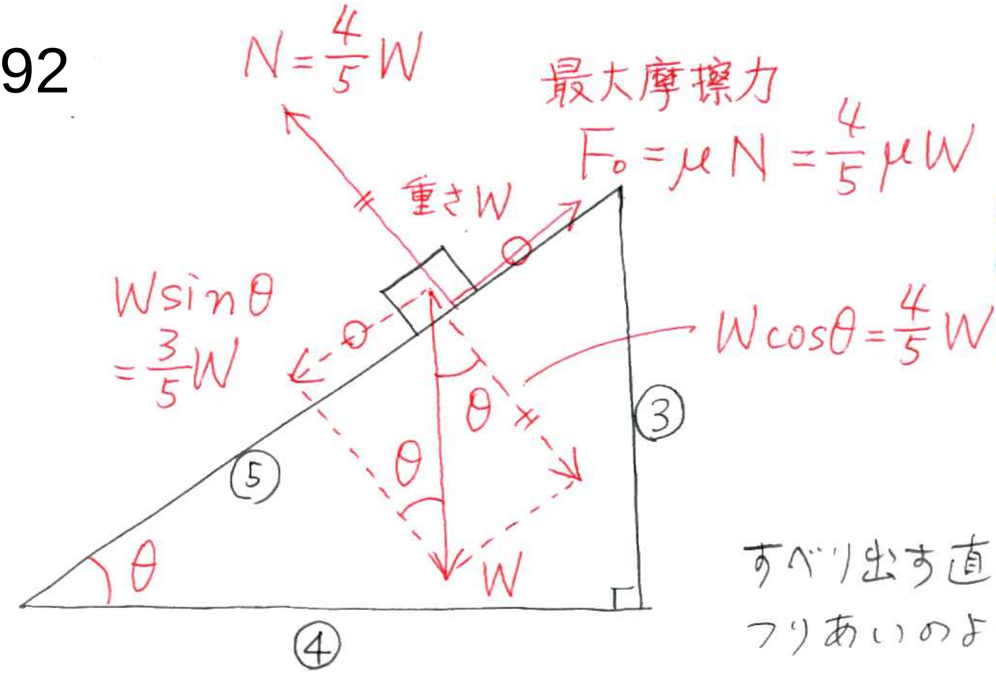
力のつりあいから

$$F - mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = 0$$

$$F = mg(\sin\theta + \mu\cos\theta)$$

Fがこれをこえると動き出す。 $\underline{mg(\sin\theta + \mu\cos\theta)}$ Ans.

# 基92



図の中で大半の計算をすませています。

$\sin\theta=\frac{3}{5}$　$\cos\theta=\frac{4}{5}$

すべり出す直前のつりあいのようす
静止摩擦力は最大摩擦力になっている。

斜面方向の力のつりあいから

$$W\sin\theta-F_0=0$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{3}{5}W-\frac{4}{5}\mu W=0$$

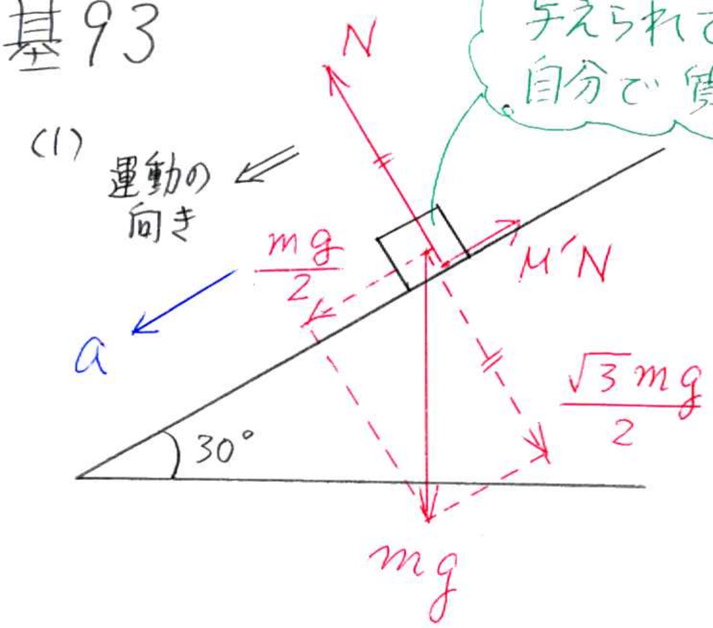
$$\mu=\frac{3}{4}=0.75$$

0.75 Ans

# 基93

与えられていないので，自分で質量はmとおく。

(1)



