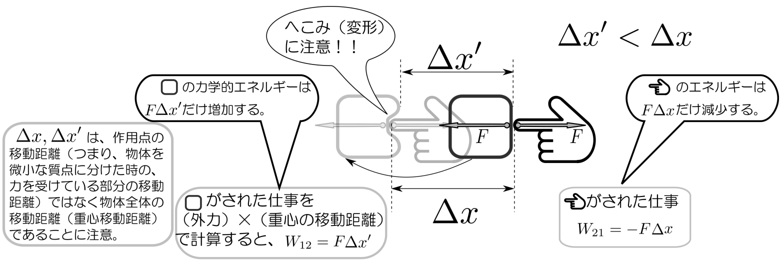
「よくわかる初等力学」の訂正用ファイルです。これをB5に印刷して該当部分を本に貼り付けてください（一文字挿入のみの場合や、日本語の誤字などは入れてません）。

貼り付けるのは糊でもよいですが、両面テープを貼り付けてから切り取るという方法もよいでしょう。

ファイルは少し多めの文章を入れていますが、必要な部分だけ切り取って使った方がよいかもしれません。修正部分の詳細は、サポートページのリストも参考にしながら修正してください。

以下の間違いは第10刷で訂正されました。

p215の図



図の下の「移動距離」に下の脚注[†20]をつける。

[†20] □の方は移動距離を重心の移動距離にして仕事を計算していることに注意。作用点の移動を使う場合と、仕事の定義に２種類あることになる。物体を質点とみなした場合の「される仕事」を考えたいときは重心移動の方を使う（本書ではここ以外は作用点の方を使う）。

以下の間違いは第９刷で訂正されました。

p317 の (C.18)

【FAQ】

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

$$\frac{1}{2}(r+\mathrm{d}r)^2\,\mathrm{d}\theta-\frac{1}{2}r^2\,\mathrm{d}\theta=r\,\mathrm{d}r\,\mathrm{d}\theta+\frac{1}{2}(\mathrm{d}r)^2\,\mathrm{d}\theta$$

以下の間違いは第７刷で訂正されました。

p365 の B.6 の４行目

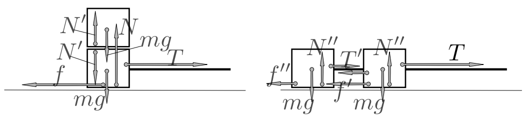
もともとの $\vec{c}_\perp$

以下の間違いは第６刷で訂正されました。

p291 の (10.8)

$$F'_x=m\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}x'(t),\quad F'_y=m\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}y'(t)$$

p379 の問い 2-2 のヒントの図



以下の間違いは第５刷で訂正されました。

p188 の (6.28)

$$m_1\frac{\mathrm{d}\vec{v}_1}{\mathrm{d}t}=-kX\underbrace{\frac{\vec{x}_1-\vec{x}_2}{|\vec{x}_1-\vec{x}_2|}}_{\vec{\mathbf{e}}_{\vec{x}_2\to\vec{x}_1}}-m_1g\vec{\mathbf{e}}_z=-kX\vec{\mathbf{e}}_{\vec{x}_2\to\vec{x}_1}-m_1g\vec{\mathbf{e}}_z$$

p240 の (8.20)

$$\vec{L}=\rho_{\mathbb{L}}\omega\vec{\mathbf{e}}_z\int_0^A y^2\,\mathrm{d}y=\rho_{\mathbb{L}}\omega\vec{\mathbf{e}}_z\left[\frac{y^3}{3}\right]_0^A=\frac{\rho_{\mathbb{L}}\omega A^3}{3}\vec{\mathbf{e}}_z$$

p390、一番下

となるが、これは「(3.31)」→ p109と同じ式である。次に床と壁の境界を基準点に置いた場合、モーメントのつりあいから $L\cos\theta\times N_{\text{床}}-L\sin\theta\times N_{\text{壁}}-\frac{L\cos\theta}{2}\times mg=0$ という式が出るが、$N_{\text{床}}=mg-f_{\text{壁}}$ を使えば (E.17) と同じ式。

p396 の (E.40)

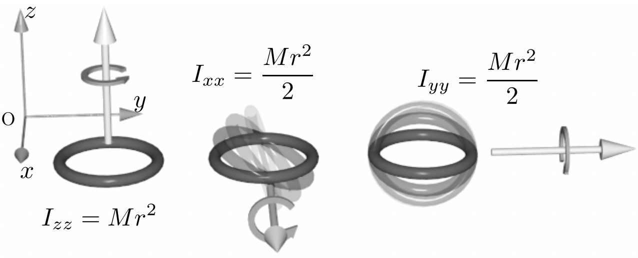
$$\vec{F}=m\left(\frac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2}-r\left(\frac{\mathrm{d}\theta'}{\mathrm{d}t}+\omega\right)^2\right)\vec{\mathbf{e}}_r+\left(2\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\mathrm{d}\theta'}{\mathrm{d}t}+\omega\right)+r\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}\right)\vec{\mathbf{e}}_{\theta'}$$

以下の間違いは第 4 刷で訂正されました。

p210

$$\mu mg\cos\theta\times\frac{-h}{\sin\theta}=-\mu mgh\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\tag{7.29}$$

p249 の図



p249 の (8.44)

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\pi R^4}{4} = \frac{MR^2}{4}, I_{zz} = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\pi R^4}{2} = \frac{MR^2}{2}, I_{xy} = 0$$

