

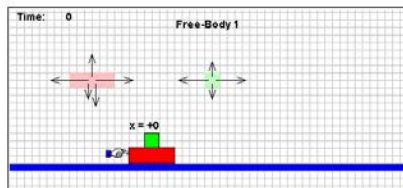
#### 4章 ニュートンの運動の法則

特別の事情がないかぎり、測定を有効数字2桁で行い、計算もその精度を保つこと。

**Prob. 04.01:** どれが正しい「力のダイアグラム」か

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_1.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_1.cfm)

アニメーションでは、水平な床の上で赤い物体が外部から水平に押されて動く。赤い物体の上面は水平でその上には緑の物体が乗っており、これも動いている。外部から押す力以外は重力と摩擦力だけを考慮しない。

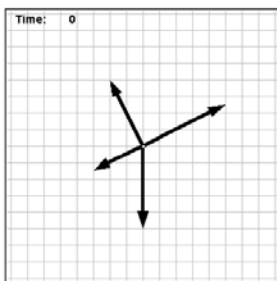


- どの力の図(free-body diagram)が正しいか？誤りとした図について、その理由を述べよ。
- もしこれら2個の物体が動いていないときには、どの力の図が正しいか？

**Prob. 04.02:** 「力の図」を解釈する

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_2.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_2.cfm)

このアニメーションは、飛行中のある航空機（質量 20,000 kg）に加わる力を示す。格子の間隔は 40,000 N である。一般に、航空機が受ける力は4種類である：重力、揚力、推力、抵抗。図の矢印はクリックして移動できる。なお、図の下向きが重力である。

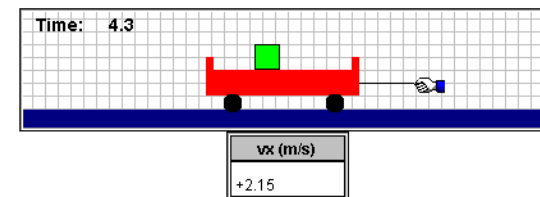


- 飛行機に加わる合力を求めなさい。
- このときの飛行機の加速度を求めなさい。
- このときの飛行機の数値について確実に言えることは何か？
- もし「合力を計算したらゼロになったのでこの飛行機は地上に静止している」と推論したら、これは正しいだろうか？

**Prob. 04.03:** 台車を引っ張る

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_3.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_3.cfm)

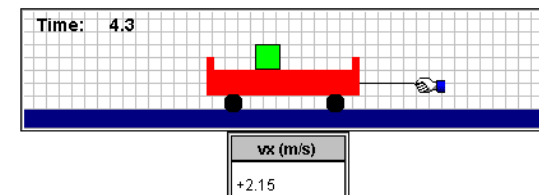
100 kg の台車に 20 kg の荷物を載せ、水平な床面上を一定の力（水平方向）で右側に引く（摩擦は無視できる）。位置の単位は m、時間の単位は s。このアニメーションはニュートンの運動の法則に従っているか？自分の答えの根拠を示しなさい。



**Prob. 04.04:** 台車を引っ張る

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_4.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_4.cfm)

100 kg の台車に 20 kg の荷物を載せ、水平な床面上を（水平方向）右側に引く（摩擦は無視できる）。位置の単位は m、時間の単位は s。アニメーションを観察して、この引く力が時間的にどのように変化するかを述べなさい。

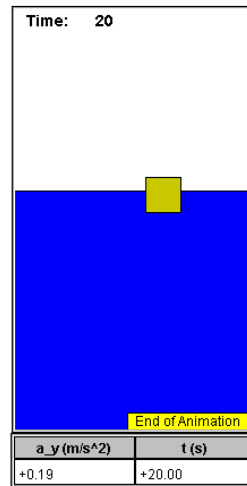


[Prob. 04.05:](#) ブイが池に落下する

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_5.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_5.cfm)

