１日目

講義ノート 伊藤雅 先生
B3ターム 1 週目 9 月 9 日(月)
講座名: 学び直す物理β

No.
Date

3/9(月)

四 力学の考え方

力学(mechanics)とはさまざまな自然現象のしくみを何らかの機械のようにとらえる考え方のことであり、この考え方をするとき物体について知りたいこととしては、
　↑各物体が「部品」

① 物体自体に備わっている性質

② 他の物体からうける影響 ← これが「力」

に分けることができる

慣性の法則

物体がそれのみ単独で存在しているとき、物体の速度は変化しない(はず)

↓

そうみえる立場で物体の運動を扱うことにする。

運動の法則

物体が他の物体から力をうけると、その力の向きの速度が変化して加速度を生じ次式が成り立つ

$$\boxed{m \times a = F} \quad \begin{cases} m \cdots \text{質量 (kg)} & \text{mass} \\ a \cdots \text{加速度} & \text{acceleration} \\ F \cdots \text{うける力} & \text{force} \end{cases}$$

作用・反作用の法則

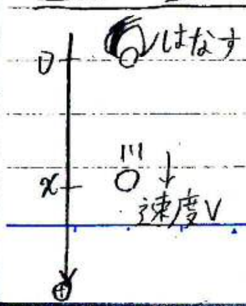
物体が他の物体から力をうけるとき、相手の物体は「反作用」の力をうけ、及ぼし合う力は、大きさが同じで逆向き

これら3つの基本法則を組み合わせて、数学的な変形を行うことにより、物体が組み合わさった全体でのふるまいを解明することを目指す

↓

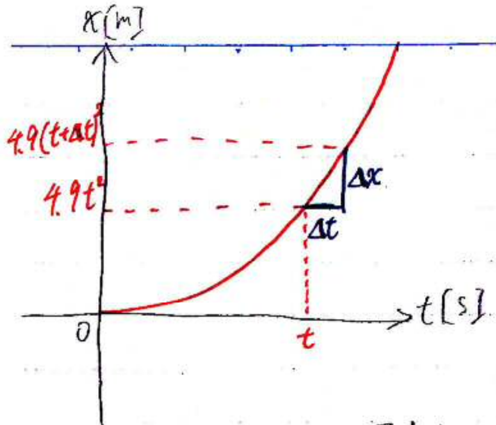
まずは「速度」と「加速度」の明確化から!

運動の基本例…自由落下



地球上で物体が初速0で落下するとき、落下開始から時間t[s]たつ間の落下きょりの表式は

$$x(t) = 4.9t^2 \,[\mathrm{m}]$$



ちょうど時刻tでの速度・加速度の表式を求めたい

↓

微小時間 Δt(デルタ)での変化分に注目しよう!

時刻tからt+Δtでの位置変化は

$$\Delta x = (t+\Delta t\text{での}x) - (t\text{での}x)$$
$$= 4.9\times(t+\Delta t)^2 - 4.9t^2$$
$$= 4.9[\cancel{t^2} + 2t\Delta t + (\Delta t)^2] - \cancel{4.9t^2}$$
$$= 9.8t\Delta t + 4.9(\Delta t)^2$$

これをΔtでわったのち、Δtを0に近づけるとちょうど時刻tでの速度$v(t)$となる。

$$v(t) = \lim_{\Delta t\to 0}(9.8t + 4.9\Delta t)$$
$$= 9.8t \ [\mathrm{m/s}]$$

この一連の手続きは、x−tグラフで接線の傾きを求めることに相当している

速度の定義

$$\boxed{v(t) = \lim_{\Delta x\to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t}}$$
$$= \frac{dx}{dt}$$

y, z方向の運動も起きているときは、各方向で同じように速度を求められる

↓

そのときはv_x, v_y, v_zとかく

自由落下にもどって、時間Δtでの速度変化の式をかくと、

$$\Delta v = (t+\Delta t\text{でのv}) - (t\text{でのv})$$
$$= 9.8\times(t+\Delta t) - 9.8t$$
$$= 9.8\Delta t$$

これをΔtでわったのち、Δtを0に近づけるとちょうど時刻tでの加速度$a(t)$が求まる。

$$a(t) = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{9.8\Delta t}{\Delta t}$$
$$= 9.8 \ [\mathrm{m/s^2}]$$ ←「重力加速度」とよび g で表す

この一連の手続きは、v−tグラフで接線の傾きを求めることに相当している

加速度の定義

$$\boxed{a(t) = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta v}{\Delta t}}$$
$$= \frac{dv}{dt}$$

y, z方向の運動も起きているときは、ここでもa_x, a_y, a_zとかくことにする

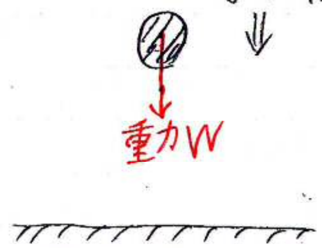
基本となる力 →「重力」

$g=9.8\mathrm{m/s^2}$

質量mの物体について、下向き正で「運動方程式」を立てると

$$m\times g = W$$

この力は他の力もうけるときにもうけつづける基本の力となる



$$\boxed{\text{重力…下向きに大きさ}mg}$$

この力のほかに物体がうける主な力として、

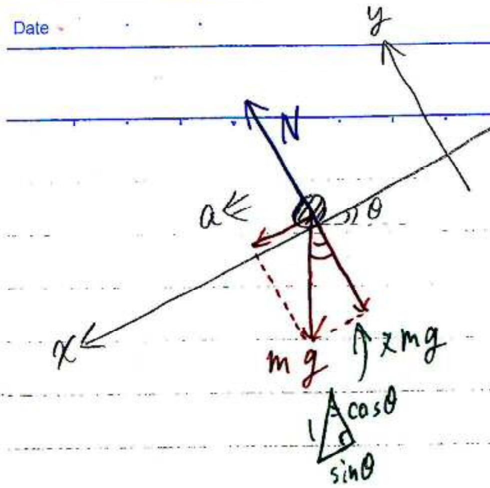
①糸から受ける力 → 張力T

②接触面からうける力 → 垂直抗力 N　normal
　　　　　　　　　　→ まさつ力 f　friction

③ばねからうける力 → 弾性力

さらに、物体の周囲にある空気からうける力もあるが、はじめはこれをむしして扱う。

2.2 運動方程式(equation of motion) E.O.M. を使いこなす例として、重力と垂直抗力をうけた物体の運動を考える。



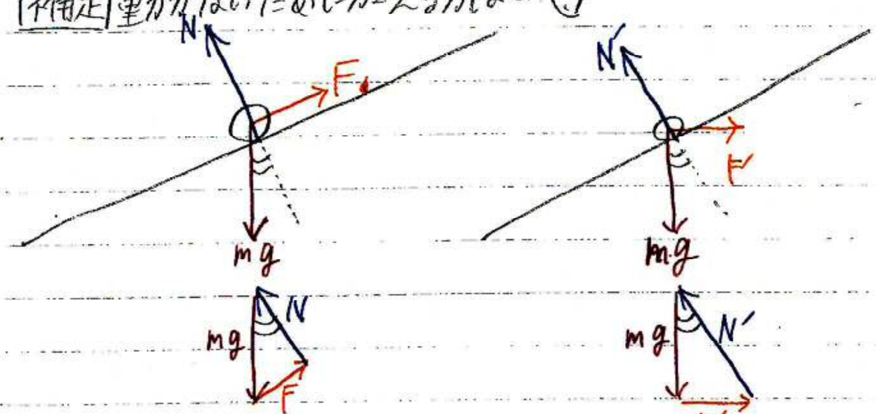
斜面に平行方向と垂直方向に分けてE.O.M.を立てると

$$\begin{cases} m\times a = mg\sin\theta \\ m\times 0 = N - mg\cos\theta \end{cases}$$

これらより

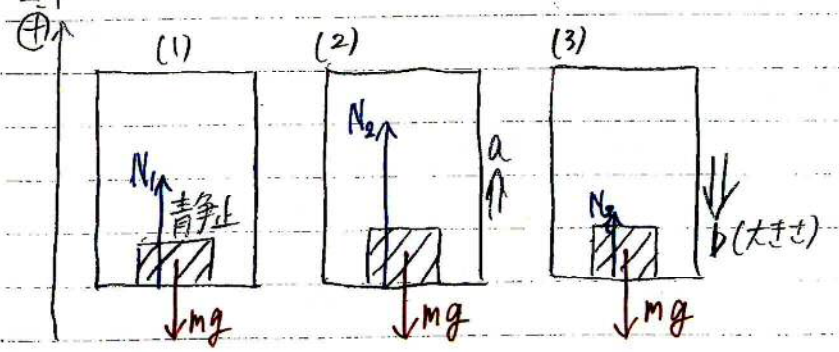
$$\begin{cases} a = g\sin\theta \quad (1) \\ N = mg\cos\theta \quad (2) \end{cases}$$

$\boxed{\text{補足}}$ 重力がないために加える力は…？



向きを加味して力をすべて合計したとき、閉じた多角形になる場合はいずれも合力が0になってつりあいとなる。

2.1



上向き正でそれぞれのE.O.M.を立てると

(1) $m\times 0 = N_1 - mg$

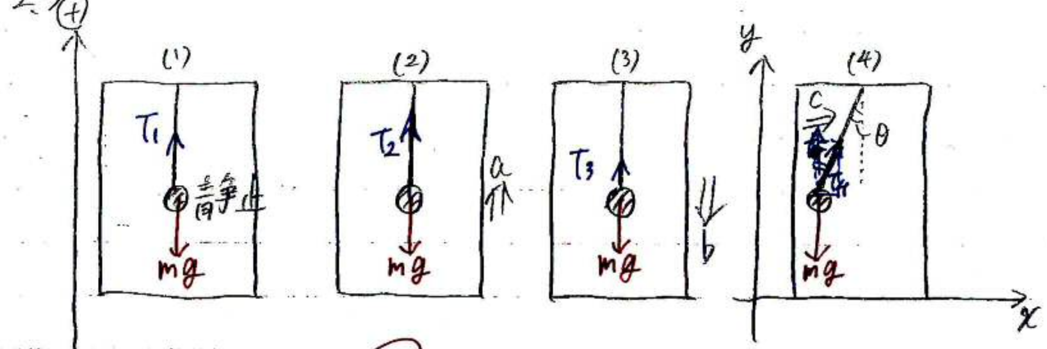
(2) $m\times a = N_2 - mg$

(3) $m\times \underbrace{(-b)}_{\text{上向き正}} = \underbrace{N_3 - mg}_{\text{上向き合力}}$

$$\longrightarrow \begin{cases} N_1 = mg \quad (1) \\ N_2 = mg + ma \quad (2) \\ N_3 = mg - mb \quad (3) \end{cases}$$

No.
Date

2.3



(1) $m\times 0 = T_1 - mg \longrightarrow T_1 = mg$

(2) $m\times a = T_2 - mg \longrightarrow T_2 = mg + ma$

(3) $m\times(-b) = T_3 - mg \longrightarrow T_3 = mg - mb$

(4) 右向きと上向き正で(4)のE.O.M.を立てると

$$\begin{cases} m\times c = T_4\sin\theta \\ m\times 0 = T_4\cos\theta - mg \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} T_4\sin\theta = mc \quad — ① \\ T_4\cos\theta = mg \quad — ② \end{cases}$$

$\frac{①}{②}$ より $\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta} = \dfrac{mc}{mg} \longrightarrow \tan\theta = \dfrac{c}{g}$

$①^2 + ②^2$ より

$$T_4^2(\sin^2\theta + \cos^2\theta) = m^2c^2 + m^2g^2 \longrightarrow T_4^2\times 1 = m^2(c^2+g^2)$$

$$\longrightarrow T_4 = m\sqrt{c^2+g^2}$$

2020年度 高2物理春期「学び始める物理 $\alpha\,\beta$」
— 講義編・略解 —

第1講

1.1 A. (1) 略 (2) $v(t)=2t-4$ (3) $a(t)=2$
B. (1) 略 (2) $v(t)=9.8t$ (3) $a(t)=9.8$

1.2 (1) (a) $v=4,\ a=0$ (b) $v=4,\ a=0$ (c) $v=2t,\ a=2$ (d) $v=2t,\ a=2$ (e) $v=3t^2-1,\ a=6t$ (f) $v=4t^3-3t^2,\ a=12t^2-6t$
(2) $N\geqq 2$ のとき，$v=Nt^{N-1},\ a=N(N-1)t^{N-2}$
$N=1$ のとき，$v=1,\ a=0$
(3) $v=k_1+2k_2t+3k_3t^2+\cdots+Nk_Nt^{N-1}$
$$=\sum_{n=1}^{N}nk_nt^{n-1}=\sum_{n=0}^{N-1}(n+1)k_{n+1}t^n$$
$a=2k_2+6k_3t+\cdots+N(N-1)k_Nt^{N-2}$
$$=\sum_{n=2}^{N}n(n-1)k_nt^{n-2}=\sum_{n=0}^{N-2}(n+2)(n+1)k_{n+2}t^n$$

1.3 (1) 0 (2) (a) x 成分: $a\cos 30^\circ$，y 成分: $a\sin 30^\circ$ (b) 0
(3) (a) v (b) a (4) (a) $-v$ (b) $-a$

第2講

2.1 (1) mg (2) $m(g+a)$ (3) $m(g-b)$

2.2 (1) $g\sin\theta$ (2) $mg\cos\theta$

2.3 (1) mg (2) $m(g+a)$ (3) $m(g-b)$
(4) $\dfrac{mc}{\sin\theta}=\dfrac{mg}{\cos\theta}=m\sqrt{g^2+c^2}$，$\tan\theta=\dfrac{c}{g}$

2.4 (1) $\dfrac{mg}{k}$ (2) $\dfrac{m(g+a)}{k}$ (3) $\dfrac{m(g-b)}{k}$
(4) $\dfrac{mc}{k\sin\theta}=\dfrac{mg}{k\cos\theta}=\dfrac{m\sqrt{g^2+c^2}}{k}$，$\tan\theta=\dfrac{c}{g}$

第3講

3.1 (1) $3ma=F-f,\ 2ma=f$ (2) $\dfrac{F}{5m}$ (3) $\dfrac{2}{5}F$

3.2 (1) $g\sin\theta-\dfrac{T_0}{m}$ (2) $T_0<mg\sin\theta$
(3) $g\sin\theta-\dfrac{T_0}{m}$ (4) $\dfrac{1}{2}T_0$ (5) $T_0<mg\sin\theta$

3.3 (1) 加速度の大きさを a，台が床から受ける垂直抗力を N，物体が台から受ける垂直抗力を n とすると，台の運動方程式は

水平方向：$pma=mg-ks$
鉛直方向：$pm\cdot 0=N-n-pmg$

そして物体の運動方程式は

水平方向：$ma=ks$，鉛直方向：$m\cdot 0=n-mg$

(2) $s=\dfrac{mg}{(p+1)k}$

第4講

4.1 (1) 加速度: $\dfrac{F}{M+m}$，縮み: $\dfrac{mF}{k(M+m)}$
(2) 加速度: $\dfrac{F}{M+m}-\mu'g$，縮み: $\dfrac{mF}{k(M+m)}$
(3) 加速度: $\dfrac{F-\mu'mg}{M+m}$，縮み: $\dfrac{m(F+\mu'Mg)}{k(M+m)}$
(4) 加速度: $\dfrac{F-\mu'Mg}{M+m}$，縮み: $\dfrac{m(F-\mu'Mg)}{k(M+m)}$

4.2 (1) $\dfrac{\mu mg}{\cos\theta+\mu\sin\theta}$ (2) (a) $\dfrac{F(\cos\theta+\mu'\sin\theta)}{m}-\mu'g$
(b) $\dfrac{F\sqrt{1+\mu'^2}}{m}-\mu'g$，$\tan\theta_{\mathrm{m}}=\mu'$ (3) $-\mu'g$

4.3 (1) A: 右に $\dfrac{F}{M}$，B: 0 (2) (a) 左に $\dfrac{m}{m+M}F$ (b) 右に $\dfrac{F}{m+M}$ (c) $\mu(m+M)g$ (3) (a) 左に $\mu'mg$ (b) A: 右に $\dfrac{F-\mu'mg}{M}$，B: 右に $\mu'g$

4.4 (1) A: 0，B: 右に $\dfrac{F}{m}$ (2) (a) 左に $\dfrac{M}{m+M}F$ (b) 右に $\dfrac{F}{m+M}$ (c) $\dfrac{\mu m(m+M)g}{M}$ (3) (a) 右に $\mu'mg$ (b) A: 右に $\dfrac{\mu'mg}{M}$，B: 右に $\dfrac{F}{m}-\mu'g$

4.5 (1) $v_0=\dfrac{mg}{k}$ (2) 雨滴の半径を r として $m\propto r^3$，$k\propto r$ であることより，終端速度 $v_0\propto r^2$ となる。よって，小粒の雨より大粒の雨のほうが速い。
㊟ 雨滴の密度は一様とみなせるものとする

第5講

5.1 (1) (a) 糸の長さが一定に保たれるため (b) $a_1+a_2=0$
(2) A: $m_1a_1=T-m_1g$，B: $m_2a_2=T-m_2g$
(3) $T=\dfrac{2m_1m_2}{m_1+m_2}g$ (4) $a_1=-a_2=\dfrac{m_2-m_1}{m_1+m_2}g$
(5) $m_1=m_2$

5.2 (1) 略 (2) A: $ma=2T-mg$，B: $MA=Mg-T$
(3) $T=\dfrac{3Mm}{4M+m}g$ (4) $A=\dfrac{4M-2m}{4M+m}g$ (5) $2M>m$

P05-29（続き）.

(1)より
$$a_1 = -\frac{N}{m}\sin\theta$$
← Nを代入して
$$= -\frac{Mg\cos\theta\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}$$

(1)より
$$a_2 = \frac{N}{m}\cos\theta - g$$
← Nを代入して
$$= \frac{Mg\cos^2\theta}{M+m\sin^2\theta} - g$$
$$= -\frac{(m+M)g\sin^2\theta}{M+m\sin^2\theta}$$

※ a_1, a_2とも負になることが直感と対応していて良い.