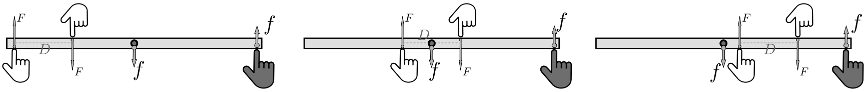
以下の間違いは第３刷で訂正されました。

p74

$$\begin{aligned} X : T_1 \cos\frac{\mathrm{d}\theta}{2} &= T_2 \cos\frac{\mathrm{d}\theta}{2} \\ Y : \qquad N &= T_1 \sin\frac{\mathrm{d}\theta}{2} + T_2 \sin\frac{\mathrm{d}\theta}{2} \end{aligned} \tag{2.42}$$

X 成分の式から $T_1 = T_2$ である。

p96



だから、上の三つの図の白い二つの手が出す力のモーメントはみな同じであり、今つりあっているとしたら黒い手および支点（◉）の出している力もみな同じである。

p105

$$\frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell}{Mh}\int_0^h \mathrm{d}x\, x^2 = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell}{Mh}\times\frac{h^3}{3} = \frac{1}{M}\underbrace{\frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell h}{2}}_{M}\times\frac{2h}{3} \tag{3.19}$$

$\boxed{\text{p151 の下から 3 行目}}$

$\dfrac{m}{k}$ しかなく、

$\boxed{\text{p154}}$

が 0 になるようにするには、$\dfrac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t}(t) = -\dfrac{mg}{k}$ であればよい。こうして、

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}(t) = \underbrace{C\mathrm{e}^{-\frac{k}{m}t}}_{\text{斉次部分}}\ \underbrace{-\frac{mg}{k}}_{\text{非斉次部分}} \tag{4.62}$$

$\boxed{\text{p161}}$

$$\underbrace{\cancel{\vec{x}_{\mathrm{Q}}} - \vec{x}_{\mathrm{P}}}_{\overrightarrow{\mathrm{PQ}}} + \underbrace{\vec{x}_{\mathrm{R}} - \cancel{\vec{x}_{\mathrm{Q}}}}_{\overrightarrow{\mathrm{QR}}} = \underbrace{\vec{x}_{\mathrm{R}} - \vec{x}_{\mathrm{P}}}_{\overrightarrow{\mathrm{PR}}} \tag{5.3}$$

$\boxed{\text{p187 の (6.27 の 2 行下)}}$

$\vec{x}_{\mathrm{G}}$ を「**重心**(じゅうしん)」

$\boxed{\text{p211}}$

$$\int_{\vec{x}_0}^{\vec{x}_1} \vec{F}\cdot \mathrm{d}\vec{x} \ = -U(\vec{x}_1) + U(\vec{x}_0) \tag{7.30}$$

$\boxed{\text{p236}}$

この脚注[†8]。

$\boxed{\text{p240}}$

[†8] θ が一定で ϕ が増加し続ける場合の運動は、回転軸の向きが少しずつ変わっていくことに注意。$\vec{\mathbf{e}}_\theta$ というベクトルも ϕ が変われば向きを変えていく。

$$\vec{L} = \rho_{\mathbb{L}}\omega\vec{\mathbf{e}}_z \int_0^A y^2\,\mathrm{d}y = \rho_{\mathbb{L}}\vec{\mathbf{e}}_z\left[\frac{y^3}{3}\right]_0^A = \frac{\rho_{\mathbb{L}}\omega A^3}{3}\vec{\mathbf{e}}_z \tag{8.20}$$

$\boxed{\text{p243}}$

この脚注[†17]。

$\boxed{\text{p244の5行目}}$

注意すべきは、質点の位置ベクトル$\vec{x}$と角速度ベクトル$\vec{\omega}$は常に垂直だが、

$\boxed{\text{p249}}$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\pi R^4}{4} = \frac{MR^2}{3}, I_{zz} = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\pi R^4}{2} = \frac{2MR^2}{2}, I_{xy} = 0 \tag{8.44}$$

$\boxed{\text{p267}}$

$$\frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{A^2 - x^2}} = \frac{-A\sin\theta\,\mathrm{d}\theta}{\sqrt{A^2 - A^2\cos^2\theta}} = \frac{-A\sin\theta\,\mathrm{d}\theta}{A|\sin\theta|} = \pm\,\mathrm{d}\theta \tag{9.7}$$

$\boxed{\text{268ページ}}$

この脚注[†3]。

$\boxed{\text{p274の補足、上から2行目最後}}$

「特徴的時間」
→ p151

$\boxed{\text{p282}}$

$$m\frac{\mathrm{d}^2X}{\mathrm{d}t^2}(t) = -kX(t) + F\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega t} \tag{9.46}$$

$\boxed{\text{p286}}$

[†17] $\omega_x\vec{\mathbf{e}}_x$ の比例係数である $\rho_{\mathbb{S}}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}\mathrm{d}x\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\mathrm{d}y\,y^2$ と $\omega_y\vec{\mathbf{e}}_y$ の比例係数である $\rho_{\mathbb{S}}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}}\mathrm{d}x\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}}\mathrm{d}y\,x^2$

[†3] この変数変換 $x = A\cos\theta$ は $A^2 \geqq x^2$ を満たす変換になっていることに注意（その意味では実は

$$(\omega_0)^2 - \omega^2 = (\omega_0 - \omega)(\omega_0 + \omega) = -2\Delta\omega \times 2\Omega = -4\Delta\omega\Omega \tag{9.61}$$

$$2\frac{F}{m\left((\omega_0)^2 - \omega^2\right)} \sin\Delta\omega t = -\frac{F}{2m\Delta\omega\Omega} \sin\Delta\omega t = -\frac{Ft}{2m\Omega}\frac{\sin\Delta\omega t}{\Delta\omega t} \tag{9.62}$$

p300

$$\begin{aligned} T =& \frac{m(v' + R\omega)^2}{R} \\ T =& \frac{m(v')^2}{R} + 2mv'\omega + mR\omega^2 \\ T - 2mv'\omega - mR\omega^2 =& \frac{m(v')^2}{R} \end{aligned} \tag{10.29}$$