「ma = F」より，

$$ma = \frac{mg}{2} - \mu' N \quad ---①$$

斜面に垂直な方向の力のつりあいより，

$$N = \frac{\sqrt{3}mg}{2} \quad ---②$$

②を①へ代入すると， $ma = \frac{mg}{2} - \mu' \cdot \frac{\sqrt{3}mg}{2}$

$$a = \frac{1-\sqrt{3}\mu'}{2}g$$

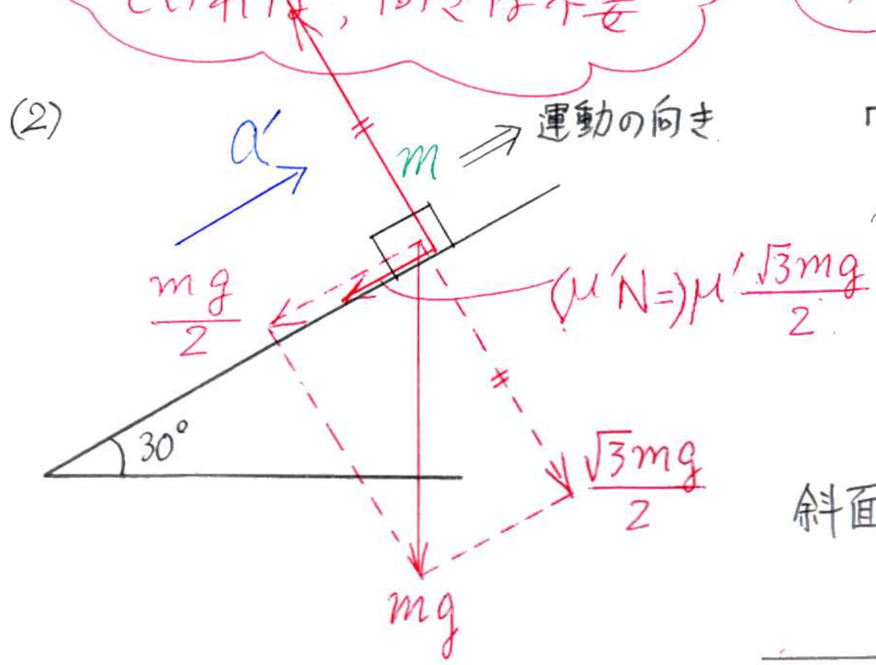
斜面に沿って下向きに， $\frac{1-\sqrt{3}\mu'}{2} \cdot g$

向きを示す

加速度の大きさと聞かれていれば，向きは不要

問題に単位がついていないので，単位はつけない。

(2)



「ma = F」より，

$$ma' = -\frac{mg}{2} - \mu' \cdot \frac{\sqrt{3}mg}{2}$$

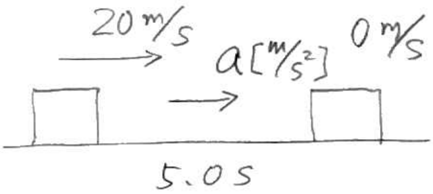
$$a' = -\frac{1+\sqrt{3}\mu'}{2} \cdot mg$$

斜面に沿って下向きに，

$$\frac{1+\sqrt{3}\mu'}{2}mg$$

# 基94

(1)



等加速度直線運動の式 $v = v_0 + at$ より,

$0 = 20 + a \times 5.0$

$a = -4.0$ m/s²

左向きに 4.0 m/s²

(2) $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より

$$x = 20 \times 5.0 \underbrace{- \frac{1}{2} \times 4.0 \times 5.0^2}_{+\frac{1}{2}\times(-4.0)\times 5.0^2} = 100 - 50 = 50\ \mathrm{m}$$

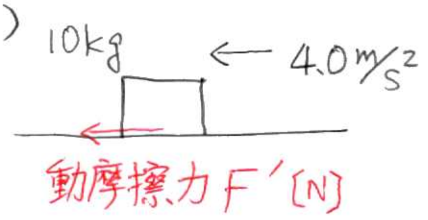
50 m Ans.