2020

学び始める物理αβ
（練習問題 解答）

解答作成担当：鱸　佳文

※　解答は手書です。「試験で実際に作る答案をイメージするもの」としてご利用ください。記述・途中過程説明も最低限のものに絞っているものがほとんどです。また、記述・途中過程説明の必要が無いとおもわれる設問に対しては答えのみ示しています。

※　参考に難度レベルを示しました。★（息をするように解答できないといけない問題）・★★（公式代入型問題）・★★★（入試でよく出題される典型問題のあるレベル）・★★★★（物理的考察が望まれるレベル）というイメージです。

※　掲載されている解答に疑問点がありましたら（自分の答えに自信があるにもかかわらずこの解答と一致しないなども含めます）、遠慮なく担任の講師・作成者にお申し出ください。

高２・春期・52000～199

科学的教育グループSEG®

P01-1 ★

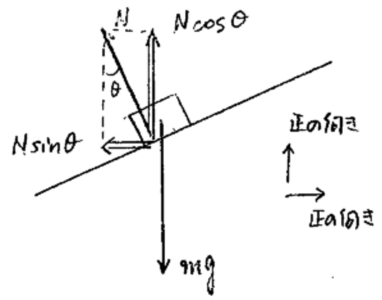
(a) t-v ① . t-x ②

(b) t-v ② . t-x ⑤

(c) t-v ⑥ . t-x ⑧

P05-29 ★★★

(1)



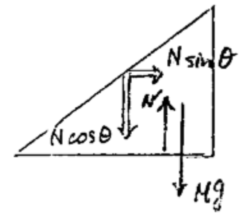
問題の指定に従い、図の様に成分表示する。

よって運動方程式は

$$ma_1 = -N\sin\theta$$

$$ma_2 = N\cos\theta - mg$$

(2)

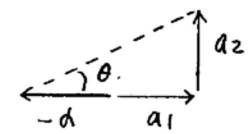


$$M\alpha = N\sin\theta$$

$$M\cdot 0 = -N\cos\theta - Mg + N'$$

(3) 台車Bから見て、Aは、Bの斜面に沿うように運動する（束縛条件と呼ぶ）

その関係は次の図の通り



※ 正負の設定に無理があるので
図のイメージはとらえにくい。

$$\therefore\ (a_1-\alpha)\tan\theta = a_2$$

(4) 式の整理にはコツがある。(4)の式の加速度をすべて運動方程式で消去する

(参考)

$$\left(-\frac{N}{m}\sin\theta - \frac{N}{M}\sin\theta\right)\tan\theta = \frac{N}{m}\cos\theta - g$$

この式をNについて整理すると

$$N = \frac{mMg\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}$$

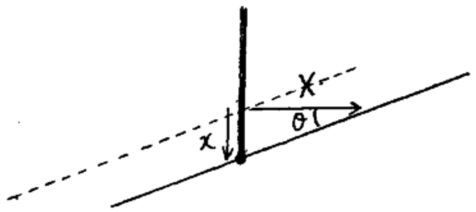
このNを(2)の運動方程式に戻すと α を得る。

Nをパラメタと見た式の整理方法である。

$$\alpha = \frac{mg\sin\theta\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}$$

P05-28 ★★★

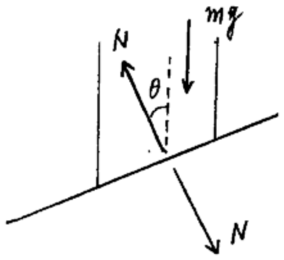
(1) 変位の図は次の通り　∴ $X\tan\theta = x$



変位の二階時間微分が加速度であるので

$$A\tan\theta = a$$

(2)
(3)



運動方程式（運動方向の）に関与する力は左図の通り

$$ma = mg - N\cos\theta$$

$$MA = N\sin\theta$$

この2式の a, A を (1) の条件式に代入すると

$$\frac{N\sin\theta}{M}\tan\theta = g - \frac{N\cos\theta}{m}$$

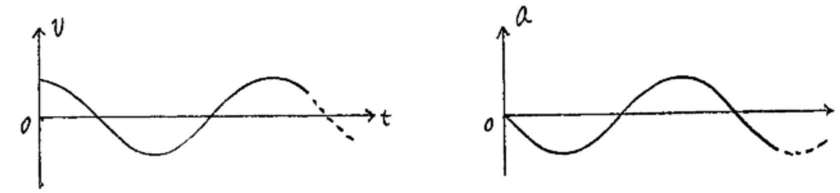
$$\therefore N = \frac{mM\cos\theta}{m\sin^2\theta + M\cos^2\theta}\cdot g \quad \cdots (3)\text{の答.}$$

このNを各運動方程式に戻すと

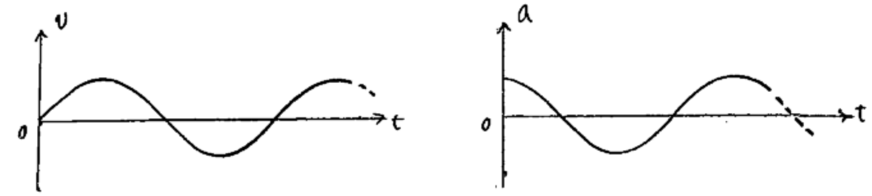
$$\left.\begin{aligned} a &= g\left(1 - \frac{M\cos\theta}{m\sin^2\theta + M\cos^2\theta}\right) \\ A &= g\,\frac{m\cos\theta\sin\theta}{m\sin^2\theta + M\cos^2\theta} \end{aligned}\right\} \cdots (2)\text{の答}$$

P01-2 ★

(1)



(2)

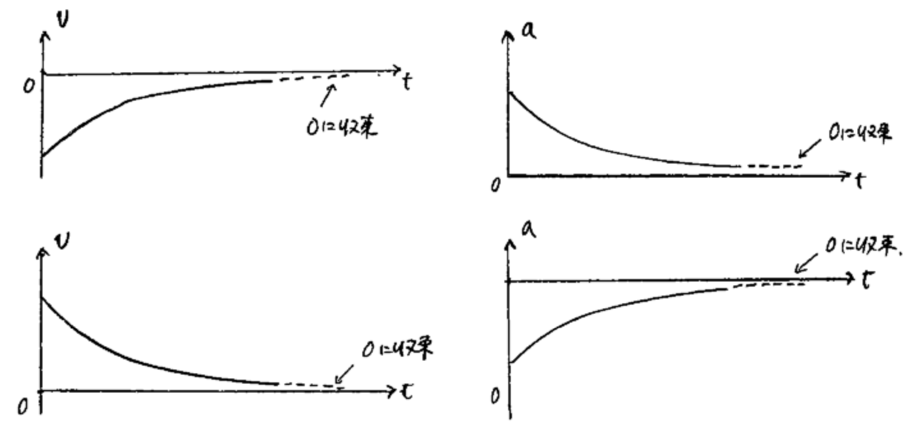


※ 三角関数の微分から考えてもよいし、t-x グラフの接線の傾き → v

t-v グラフの接線の傾き → a と考えてもよい。

(3)

(4)



※ (3), (4) は指数関数と解釈した。

P01-3. ★

(1) 求め方は一通りではない。 $t_0 \leqq t \leqq t_1$ の2次曲線は軸がL軸と重なっていて、頂点が(0,0)であるので $L = at^2$ と書けて、図より (10, 100) を通るので $a = 1$ (単位略) と定まる。というのも1つの方法である。(以下略)

$$t_0 \leqq t \leqq t_1 \qquad L = (1\,\mathrm{m/s^2})\,t^2$$

$$t_1 \leqq t \leqq t_2 \qquad L = (20\,\mathrm{m/s})(t - 10\,\mathrm{s}) + 100\,\mathrm{m}$$

$$t_2 \leqq t \leqq t_3 \qquad L = (-1.25\,\mathrm{m/s^2})(t - 24\,\mathrm{s})^2 + 300\,\mathrm{m}$$

(2) $a_1 = 2\,\mathrm{m/s^2}$

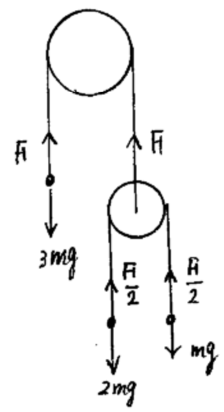
(3) $v_2 = 20\,\mathrm{m/s}$

(4) $a_2 = 2.5\,\mathrm{m/s^2}$

(5) (エ)

P05-27 (続き)

次に、この問題の設定を考察する



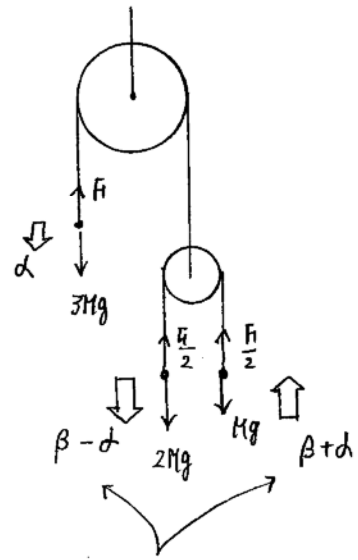
前述の考察からすると 右の動滑車において $F < 3mg$ である。

ところが $F < 3mg$ とすると $3m$ の物体は降下することになり、右の動滑車は上昇することになり $F < 3mg$ と言い切れなくなる。

全体の動きが直感と矛盾している部分をもつのである。

全体構造が複雑になるほど、感性では対処しきれなくなってくる。さきほど述べたことに反するようであるが、直感を排除して冷静に法則に従う必要がある。

解答に入る。



ここが束縛条件。Aの加速度が加減算されている。

左図に対し運動方程式は

$$3M\alpha = 3Mg - F$$

$$2M(\beta - \alpha) = 2Mg - \frac{F}{2}$$

$$M(\beta + \alpha) = \frac{F}{2} - Mg$$

3式を連立させて

$$\alpha = \frac{1}{17}g, \quad \beta = \frac{6}{17}g, \quad F = \frac{48}{17}Mg$$

(1) C : $\beta + \alpha = \frac{7}{17}g$ (上向き) B : $\beta - \alpha = \frac{5}{17}g$ (下向き) A : $\frac{1}{17}g$ (下向き)

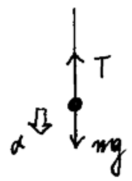
(3) A が降下する向きに加速度をもつので $3Mg > F$ (2) $\frac{F}{2} = \frac{24}{17}Mg$ (4) $\frac{8}{3}M$

理由は自分で考えてみよう。

P05-27 ★★

解答の前に考察から入る。

- 糸でおもりをぶらさげると張力は mg に等しくなるが



おもりが下向きに加速度運動していると 張力 $< mg$ である。

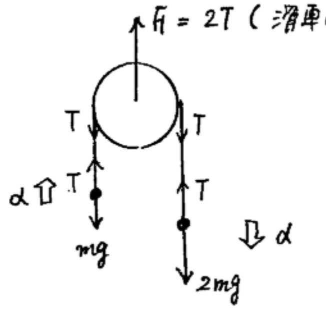
原因と結果の区別ができないが、運動方程式では

$$m\alpha = mg - T \qquad \therefore\ T = m(g-\alpha) < mg$$

と示される。

- それならば 滑車をささえる力とは？ （下図で $F < 3mg$）

$F = 2T$（滑車の質量 $= 0$ のとき）



運動方程式は

$$m\alpha = T - mg$$

$$2m\alpha = 2mg - T$$

連立して $\alpha = \frac{g}{3}$, $T = \frac{4}{3}mg$

よって $F = 2T = \frac{8}{3}mg < 3mg$ …※

興味深いことに m のものは $\frac{g}{3}$ で上昇し、$2m$ のものは $\frac{g}{3}$ で降下する。重み付けして

全体の降下を $2m \times \frac{g}{3} - m \times \frac{g}{3} = \frac{mg}{3}$ とすると ※の $3mg$ と $\frac{8}{3}mg$ の差分と等しくなる。

まさに "支えきれていない分だけ力は小さくなる" のである。

物理の数式（法則）は、この様に意味付けを可能とする。直感を排除して冷静に、法則に従って問題を評価するというのは入試での鉄則であるが、普段の勉強では感性を大切にしてもらいたい。進歩にはブレークスルーが必要で、ブレークスルーには感性が必要である（と解答作成者は考える）。そうでないなら、すべてを人工知能にまかせてよいことになりかねない。

P01-4 ★

数学的に $v(t) = \frac{d}{dt}x(t)$, $\alpha(t) = \frac{d}{dt}v(t)$ を示せばよい。

意味としては $\frac{dx}{dt}$（dx ← 変位、dt ← 時間幅）, $\frac{dv}{dt}$（dv ← 速度変化、dt ← 時間幅）であるが、

利用は数式処理時に択ろう。

(1) $v(t) = 2$ 　 $\alpha(t) = 0$ （等速度）

(2) $v(t) = 2$ 　 $\alpha(t) = 0$

(3) $v(t) = 1.$ 　 $\alpha(t) = 0$

(4) $v(t) = -1$ 　 $\alpha(t) = 0$

(5) $v(t) = 2t + 3$ 　 $\alpha(t) = 2$ （等加速度）

(6) $v(t) = -2t - 3$ 　 $\alpha(t) = -2$

(7) $v(t) = -2t + 2$ 　 $\alpha(t) = -2.$

(8) $v(t) = -2t + 2$ 　 $\alpha(t) = -2.$

P01-5 ★★

(1) 速さが小さいため観測時間と位置の関係の誤差を小さくできる。

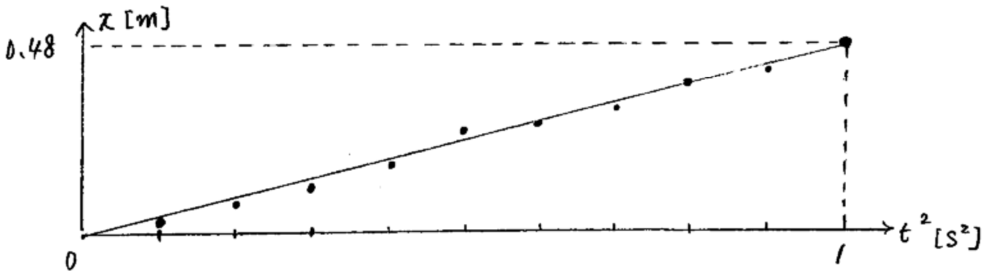
(2) (ア) $v = \alpha t$

(イ) 面積

(ウ) $x = \frac{1}{2}\alpha T^2$

(エ) 原点を通る直線

(3) 解答には方眼紙が必要である。イメージとしては、

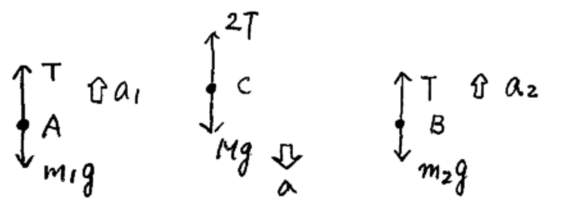


(4) このグラフの傾きの読み方には、数学的方法があるが大学の内容となる。

ここでは傾きを $0.48\,\mathrm{m/s^2}$ とする。

(2) の (ウ) より $0.48\,\mathrm{m/s^2} = \frac{1}{2}\alpha$ であるので $\alpha = 0.96\,\mathrm{m/s^2}$

P05-26 ★★★



各物体を質点とみなしている

(1) $m_1 a_1 = T - m_1 g$

$Ma = Mg - 2T$

$m_2 a_2 = T - m_2 g$

(2) $2a = a_1 + a_2$

(3)(4)(5) (1) の運動方程式より T で表した加速度を (2) の式に代入して

$$2\left(g - \frac{2T}{M}\right) = \left(\frac{T}{m_1} - g\right) + \left(\frac{T}{m_2} - g\right)$$

$$\therefore T = \frac{4m_1m_2M}{4m_1m_2 + (m_1+m_2)M}\,g \quad \cdots (5)の答$$

この T を各々の加速度の式に代入して

$$a = \frac{-4m_1m_2 + (m_1+m_2)M}{4m_1m_2 + (m_1+m_2)M}\,g \quad \cdots (3)の答$$

$$a_1 = \frac{-4m_1m_2 + (3m_2-m_1)M}{4m_1m_2 + (m_1+m_2)M}\,g \quad \cdots (4)の答$$

$$a_2 = \frac{-4m_1m_2 + (3m_1-m_2)M}{4m_1m_2 + (m_1+m_2)M}\,g \quad \cdots (4)の答$$

(6) (3) の $a = 0$ として $-4m_1'm_2' + (m_1'+m_2')M = 0$

(7) (6) の条件を代入して M をうまく消去すると

$$a_1 = \frac{-m_1' + m_2'}{m_1' + m_2'}\,g, \quad a_2 = \frac{m_1' - m_2'}{m_1' + m_2'}\,g \quad \cdots (答)$$

$m_1' > m_2'$ より $a_1 < 0$ $a_2 > 0$ よって B が上昇する。

P05-25 ★★★

(1) 動かっ車に働く力は

という関係にある。

Bの斜面を上昇する加速度の大きさを a とすると Aが落下する加速度は $\frac{a}{2}$

よって運動方程式は

$$A:\quad M\frac{a}{2} = Mg - 2T$$

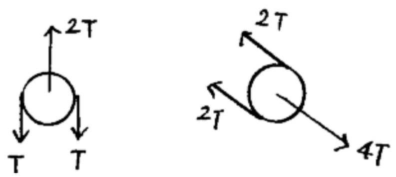
$$B:\quad ma = T - mg\sin\theta$$

2式を連立させて (少々.やっかい)

$$a = \frac{2M - 4m\sin\theta}{M+4m}g \qquad T = \frac{(2+\sin\theta)Mm}{M+4m}g$$

以下略 //

(2) 2つの動かっ車に働く力は



Bの上昇する加速度の大きさを a とすると Aが斜面を降下する加速度は $\frac{a}{4}$

よって運動方程式は

$$A:\quad M\frac{a}{4} = Mg\sin\theta - 4T$$

$$B:\quad ma = T - mg$$

2式を連立させて ((1)同様楽ではない)

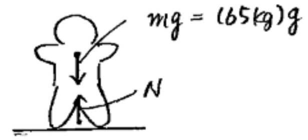
$$a = \frac{M\sin\theta - 4m}{4m + \frac{M}{4}}g \ ,\quad T = \frac{(4\sin\theta + 1)Mm}{M+16m}\cdot g$$

以下略 //

P02-1 ★★

体重計は 垂直抗力 を測定している。その目盛りは、$\frac{垂直抗力}{重力加速度}$ を示す。

(1)



$ma = N - mg$ より $N = m(a+g)$

よって

$$目盛 = \frac{65\,kg\,(1\,m/s^2 + 9.8\,m/s^2)}{9.8\,m/s^2}$$

$$= 71.6\cdots\,kg$$

72kg //

(2) 65kg //

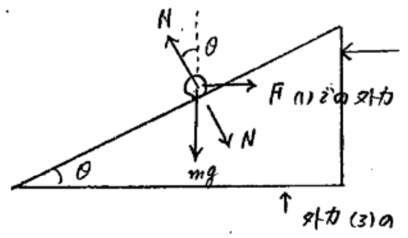
(3) $$目盛り = \frac{65\,kg\,(-0.5\,m/s^2 + 9.8\,m/s^2)}{9.8\,m/s^2}$$

$$= 61.6\cdots$$

62kg //

P02-2　★★★

・一般に力を示す.