となる。つまり、あたかも $-2mv'\omega - mR\omega^2$ が運動方程式に加わったように見

p300 の下から 2 行目

静止座標系においては $mv\vec{\mathbf{e}}_r + mr\omega\vec{\mathbf{e}}_\theta$（$x$ 軸と x' 軸が一致している瞬間なら $mv\vec{\mathbf{e}}_x + mr\omega\vec{\mathbf{e}}_y$ と書いても同じ）という運動量を持っている。

p301 の 2 行目

た後、その瞬間の x' 軸方向に $v\Delta t$ だけ、y' 軸方向に $r\omega\Delta t$ だけ移動する（前ページの左図を参照)。

p302

$$R\omega^2 = 6.4 \times 10^6 \times \left(\frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60}\right)^2 \fallingdotseq 0.033\mathrm{m/s^2} \tag{10.33}$$

p303

$$
\begin{aligned}
\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}\left(\vec{x}_1-\vec{x}_2\right) &= \left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)\vec{F} \\
\underbrace{\frac{1}{\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}}}_{\mu}\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}\left(\vec{x}_1-\vec{x}_2\right) &= \vec{F} \qquad \left(\text{両辺を } \frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2} \text{ で割った}\right)
\end{aligned}
\tag{10.36}
$$

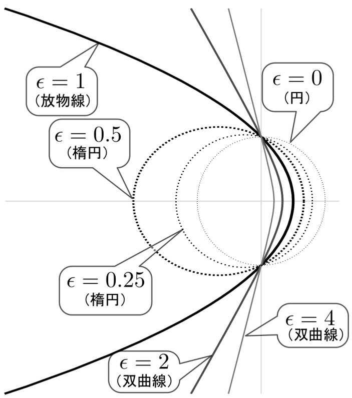
p304 先頭

この μ を換算質量と呼ぶ。以上の計算からわかるように、換算質量は $\mu=\dfrac{m_1m_2}{m_1+m_2}$ と書くより、$\dfrac{1}{\mu}=\dfrac{1}{m_1}+\dfrac{1}{m_2}$ と書いた方がその由来が明瞭になる。

p310

$$
\begin{cases}
-\dfrac{GMm}{R} & r \leqq R \\
-\dfrac{GMm}{r} & r > R
\end{cases}
\tag{11.13}
$$

p317



p321

$$
\alpha-\epsilon\sin\alpha=\frac{L}{\mu ab}t+C \quad (C\text{ は積分定数})
\tag{11.43}
$$

$\boxed{\text{p330}}$

これの脚注[†15]。

$\boxed{\text{p344}}$

$$\begin{aligned}\mathcal{D}\left(\sqrt{3}X(t)+45Y(t)\right) &= \sqrt{3}\ \underbrace{\mathcal{D}X(t)}_{k(X(t))^2}\ +45\ \underbrace{\mathcal{D}Y(t)}_{k(Y(t))^2} \\ &= k\left(\sqrt{3}\,(X(t))^2+45\,(Y(t))^2\right) \\ &\neq k\left(\sqrt{3}X(t)+45Y(t)\right)^2\end{aligned} \tag{A.51}$$

$\boxed{\text{p346}}$

$$\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}x^2}f+\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}f-2f=0 \tag{A.61}$$

$\boxed{\text{p349 の (A.78) のすぐ下}}$

である。$r(x+\Delta x,y)=r(x,y)+\Delta x\dfrac{\partial r}{\partial x}(x,y), \theta(x+\Delta x,y)=\theta(x,y)+\Delta x\dfrac{\partial\theta}{\partial x}(x,y)$ と代入していけば (A.76) が出てくる。

$\boxed{\text{p362}}$

$$\begin{aligned}\vec{A}\times\vec{B} = &\ A_xB_y\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_x\times\vec{\mathbf{e}}_y}_{\vec{\mathbf{e}}_z}+A_xB_z\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_x\times\vec{\mathbf{e}}_z}_{-\vec{\mathbf{e}}_y}+A_yB_x\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_y\times\vec{\mathbf{e}}_x}_{-\vec{\mathbf{e}}_z} \\ &+\ A_yB_z\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_y\times\vec{\mathbf{e}}_z}_{\vec{\mathbf{e}}_x}+A_zB_x\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_z\times\vec{\mathbf{e}}_x}_{\vec{\mathbf{e}}_y}+A_zB_y\underbrace{\vec{\mathbf{e}}_z\times\vec{\mathbf{e}}_y}_{-\vec{\mathbf{e}}_x} \\ &=\ (A_yB_z-A_zB_y)\,\vec{\mathbf{e}}_x+(A_zB_x-A_xB_z)\,\vec{\mathbf{e}}_y+(A_xB_y-A_yB_x)\,\vec{\mathbf{e}}_z\end{aligned} \tag{B.28}$$

$\boxed{\text{p388 の (E.13) の下}}$

[†15] 右辺の級数和がほんとうに左辺と一致するのか、というのはこの本では証明なしに認めることにする。実際には滅多に出てこないが反例がある。

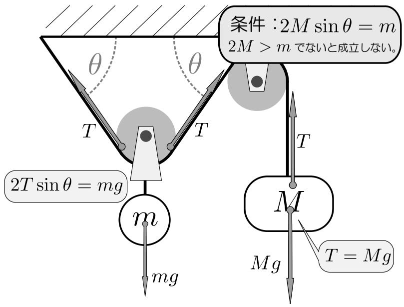
×

となる。上の物体がすべらない条件は $T \leqq \mu_1 mg$、下の物体がすべらない条件は $T \leqq \mu_2(M+m)g$ であり、一体となって動き始めるためには $T \leqq \mu_1 mg$ を満たしつつ、$T > \mu_2(M+m)g$ になればよい。つまり、$\mu_1 m > \mu_2(M+m)$ でなくてはいけない。

