

物理 授業プリント④

<力学 第6章 円運動と単振動>

<力学 第7章 万有引力>

○等速円運動

等速円運動（一定の _____ での円運動）： _____ は一定ではない！

運動する _____ が変わるから



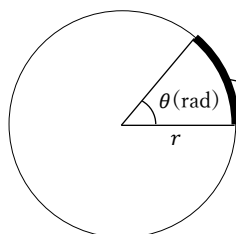
- ・等速円運動する物体には、どのような加速度が生じているか？
 - ・そのような加速度を生じさせるのは、どのような力か？
- について学ぶが、その前に円運動で登場する言葉について知る必要がある。

・角速度 ω （単位時間に回転する角度）：単位は _____

・周期 T （1周するのにかかる時間）：単位は _____

・回転数 n （単位時間に回転する回数）：単位は _____

※



弧の長さ = _____

1周 (360°) = _____ rad



- ・円運動の速さ v は、半径 r と角速度 ω を使って

$$v = \underline{\hspace{2cm}}$$

と表せることが分かる。

- ・円運動の周期 T は、半径 r 、速さ v 、角速度 ω などを使って

$$T = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

と表せることが分かる。

※ 円運動の周期 T と回転数 n の間には、

という関係がある。

(練習) 等速円運動の角速度 ω を、回転数 n を用いて表せ。円周率を π とする。

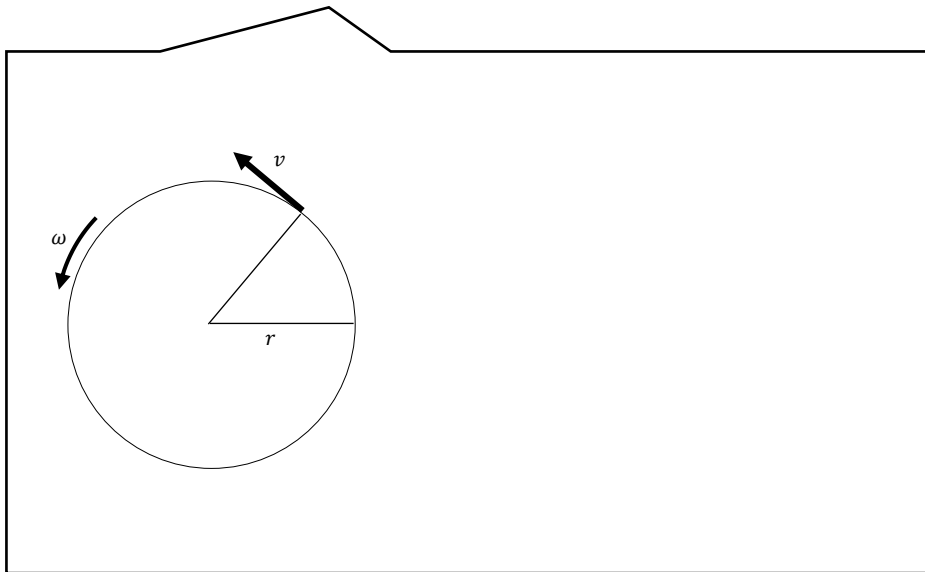
(練習) 半径が 0.20 m の円周上を 5.0 s 間に 20 回転する等速円運動の周期、回転数、角速度、および速さはそれぞれいくらか。ただし、円周率を 3.14 とする。