よくある考え方では　$N = mg\cos\theta$　であるが　この問題は そうではない.

(1)　$N\cos\theta = mg$　を意味する。　$N\sin\theta = F$　であるので

$$F = mg\tan\theta$$

(2)　$N\cos\theta = mg$　を意味する。　$N\sin\theta = ma$　であるので

$$a = g\tan\theta$$　(向きは図の左向き)

(3)　$mb = N\cos\theta - mg$　を意味するが、ここで図の水平方向に物体が運動していないので

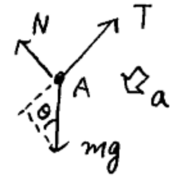
$$N\sin\theta = m\cdot 0$$

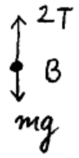
すなわち　$N = 0$

∴ $b = -g$

(鉛直下向き) に大きさ g の加速度であると題意を示す

P05-24　★★





⇧ $\frac{a}{2}$ (∵動かっ車)

運動方程式は　A:　$ma = mg\sin\theta - T$

B:　$m\frac{a}{2} = 2T - mg$

(1)　運動方程式より T を消去すると　$a = \frac{2}{5}(2\sin\theta - 1)g$　…(答)

(2)　Bの加速度は $\frac{a}{2}$　　∴ $\frac{a}{2} = \frac{1}{5}(2\sin\theta - 1)g$　…(答)

(3)　(1)の a の式を運動方程式に代入して.

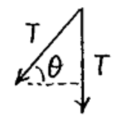
$$T = mg\frac{\sin\theta + 2}{5}$$

Pに作用する力は この張力　$F_P = T$

P'に作用する力は 2本分の張力のベクトル和

$$F_P' = \sqrt{(T\cos\theta)^2 + (T + T\sin\theta)^2}$$

$$= T\sqrt{2 + 2\sin\theta}$$



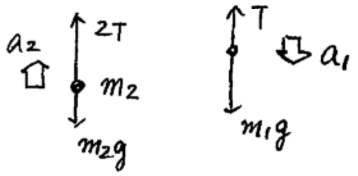
$$F_P = mg\frac{\sin\theta + 2}{5}$$

$$F_P' = mg\frac{(\sin\theta + 2)\sqrt{2 + 2\sin\theta}}{5}$$

P 05-23 ★

(1) $a_1 = 2a_2$

(2) 運動方程式を示す.



$$m_2 a_2 = 2T - m_2 g \ , \quad m_1 a_1 = m_1 g - T$$

$$a_2 = \frac{2T}{m_2} - g \ , \quad a_1 = g - \frac{T}{m_1} \quad \cdots (答)$$

(3) $g - \dfrac{T}{m_1} = 2\left(\dfrac{2T}{m_2} - g\right)$ であるので $T = \dfrac{3m_1 m_2}{4m_1 + m_2} g \quad \cdots (答)$

このTを(2)の式に代入して

$$a_1 = \frac{2(2m_1 - m_2)}{4m_1 + m_2} g \ , \quad a_2 = \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g \quad (参考)$$

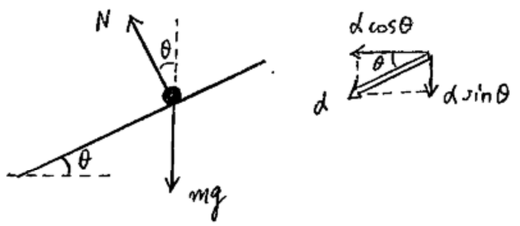
P 02-3 ★

(1) $M\alpha = -Mg\sin\theta$

(2) $0 = N - Mg\cos\theta$ (y方向の加速度$=0$)

(3) $\alpha = -g\sin\theta \ , \quad N = Mg\cos\theta$

P02-4 ★



(1) $m\alpha\cos\theta = N\sin\theta$ ($m(-\alpha\cos\theta) = -N\sin\theta$)

(2) $m\alpha\sin\theta = mg - N\cos\theta$ ($m(-\alpha\sin\theta) = -mg + N\cos\theta$)

(3) (1),(2)より α を消去すると $\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta} = \dfrac{mg - N\cos\theta}{N\sin\theta}$

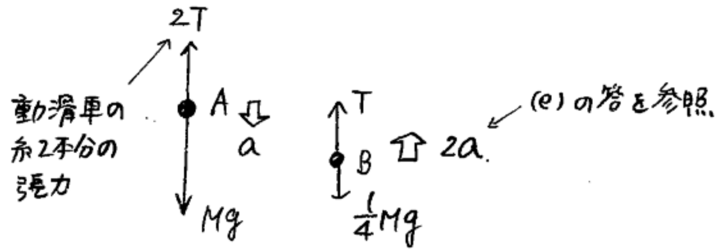
$\therefore N = mg\cos\theta$

このNを(1)に戻して $\alpha = g\sin\theta$

P05-22 ★

(1) (a) $2h$ [m] (b) $\dfrac{Mg}{2}$ [N] (c) $\dfrac{v}{2}$ [m/s]

(2) (d) $2a$ [m/s²]



運動方程式は

A : $Ma = Mg - 2T$

B : $\dfrac{M}{4}\cdot 2a = T - \dfrac{1}{4}Mg$

Tを消去して $a = \dfrac{g}{4}$ [m/s²] … (e)の答

aを消去して $T = \dfrac{3}{8}Mg$ [N] … (f)の答

(g) $\dfrac{H}{3}$ [m]

P05-21 ★★

(1) Aの斜面方向の力のつりあいより　張力 $= Mg\sin\theta$

(2) 垂直抗力 $= Mg\cos\theta$

(3) Bの斜面方向の力のつりあいは、

張力 $= mg\sin\theta$ + 静止まさつ力　∴ 静止まさつ力 $= (M-m)g\sin\theta$

(4) $(M+m)g\cos\theta$

(5) $\mu'\times$ 垂直抗力 $= \mu'(m+M)g\cos\theta$

(6) A, Bの加速度の大きさ a は等しい。張力を T として運動方程式は、

A: $Ma = Mg\sin\theta - T$

B: $ma = T - mg\sin\theta - \mu'(m+M)g\cos\theta$

この2式を連立させて

$$a = \frac{M-m}{M+m}g\sin\theta - \mu' g\cos\theta$$

$$T = \frac{2Mm}{M+m}g\sin\theta + \mu' Mg\cos\theta$$

を得る

P02-5 ★

(1) $0 = T - mg$　∴ $T = mg$

(2) $ma = T - mg$　∴ $T = m(a+g)$

(3) $m(-b) = T - mg$　∴ $T = m(g-b)$

(4) Tがたるまない必要条件は $T \geqq 0$

P02-6　★

(1)　$mg = 9.8\,\mathrm{N}$　　N(ニュートン) = $\mathrm{kg \cdot m/s^2}$ の組み立て単位.

(2)　(a)　9.8N　　$(m \cdot 0 = T - mg)$

(b)　9.8N　　$(m \cdot 0 = T - mg)$

(c)　$m\dfrac{dv}{dt} = T - mg$ に数値を代入して

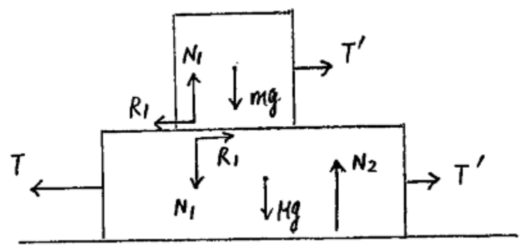
$$1\,\mathrm{kg} \times 1.2\,\mathrm{m/s^2} = T - 1\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} \quad \therefore\ T = 11\,\mathrm{N}.$$

(d)　(c)と同様に

$$1\,\mathrm{kg} \times (-1.2\,\mathrm{m/s^2}) = T - 1\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} \quad \therefore\ T = 8.6\,\mathrm{N}$$

下向きの加速度

P05-20　★★★



問1.　静止しているとき、力のつりあいより　A：$T' + R_1 = T$

B：$T' = R_1$　　$\therefore\ T' = R_1 = \dfrac{T}{2}$

(1)　垂直抗力 $= mg$　　まさつの向きは図の左向き，大きさは $\dfrac{T}{2}$

(2)　$\dfrac{T}{2}$

問2.　(1)　垂直抗力 $= mg$,　まさつの向きは図の左向き，大きさは $R_1 = \mu N_1 = \mu mg$

(2)　$ma = T' - \mu N_1$

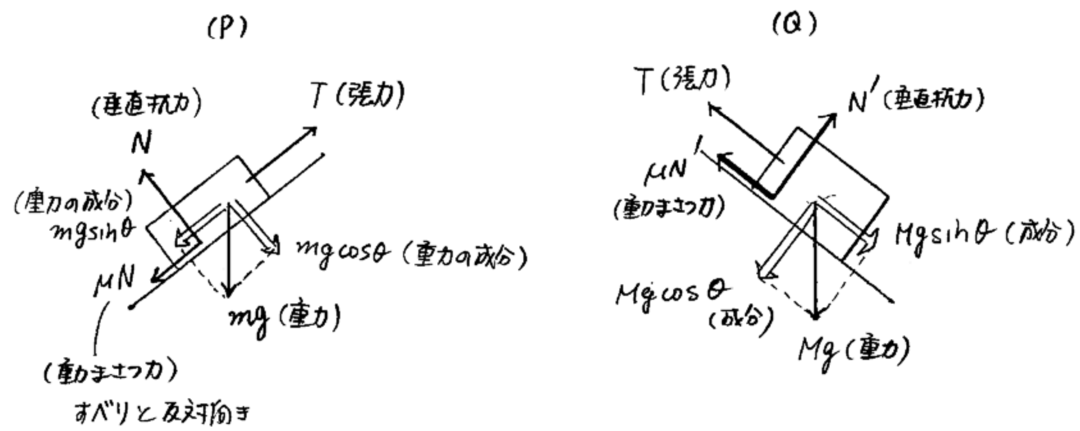
$Ma = T - \mu N_1 - T'$　　が各々の運動方程式　$(N_1 = mg)$

$$\therefore\ T' = \frac{m}{m+M}T + \frac{M-m}{M+m}\mu mg$$

(3)　(2)より "T'" を消去して

$$a = \frac{T}{m+M} - \frac{2\mu mg}{m+M}$$

P05-19 ★★



(1)

P $\begin{cases} \text{斜面方向} & m\alpha = T - \mu N - mg\sin\theta \\ \text{垂直方向} & 0 = N - mg\cos\theta \end{cases}$

Q $\begin{cases} \text{斜面方向} & M\alpha = Mg\sin\theta - T - \mu N' \\ \text{垂直方向} & 0 = N' - Mg\cos\theta \end{cases}$

(2) P： $N = mg\cos\theta$,　Q : $N' = Mg\cos\theta$

(3) P： $\mu N = \mu mg\cos\theta$,　Q : $\mu N' = \mu Mg\cos\theta$

(4) $T = \dfrac{2mM}{m+M} g\sin\theta$

(5) $\alpha = \dfrac{M-m}{M+m} g\sin\theta - \mu g\cos\theta$

注意： (2),(3),(4),(5) は (1)の4つの式を整理すると得られるが
α, T, N の3文字は問題で与えられた文字ではないので
含まないようにしなければならない。

P02-7 ★

(1) $mg\sin\theta = kS_1$ より $S_1 = \dfrac{mg\sin\theta}{k}$

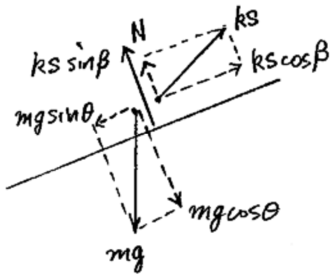
(2) $ma = kS_2 - mg\sin\theta$ より $S_2 = \dfrac{m(g\sin\theta + a)}{k}$

(3) $mb = mg\sin\theta - kS_3$ より $S_3 = \dfrac{m(g\sin\theta - b)}{k}$

(4) $bc = g\sin\theta$

P02-8 ★★★

設問に入る前に"力"の確認を行う。



S：ばねの自然長からの伸び

(1) 斜面方向の運動方程式より

$$ma = ks\cos\beta - mg\sin\theta \qquad \therefore\ s = \frac{m(a+g\sin\theta)}{k\cos\beta}$$

(2) 斜面に垂直な方向の力のつりあいより

$$N + ks\sin\beta = mg\cos\theta$$

(1)の s を代入して

$$N + m(a+g\sin\theta)\tan\beta = mg\cos\theta$$

$$\therefore\ N = m(g\cos\theta - (a+g\sin\theta)\tan\beta)$$

(3) $N=0$ が臨界であるので求める値を β_c とすると (2)より

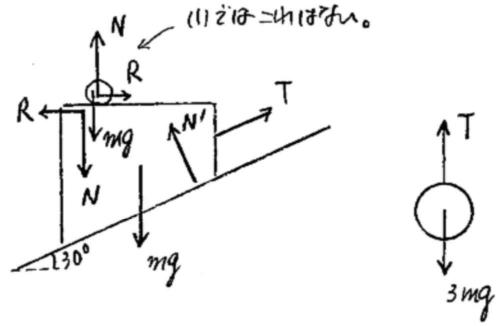
$$g\cos\theta - (a+g\sin\theta)\tan\beta_c = 0$$

$$\therefore\ \tan\beta_c = \frac{g\cos\theta}{a+g\sin\theta}$$

出題は $\sin\beta_c$ を求めるのであるが、キレイではないので

$\tan\beta_c$ のままとする。

P05-18 ★★★

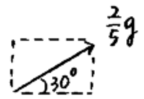


(1) $(3m+m)a = 3mg - mg\sin 30^\circ \qquad \therefore\ a = \frac{5}{8}g$

(2) $N' = 2mg\cos 30^\circ = \sqrt{3}mg$

(3) (a) $(m+3m+m)a = 3mg - 2mg\sin 30^\circ \qquad \therefore\ a = \frac{2}{5}g$

(b)



Dについての運動方程式を考える

$$m\cdot\frac{2}{5}g\sin 30^\circ = N - mg$$

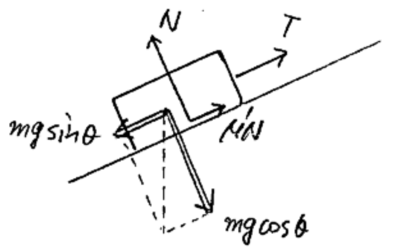
$$\therefore\ N = \frac{6}{5}mg$$

(c) $m\frac{2}{5}g\cos 30^\circ = R \qquad \therefore\ R = \frac{\sqrt{3}}{5}mg$

P05-17 ★★ ((3)を手抜きで解くとき ★★★)

(1) $N = mg\cos\theta$

(2)



運動方程式は

A : $ma = mg\sin\theta - \mu' N - T \quad (N = mg\cos\theta)$

B : $Ma = T - Mg$

この3つの式をうまく処理して (結果に a, T, N が入らないようにする)

$$a = \frac{m\sin\theta - \mu' m\cos\theta - M}{m+M} g$$

$$T = \frac{mM}{m+M} g\,(1 + \sin\theta - \mu'\cos\theta)$$

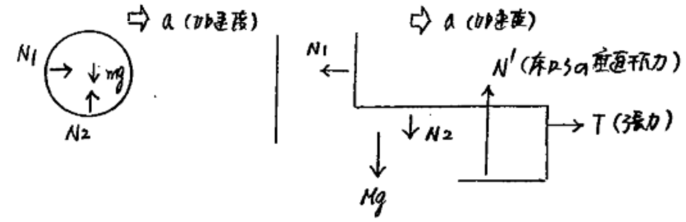
(3). (2)の M を M' とし $\mu' N$ の向き(正負)を逆にする。また a に記号をつける

$$a' = \frac{M' - \mu' m\cos\theta - m\sin\theta}{m+M'} g$$

$$T = \frac{mM'}{m+M'} g\,(1 + \sin\theta + \mu'\cos\theta)$$

P03-1 ★★

題意の状況を構成要素(各物体)毎に見ると次の通り



運動方程式は m : 水平方向 $ma = N_1$

鉛直方向 $m \cdot 0 = N_2 - mg$

M : 水平方向 $Ma = -N_1 + T$

鉛直方向 $M \cdot 0 = -N_2 - Mg + N'$

(1) $(m+M)a$

(2) mg

(3) ma

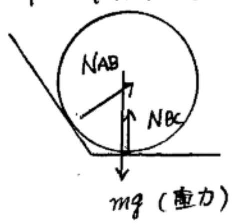
P03-2 ★★

(1) 板と物体pが加速度 a をもつ力であるので　張力 $= (m+M)a$

(2) 物体pに作用する力で加速度方向成分をもつのは $\overline{AB}$ より受ける垂直抗力のみ　垂直抗力を N_{AB} とすると

$$N_{AB}\sin 60^\circ = ma \qquad \therefore N_{AB} = \frac{2}{\sqrt{3}}ma$$

(3) 物体pに作用する力は下図の通り



鉛直方向の力のつりあいより

$$mg = N_{BC} + \underbrace{N_{AB}}_{(2)を代入}\cos 60^\circ$$

$$\therefore N_{BC} = m\left(g - \frac{a}{\sqrt{3}}\right)$$

(4) 板と物体pは鉛直方向には運動していない（加速度をもたない）ので

$$N_{板} = (m+M)g$$

(5) $N_{BC} \geqq 0$ がPが斜面を登り出さない必要条件.