(別解) $v^2 - v_0^2 = 2ax$ から

$0^2 - 20^2 = 2 \times (-4.0) \times x$

$x = 50$ m　　50 m Ans.

(3)



左向きを正とすると、運動方程式から、

運動自体は右向きです

$10 \times 4.0 = F'$

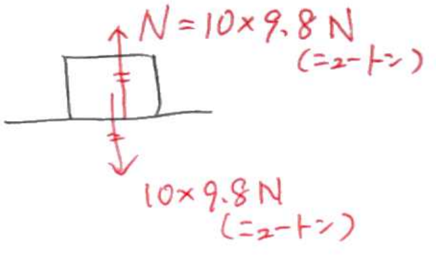
$F' = 40$ N　　40 N Ans.

$F' = \mu' \underbrace{N}_{\downarrow}$ より

10×9.8 N

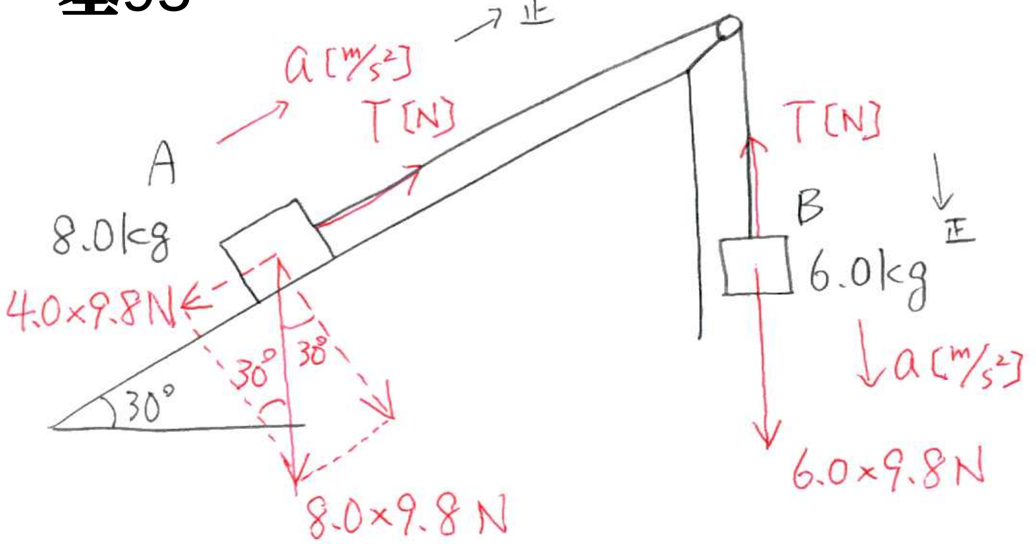
$$\mu' = \frac{F'}{N} = \frac{40}{10 \times 9.8}$$

$= 0.408\cdots$



0.41 Ans.

# 基95



(1) 上図より，Bは<u>下降する</u>。Ans.　（6.0×9.8 > 4.0×9.8 なので）

(2) 運動方程式は，

A：（斜面に沿って上向きを正）　$8.0\,a = T - 4.0\times 9.8$ ……①

B：（鉛直下向きを正）　$6.0\,a = 6.0\times 9.8 - T$ ……②

①＋②
定石です。

$$\overset{\cancel{2}\ 1}{\cancel{14.0}}\,a = \overset{1}{\cancel{(6.0-4.0)}}\times\overset{1.4}{\cancel{9.8}}$$

$$a = 1.4\ \mathrm{m/s^2}$$

<u>1.4 m/s²</u> Ans.

②へ a を代入して　（①へ代入してもよい）

$$T = 6.0\times(9.8-1.4)$$

$$= 50.4\ \mathrm{N}$$

<u>50 N</u> Ans.