○等速円運動の加速度

等速円運動の加速度の

・向き = _____

・大きさ = _____ = _____



(練習) 半径 3.0 m の円周上を周期 2.0 s で等速円運動する物体の加速度の大きさはいくらか。円周率を 3.14 とする。

○物体を等速円運動させる力

運動方程式 _____ をもとに考えると、質量 m の物体を半径 r 、
速さ v 、角速度 ω で等速円運動させるのに必要な力の

- ・向き = _____
- ・大きさ = _____ = _____

であることが分かる。
物体を等速円運動させる力は _____ と呼ばれる。

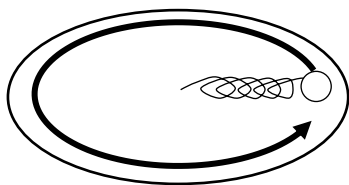
向心力によって等速円運動する例

- ・ハンマー投げ
- ・惑星、衛星、人工衛星

(練習) 水平な広場で、質量 1.1×10^3 kg の自動車が半径 20 m の円周上を 5.0 m/s の速さで等速円運動をしている。この円運動で、向心力の役割をしている力の名称と、その力の大きさを答えよ。

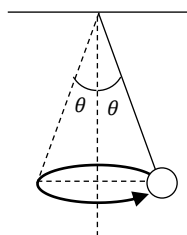
(練習) 質量 80 g の小球を自然の長さ 13.0 cm、ばね定数 60 N/m のばねの一端に取りつけ、図のように水平でなめらかな台の上で等速円運動をさせたところ、ばねの長さは 15.0 cm になった。

- (1) ばねの弾性力の大きさはいくらか。
- (2) 等速円運動をする小球の速さと角速度はそれぞれいくらか。

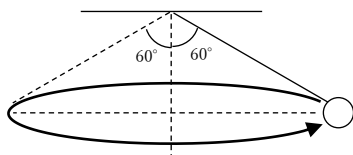


(練習) 図のように、軽い糸の端に質量 m の小さなおもりをつけて振り子をつくり、おもりを水平面内で等速円運動させる (このようなものを円錐振り子という)。糸の長さを L 、糸と鉛直線とのなす角を θ として、以下の各問いに答えよ。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。

- (1) 糸がおもりを引く力の大きさはいくらか。
- (2) 等速円運動の周期はいくらか。



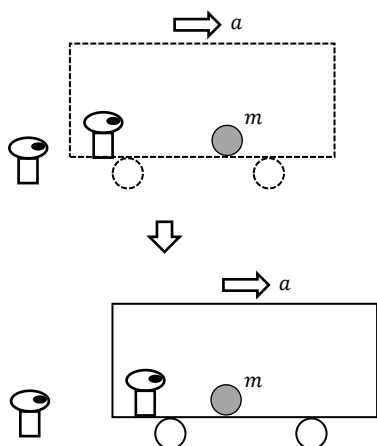
(練習) ある長さの糸に取りつけられた小さなおもりを水平面内で等速円運動させたところ、糸と鉛直線のなす角が 60° のとき、この等速円運動の周期が T であった。糸の長さはいくらか。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。



○慣性力

慣性力 = _____ するものに乗ったときにだけ見える力

(例) 電車が加速度 a で動き出したとき



- ・地上に静止している人には：缶は _____ して見える
- ・電車に乗っている人には：缶は _____ して見える

缶に、大きさ _____ で _____ 向きの力が
はたらくように見える



加速度運動するものに乗った人には、

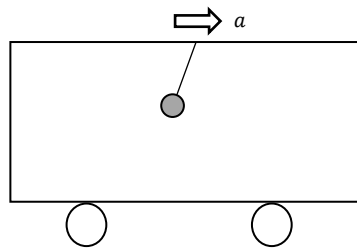
- ・向き = _____
- ・大きさ = _____

の慣性力が見える。

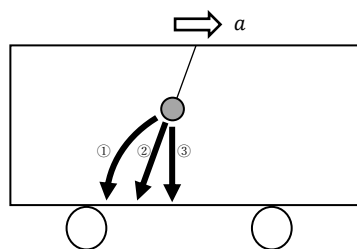
(練習) 水平方向に一定の加速度で運動する列車内で、天井から糸でつり下げられた物体が、列車に対して糸が傾いた状態で静止している。このとき、