(3)より　$a \leqq \sqrt{3}g$

逆に　$a > \sqrt{3}g$ だとPは斜面を登る

$$\therefore a_c = \sqrt{3}g$$

P05-16 ★★

(1) A：斜面方向　$Ma = Mg\sin\theta - \mu N - T$

斜面法線方向　$0 = N - Mg\sin\theta$

B：鉛直方向　$ma = T - mg$

(2) (1)より　$N = Mg\cos\theta$

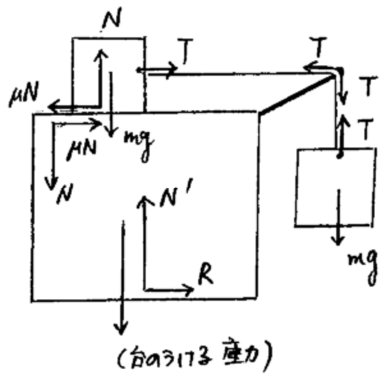
(3) (1)より　$\mu N = \mu Mg\cos\theta$

(4) (1)より　$T = \dfrac{Mm}{M+m}g(1 + \sin\theta - \mu\cos\theta)$

(5) (1)より　$a = \dfrac{Mg\sin\theta - \mu Mg\cos\theta - mg}{m+M}$

※ 整理の仕方は色々考えられるが、物理的意味の見えやすい式はこれである。

P05-15 ★★★



左図が"力"の表示.

(1) $2ma = mg - \mu N$ $(N = mg)$ より $a = (1-\mu)\frac{g}{2}$

(2) Bの運動方程式に注目すると $ma = mg - T$ ∴ $T = \frac{(1+\mu)mg}{2}$

(3) 図より $T = \frac{(1+\mu)mg}{2}$

(4) "台"の力のつりあいに注目して

$R + \mu N = T$ ∴ $R = T - \mu N$ $(N = mg)$

$= \frac{(1-\mu)}{2}mg$

このRは"ma"に等しい。その理由を考えると良い。

P03-3 ★

(1) 力 $= m\alpha$

(2) AB間の糸の張力の大きさをTとする

Aの運動方程式は $m\beta = T$

Bの運動方程式は $M\beta = (\text{Cの力}) - T$ ∴ $T = m\beta$, $(\text{Cの力}) = (m+M)\beta$.

(3) AB間の張力 $= mg$, $(\text{Cの力}) = (m+M)g$

(4) Aの運動方程式は $m\gamma = T - mg$

B 〃 $M\gamma = -T - Mg + (\text{Cの力})$

∴ $T = m(\gamma+g)$, $(\text{Cの力}) = (m+M)(\gamma+g)$

P03-4　★でもあり ★★でもある。

(1) $\frac{T_0}{m}$

(2) (a) $\frac{T_0}{m}$

(b) $\frac{T_0}{2}$

(3) (a) $\frac{T_0}{m}$

(b) $\frac{k}{N}T_0$

※ (3).(b) については立式をちゃんと行って解に至るのもよいが、物理的直感から示すのもよい。

自分なりの論法を作ってみて、他の人（先生も含む）に示してみて下さい。

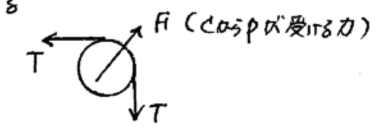
P05-14　★★

(1) A : $2ma = T$

B : $ma = mg - T$

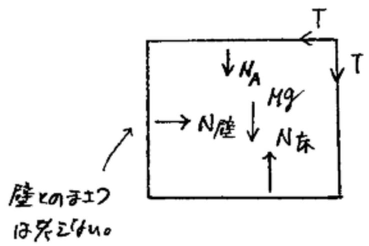
(2) (1)の2つの式を連立して　$a = \frac{g}{3}$,　$T = \frac{2}{3}mg$

(3) (4)　p に注目する



pの質量が無視できるとし　$F_{水平} = T$,　$F_{鉛直} = T$ とわかる。

よって　Cが受ける力を図示すると



水平方向の力のつりあいより

$N_{壁} = T$

$= \frac{2}{3}mg$ //　(3)の答

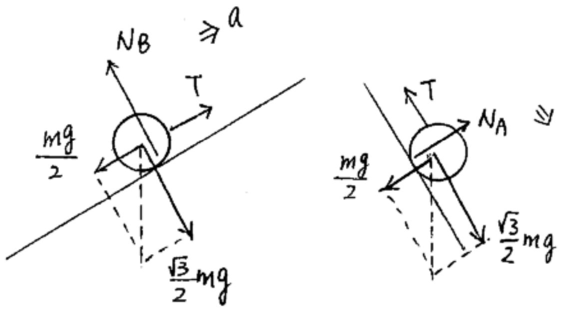
鉛直方向の力のつりあいより

$N_{床} = N_A + Mg + T$

$= 2mg + Mg + \frac{2}{3}mg$

$= (M + \frac{8}{3}m)g$ //　(4)の答

P05-13 ★★



（加速度の向きは仮と考えればよい）

(1) A　$ma = \frac{\sqrt{3}}{2}mg - T$，　$N_A = \frac{mg}{2}$　（法線方向の力のつりあい）

(2) B　$ma = T - \frac{mg}{2}$，　$N_B = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$　（　　〃　　）

(3) (1)の運動方程式より a を消去すると　$T = \frac{\sqrt{3}+1}{4}mg$

(4) (1)の運動方程式より T を消去すると　$a = \frac{\sqrt{3}-1}{4}g$

を得る。$a > 0$ であるので

上の図の a の向きの設定は正しかったと言える。よって B は斜面上方に動く。

P03-5 ★★

(1) 加速度を a として　$Ma = F - T\cos 30^\circ = F - \frac{\sqrt{3}}{2}T$

$Mg + T\sin 30^\circ = N_A$　∴　$Mg + \frac{1}{2}T = N_A$

(2) AとBの加速度は等しいので　$ma = T\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}T$

$mg = N_B + T\sin 30^\circ$　∴　$mg = N_B + \frac{1}{2}T$

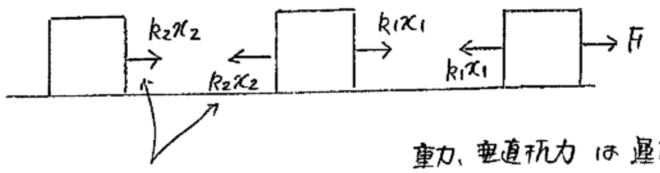
(3) (1),(2)の式より a を消去して.　$T = \frac{mF}{m+M}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}$

(4) 浮き上がる臨界は $N_B = 0$

このとき (4)より $T = 2mg$　このTを(3)に代入すると $a = a_0$ であるので

$a_0 = \sqrt{3}g$

P03-6 ★★



ばねの両端力は等しい

重力、垂直抗力は運動方向成分をもたないので略した。

(1) $m_1 a = F - k_1x_1$ …①

$m_2 a = k_1x_1 - k_2x_2$ …②

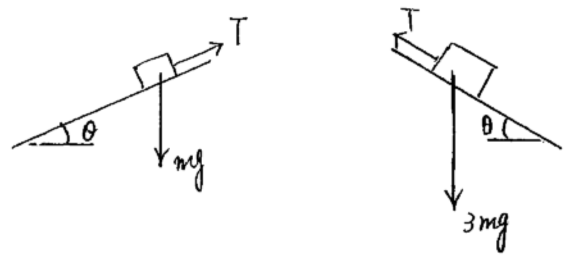
$m_3 a = k_2x_2$ …③

(2) $a = \dfrac{F}{m_1+m_2+m_3}$

(3) ①に a ((2)のa) を代入して $k_1x_1 = F\dfrac{m_2+m_3}{m_1+m_2+m_3}$ …⑤

③に a (〃) を代入して $k_2x_2 = F\dfrac{m_3}{m_1+m_2+m_3}$ …⑥

P05-12 ★



Aが上昇する加速度を a とすると運動方程式は

$ma = T - mg\sin\theta$

さらにBの運動方程式は

$3ma = 3mg\sin\theta - T$

以上より

(1) $a = \dfrac{g}{2}\sin\theta$

(2) $T = \dfrac{3}{2}mg\sin\theta$

P05-11　　暗算なら★★★、そうでないなら ★★

(1)　$(M-m)g$　　※ 暗算で確信をもって答えられますか？

(2)　$a = \dfrac{M-m}{M+2m}g$　　※　　〃

この加速度のもとでのCの運動方程式は、

$$M\frac{M-m}{M+2m}g = Mg - T$$

$$\therefore T = \frac{3m}{M+2m}Mg$$

P03-7　　★★（※題意図が不明）

題意より　$d_i - c = ia$　である。

$(i-1)mg$ の重力が "i" のコイルの復元力とつりあうと考えるので

$$(i-1)mg = kia \qquad \therefore k = \frac{i-1}{i}\frac{mg}{a} \quad \cdots(ア)$$

コイルバネ全体の伸びは、自重のみのとき、

$$\sum_{i=1}^{N} ia = \frac{1}{2}N(N+1)a \quad \cdots(イ)$$

おもりがBにあるとき

$$\sum_{i=1}^{N}(ia+b) = \underbrace{\frac{1}{2}N(N+1)a}_{} + Nb \quad \cdots(ウ)$$

ここを相対的に無視すると

$$\fallingdotseq Nb \quad \cdots(エ)$$

(エ)について

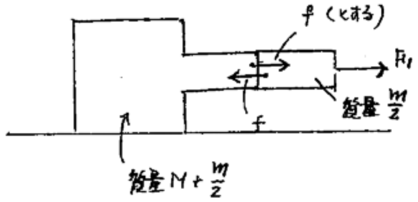
$F = KNb$　として、さらに自重を無視すると　$F = kb$　であるので

$$K = \frac{k}{N} \quad \cdots(オ)$$

P03-8 ★★★

(1) $(m+M)a = F_1$ より $a = \dfrac{F_1}{m+M}$

(2) 棒の中央で分割して下図の様に考える。



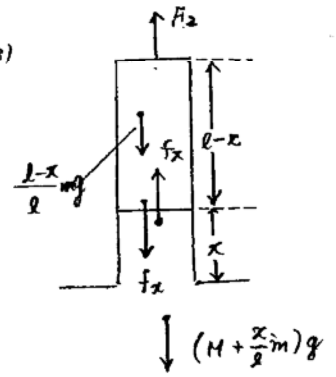
2つの部分の運動方程式は

$$\frac{m}{2}a = F_1 - f$$

$$\left(\frac{m}{2}+M\right)a = f$$

連立させて a を消去して $f = \dfrac{m+2M}{2(m+M)}F_1$.

(3)



棒を指定の位置で分割して左図の様に考える。

2つの部分の運動方程式は

$$\frac{l-x}{l}ma = F_2 - \frac{l-x}{l}mg - f_x$$

$$\left(M+\frac{x}{l}m\right)a = f_x - \left(M+\frac{x}{l}m\right)g$$

連立させて a を消去して、

$$f_x = \frac{M+\frac{x}{l}m}{M+m}F_2$$

P05-10 ★★

(1) Bが静止しているので S_1の張力 $= m_B g\sin 30^\circ = \dfrac{1}{2}m_B g$

(2) Cが静止しているので S_2の張力 $= m_C g$

(3) S_2の張力は A，B をささえているので S_2の張力 $= (m_A+m_B)g\sin 30^\circ$

(2)、(3)は等しいので $\dfrac{1}{2}(m_A+m_B) = m_C$

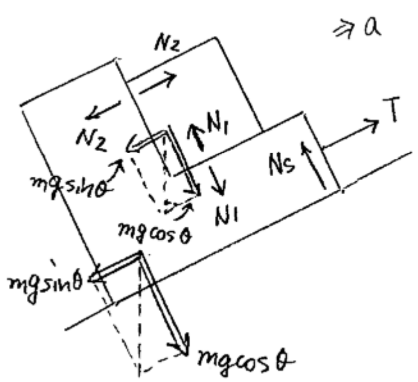
(4) A，B間に運動方向の力の作用はないので $g\sin 30^\circ = \dfrac{g}{2}$

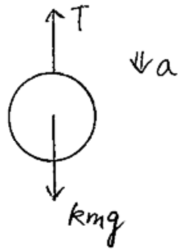
(5) $m_A a_A = T - m_A g\sin 30^\circ$

(6) $m_C a_C = m_C g - T$.

(7) $a_A = a_C = \dfrac{2m_C - m_A}{2(m_A+m_C)}$, $T = \dfrac{3m_A m_C}{2(m_A+m_C)}g$

P05-9 ★★★





力の関係は以上の通り。以上にもとづいて運動方程式はそれぞれ

S:　$ma = T - N_2 - mg\sin\theta$　　$N_S = N_1 + mg\cos\theta$（力のつりあい）

E:　$kma = kmg - T$.

G:　$ma = N_2 - mg\sin\theta$　　$N_1 = mg\cos\theta$（力のつりあい）

以上を上手にくみあわせて、（解答の式に N_1, N_2, T, a が入らない様に注意）

(1)　$a = \dfrac{k - 2\sin\theta}{k+2} \cdot g$

(2)　$T = \dfrac{2(1+\sin\theta)}{k+2} kmg$

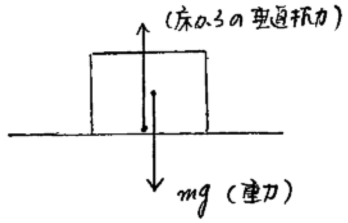
(5)　$N_S = 2mg\cos\theta$

(4)　$N_1 = mg\cos\theta$

(3)　$N_2 = \dfrac{k(1+\sin\theta)}{k+2} mg$

P04-1 ★

(1)



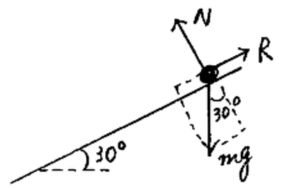
(2)　f

(3)　$ma = F_1 - \mu' N$　（$N = mg$）より

$$a = -\mu' g + \frac{F_1}{m}$$

P04-2. ★

(1)

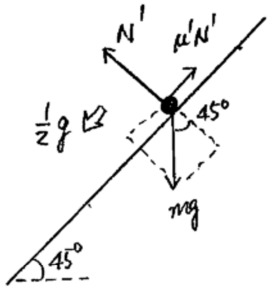


力のつりあいより

$$N = mg\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$$

$$R = mg\sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$$

(2)



法線方向の力のつりあいより

$$N' = mg\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}mg$$

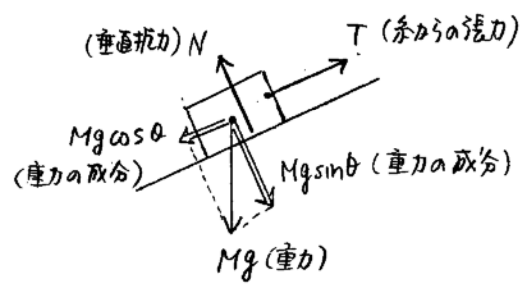
斜面方向の運動方程式より

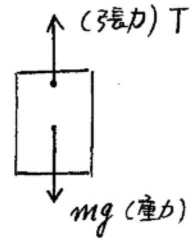
$$m\left(\frac{1}{2}g\right) = mg\sin 45^\circ - \mu' N'$$

$$\therefore \mu' N' = \frac{\sqrt{2}-1}{2}mg$$

(3) (2)より $\mu' = \dfrac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} = \dfrac{2-\sqrt{2}}{2}$

P05-8 ★★





(B)

(A) … 力の表記において適切な成分分解が必要である。原則として運動方向と、それに直交する方向の2つに成分分解する。

(1) Aの斜面方向 $M\alpha = T - Mg\cos\theta$

Aの斜面法線方向 $0 = N - Mg\sin\theta$

B $m\alpha = mg - T$ (Bの降下方向が正)

(2) $N = Mg\sin\theta$

(3) $T = \dfrac{mM(1+\cos\theta)}{M+m}g$

(4) $\alpha = \dfrac{m - M\cos\theta}{M+m}\cdot g$

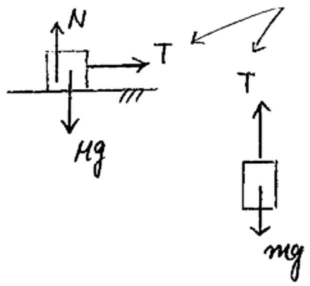
(2),(3) (4)の各式は(1)の運動方程式を整理すると得られる。

(5) $\alpha > 0$ であることを考えて $m > M\cos\theta$

答 $m > M\cos\theta$

p05-7 ★★

(1)



両端張力は等しい.

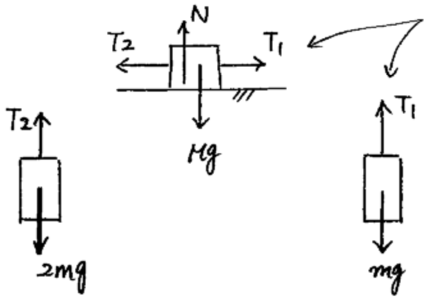
(a) A: $Ma = T$ $\quad (N = Mg)$

B: $ma = mg - T$

(b) $a = \dfrac{m}{m+M}g$

(c) $T = \dfrac{mM}{m+M}g$

(2)



両端張力は等しいが"別の糸"の張力と等しいとは限らない.

(d) A: $Ma' = T_2 - T_1$

B: $ma' = T_1 - mg$

C: $2ma' = 2mg - T_2$

(e) $a' = \dfrac{m}{M+3m}g$

(f) $T_1 = \dfrac{M+4m}{M+3m}mg$ $\quad T_2 = \dfrac{M+2m}{M+3m}\cdot 2mg$

(3) (g) $\dfrac{1}{2}$

(h) $\dfrac{a'}{a} = \dfrac{\dfrac{m}{M+3m}g}{\dfrac{m}{m+M}g} = \dfrac{M+m}{M+3m}$

$\therefore \lim_{M\to 0}\dfrac{a'}{a} = \dfrac{m}{3m} = \dfrac{1}{3}$

p04-3 ★

(1) すべり出す直前での摩擦力（静止摩擦力）は μN

$N = mg\cos\theta_1$ より $mg\sin\theta_1 = \mu mg\cos\theta_1$ $\quad \therefore \tan\theta_1 = \mu$

(2) $ma = mg\sin\theta_2 - \mu' N$ で $N = mg\cos\theta_2$ $\quad \therefore a = g(\sin\theta_2 - \mu'\cos\theta_2)$

(3) 設定の悪い問題である。(1),(2)と条件が切りはなされていることが明示されていない。

(1),(2)と条件が切りはなされているとすると、加速度の大きさ（減速方向）を a として

$2al = v_0^2$ …(※) $\quad \therefore a = \dfrac{v_0^2}{2l}$

(補足) 一般に等加速度運動では $\dfrac{dv}{dt} = A$ が成り立つ.