p388 の【問い 2-7】

C 君の上下方向のつりあいの式は $N = mg + F\sin\theta$ に、A さんの上下方向のつりあいの式は $N' = Mg - F\sin\theta$ となる。つまり、床から C 君への垂直抗力は増え、床か

p390 の (3) の図



p392 の問い 5-7

$$\dot{\vec{x}} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\rho\vec{\mathbf{e}}_\rho + z\vec{\mathbf{e}}_z\right) = \dot{\rho}\vec{\mathbf{e}}_\rho + \rho\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\vec{\mathbf{e}}_\rho + \dot{z}\vec{\mathbf{e}}_z = \dot{\rho}\vec{\mathbf{e}}_\rho + \rho\dot{\phi}\vec{\mathbf{e}}_\phi + \dot{z}\vec{\mathbf{e}}_z \tag{E.25}$$

$$\begin{aligned}\dot{\vec{v}} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\dot{\rho}\vec{\mathbf{e}}_\rho + \rho\dot{\phi}\vec{\mathbf{e}}_\phi + \dot{z}\vec{\mathbf{e}}_z\right) &= \ddot{\rho}\vec{\mathbf{e}}_\rho + \dot{\rho}\dot{\phi}\vec{\mathbf{e}}_\phi + \dot{\rho}\dot{\phi}\vec{\mathbf{e}}_\phi + \rho\ddot{\phi}\vec{\mathbf{e}}_\phi - \rho(\dot{\phi})^2\vec{\mathbf{e}}_\rho + \ddot{z}\vec{\mathbf{e}}_z \\ &= \left(\ddot{\rho} - \rho(\dot{\phi})^2\right)\vec{\mathbf{e}}_\rho + \left(\rho\ddot{\phi} + 2\dot{\rho}\dot{\phi}\right)\vec{\mathbf{e}}_\phi + \ddot{z}\vec{\mathbf{e}}_z\end{aligned} \tag{E.26}$$

p393 の問い 7-2 の (2)

$\Delta E = \dfrac{m}{2M}(M+m)(V-v)^2$ となる。これは
常に正。

p394

$$\begin{aligned}I_{xy} &= -\int \mathrm{d}^3\vec{x}\,'\rho(\vec{x})(x'+x_{\mathrm{G}})(y'+y_{\mathrm{G}}) \\ &= -\int \mathrm{d}^3\vec{x}\,'\rho(\vec{x})x'y' - \underbrace{\int \mathrm{d}^3\vec{x}\,'\rho(\vec{x})x'y_{\mathrm{G}}}_{=0} - \underbrace{\int \mathrm{d}^3\vec{x}\,'\rho(\vec{x})x_{\mathrm{G}}y'}_{=0} \\ &\quad - \underbrace{\int \mathrm{d}^3\vec{x}\,'\rho(\vec{x})}_{=M} x_{\mathrm{G}}y_{\mathrm{G}}\end{aligned} \tag{E.30}$$

p395

$$\begin{aligned}&\frac{1}{2}k\left(\frac{mg}{k} + A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\alpha\right)\right)^2 - mg\left(\frac{mg}{k} + A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\alpha\right)\right) \\ =\ &\frac{1}{2}k\left(A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\alpha\right)\right)^2 - \frac{m^2g^2}{2k}\end{aligned} \tag{E.35}$$

p397

$$\frac{1}{2(m_1+m_2)}\left(m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}\left(\vec{v}_1 - \vec{v}_2\right)^2 \tag{E.43}$$

この中から $\vec{v}_1\cdot\vec{v}_2$ に比例する項を取り出すと、第一項からは $\dfrac{1}{m_1+m_2}m_1m_2\vec{v}_1\cdot\vec{v}_2$、

p398

$$\frac{\partial F_y}{\partial x} = \frac{3}{2}\frac{GMm}{(x^2+y^2+z^2)^{\frac{5}{2}}}y\frac{\partial(x^2+y^2+z^2)}{\partial x} = 3\frac{GMm}{(x^2+y^2+z^2)^{\frac{5}{2}}}yx \qquad \text{(E.48)}$$

以下の間違いは第２刷で訂正されました。

p24

$$\begin{aligned} \underbrace{T}_{=mg} &= C - \rho g \underbrace{x}_{=L} \quad \text{(右辺の} - \rho g L \text{を左辺に移項して)} \\ mg + \rho g L &= C \end{aligned} \qquad (1.8)$$

p44 の練習問題

くることに注意しよう。上の物体と下の物体の間の静止摩擦係数を μ_1、下の物体と床の間の静止摩擦係数を μ_2 としよう。

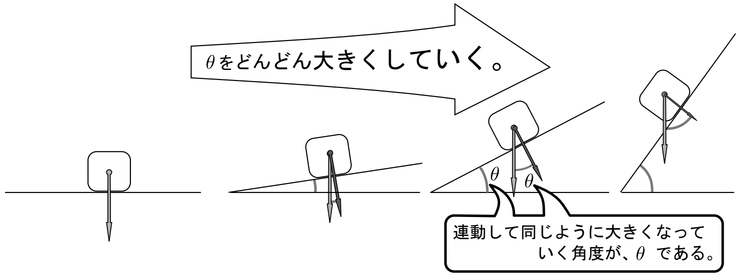
p45 の問い 2-3 の最後

A さんの質量を M、C くんの質量を m、床と A さんの間の静止摩擦係数を μ'、床と C くんの間の静止摩擦係数を μ とする。

p51 の 10 行目

長さ $a = |\vec{a}|$ で割ると、長さ 1

p61



p68

$$
\begin{array}{rr}
 & mg + \cancel{T} = \cancel{N} \\
+) & Mg + \cancel{N} = \cancel{T} \\
\hline
 & mg + Mg = 0
\end{array}
\tag{2.40}
$$