- (1) 地上で静止している人
- (2) 列車内に静止している人

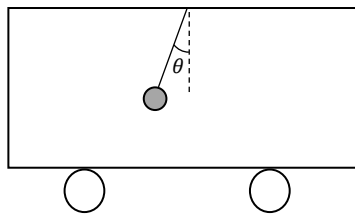
それぞれから物体を見たときについて、物体にはたらいっている力をすべて挙げよ。



(練習) 上の問題の状況で、急に糸が切れた。列車内に静止している人からは、物体はその後どのように運動して見えるか。正しいものを1つ選べ。



(練習) 列車内で、糸の一端を天井に取りつけ、他端におもりがつけ下げられている。この列車が水平方向に一定の加速度で加速しているとき、糸が鉛直方向から角 θ だけ傾いて、おもりは電車に対して静止していた。電車の加速度の大きさはいくらか。重力加速度の大きさを g とする。



(練習) エレベーターに乗っているとき、体重が重くなったように感じるのは、エレベーターがどのような運動をしているときか。

(練習) エレベーター内にニュートン表示のばねばかりをつるし、これに質量 5.0 kg のおもりをつり下げた。このエレベーターが鉛直上向きに大きさ 0.80 m/s^2 の一定の加速度で上昇するとき、このばねばかりの示す目盛りは何 N か。また、一定の速度で上昇するとき、このばねばかりの示す目盛りは何 N か。ただし、おもりはエレベーターに対して静止しているものとし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(練習) エレベーター内で、ばね定数 k の軽いばねの一端を天井に取りつけ、他端に質量 m のおもりをつり下げた。このエレベーターが鉛直下向きに大きさ $a (< g)$ の一定の加速度で動いているとき、自然の長さからのばねの伸びはいくらか。ただし、おもりはエレベーターに対して静止しているものとき、重力加速度の大きさを g とする。

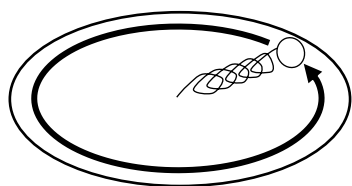
(練習) 宇宙飛行士は、地上にいながら無重力状態を体験する訓練をしている。
地上で無重力状態を体験するための方法を考えよ。

※ TOTO の原型を作った森村市左衛門という人（江戸～明治時代）は、
「水を入れたたらいを前方へ差し出すと、水は自分の方へこぼれ、
水を入れたたらいを手前に引くと、水は向こう側へこぼれる」
という話（教訓）をしたそうです。

○遠心力

遠心力 = _____ (加速度運動) するものに乗ったときにだけ見える力

(例) 回転台の上で、大きさ F のばねの弾性力によって、
半径 r 、速さ v 、角速度 ω で等速円運動する物体



・地上に静止している人には：物体は _____ して見える

運動方程式 _____ or _____ ☆1

・回転台に乗っている人には：物体は _____ して見える



_____ 向きに、
大きさ _____ (= _____) の慣性力がはたらくため

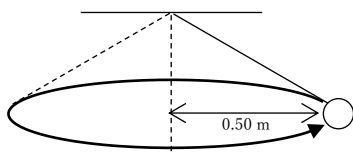
力のつりあい _____ or _____ ☆2

※ ☆1 と ☆2 は、見た目は同じ式だが意味はまったく違うことに注意する！

(練習) バケツに水を入れて勢いよく回転させると、バケツがひっくり返るにも関わらず水がこぼれない。水がこぼれない理由を、

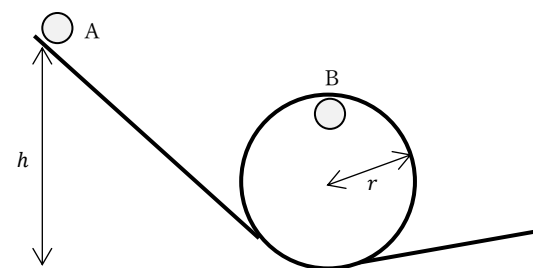
- (1) 地上で静止している人
 - (2) バケツと一緒に円運動する人
- それぞれの視点から説明せよ。