両辺に $v = \dfrac{dx}{dt}$ を乗じると $\quad v\dfrac{dv}{dt} = A\dfrac{dx}{dt}$

不定積分.

$\therefore \left[\dfrac{1}{2}v^2\right] = [Ax]$

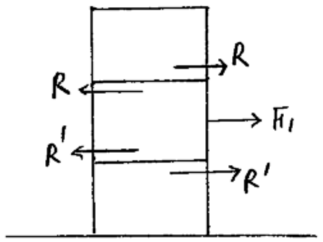
この式が(3)の(※)式と同等である

p04-4 ★★

(1) 一体となって運動しているので運動方程式(全体)は

$$3m\alpha = F_1 \qquad \therefore \alpha = \frac{F_1}{3m}$$

(2) A, B間のまさつ力 R を求めるには、個々の運動方程式に注目する。(BC間も同様)



A: $m\alpha = R \qquad \therefore R = \frac{F_1}{3}$

B: $m\alpha = F_1 - R - R'$

C: $m\alpha = R' \qquad \therefore R' = \frac{F_1}{3}$

(3) (2)の図において $R = \mu N$, $R' = \mu N'$ とする。

($N = mg$, $N' = 2mg$ である).

個々の運動方程式は

A: $m\alpha' = \mu N \qquad \therefore \alpha' = \mu g$

C: $m\gamma' = \mu N' \qquad \therefore \gamma' = 2\mu g$

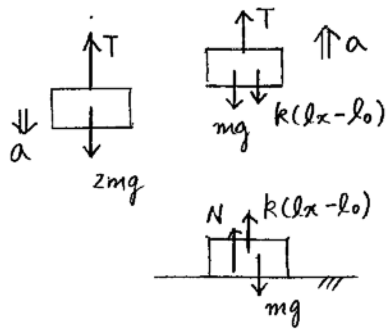
B: $m\beta' = F_2 - \mu N - \mu N'$

$$\therefore \beta' = \frac{F_2}{m} - 3\mu g$$

p05-6 ★★

(1) $l_1 = l_0 - \frac{mg}{k}$

(2) ばねの長さが l_x のとき伸びは $l_x - l_0$。各々の物体に働く力は下図の通り。



よって運動方程式は

A: $ma = T - mg - k(l_x - l_0)$

B: $N + k(l_x - l_0) = mg$

C: $2ma = 2mg - T$

A, Cを合わせてT(糸の張力)を消去すると $3ma = mg - k(l_x - l_0)$

$$\therefore a = \frac{mg - k(l_x - l_0)}{3m}$$

(3) "床からはなれる"を $N = 0$ と解釈する。 $\therefore k(l_x - l_0) = mg$

これを(2)に代入すると $a = 0$ これをCの運動方程式に代入して $T = 2mg$

P05-5　★★★　(問.(2)以降は議論のみ)

ばねの伸びを x として 力のつりあいを考える

M_1 : $kx + N = M_1 g$

M_2 : $kx = N + M_2 g$

この2式より　$x = \dfrac{M_1+M_2}{2k}g$　$N = \dfrac{M_1-M_2}{2}g$　を得る。

(1) $N \geq 0$ が条件　$\therefore M_1 \geq M_2$

(2) $\dfrac{1}{4}M_1 g = \dfrac{M_1-M_2}{2}g$　より　$\dfrac{M_2}{M_1} = \dfrac{1}{2}$

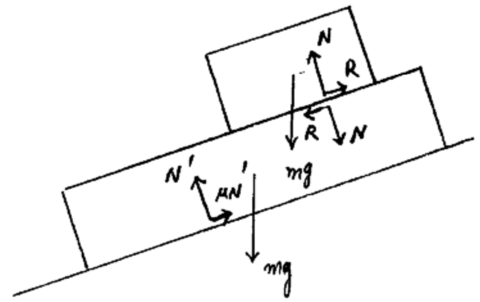
$x_1 = \dfrac{M_1 + \frac{M_1}{2}}{2k}g = \dfrac{3M_1}{4k}g$

(3) $\dfrac{1}{2}M_1 g = \dfrac{M_1-M_2}{2}g$　より　$M_2 = 0$　$\dfrac{M_2}{M_1} = 0$

$x_2 = \dfrac{M_1 g}{2k}$

P04-5　★★★

力を図示すると次の通り



(力の作用点は少々ずらしてある)

「Rの向き」は仮である。計算(式変形)して負($R<0$)となれば図の向きと逆であることになる。

(1) A:　斜面方向　$ma = mg\sin\theta - R$

斜面法線方向　$0 = N - mg\cos\theta$

B:　斜面方向　$ma = mg\sin\theta + R - \mu N'$

斜面法線方向　$0 = N' - N - mg\cos\theta$

(2) (1)を連立して　$R = \mu mg\cos\theta$

P04-6 ★★★

(1) ひもAの張力の大きさを T_1 として　水平方向の力のつりあいより

$$F_1 \cos\theta = T_1$$

鉛直方向の力のつりあいより　垂直抗力を N_1 として

$$N_1 + F_1 \sin\theta = m_1 g \qquad \therefore\ N_1 = m_1 g - F_1 \sin\theta$$

(2) 全体を見た運動方程式（水平方向）は、加速度を a_1 として

$$(m_1 + m_2) a_1 = F_2 \cos\theta - \mu' m_2 g \qquad \therefore\ a_1 = \frac{F_2 \cos\theta - \mu' m_2 g}{m_1 + m_2}$$

(3) （台車はとまっているので　ひもAの張力は0）

鉛直方向の力のつりあいより

$$N_2 + F_3 \sin\theta = m_2 g \qquad \therefore\ N_2 = m_2 g - F_3 \sin\theta$$

(4) 個別に運動方程式を見る（← (2)との対応の違いに注目）

ひもAの張力の大きさを T_2，加速度の大きさを a_2，垂直抗力を N_3 として

$$m_2 a_2 = F_4 \cos\theta - T_2 - \mu' N_3 \qquad N_3 = m_2 g - F_4 \sin\theta$$

$$m_1 a_2 = T_2.$$

この2式より

$$T_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \left\{ F_4 (\cos\theta + \mu' \sin\theta) - \mu' m_2 g \right\}.$$

$$a_2 = \frac{1}{m_1 + m_2} \left\{ F_4 (\cos\theta + \mu' \sin\theta) - \mu' m_2 g \right\}$$

P05-4 ★★（下記にある注意参照、★★★）

(1) $\dfrac{(m_1 + m_2) g}{2}$

(2) $a = -g + \dfrac{2T}{m_1 + m_2}$

(3) 4　※ Tは m_1, m_2 両方にかかり，Fは作用反作用の法則の関係を満たす．

(4). $m_1 a = T - m_1 g - F$

$m_2 a = T - m_2 g + F.$

(5) (4)より a を消去して　$F = \dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} T$

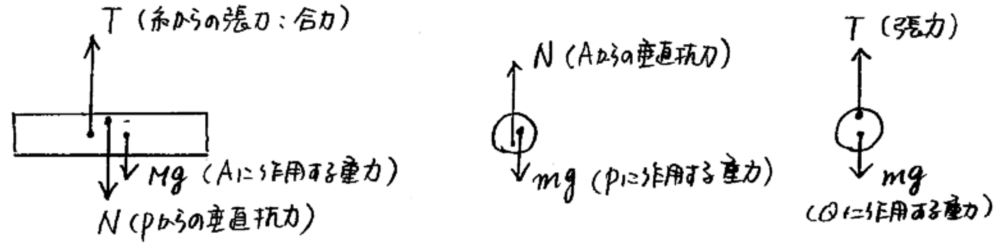
注意：(5)の結果をみてもわかるように $F \geqq 0$ であるためには $m_2 > m_1$ が必要である。物理的意味を考えるとおもしろい。

注意2：この問題における張力"T"は，よくある滑車と糸を用いた問題での"T"と性格を異とする。"力とは何か"の考察を行うことができる。

P05-3　★★★

力、加速度の関係を見るためには、運動方程式を用いるが、式を用いる前に、

「力」が正しく表記されていないといけない。この問題では、



(A)　　(P)　　(Q)

である。題意より A, P は降下（一体となって），Q は上昇である。その加速度の大きさを α（アルファ）とすると運動方程式は

(A)　$M\alpha = N + Mg - T$

(P)　$m\alpha = mg - N$

(Q)　$m\alpha = T - mg$

以上の3式をうまく整理すると各設問の答になる。以下整理方法は記さず結果のみ示す。

(1)　$\alpha = \dfrac{Mg}{M+2m}$

(2)　$T = \dfrac{2m(M+m)}{M+2m}g$

(3)　$N = \dfrac{2m^2}{M+2m}g$

P04-7　★★

(1)　$ma = T_0 - \mu mg$ より　$a = \dfrac{T_0}{m} - \mu g$

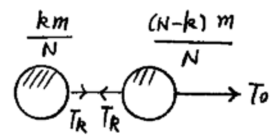
(2)　(a)　全体に注目すると (1) と同じ状況　∴ $a = \dfrac{T_0}{m} - \mu g$

(b)　Aにのみ注目し張力を T_1 とすると　$\dfrac{m}{2}a = T_1 - \mu \dfrac{m}{2}g$

(a)の a（加速度）を代入して　$T_1 = \dfrac{T_0}{2}$

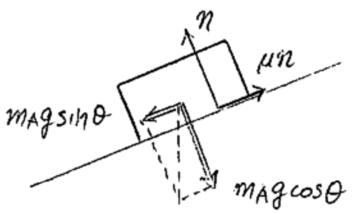
(3)　(a)　(2)の(a)同様に　$a = \dfrac{T_0}{m} - \mu g$

(b)　題意の糸の位置で左右に分けて（下図），左にのみ注目すると



$\dfrac{km}{N}\cdot a = T_k - \mu \dfrac{km}{N}g$　(a)の a を代入して　$T_k = \dfrac{k}{N}T_0$

P04-8 ★★

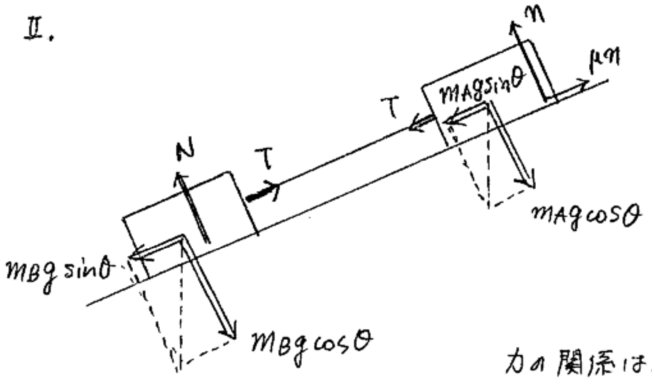


I. 力の関係は左図の通り。運動方程式は

$$m_A a = m_A g\sin\theta - \mu n \quad (n = m_A g\cos\theta)$$

(1)の答　∴ $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$　(2)の答

II.



力の関係は左図の通り

(1) A: $m_A a = m_A g\sin\theta + T - \mu n \quad (n = m_A g\cos\theta)$

B: $m_B a = m_B g\sin\theta - T \quad (N = m_B g\cos\theta)$

(2) (1)の4つの式を組み合わせて

$$a = g\sin\theta - \frac{\mu m_A g\cos\theta}{m_A + m_B}$$

$$T = \frac{m_B}{m_A + m_B}\cdot\mu m_A g\cos\theta$$

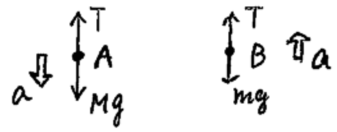
$$n = m_A g\cos\theta,\quad N = m_B g\cos\theta$$

P05-2 ★★

加速度の大きさをa，張力をTとすると

それぞれの運動方程式は

$$Ma = Mg - T,\quad ma = T - mg$$



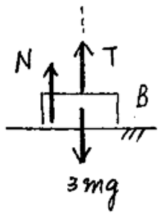
A，Bを質点とみなして表示

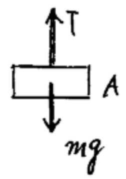
(1) 運動方程式よりTを消去して　$a = \frac{M-m}{M+m}g$ …(答)

(2) 運動方程式よりaを消去して　$T = \frac{2Mm}{M+m}g$ …(答)

(3) 2本分の糸の張力を支えていると考える　$2T = \frac{4Mm}{M+m}g$ …(答)

P05-1 ★★





(1) $T = mg$ （力のつりあい）

(2) $T + N = 3mg$ （力のつりあい）

(1) より $T = mg$（両端張力は等しい）であるので

$N = 2mg$

(3) 運動方程式は、（向きに注意して）

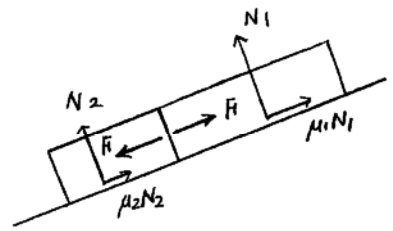
A： $ma = T' - mg$

B： $3ma = 3mg - T'$

(4) 2式の和より $4ma = 2mg$ ∴ $a = \frac{g}{2}$

(5) (4) の a を A の運動方程式に代入して $T' = \frac{3}{2}mg$

P04-9 ★★



左図に重力以外の力を表記してある。

(1) $Ma = Mg\sin\theta - F - \mu_1 N_1$ $(N_1 = Mg\cos\theta)$

$ma = mg\sin\theta + F - \mu_2 N_2$ $(N_2 = mg\cos\theta)$

(2) $N_1 = Mg\cos\theta$, $N_2 = mg\cos\theta$

(3) $\mu_1 N_1 = \mu_1 Mg\cos\theta$, $\mu_2 N_2 = \mu_2 mg\cos\theta$

(4) (1) より $a = g\sin\theta - \frac{\mu_1 M + \mu_2 m}{M+m} g\cos\theta$

(5) (1) より $F = \frac{mM}{m+M}(\mu_2 - \mu_1) g\cos\theta$

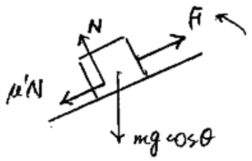
P04-10 ★★

(1) $mg\cos\theta$

(2) F（斜面方向下向き）

(3) $kS = \mu N$ $(N = mg\cos\theta)$ より $S = \dfrac{\mu mg\cos\theta}{k}$

(4) この場合 "ばねは意味をもたない"



ばねの両端の力は等しい.

さて、問題となるのは F の値である。経験的にわかると思うが、F はうごき出す直前と直後で値をかえる可能性がある。（抜けた感じをイメージできるであろうか？）

(4) の設定は恐らく (3) の kS が引き継がれるのであろう。 $kS = \mu mg\cos\theta$

この $kS = F$.

$$ma = F - \mu' mg\cos\theta$$

このままだと $a = \dfrac{F}{m} - \mu' mg\cos\theta$

この $F = \mu mg\cos\theta$ を代入すると

$$a = (\mu - \mu')g\cos\theta$$

動き出した直後の加速度としてはこの値を答とするのがよい。

この様に、解答者が自分なりの判断を加えて解答すると考えると易しくない問題と言える。

P04-11 ★★

(1) $ma = mg - k\pi r^2 V^2 -$ (浮力)

(浮力) はアルキメデスの原理より $\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$

$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma$

尚、整理すると

$$a = g - \frac{3k}{4r\sigma}V^2 - \frac{\rho}{\sigma}g$$

（旧ソ連の教科書では、これを運動方程式としていた）

(2) (1) において $a = 0$（∵等速）を代入して

$$V = \sqrt{\frac{4g(\sigma - \rho)}{3k}r}$$

(3) (2) において r を $\times 2$（体積 $\times 2^3 = 8$ なので質量8倍）とするので V は $\sqrt{2}$ 倍

２日目

No.

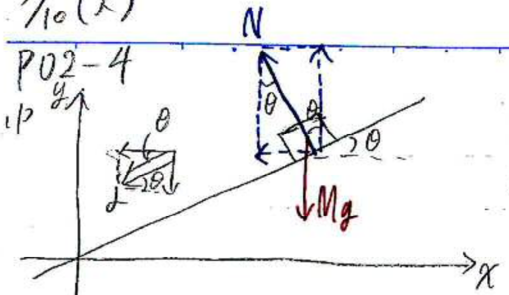
Date

講習ノート [illegible] 先生
B3 ターム 2 日目 3月10日(火)
講座名: [illegible]物理B

3/10(火)

P02-4

(1)



斜面に平行と垂直方向に分けるのではなく、水平と鉛直方向に分けてE.O.M.を立てると、

$$\begin{cases} M\times(-\alpha\cos\theta) = -N\sin\theta & \text{— ①} \\ M\times(-\alpha\sin\theta) = N\cos\theta - Mg & \text{— ②} \end{cases}$$

①×$\cos\theta$＋②×$\sin\theta$でNを消去すると

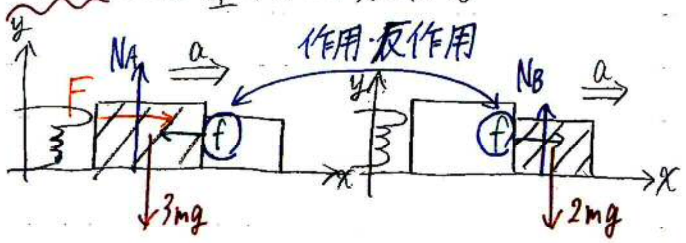
$$-M\alpha\cos^2\theta = -N\sin\theta\cos\theta$$
$$+)\ -M\alpha\sin^2\theta = N\cos\theta\sin\theta - Mg\sin\theta$$
$$-M\alpha(\sin^2\theta+\cos^2\theta) = -Mg\sin\theta \longrightarrow \alpha = g\sin\theta$$

①に代入すると

$$-M\times g\sin\theta\times\cos\theta = -N\sin\theta \longrightarrow N = Mg\cos\theta$$

3.1

注目する物体が複数ある場合にはまとめて注目することはしないで、1つ1つの物体に分けてとらえることが基本の考え方となる。



水平方向について、右向き正でE.O.M.を立てると

A: $3m\times a = F - f$ —①

B: $2m\times a = f$ (1) —②

①+②でfを消去

$5ma = F \longrightarrow a = \dfrac{F}{5m}$ (2)

②に代入すると

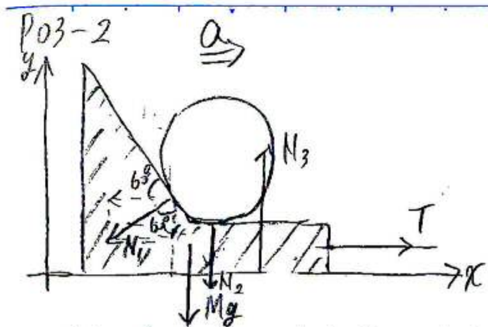
$f = 2m\times\dfrac{F}{5m}$

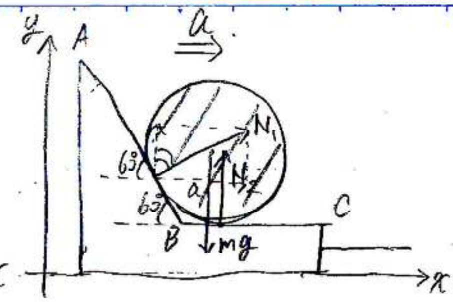
$= \dfrac{2}{5}F$

No.