シミュレーションのように  $0.010 \text{ kg}$  のブイを池に落とす。水面に到達する前は、ブイは自由落下する。

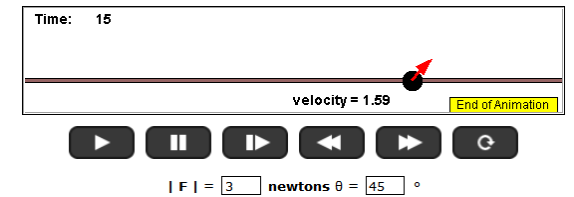
- 水面に到達する前のブイに加わる力はどれだけか。
- 時刻  $t = 1.2 \text{ s}$  でブイに加わる合力の値はどれだけか。
- 時刻  $t = 1.2 \text{ s}$  でブイに水から加わる力はどれだけか。
- 時刻  $t = 4.5 \text{ s}$  でブイに加わる合力の値はどれだけか。この時刻のブイの速度の概略値は？加わる力が  $0$  でないのに物体の速度が  $0$  となることは可能か？
- 時刻  $t = 4.5 \text{ s}$  でブイに水から加わる力はどれだけか。
- 時刻  $t = 11.0 \text{ s}$  でブイに加わる合力の値はどれだけか。
- 時刻  $t = 11.0 \text{ s}$  でブイに水から加わる力はどれだけか。
- 時刻  $t = 11.0 \text{ s}$  でブイは減速中か、加速中か、等速度か？



[Prob. 04.07:](#) 棒上に拘束されたボールの運動

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_7.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_7.cfm)

$20 \text{ kg}$  のボールの貫通孔に通した棒を水平に保持する。ボールに外部から力（赤で示すベクトル、水平となす角  $\theta$ ）を加えて引っ張るが、ボールが棒に沿って運動するように棒からは絶えず力が加わる。



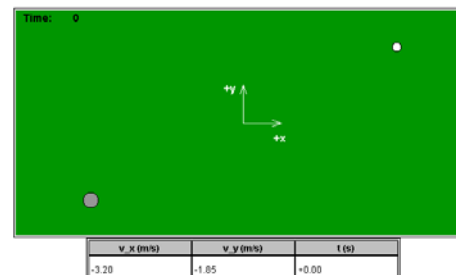
表示の数値の単位は長さが  $\text{m}$ 、時間が  $\text{s}$ 、速度は  $\text{m/s}$ 。力の向きと大きさ ( $F < 7 \text{ N}$ ) は数値を入力して変更できる。

- 引く力の角度  $\theta$  を一定に保ったまま大きさを変えると加速度はどのように変わるか？
- 引く力の大きさ  $|F|$  を一定に保ったまま角度を変えると加速度はどのように変わるか？
- 上の2問の答えを総合し、ボールに加える力が任意の場合に加速度がどうなるかを示す一般的な式を求めなさい。
- 同じく、任意の外力に対して、棒がボールに与える垂直抗力  $N$  の式を求めなさい。

[Prob. 04.06:](#) ゴルフボールを転がす

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_6.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_6.cfm)

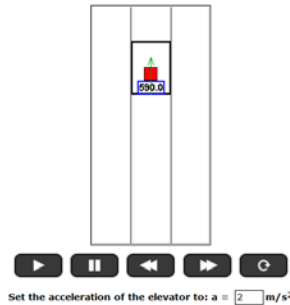
質量  $0.050 \text{ kg}$  のゴルフボールを転がして孔に入れる。パターでボールを打つのは  $t = 0$  より以前であり、その後はボールに触れない。  $t = 0 \sim 4.2 \text{ s}$  の間にボールが受ける力を求めなさい。



[Prob. 04.08:エレベータに載せた荷物](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_8.cfm)

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_8.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_8.cfm)

50 kg の箱をエレベータに載せ、エレベータを一定の加速度で上昇または降下させる。表示の数値の単位は長さが m、時間が s、速度は m/s。エレベータの運動中にデジタル表示の秤で計った箱の重さが N 単位で示される。緑の矢印はその瞬間のエレベータ（と荷物）の速度を表す。空欄に加速度の値を記入し、みかけの重さとの関係をシミュレーションにより観察しなさい。記入できる加速度は  $-9.8 \text{ m/s}^2$  と  $+9.8 \text{ m/s}^2$  間である。



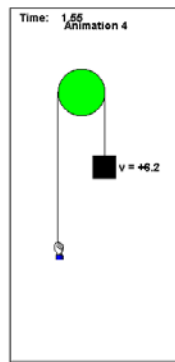
- 秤に表示される力はどのような内容のものか？
- 加速度が  $4.9 \text{ m/s}^2$ ,  $0 \text{ m/s}^2$ ,  $-4.9 \text{ m/s}^2$  のとき、箱に加わる力についてフリーボディー図（注目する箱だけを描きこれに作用する力をその起源別に書き込む）を描きなさい。
- 表示される力  $F$  を、エレベータの加速度  $a$ 、箱の質量  $M$ 、重力加速度  $g$  を用いて表す式を求めなさい。加速度は上向きが正。
- 秤の表示が 0 となる、言い換えると箱が無重力状態に見えるのは、エレベータの加速度はどれだけか。