p76

なので（単位長さの糸の質量を ρ として）重力の大きさは $\rho Rg\,\mathrm{d}\theta$ である。この力の糸の方向（N に垂直な方向）の成分は $\rho Rg\,\mathrm{d}\theta\,\cos\theta$、糸と垂直な方向（$N$ と逆の向き）の成分は $\rho Rg\sin\theta$ である。

p84

ただし 4 ページで述べたように、必要条件と十分条件の違いには注意しよう（以下で述べる条件は十分条件ではない）。

↑は第 1 刷にそのまま貼るにはスペースが足りないので、字を小さくしてます。

p86

「同じ場所に働く二つの力」に直すことができる。もし二つの力の大きさが同じで逆向きならばこれらの力は働いてないのと同じである。

p96 の脚注

これについている脚注[†19]を貼り付けてください。

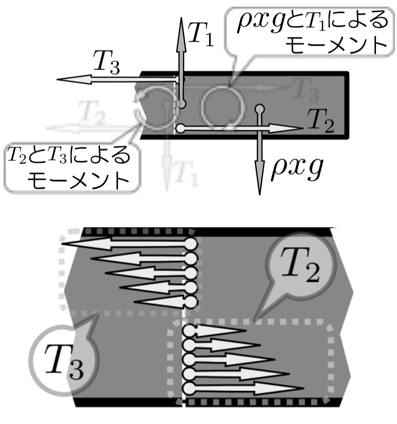
p105 の (3.19)

$$\frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell}{Mh}\int_0^h \mathrm{d}x\, x^2 = \frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell}{Mh}\times\frac{h^3}{3} = \frac{1}{M}\underbrace{\frac{\rho_{\mathbb{S}}\ell h}{2}}_{M}\times\frac{2h}{3}$$

p109

$$\frac{L}{2}\cos\theta\times mg = L\cos\theta\times f_{\text{壁}} + L\sin\theta\times N_{\text{壁}} \tag{3.31}$$

p111



T_2, T_3 のように、仮想的な面に垂直に働いている力を「**法線応力**」または「**垂直応力**」と呼ぶ。張力や垂直抗力も法線応力の仲間である。引っ張る方向の法線応力が張力だと思えばよい（今の場合 T_3）。ここでは法線応力を T_2 と T_3 という二つの力に代表させたが、実際の垂直抗力は右に描いたように棒の断面全体に分布した力になっている。T_2 の作用点を基準とするモーメントのつりあいから、

$$\rho xg\times\frac{x}{2} - T_3\times R = 0 \quad (R\text{ は }T_2\text{ と }T_3\text{の作用点の距離}) \tag{3.32}$$

[†19] $\vec{x}_1$ と $\vec{x}_2$ の立場を取り替えても偶力のモーメントは変わらないことにも注意。取り替えると(3.6) → p95 右辺の $\vec{x}_1-\vec{x}_2$ の符号が変わるが、その時同時に (3.6) 右辺の力も $\vec{F}_2=-\vec{F}$ の方に取り替えられるので、２回符号が変わって元に戻る。

$\boxed{\text{p133 の (4.21)}}$

$$F = m\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right) = m\left(\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\right)^2 x(t)$$

$\boxed{\text{p170 の (5.19)}}$

$$2\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} + r\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{1}{r}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(r^2\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right) = 0$$

$\boxed{\text{p171}}$

$$m\ell\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -mg\sin\theta \tag{5.21}$$

$$m\ell\int\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}\,\mathrm{d}\theta = -mg\int\sin\theta\,\mathrm{d}\theta \tag{5.22}$$

$$m\ell\int\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\,\mathrm{d}t = -mg\int\sin\theta\,\mathrm{d}\theta \tag{5.23}$$

$$\frac{1}{2}m\ell\left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2 = mg\cos\theta + C \tag{5.25}$$

$\boxed{\text{p172}}$

$C = -mg\cos\theta_0$ となる。

$$\begin{aligned}
\frac{1}{2}m\ell\left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2 &= mg(\cos\theta - \cos\theta_0) \\
&\qquad\qquad \left(\frac{1}{2}m\ell\text{で割る}\right) \\
\left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2 &= \frac{2g}{\ell}(\cos\theta - \cos\theta_0) \\
&\qquad\qquad (\text{両辺の平方根を取る}) \\
\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} &= \pm\sqrt{\frac{2g}{\ell}(\cos\theta - \cos\theta_0)}
\end{aligned} \tag{5.26}$$

というところまでは比較的容易に計算できる。しかしこの後の計算はたいへ

$\boxed{\text{p180 の 7 行目}}$

を立てればすぐに宇宙飛行士の速度が $V = \dfrac{mv}{M}$

$\boxed{\text{p181 の (6.12)}}$

$$m_2 \vec{v}_2' = m_2 \vec{v}_2 - \int \vec{F}\,\mathrm{d}t$$

$\boxed{\text{p185}}$

$$\sum_{j=1}^{N} \vec{F}_{\to j} = \sum_{j=1}^{N} \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \left(m_j \vec{v}_j\right) \tag{6.21}$$

$$\sum_{j=1}^{N} \vec{F}_{\to j} = \underbrace{\sum_{j=1}^{N} m_j}_{M} \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \left(\frac{\mathrm{d}\vec{x}}{\mathrm{d}t}\right) \tag{6.22}$$