Date

P03-2





各物体について、右向きと上向き正でE.O.M.を立てると

(1) ~~$M\times a = T$~~ $M\times a = T - N_1\times\frac{\sqrt{3}}{2}$

$T = Ma + ma$

(2) $m\times a = N_1\sin 60^\circ$

$ma = N_1\times\frac{\sqrt{3}}{2}$

$2ma = \sqrt{3}N_1$

$N_1 = \frac{2}{\sqrt{3}}ma$

(3) $m\times 0 = N_2 + N_1\cos 60^\circ - mg$

②より

$0 = N_2 + \frac{2}{\sqrt{3}}ma\times\frac{1}{2} - mg$

$0 = N_2 + \frac{1}{\sqrt{3}}ma - mg$

$N_2 = mg - \frac{1}{\sqrt{3}}ma$

(4) $M\times 0 = N_3 - N_1\cos 60^\circ - Mg - N_2$

$0 = N_3 - \frac{1}{2}\times\frac{2}{\sqrt{3}}ma - Mg - (mg - \frac{1}{\sqrt{3}}ma)$

$0 = N_3 - \frac{1}{\sqrt{3}}ma - Mg - mg + \frac{1}{\sqrt{3}}ma$

$N_3 = Mg + mg$

板 $\begin{cases} M\times a = T - N_1\times\frac{\sqrt{3}}{2} & \text{— ①} \\ M\times 0 = N_3 - Mg - N_2 - N_1\times\frac{1}{2} & \text{— ②} \end{cases}$

P $\begin{cases} m\times a = N_1\times\frac{\sqrt{3}}{2} \\ m\times 0 = N_2 - mg + N_1\times\frac{1}{2} \end{cases}$

③より、$N_1 = \frac{2}{\sqrt{3}}ma$ これを①に代入すると、

$Ma = T - \frac{2}{\sqrt{3}}ma\times\frac{\sqrt{3}}{2} \longrightarrow T = Ma + ma$ (1)

また、④より

$0 = N_2 - mg + \frac{2}{\sqrt{3}}ma\times\frac{1}{2} \longrightarrow N_2 = mg - \frac{1}{\sqrt{3}}ma$ (3)

さらに②より

$N_3 = Mg + N_2 + \frac{1}{2}N_1$

$= Mg + (mg - \frac{1}{\sqrt{3}}ma) + \frac{1}{2}\times\frac{2}{\sqrt{3}}ma$

$= Mg + mg$

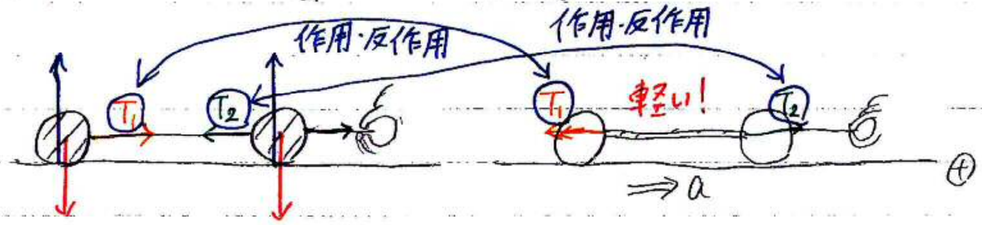
aを大きくするとN₂は小さくなり、台の上面からPがはなれる限界では$N_2=0$となる。

$a = a_c$がこの限界に対応するので、

$0 = mg - \frac{1}{\sqrt{3}}ma_c \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{3}}a_c = g$

$\longrightarrow a_c = \sqrt{3}g$ (5)

物体どうしが「軽い糸」でつないである場合の扱い方を考える。



軽い糸に注目してE.O.M.を立てると

$0\times a = T_2 - T_1 \longrightarrow T_1 = T_2$

注目

「軽い糸」が両端で物体に及ぼす張力の大きさは等しい！とみて立式してよい。

3.2.

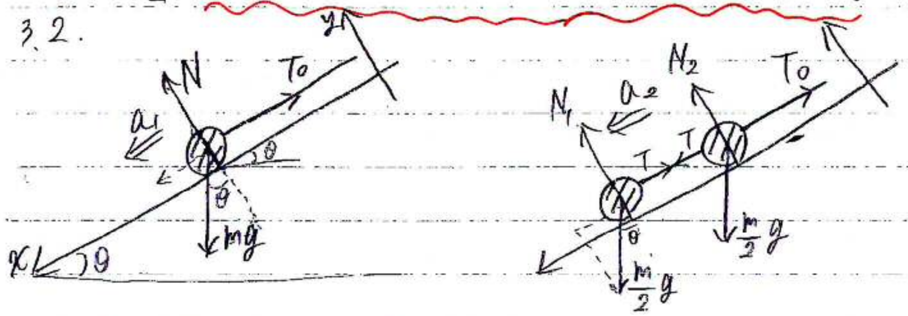


図1のとき斜面に平行方向のE.O.M.を立てると

$m\times a_1 = mg\sin\theta - T_0 \longrightarrow a_1 = g\sin\theta - \frac{T_0}{m}$ …(1)

図2：

$\frac{m}{2}\times a_2 = \frac{m}{2}g\sin\theta - T$ —①

$\frac{m}{2}\times a_2 = \frac{m}{2}g\sin\theta + T - T_0$ —②

①+②でTを消去すると

$m\times a_2 = mg\sin\theta - T_0 \longrightarrow a_2 = g\sin\theta - \frac{T_0}{m}$ (3)

斜面下向きに加速していくときはa_1とa_2が正なので、

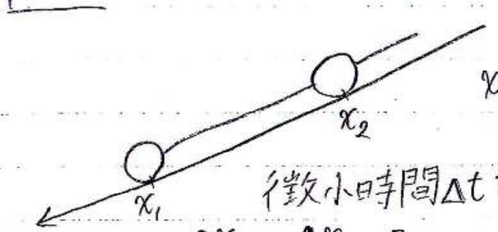
$g\sin\theta - \frac{T_0}{m} > 0 \longrightarrow mg\sin\theta > T_0$ (2),(5)

改めて①②より

$\cancel{\frac{mg}{2}\sin\theta} + T - T_0 = \cancel{\frac{mg}{2}\sin\theta} - T \to 2T = T_0$

$T = \frac{T_0}{2}$ (4)

補足 a_2を共通とした根拠



糸がたるまない限り2つの物体のきょりが不変で、

$x_1 - x_2 =$ 定数

微小時間Δtでの変化分を考えると、

$\Delta x_1 - \Delta x_2 = 0$

ΔtでわってΔtを0に近づけると、

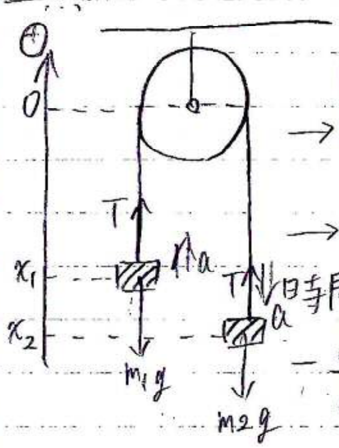
$\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} = 0 \longrightarrow V_1 - V_2 = 0$

同様に速度の微小変化を考えることにより、

$\frac{dv_1}{dt} - \frac{dv_2}{dt} = 0 \longrightarrow a_1 - a_2 = 0$

以上より2つの物体の速度どうし、加速度どうしは等しい！といえる

5.1



左図において、左右にある糸の長さの合計が不変なので、

$|x_1| + |x_2| =$ 定数

$\to (-x_1) + (-x_2) =$ 定数

$\to -\Delta x_1 - \Delta x_2 = 0$

時間ΔtでわってΔtを0に近づけると

$-\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} = 0 \to -V_1 - V_2 = 0$

$\to V_1 = -V_2$

→同じ大きさで向き反対

同様に速度の微小変化を考えることにより、

$-\frac{dv_1}{dt} - \frac{dv_2}{dt} = 0 \longrightarrow -a_1 - a_2 = 0$

$\longrightarrow a_1 = -a_2$ (1)

→同じ大きさで向き反対

加速度の大きさをaとして、上向き正でE.O.M.を立てると

$$\begin{cases} A & m_1 \times a = T - m_1 g \quad \text{—①} \\ B & m_2 \times (-a) = T - m_2 g \end{cases} \quad (2)$$

$$\longrightarrow m_2 \times \underbrace{a}_{\text{下向き}} = \underbrace{m_2 g - T}_{\text{下向き合力}} \quad \text{—②}$$

①+②でTを消去すると、

$$(m_1+m_2)a = (m_2-m_1)g \longrightarrow a = \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}g$$

向きを表す符号をつけて、$a_1 = +a$、$a_2 = -a$としたものが(4)の答となる

②より

$$T = m_2 g - m_2 a$$

$$= m_2 g - m_2 \times \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}g$$

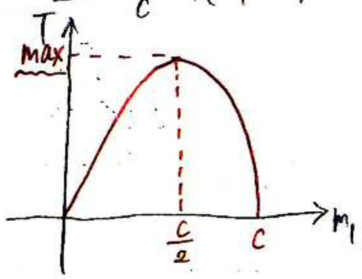
$$= \frac{(m_1+\cancel{m_2})m_2 g - (\cancel{m_2}-m_1)m_2 g}{m_1+m_2}$$

$$= \frac{2m_1 m_2 g}{m_1+m_2} \quad (3)$$

$m_1+m_2 = C$(一定)にして、m_1を変えたときTがmaxとなる条件を求めたい

$$T = \frac{2m_1 \times (C-m_1)g}{C}$$

$$= -\frac{2g}{C}m_1(m_1-C)$$



Tをmaxとするのは$m_1 = \frac{C}{2}$のときで、

条件は $m_1 = m_2$ (5)

No.
Date

2020年度　春期講習
『学び始める物理α/β』を受講されている皆様へ

2020年3月
エスイージー物理科

最終日試験のご案内

春期講習「学び始める物理α/β」では、最終日（5日目）に「講習最終日試験」を実施いたします。この試験は、4月からの高2物理FGH新規入会のための試験ですが、入会のご予定がない方も、授業の一環としてご受験ください。詳細は以下のとおりです。

ターム	試験日	試験結果発表日	受講手続期間
B	3/13(金)	3/18(水) 13:00	3/18(水) ～ 3/23(月)
C	3/20(金)	3/25(水) 13:00	3/25(水) ～ 3/30(月)
D	3/28(土)	4/2(木) 13:00	4/2(木) ～ 4/6(月)
E	4/3(金)	4/8(水) 15:00	4/8(水) ～ 授業前まで

【試験時間】 授業時間内に50分間で実施

【出題範囲】 この講座で扱った範囲を中心に出題します。

＊当日は試験だけではなく、授業もあります。
＊受験手続は不要です。
＊4月からの入会を希望される方は、「希望曜日届」を試験日当日までに受付へご提出ください。
「希望曜日届」のご提出がない場合は、いずれかの曜日にクラス分けをさせていただきます。
担当講師、開講曜日はMyPage[通常授業曜日・時間・講師表]からご確認いただけます。

■結果発表・受講手続について

試験結果をMyPageでご確認ください。

https://www.seg.co.jp/mypage/　→ [試験結果の確認]

[MyPage]

合格クラス・曜日・担当講師を発表いたします。
発表日の翌日からは、お電話でもお問い合わせいただけます。
答案の返却、得点・基準点の公表はありません。

※合格点に達しない場合は、不合格となります。

4月からの入会を希望される方は、上記の受講手続期間内にお申し込みください。
手続書類は結果発表日までに送付いたします。
結果発表日から手続期限まで日数がありませんのでご注意ください。

※MyPageの初回ログインには、メイト会員登録時にお渡しした「パスワード」が必要です。
紛失された場合、再発行いたしますので受付にお申し出ください。

2020年度4-6月期通常授業は、4/10(金)開講です。

【窓口受付時間(月～土)】 13:00～19:00
【電話受付時間(月～土)】 13:00～21:00　TEL 03-3366-1466　FAX 03-3367-1467

★日曜日は原則お休みです。
行事のある日曜日の窓口受付時間・電話受付時間は
上記とは異なりますので、事前にお問い合わせください。

科学的教育グループSEG®

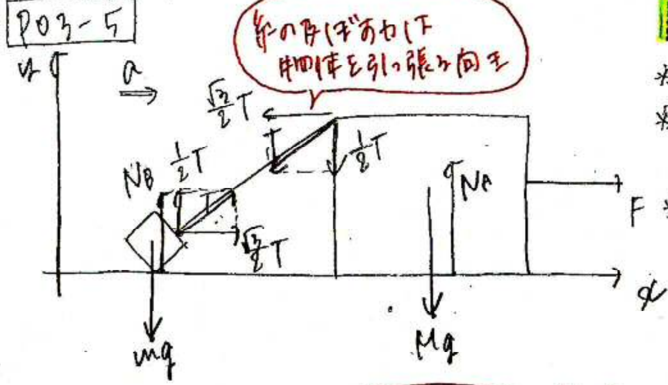
3日目

第3章 複数物体の運動、第5章 束縛条件

講習ノート 先生
B3 ターム 3 日目 3月11日(水)
講座名：学び始めの物理β

第3講

プリント
P03-5



※車輪＝摩擦が「ない」ことの強調
※直接接している → 物体によって図を分ける
　糸等で結びついている → 1つの図 で◎
F ※力のつり合い＝加速度0のE.O.M

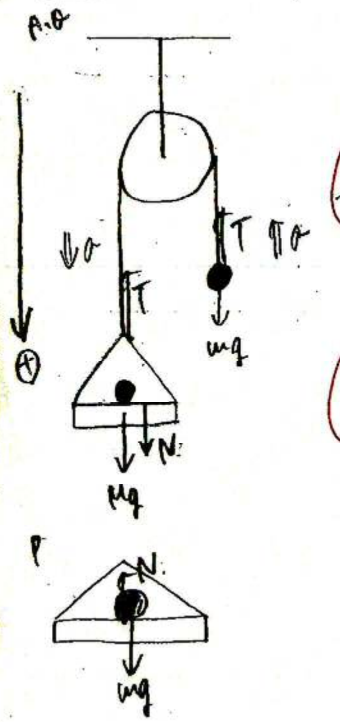
(1) A：右向き正 $M\times a = F - T\times\frac{\sqrt{3}}{2}$ …① 未知扱い ※Fに応じてaが決まる → 未知はa
(2) A：上向き正 $M\times 0 = N_A - Mg - T\times\frac{1}{2}$ …②
(3) B：右向き正 $m\times a = T\times\frac{\sqrt{3}}{2}$ …③
(4) B：上向き正 $m\times 0 = N_B + T\times\frac{1}{2} - mg$ …④
(5) ①+③ $(M+m)a = F$

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

③より $T = \frac{2m}{\sqrt{3}(M+m)}F$ 分子には入れず外に出す
↑ 単位無しの数値

(6) Bが床から離れる限界のとき④で $N_B = 0$
$0 = 0 + \frac{1}{2}T - mg$ ∴ $T = 2mg$
このとき③で $a = a_0$ なので
$ma_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}\times 2mg$ ∴ $a_0 = \sqrt{3}g$

P05-3



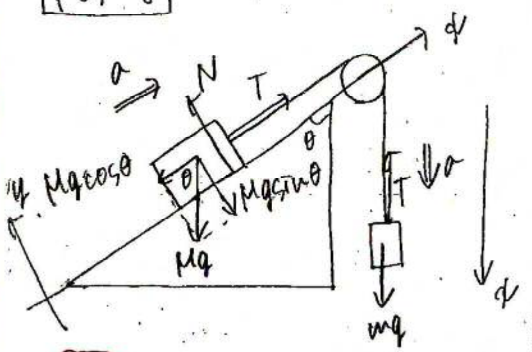
A：$M\times a = Mg + N - T$ …①
P：$m\times 0 = mg - N$ …②
Q：$m\times(-a) = mg - T$ …③

(1) $(M+m)a = Mg + mg - T$ ①+②
$m\times(-a) = mg - T$ ③
式の中でaが1個のこしやすい → aを最初に解くと◎
$a(M+m+m) = Mg$
$a = \frac{Mg}{M+2m}$ $\left(\frac{M}{M+2m}g\right)$

(2) $T = mg + ma$
$= mg + \frac{Mmg}{M+2m} = \frac{Mmg + 2m^2g + Mmg}{M+2m}$
$= \frac{2Mmg + 2m^2g}{M+2m} = \frac{2mg(M+m)}{M+2m}$ $\left(\frac{2M+2m}{M+2m}mg\right)$
$>$ mg

(3) $N = mg - ma$
$= mg - \frac{Mmg}{M+2m} = \frac{Mmg + 2m^2g - Mmg}{M+2m} = \frac{2m^2g}{M+2m}$ $\left(\frac{2m}{M+2m}mg\right)$
mg が分かりやすい

P05-8



(1) A,x：$M\times a = T - Mg\cos\theta$ …① 未知扱い
A,y：$M\times 0 = N - Mg\sin\theta$ …②
B,x：$m\times a = mg - T$ …③
(2) $N = Mg\sin\theta$
(3) $(M+m)a = mg - Mg\cos\theta$
$a = \frac{mg - Mg\cos\theta}{M+m}$
①/③で求めても◎
→ Fr：$T = mg - ma$
$= \frac{Mmg + m^2g - m(mg - Mg\cos\theta)}{M+m}$
$= \frac{Mmg + Mmg\cos\theta}{M+m} = \frac{Mm(1+\cos\theta)}{M+m}g$