（続く）

# 基95 （続き）

(3) 判断の手順を考えよう。

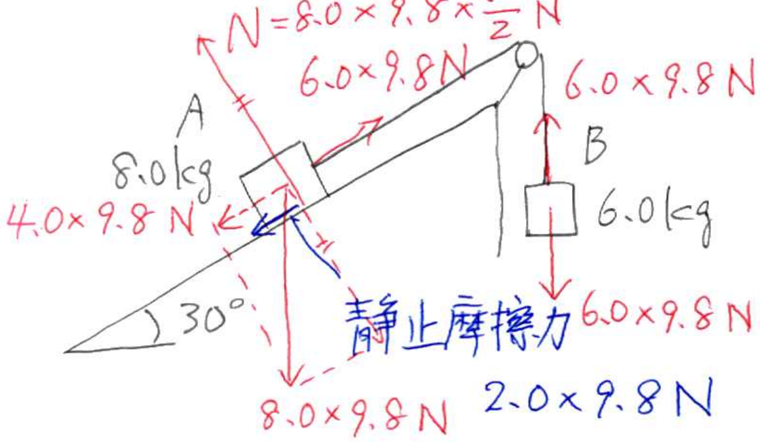
静止したままだとすると、Aにはたらく静止摩擦力はいくらになるか。

それは最大摩擦力以下か $\xrightarrow{Yes}$ 静止

No ↓

動き出す

Aが静止しているとすると、静止摩擦力は



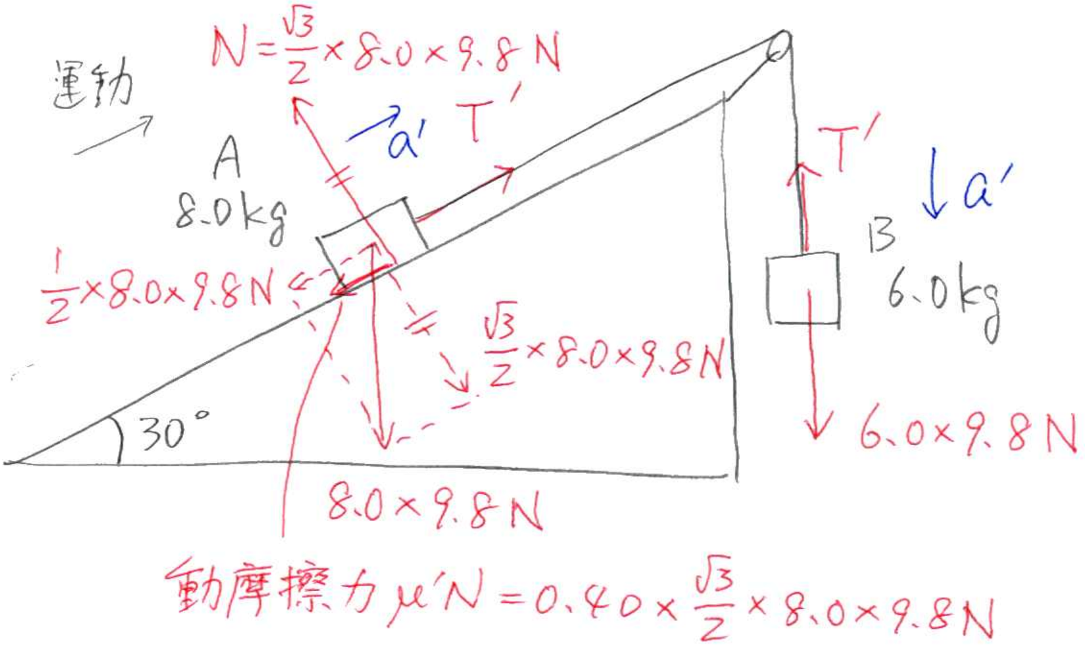
最大摩擦力は $\mu N = \underbrace{0.50}_{\mu}\times\underbrace{8.0\times9.8\times\frac{\sqrt{3}}{2}}_{N} = 2.0\sqrt{3}\times9.8$ N

静止摩擦力 < 最大摩擦力なので $\underline{\text{静止したままである}}$。
Ans

（続く）

# 基95（続き）

(4)　ひもがたるまないので，A，Bの加速度の大きさは同じ



運動方程式

A：　$8.0a' = T' - \frac{1}{2}\times 8.0\times 9.8 - 0.40\times\frac{\sqrt{3}}{2}\times 8.0\times 9.8$ ---①