$\boxed{\text{p186}}$

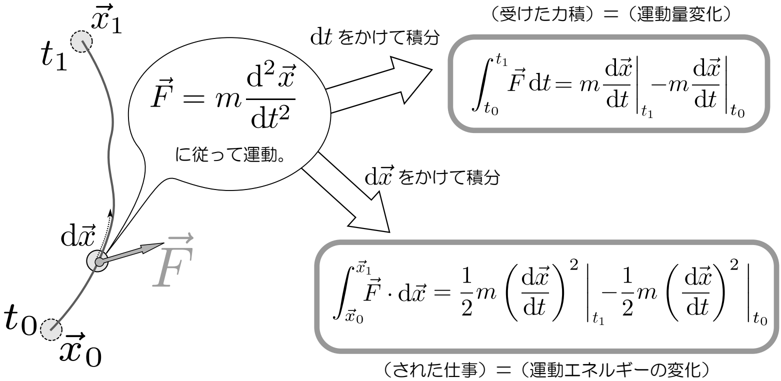
$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \left(\sum_{j=1}^{N} m_j \frac{\mathrm{d}\vec{x}_j}{\mathrm{d}t}\right) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} (\text{なにか}) \tag{6.23}$$

$$\sum_{j=1}^{N} m_j \frac{\mathrm{d}\vec{x}_j}{\mathrm{d}t} - (\text{なにか}) = \text{一定} \tag{6.24}$$

$\boxed{\text{p189 の 4 行目}}$

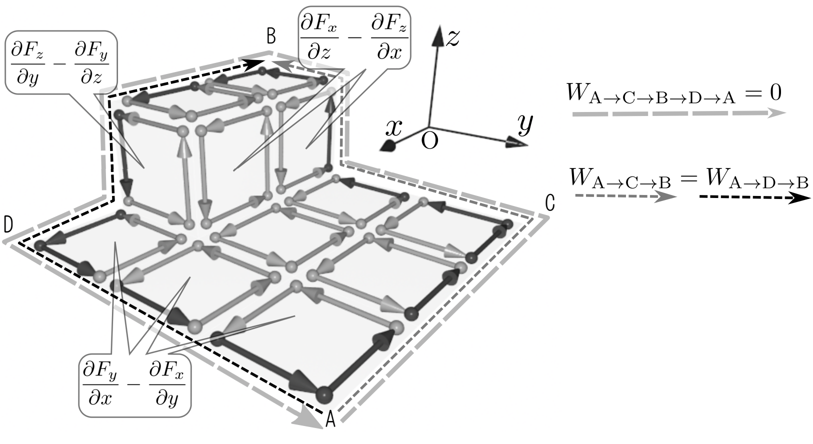
れば、$M \dfrac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2} \vec{x}_{\mathrm{G}} = -Mg\vec{\mathbf{e}}_z$ という運動方程式から

p200



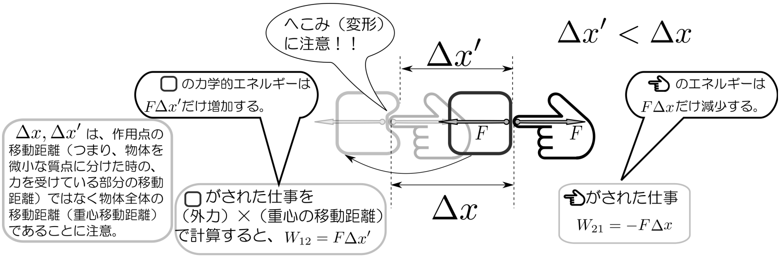
$\vec{x}_1$
t_1
$\vec{F} = m\dfrac{\mathrm{d}^2\vec{x}}{\mathrm{d}t^2}$
に従って運動。
$\mathrm{d}t$ をかけて積分
（受けた力積）＝（運動量変化）
$\displaystyle\int_{t_0}^{t_1}\vec{F}\,\mathrm{d}t = m\frac{\mathrm{d}\vec{x}}{\mathrm{d}t}\bigg|_{t_1} - m\frac{\mathrm{d}\vec{x}}{\mathrm{d}t}\bigg|_{t_0}$
$\mathrm{d}\vec{x}$ をかけて積分
$\mathrm{d}\vec{x}$
$\vec{F}$
t_0
$\vec{x}_0$
$\displaystyle\int_{\vec{x}_0}^{\vec{x}_1}\vec{F}\cdot\mathrm{d}\vec{x} = \frac{1}{2}m\left(\frac{\mathrm{d}\vec{x}}{\mathrm{d}t}\right)^2\bigg|_{t_1} - \frac{1}{2}m\left(\frac{\mathrm{d}\vec{x}}{\mathrm{d}t}\right)^2\bigg|_{t_0}$
（された仕事）＝（運動エネルギーの変化）

p214



$\dfrac{\partial F_z}{\partial y} - \dfrac{\partial F_y}{\partial z}$
B
$\dfrac{\partial F_x}{\partial z} - \dfrac{\partial F_z}{\partial x}$
z
x
O
y
$W_{\mathrm{A}\to\mathrm{C}\to\mathrm{B}\to\mathrm{D}\to\mathrm{A}} = 0$
$W_{\mathrm{A}\to\mathrm{C}\to\mathrm{B}} = W_{\mathrm{A}\to\mathrm{D}\to\mathrm{B}}$
D
C
$\dfrac{\partial F_y}{\partial x} - \dfrac{\partial F_x}{\partial y}$
A

$\boxed{\text{p215}}$



$\boxed{\text{p220}}$

これについている脚注†25を追加。これに応じて脚注番号がずれていきます。

$\boxed{\text{p226 の (7.49)}}$

$$
\begin{aligned}
m_1 v_{1\perp}\vec{\mathbf{e}}_\perp + m_2 v_{2\perp}\vec{\mathbf{e}}_\perp &= m_1 v'_{1\perp}\vec{\mathbf{e}}_\perp + m_2 v'_{2\perp}\vec{\mathbf{e}}_\perp \\
m_1(v'_{1\perp} - v_{1\perp}) &= -m_2(v'_{2\perp} - v_{2\perp})
\end{aligned}
$$