(4) $a = \frac{mg - Mg\cos\theta}{M+m}$ aが⊖になることがある!
⇓ 上下両方に動く可能性がある
$= \frac{m - M\cos\theta}{M+m}g$

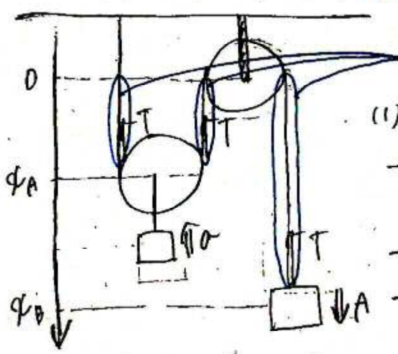
(5) $\cos\theta < 1$ より $m < M$ ⟷ 問題文に「Bが下に加速」と書いてある
→ $a > 0$
⟺ $m - M\cos\theta > 0$ ∴ $m > M\cos\theta$

(3) ①/③で求めるとき
$\frac{Ma}{ma} = \frac{T - Mg\cos\theta}{mg - T}$ → $M(mg - T) = m(T - Mg\cos\theta)$
→ $Mmg - MT = mT - mMg\cos\theta$
$Mmg(1+\cos\theta) = (M+m)T$
$T = \frac{M(1+\cos\theta)}{M+m}mg$

連鎖的な 割ることも時々には◎。

5.2

滑車自体が移動しない定滑車では、この滑車にかけた糸の両端にとりつけた物体の加速度は大きさが等しい
→ 滑車自体が移動する動滑車ではこの関係が成り立たなくなる。



の長さの合計が一定になるように運動するので
(1) $x_A\times 2 + x_B =$ 定数
→ $\frac{dx_A}{dt}\times 2 + \frac{dx_B}{dt} = 0$
→ $v_A\times 2 + v_B = 0$
→ $v_B = -2v_A$

加速度については

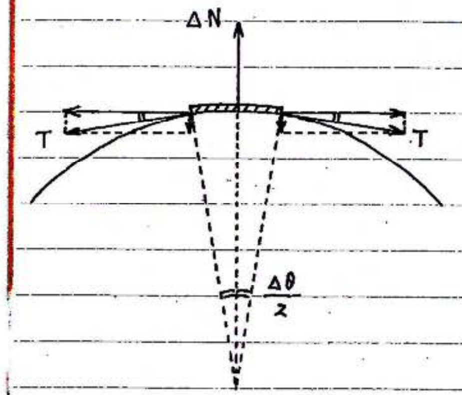
$\frac{dv_A}{dt}\times 2+\frac{dv_B}{dt}=0 \rightarrow a_A\times 2+a_B=0$

$\rightarrow a_B=-2a_A$

速度・加速度ともにAとBで向きが反対で大きさはBの方が2倍とわかる。

$a_A=-a$

$a_B=+A=+2a$

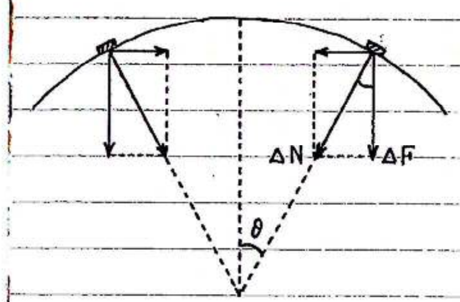


動滑車が糸から受ける力を垂直抗力の合力として求めるには，次の手順をふめばよい．

① 糸の微小部分に注目して，滑車から受ける垂直抗力の大きさ ΔN を求める．

② 滑車が反作用として受ける ΔN のうち，鉛直成分の大きさ ΔF を求める．

③ $\theta=-\frac{\pi}{2}$ から $\frac{\pi}{2}$ にわたって ΔF を合計（積分）する．



微小角度 Δθ に含まれる糸の微小部分について，糸と垂直方向の力のつりあいより，

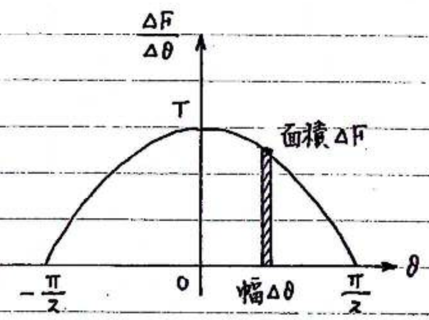
$$0=\Delta N-T\sin\frac{\Delta\theta}{2}\times 2 \longrightarrow \Delta N=2T\sin\frac{\Delta\theta}{2}$$

x が微小のとき $\frac{\sin x}{x}\fallingdotseq 1$ すなわち $\sin x\approx x$ とみなせるので，

$$\Delta N\approx 2T\times\frac{\Delta\theta}{2}=T\Delta\theta$$

鉛直方向から角度 θ だけ傾いた位置で ΔN が作用しているときは，

$$\Delta F=\Delta N\cos\theta=T\Delta\theta\times\cos\theta$$



$\theta=-\frac{\pi}{2}$ から $\frac{\pi}{2}$ まで ΔF を合計（積分）すると，

$$F=\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}T\cos\theta\,d\theta$$

$$=\Big[T\sin\theta\Big]_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}=2T$$

これを踏まえ、下向き正でE.O.Mを立てると

(2) A: $m\times -a = mg-2T$ …①

B: $M\times 2a = Mg-T$ …②

(4) ①−②×2

$(m+2M\times 2)a=(2M-m)g$

$a=\frac{2M-m}{4M+m}g$ $\quad\therefore A=2\times\frac{2M-m}{4M+m}g$

⊖になりうる

(3) $T=Mg-2Ma$

$=M(g-2a)$

$=M\left(g-\frac{4M-2m}{4M+m}g\right)=Mg\left(\frac{4M+m-4M+2m}{4M+m}\right)$

$=\frac{3Mm}{4M+m}g$

(5) Aが上、Bが下に加速 → $a>0$ かつ $A>0$

$\frac{2M-m}{4M+m}g>0 \rightarrow 2M-m>0$ $\quad\therefore 2M>m$

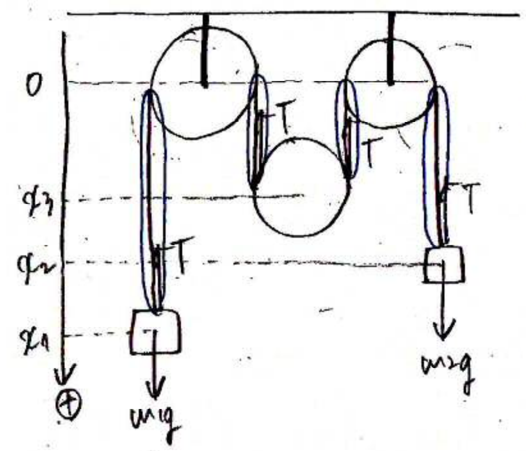
(3) ①/② で解くと

$\frac{ma}{2Ma}=\frac{2T-mg}{Mg-T} \rightarrow m(Mg-T)=2M(2T-mg)$

$\rightarrow mMg-mT=4MT-2Mmg$

$3Mmg=(m+4M)T$ $\quad\therefore T=\frac{3Mmg}{4M+m}$

P05-26



左図で一定に保たれる長さに注目すると

$x_1+x_2+x_3\times 2=$ 一定

↓

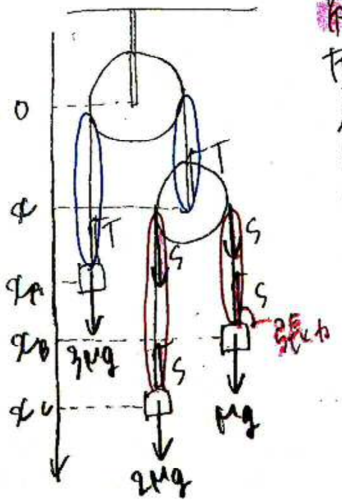
$a_1+a_2+a_3\times 2=0$（加速度はすべて下向き正）

これとべつにそれぞれのE.O.Mを立て連立することにより

$a_1\sim a_3$ とTを求められる.

→あとは自分で解いてみる!!

P05-27



糸が2本ある→それぞれの場合について考える.

左図で2本の糸それぞれについて合計の長さが不変なので

$$\begin{cases} x + x_A = 一定 \\ x_B + x_C - x \times 2 = 一定 \end{cases}$$

加速度についての式にすると

$a_A + A = 0$

$(a_B - A) + (a_C - A) = 0$

動滑車のAを消去すると

$2a_A + a_B + a_C = 0$

これとべつにA~Cと動滑車のE.O.Mを立て連立することにより

$a_A \sim a_C$とT, Sを求められる.

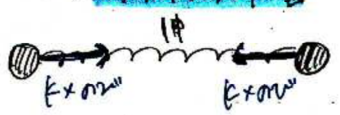
→あとは自分で解いてみる!!

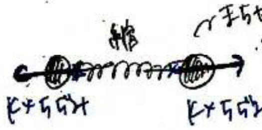
ばねの弾性力

糸の場合と同じくばねについても質量を無視できることが多い.

この扱いでは、ばね全体が均等に伸縮して、伸び縮みに比例した力を物体に及ぼす.

→『フックの法則』





→まちがえました😢

ごめんなさい(TT)

そして修正器を忘れた……

矢印の出発点では…

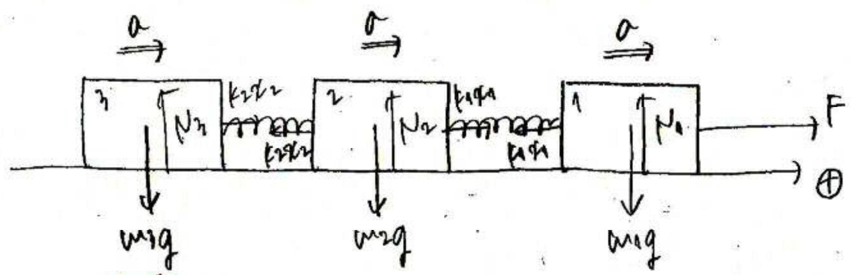
わかりにくくてスミマセン(泣)

フックの法則

弾性力 $F = k \times$ (のび or ちぢみ)

k を ばね定数という.

P03-6



(1) 1: $m_1 \times a = F - k_1 x_1$ …①

未知数

2: $m_2 \times a = k_1 x_1 - k_2 x_2$ …②

3: $m_3 \times a = k_2 x_2$ …③

(2) ①+②+③ $(m_1 + m_2 + m_3) a = F$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

(3) $k_1 x_1 = F - m_1 a$

$$= \frac{F(m_1 + m_2 + m_3) - Fm_1}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{F(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} \left(\frac{m_2 + m_3}{m_1 + m_2 + m_3} F \right)$$

$k_2 x_2 = k_1 x_1 - m_2 a$

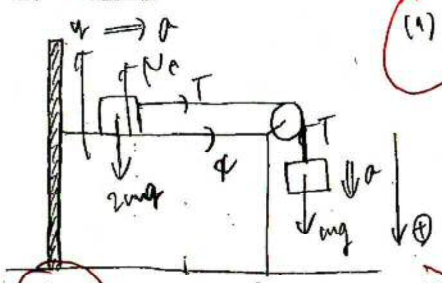
$$= \frac{F(m_2 + m_3) - Fm_2}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{Fm_3}{m_1 + m_2 + m_3} \left(\frac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3} F \right)$$

４日目

第3章 複数物体の運動，第4章 摩擦力，第5章 剛体

講師名：伊藤 雅 先生
B 3本 4日目 3月12日(木)
講座名：○から始める物理A

P05-14



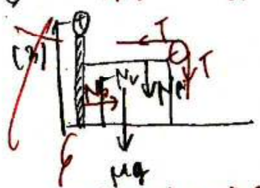
(1) 未知数
A：$2m \times a = T$ …①
$2m \times 0 = N_A - 2mg$ …② 書かなくても◎
B：$m \times a = mg - T$ …③

(2) $3m \times a = mg$
$a = \frac{1}{3}g$
$T = 2m \times \frac{1}{3}g$
$= \frac{2}{3}mg$

注意
かべから右向きの力を受けてしまっているので
かべがないと糸から受ける力によって動き出す。

滑車もCの一部

(3)

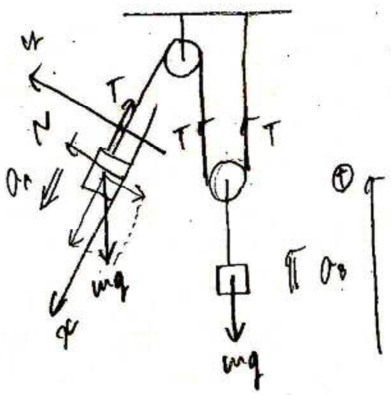


~~$0 = N_C - N_A - Mg$~~ $M \times 0 = N_D - T$ …④
~~$N_C = N_A + Mg$~~ $M \times 0 = Mg + N_A + T - N_C$ …⑤
$N_A = 2mg$ ①+③ $3ma = mg$ ∴ $a = \frac{1}{3}g$
$N_C = 2mg + Mg$ ①より $T = \frac{2}{3}mg$
$= (M + 2m)g$ $N_D = \frac{2}{3}mg$

・かべから受ける力
・滑車
要注意！
(4)は下へ!!

P05-24

プリント



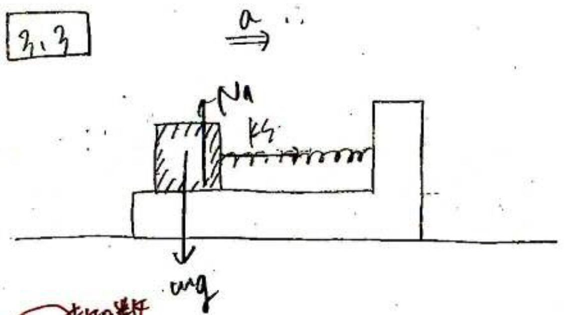
未知数
(1) A：φ：$m \times a_A = mg\sin\theta - T$
A：ψ：$m \times 0 = N - mg\cos\theta$
B：$m \times a_B = T \times 2 - mg$
(2)(3) $a_A = 2a_B$ であることから $a_B = a$ としたとき
$a_A = 2a$ と表せる。
これを代入すると
$$\begin{cases} m \times 2a = mg\sin\theta - T & \cdots ① \\ m \times a = 2T - mg & \cdots ② \end{cases}$$
①×2+② $5ma = 2mg\sin\theta - mg$
$a = \frac{(2\sin\theta - 1)}{5}g$
$a_A = 2 \times \frac{(2\sin\theta - 1)}{5}g$，$a_B = \frac{(2\sin\theta - 1)}{5}g$

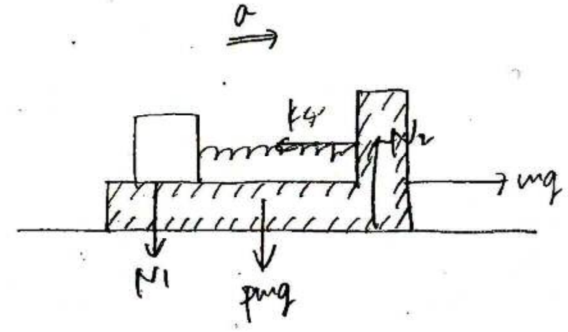
P05-14

(4) すでに②より $N_A = 2mg$ これとTをふまえて⑤からNを求めると
$N_C = Mg + N_A + T$
$= Mg + 2mg + \frac{2}{3}mg$
$= Mg + \frac{8}{3}mg$

台の上で加速度運動が起きて $T \neq mg$ となっていることで
N_Cが重力の合計と一致していない

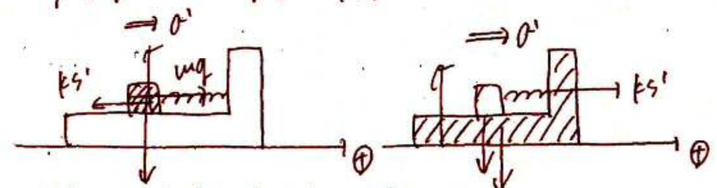
3.3





(1) 未知数
$ma = ks$
$pma = mg - ks$
(2) $(m + pm)a = mg$
$a = \frac{g}{1+p}$
$ks = \frac{mg}{1+p}$
$s = \frac{mg}{k(1+p)}$

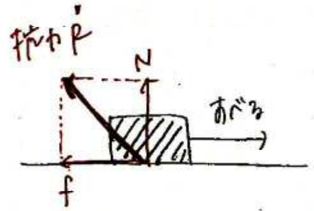
mg を台ではなく上の物体に加えると…??