B：　$6.0a' = 6.0\times 9.8 - T'$ ---②

①+②　$14.0a' = 6.0\times 9.8 - \frac{1}{2}\times 8.0\times 9.8 - 0.40\times\frac{\sqrt{3}}{2}\times 8.0\times 9.8$

$= 2.0\times 9.8 - 1.6\sqrt{3}\times 9.8$

$\overset{7}{\cancel{14.0}}\,a' = \cancel{2.0}(1-0.8\sqrt{3})\times\overset{1.4}{\cancel{9.8}}$

$a' = (1-0.8\times 1.73)\times 1.4$

$= -0.537$ m/s$^2$　　大きさは $\underline{0.54\text{ m/s}^2}$ Ans

②へ $a$ を代入して

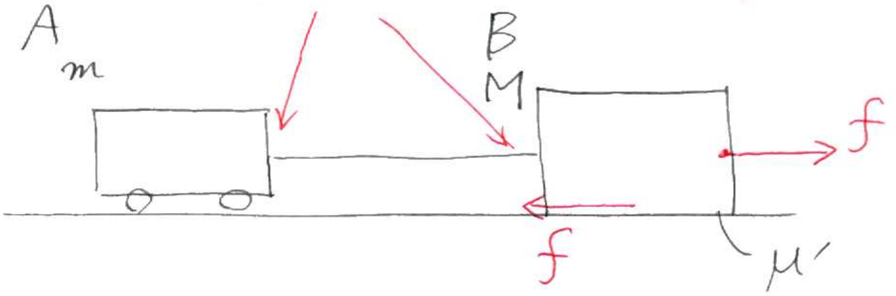
$T' = 6.0\times(9.8+0.537)$

$= 6.0\times 10.3 = 61.8$ N　　$\underline{62\text{ N}}$ Ans.

# 基96

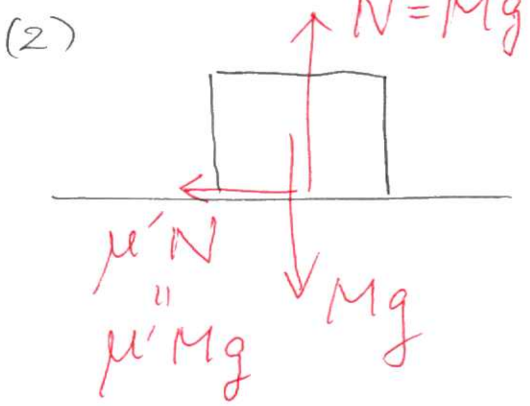
(1)

張力は0（0でなければAが動いてしまう



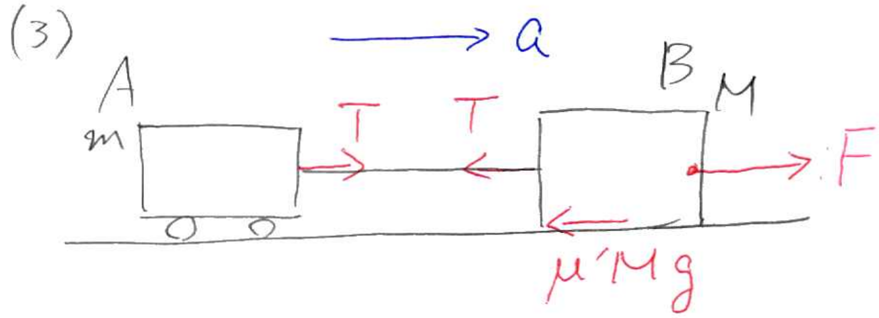
$f$ Ans

(2)



$\mu' Mg$ Ans.

(3)



運動方程式

A : $ma = T$ ----①

B : $Ma = F - T - \mu' Mg$ ---②

①+② $(m+M)a = F - \mu' Mg$

$$a = \frac{F - \mu' Mg}{m+M}$$ Ans

①へaを代入して $T = \frac{m(F - \mu' Mg)}{m+M}$ Ans.