$\boxed{\text{p227 の (7.53) の直後}}$

のように因数分解から、運動量保存則から $m_2\left(v'_{2\perp} - v_{2\perp}\right) = -m_1(v'_{1\perp} - v_{1\perp})$

$\boxed{\text{p244 の 8 行目}}$

角速度ベクトル $\vec{\omega}$

$\boxed{\text{p244 の (8.29)}}$

$$
\vec{\ell} = \rho_{\mathbb{V}}(\vec{x})\,\mathrm{d}^3\vec{x}\,\left(|\vec{x}|^2\vec{\omega} - (\vec{x}\cdot\vec{\omega})\vec{x}\right)
$$

†25 この他にも剛体の内部に3.5.3節（→ p110）で説明した応力が「内力」として働いているが、内力の効果は消し合うから考慮に入れない。また、外力の作用点での摩擦などによるエネルギー損失はないとする。

$\boxed{\text{p246 の (8.37)}}$

$$2x_{\mathrm{G}}\underbrace{\int \mathrm{d}^3\vec{x}\ \rho_{\mathbb{V}}(\vec{x})x'}_{M\times\text{「重心」の }x'\text{座標}}$$

$\boxed{\text{p247 の 2 行目から}}$

これは0になる（y' 座標も同様)。つまり、慣性モーメント I_{zz} は、$\vec{x}'$ 座標系での慣性モーメント $I_{z'z'}$ と、この物体の全質量が重心に集中した場合の慣性モーメント $M((x_{\mathrm{G}})^2+(y_{\mathrm{G}})^2)$ の和になる。I_{xx}, I_{yy} についても同じことが言えるのはすぐにわかるであろう。

$\boxed{\text{p250}}$

という計算をすればよい。積分の結果は

$$I_{xx}=\frac{\rho_{\mathbb{V}}abc(b^2+c^2)}{12}, I_{yy}=\frac{\rho_{\mathbb{V}}abc(a^2+c^2)}{12}, I_{zz}=\frac{\rho_{\mathbb{V}}abc(a^2+b^2)}{12} \quad (8.45)$$

$\boxed{\text{p251 の下から 2 行目}}$

角速度ベクトル $\vec{\omega}$ の回転と組み合わせたもの（$\vec{v}_{\mathrm{G}}+\vec{\omega}\times(\vec{x}-\vec{x}_{\mathrm{G}})$）として考えると、

$\boxed{\text{p253 の 6 行目}}$

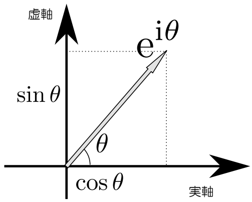
$I=mR^2$ である。それぞれの場合、すべり落ちる場合の加速度に比べて $\frac{2}{3}$ 倍、$\frac{1}{2}$ 倍になる（中空の方が遅い)。

$\boxed{\text{p262}}$

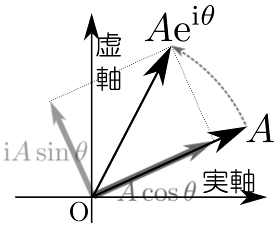
$$I=\frac{2}{5}mR^2\times 2+mR^2\times 2=\frac{14}{5}mR^2 \quad (8.69)$$

のように計算できる。よってこの場合の角速度は $\omega=\dfrac{5bv}{14R^2}$ ということになる。

p271



p273



p278 の最後

の場合でも振動が起こらなくなりそうだ、と実感できるだろう。この現象を「**過減衰**」と言う。

289

$$\text{直交座標}\begin{cases} F_x = m\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} & x\text{ 成分} \\ F_y = m\dfrac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2} & y\text{ 成分}\end{cases} \quad \text{極座標}\begin{cases} F_r = m\left(\dfrac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2} - r\left(\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)^2\right) & r\text{ 成分} \\ F_\theta = m\left(2\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} + r\dfrac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}\right) & \theta\text{成分}\end{cases} \tag{10.1}$$

p315

を簡略化する。右辺の $\dfrac{E\mu}{L^2} + \dfrac{x}{r_0} - \dfrac{1}{2}x^2$ を、

$$\frac{E\mu}{L^2} + \frac{x}{r_0} - \frac{1}{2}x^2 = \frac{E\mu}{L^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r_0}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(x - \frac{1}{r_0}\right)^2 \tag{11.27}$$

p316

$$\frac{m}{2}\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2 + \frac{k}{2}x^2 = \frac{kA^2}{2}$$

$m = 1$

$k = 1$

右辺の係数の違い

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}\phi}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(x - \frac{1}{r_0}\right)^2 = \frac{E\mu}{L^2} + \frac{1}{2(r_0)^2}$$

微分は $\mathrm{d}t$ か $\mathrm{d}\phi$ か

$\frac{1}{r_0}$ だけ平行移動

$$x = \frac{1}{r_0} + \underbrace{\sqrt{\frac{2E\mu}{L^2} + \frac{1}{(r_0)^2}}}_{\frac{\epsilon}{r_0}} \cos\left(\phi + \alpha\right) \tag{11.29}$$

$$\frac{\epsilon}{r_0} = \sqrt{\frac{2E\mu}{L^2} + \frac{1}{(r_0)^2}} \quad \to \quad \epsilon = \sqrt{\frac{2E\mu(r_0)^2}{L^2} + 1} \tag{11.30}$$

$E = -\dfrac{L^2}{2\mu(r_0)^2}$ の時

p317 の 4 行目

いっても惑星は無限遠には飛んで行かない。一方 $\epsilon \geqq 1$ の時は $1 + \epsilon\cos\phi = 0$ となる角度になると無限遠まで飛んでいくことになる。

p318 の (11.36) の 2 行した

である（これでケプラー→ p306の第一法則を示せたし、楕円・放物線・双曲線の三つの軌道が出てきた）。以下は楕円の時（$\epsilon < 1$）を考察しよう。