[Prob. 04.09: 張力および加速度の比較](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_9.cfm)

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_9.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_9.cfm)

質量を無視できる紐に、質量を無視できる滑車を介して、質量 10 kg のおもりが吊るされている（長さの単位は m、時間の単位は s）。

- 各アニメーションのおもりの加速度を計算し、その大小を比較しなさい。
- 各アニメーションの紐の張力を計算し、その大小を比較しなさい。大きさの等しいものは (2,3) のようにグループにしなさい。



[Prob. 04.10: 吊り下げた 2 個の箱](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_10.cfm)

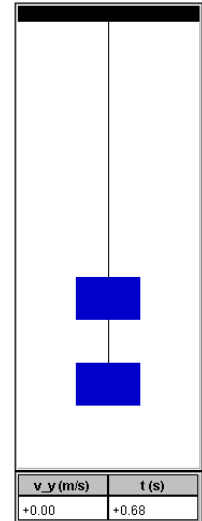
[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_10.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_10.cfm)

軽いロープで結ばれた質量 2.0 kg の 2 個の箱を吊り下げ一定の加速度  $0.5 \text{ m/s}^2$  で引き上げる様子がアニメーションで示される。（長さの単位は m、時間の単位は s）。

- それぞれの箱についてフリーボディー図を描きなさい。
- 上側のロープの張力  $T_1$  を求めなさい。
- 箱と箱を結ぶロープの張力  $T_2$  を求めなさい。

つぎに運動は同じだが、ロープが軽くなく、箱と箱を結ぶロープの質量が 1.0 kg のときを考える。

- 上側のロープから箱に加わる力  $T_1'$  を求めなさい。
- 箱と箱を結ぶロープから下の箱に加わる力  $T_2'$  を求めなさい。

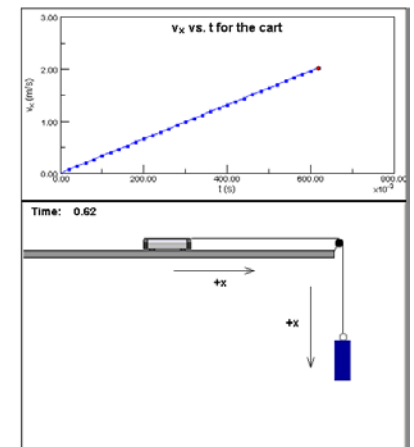


[Prob. 04.11: アトウッドの機械と類似の装置](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_11.cfm)

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_11.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_11.cfm)

アニメーションで示すように、滑らかなレールの上の 1.0 kg の台車（図の縮尺は不正）に、おもりをぶら下げた紐が付いている。滑車の運動が系に与える影響は無視してよい。（単位は長さが m、時間が s）。

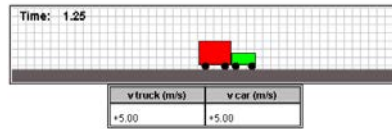
- 紐の張力  $T$  を求めなさい。
- おもりの質量  $m$  を求めなさい。



[Prob. 04.12:トラックとコンパクト・カーの衝突](#)

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_12.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_12.cfm)

2トン(2000 kg)のトラックと小さなコンパクト・カーが正面衝突する様子がアニメーションで示される。(単位は長さが m, 時間が s). 衝突で力を及ぼしあう時間を 0.05 s と仮定する.

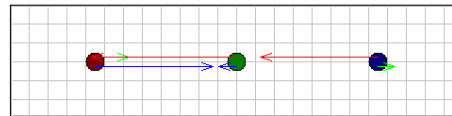


- 衝突の前, 途中, 後について, それぞれの自動車に加わる力(向きと大きさ)を説明しなさい.
- 両方の車が衝突で受ける力を比較しなさい.

[Prob. 04.13: この力は作用反作用の法則を満たしているか?](#)

[http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4\\_13.cfm](http://www.compadre.org/Physlets/mechanics/prob4_13.cfm)

作用反作用の法則(ニュートンの第3法則)は, 2個の物体が互いに力を及ぼしあうとき, それらの力は向きが反対(両物体を結ぶ方向)で大きさが等しいというものである。(単位は長さが m,



[Animation 1](#) | [Animation 2](#) | [Animation 3](#) | [Animation 4](#)

時間が s). アニメーションで示されるボールはマウスで移動できる. 力を表す矢印の色は, その力の源となる物体の色と同じであり, 長さが力の大きさを表す. 作用反作用の法則を満たすアニメーションがあるか?