ばねの伸びをs'，共通の加速度をa'とおくと
$ma' = mg - ks'$
$pma' = ks'$
$a' = \frac{g}{p+1}$，$s' = \frac{pmg}{k(p+1)}$

物体のみかけの加速度は同じだが ma と pma の違いがあるので s' [redacted] s [redacted] ない

摩擦力



ここまでは「面がなめらか」としていたが，面がなめらかでなく あらい場合，面に平行な『摩擦力』も面から受ける。
摩擦力は物体がすべっているかいないかによって扱いを変える必要がある。

① すべっているとき → 動摩擦力
② すべる限界のとき → 最大摩擦力
③ すべっていないとき → 静止摩擦力

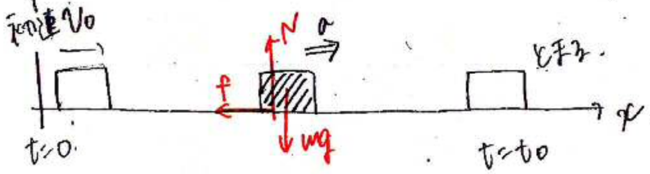
①，②はいずれもNに比例した大きさとなるが，③は他に受ける力との関係によって大きさが決まる。

動摩擦力：$f' = \mu' N$
最大摩擦力：$f_0 = \mu_0 N$
μ'：動摩擦係数
μ_0：静止摩擦係数

最大摩擦力は静止摩擦力のとりうる上限値なので
静止摩擦力 $f \leq \mu_0 N$

やの図示をするときはまず f と書いておき，その後でどの摩擦かはのかをやり吟味するとよい．

基本形… 水平面上をすべらせる



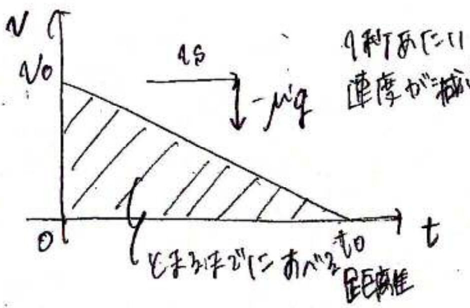
動摩擦係数 μ' の床をすべっているときの E.O.M を立てると

$$\begin{cases} m\times a = -f & \cdots① \\ m\times 0 = N - mg & \cdots② \end{cases}$$

$N = mg \rightarrow f = \mu' N$
$= \mu' \times mg$

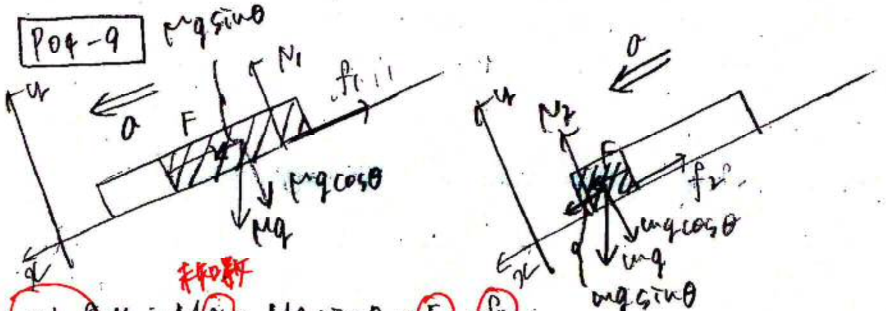
①に代入すると

$m\times a = -\mu' mg \rightarrow a = -\mu' g$



v-t グラフは図のようになり，これをもとにとまるまでの時間 t_0 を求められる

P04-9



未知数

(1) A x: $Ma = Mg\sin\theta - F - f_1$
y: $M\times 0 = N_1 - Mg\cos\theta$
B x: $ma = mg\sin\theta + F - f_2$
$m\times 0 = N_2 - mg\cos\theta$

(2) $N_1 = Mg\cos\theta$, $N_2 = mg\cos\theta$

(4) $(M+m)a = (M+m)g\sin\theta - \mu_1 Mg\cos\theta - \mu_2 mg\cos\theta$

$$a = g\sin\theta - \frac{\mu_1 M\cos\theta - \mu_2 m\cos\theta}{M+m} g \quad \left(= g\sin\theta - \frac{f_1+f_2}{M+m} \cdots (*) \right)$$

$$= g\left(\sin\theta - \frac{\mu_1 M\cos\theta - \mu_2 m\cos\theta}{M+m} \right)$$

(3) $f_2 = \mu_2 mg\cos\theta$

(5) $F = Mg\sin\theta - f_1 - Ma$ ~ (*) を代入すると楽にできる．

$= Mg\sin\theta - \mu_1 Mg\cos\theta - Ma$

$$= Mg(\sin\theta - \mu_1\cos\theta) - Mg\left(\sin\theta - \frac{\cos\theta(\mu_1 M - \mu_2 m)}{M+m} \right)$$

$$= Mg\left\{ \frac{-M\mu_1\cos\theta - m\mu_1\cos\theta + M\mu_1\cos\theta - m\mu_2\cos\theta}{M+m} \right\}$$

$$= -Mmg\cos\theta\left(\frac{\mu_1+\mu_2}{M+m} \right)$$

$F = Mg\sin\theta - f_1 - Ma$

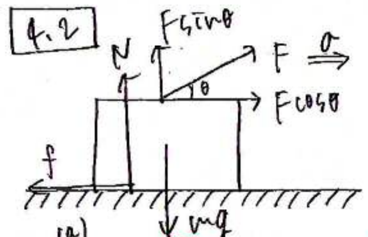
$$= Mg\sin\theta - f_1 - M\left(g\sin\theta - \frac{f_1+f_2}{M+m} \right)$$

$$= -f_1 + \frac{f_1+f_2}{M+m} = \frac{-f_1(M+m) + (f_1+f_2)M}{M+m}$$

$$= \frac{-f_1 m + f_2 M}{M+m} = \frac{-\mu_1 Mg\cos\theta\times m + M\times\mu_2 mg\cos\theta}{M+m}$$

$$= \frac{(\mu_2-\mu_1)Mmg\cos\theta}{M+m}$$

4.2



~~(1) $F_c\cos\theta = \mu' N$~~

~~$\therefore F_c = \frac{\mu' N}{\cos\theta}$~~

F が小さいと物体は止まったままで，$F = F_c$ までふやしたときすべる限界で $f = \mu' N$ となる，このとき

$$\begin{cases} m\times 0 = F_c\cos\theta - \mu N \\ m\times 0 = F_c\sin\theta + N - mg \end{cases}$$ 未知

$N = mg - F_c\sin\theta$

$F_c\cos\theta - \mu(mg - F_c\sin\theta) = 0$

$$\therefore F_c = \frac{\mu}{\cos\theta + \mu\sin\theta}\times mg$$

(2) (a) x: $ma = F\cos\theta - f(\mu' N)$
y: $0 = F\sin\theta + N - mg$

$f = \mu' N$ 未知

$$a = \frac{F\cos\theta - \mu' N}{m}$$

$N = mg - F\sin\theta$

$$a = \frac{F\cos\theta + \mu' F\sin\theta}{m} - \mu' g$$

$$= \frac{F(\cos\theta + \mu'\sin\theta)}{m} - \mu' g$$

~~(b) $F\cos\theta - \mu' N$ が最大となる~~
~~$\mu' N$ は常に一定~~
~~→ $F\cos\theta$ が最大のとき~~
~~$\cos\theta = 1 \Longleftrightarrow \theta = 0°$~~

~~$a = \frac{F - \mu' N}{m}$~~

$$a = \frac{F(\cos\theta + \mu'\sin\theta)}{m} - \mu' g$$

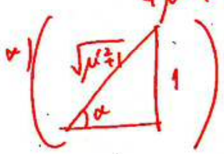
(*) が最大になるようにする

三角関数の合成!!

$(*) = \mu'\sin\theta + 1\times\cos\theta$

$$= \sqrt{\mu'^2+1}\left(\frac{\mu'}{\sqrt{\mu'^2+1}}\sin\theta + \frac{1}{\sqrt{\mu'^2+1}}\cos\theta \right)$$

$= \sqrt{\mu'^2+1}\sin(\theta+\alpha)$



(3) $F = 0$ を(2)に代入すると

$a' = -\mu' g$

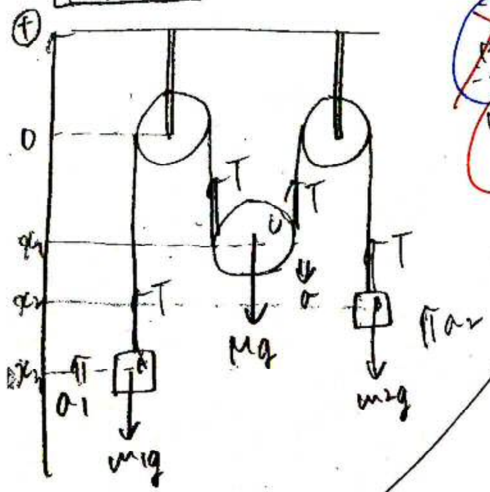
$\sin(\theta_m + \alpha) = 1 \quad \therefore \theta_m + \alpha = \frac{1}{2}\pi$ を

みたす θ_m にしたとき a は max

$$a_{max} = \frac{F}{m}\sqrt{\mu'^2+1} - \mu' g$$

5日目

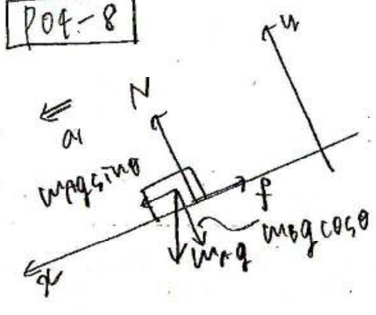
P05-26

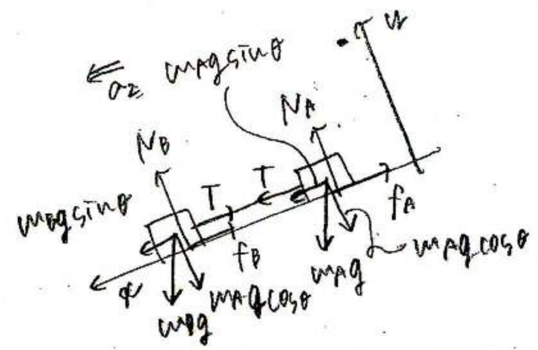


(2) $x_2+x_3+2x_1=$ 一定
$\therefore\ -2a+a_1+a_2=0$

(1) A: $m_1a_1=-m_1g+T$
B: $m_2a_2=T-m_2g$
C: $-Ma=2T-Mg$

プリント P04-8





I (1) 比例の関係
$m_Aa_1=m_Ag\sin\theta-f$
$m_A\times 0=N-m_Ag\cos\theta \rightarrow N=m_Ag\cos\theta$
$\rightarrow f=\mu N=\mu\times m_Ag\cos\theta$

(2) $a_1=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$
$=\underline{g(\sin\theta-\mu\cos\theta)}$, $\underline{N=m_Ag\cos\theta}$

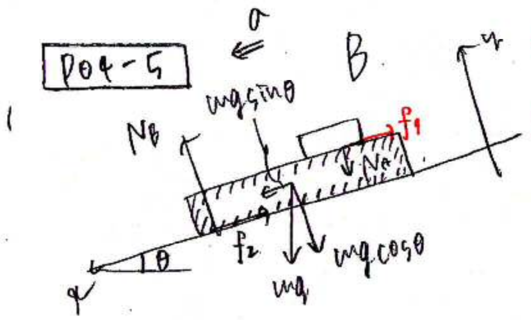
II (1)
A x: $m_A\times a_2=m_Ag\sin\theta+T-f_A$ …①
y: $m_A\times 0=N_A-m_Ag\cos\theta$ …②
B x: $m_B\times a_2=m_Bg\sin\theta-T-f_B$ …③
y: $m_B\times 0=N_B-m_Bg\cos\theta$ …④

(2) ②より $N_A=m_Ag\cos\theta \rightarrow f_A=\mu m_Ag\cos\theta$
④より $N_B=m_Bg\cos\theta \rightarrow f_B=0\times N_B=0$ (Bは摩擦しないと言われていた)
①+③でTを消去すると
$(m_A+m_B)a_2=(m_A+m_B)g\sin\theta-f_A-f_B$
$a_2=g\sin\theta-\dfrac{f_A+f_B}{m_A+m_B}$
$=\underline{g\sin\theta-\dfrac{\mu m_Ag\cos\theta}{m_A+m_B}\ \left(=g\left(\sin\theta-\dfrac{\mu m_A\cos\theta}{m_A+m_B}\right)\right)}$

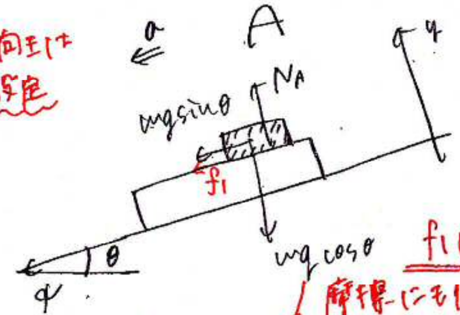
このとき③より
$T=m_Bg\sin\theta-f_B-m_Ba_2$
$=m_Bg\cancel{\sin\theta}-0-m_B\times g\left(\cancel{\sin\theta}-\dfrac{\mu m_A\cos\theta}{m_A+m_B}\right)$
$=\underline{\dfrac{m_B}{m_A+m_B}\mu m_Ag\cos\theta}$

講習ノート 伊藤 [illegible] 先生
B3 ターム 5日 (3月13日(金))
講座名: 学び始める物理B

P04-5



※f_1の向きは仮の設定



f_1は静止摩擦

摩擦にも作用・反作用の関係がある。

未知数　　従属的（N_Bが決まれば決まる）未知数

(1) B x: $ma = mg\sin\theta - f_2 - f_1$ …①

　y: $m \times 0 = N_B - N_A - mg\cos\theta$ …②

A x: $ma = mg\sin\theta + f_1$ …③

　y: $m \times 0 = N_A - mg\cos\theta$ …④

(2) ②,④より $\begin{cases} N_A = mg\cos\theta \\ N_B = mg\cos\theta + N_A \end{cases}$

$= 2mg\cos\theta \rightarrow f_2 = 2\mu mg\cos\theta$

①+③でf_1を消去すると

$2ma = 2mg\sin\theta - 2\mu mg\cos\theta$

$= 2mg(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

$a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

また、①,③より　$mg\sin\theta + f_1 = mg\sin\theta - f_1 - f_2$

$\rightarrow 2f_1 = -f_2$

$\therefore f_1 = -\frac{1}{2}f_2$

$= -\mu mg\cos\theta$

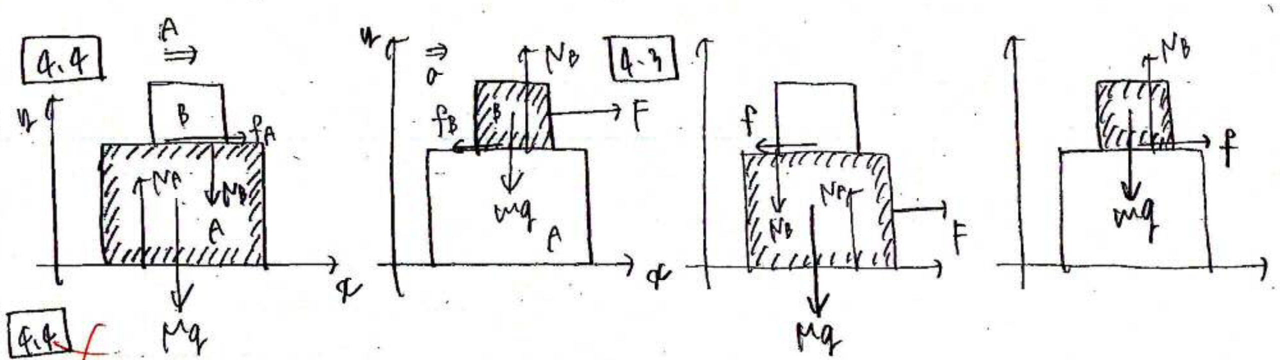
$f_1 < 0$は図のf_1と逆向きの力であることを表している。

(2)できかれているのは『大きさ』なので　$f_1 = \mu mg\cos\theta$

すべっていないときの静止摩擦力の向きが分からない場合はどちら向きでもよいので仮に書いておく。
E.O.Mを立てて摩擦力を求めれば符号の正負で図に書いた向きか反対かが分かる。

4.4

4-3



4.4

(1) A：加速度0

B：右向き、加速度a

(2) ~~(a)~~ 右向き、

$Ma = f_A$

$M \times 0 = N_A - N_B - Mg \quad \therefore N_B = N_A - Mg \quad \therefore N_A = (M+m)g$

$ma = F - f_B$

$m \times 0 = N_B - mg \quad \therefore N_B = mg$

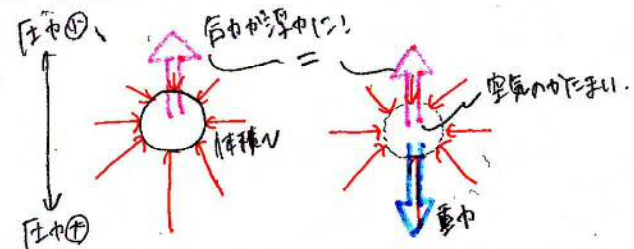
いずれの問題でもはじめの動きを与える物体の方に注目して摩擦力の向き判定をするとよい。
どちらの問題でもFが小さいときは『AとBの間がずれず一定のまま』=『AとBで加速度は共通にaとおける』=『fは静止摩擦力で独立（従属でない）な未知数である』
それに対しFが大きいときは『A,Bの間にずれが生じる』=『加速度はAとBで別々に未知』=『fは動摩擦力でNにより決まる』。

空気から受ける力

ここまでのE.O.Mでは周囲の空気からの物体がうける力を無視できるとしてきたが、空気からうける力は次のように分類できる。

① 浮力
② 抵抗力
③ マグヌス力 ← 変化球の原因に!!

①について



空気の密度をρ_0とおくと、体積Vのかたまりの空気では

$\rho = \frac{質量}{V} \quad \therefore 質量 = \rho V$

この空気のかたまりでは、圧力の合力である浮力と重力がつり合いなので

浮力$F = \rho V \times g$

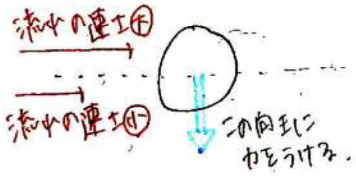
②について

物体の運動をさまたげる向きに作用するのが抵抗力で、物体の速さがvのとき

vが小だとvに比例する力
　　大　　v^2
} となる

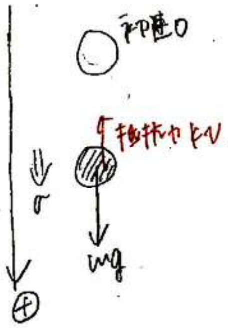
③について

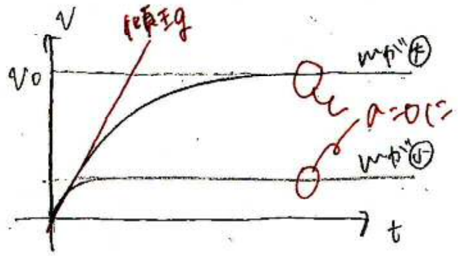
物体の両側で空気が流れる速さが違っていると流れの速さが㊤の側から㊦の側に向かう力をうける。



変化球のときはボールが
回転しながら移動する

$\boxed{4\text{-}5}$





速さvで落下しているときのE.O.Mを立てると

$m \times a = mg - kv$

$v=0$からvが増えていくと,合力がmgから減って加速がにぶくなっていく.

↓

v-tグラフでは傾きがゆるやかになる

収束状態に至ると$a=0$となり,このとき

$m \times 0 = mg - kv_0 \longrightarrow v_0 = \dfrac{mg}{k}$