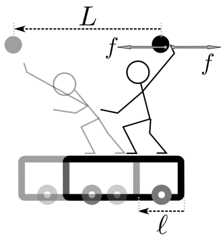
p373

$$\underbrace{x(t)}_{\mathrm{m}} = \underbrace{x_0}_{\mathrm{m}} + \underbrace{v_0 t}_{\mathrm{m/s \times s}} + \underbrace{\frac{1}{2}at^2}_{\mathrm{m/s^2 \times s^2}} \tag{D.1}$$

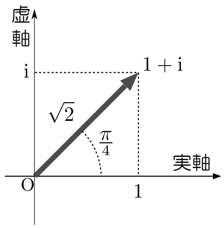
p382 の問い 6-3 のヒント

運動方程式は $M\dfrac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}=f-KV,\ \ m\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-f$ となる。f はボートと人間の間に働

p382



p383



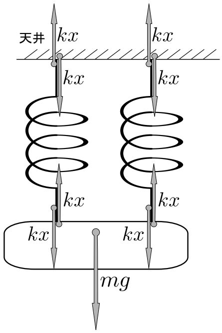
p386 の問い 1-1 の解答

$$
\begin{aligned}
N_1 &= m_{\mathrm{A}}g,\\
N_2 &= N_1 + m_{\mathrm{B}}g,\\
N_3 &= N_2 + m_{\mathrm{C}}g
\end{aligned}
$$

(2) については、

$$
\begin{aligned}
N_1 &= m_{\mathrm{A}}g,\\
N_2 &= m_{\mathrm{B}}g,\\
N_3 &= N_1 + N_2 + m_{\mathrm{C}}g
\end{aligned}
$$

p387

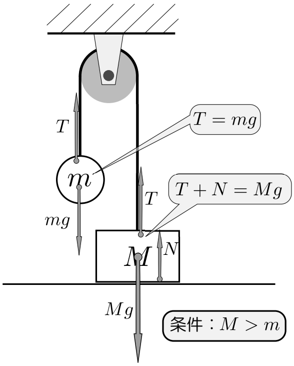


p388 の問い 2-3 の解答の式の下

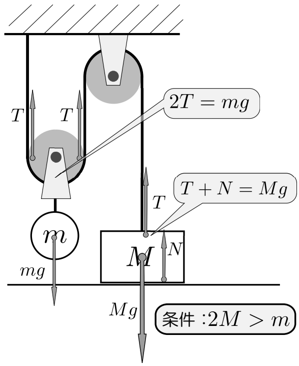
A さんがすべる条件は $f' > \mu' N'$

p389

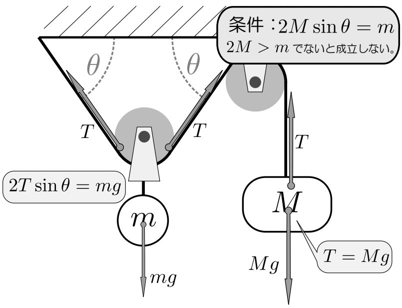
(1)



(2)



(3)



p391

$$
\begin{aligned}
x(t) &= x_0 + \frac{m}{k} v_{0x} \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{k}{m}t}\right) \\
y(t) &= y_0 - \frac{mg}{k} t + \frac{m}{k} (v_{0y} + \frac{mg}{k}) \left(1 - \mathrm{e}^{-\frac{k}{m}t}\right)
\end{aligned} \tag{E.19}
$$

$$
\ell \left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} \right)^2 = 2g(\cos\theta - 1) + \frac{1}{\ell}(v_0)^2 \tag{E.20}
$$

p391 の問い 5-4 の解答

$\left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} \right)^2$ を(5.20)→ p171 に代入すると、$-2m\ell\frac{g}{\ell}(\cos\theta - \cos\theta_0) = -T + mg\cos\theta$ となって張力が $T = mg(3\cos\theta - 2\cos\theta_0)$ と求められる。これは運動せずにぶらさがっている場合（$T = mg$）に比べ、張力が $3\cos\theta - 2\cos\theta_0$ 倍になることを意味している。下では $\cos\theta = 1, \cos\theta_0 = \frac{\pi}{3} = \frac{1}{2}$ だから、自分の体重が支える力の 2 倍が必要になる。

p393 の問い 6-3 の解答 1 行目

$V = \frac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}t}$

p393 の問い 7-1

(2) 2 通りの説明が可能である。(その 1) 重力の面に平行な成分が加速度に寄与することを考えると、加速の最初の段階では、同じ距離だけ移動した時の加速度の大きさは左の図が大きく、右の図は小さい。最終的に同じ速さまで加速するということと、面の形が上下ひっくり返っているので移動距離（道のり）は等しいということから、より早い段階で加速が行われたものほど、早く到着する（$t_1 < t_2$）。(その 2) 同じ道のりだけ進んだ後の速さを考えると、左図の方が下にいるから、エネルギー保存より速さは速い（運動エネルギーが大きい）。つまり同じだけの道程を、必ず短い時間で到着できることになる。

↑貼り付けられるスペースが狭いので少し小さい文字になってます。

p393 の問い 7-3

(2) $\Delta E=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}M\left(\frac{(M+m)V-mv}{M}\right)^2-\frac{1}{2}(M+m)V^2$ という計算をして、まとめると $\Delta E=\frac{m}{2M}(M+m)(V-v)^2$ となる。これは常に正。

(3) 図に書いたようにボールの進む距離 L と「人間＋台」の進む距離 ℓ は違う。ボールにされる仕事 fL と「人間＋台」にされる仕事 $-f\ell$ の和 $f(L-\ell)$ は正であり、進む距離の差によって生じた仕事の分だけ、系（ボール＋人間＋台）のエネルギーが増加する。このエネルギー増加の元は、人間の筋肉で消費された化学的エネルギーである。