(練習) ひもに取りつけた質量 2.0 kg のおもりを水平面内で等速円運動させると、回転軸からおもりの中心までの距離が 0.50 m 、回転の周期が 0.40 s であった。おもりに はたらく遠心力の大きさはいくらか。円周率を 3.14 とする。

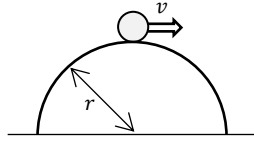


(練習) 図のように、鉛直面内で半径 r のループになったレールの内側に沿って、小物体をすべらせて円運動させる。小物体とレールとの間の摩擦や空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。

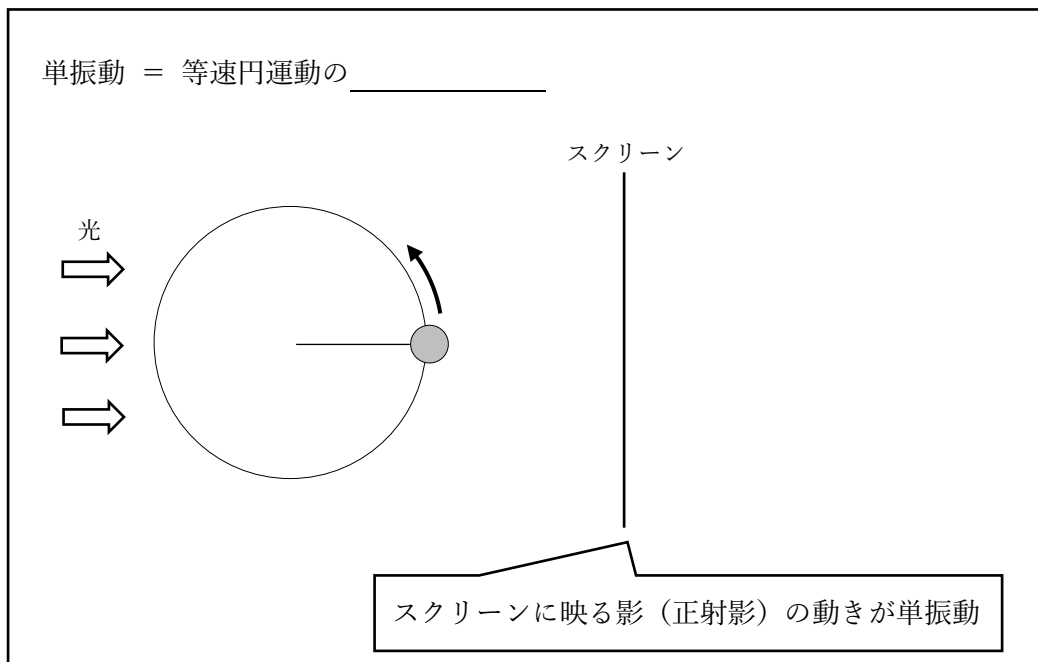
- (1) 地面より高さ h の点Aから小物体を静かにすべらせた場合、最高点Bを通過するときの速さはいくらか。
- (2) 点Bで小物体がレールから離れないでレールに沿って回転するためには、 h はいくら以上でなければならないか。



(練習) 半径 r のなめらかな半球の頂上で、小物体に水平方向に大きさ v の初速度を与えた。その直後に、小物体が半球から離れて空中に飛び出すための v の条件を求めよ。重力加速度の大きさを g とする。



○単振動



- ・振幅 A (振動の中心から端点までの距離) : 端から端ではないことに注意
 - ・周期 T (1回振動するのにかかる時間) : 単位は _____
 - ・振動数 f (単位時間に振動する回数) : 単位は _____
 - ・角振動数 ω (単位時間に振動する角度) : 単位は _____
- 1回の振動を _____ rad とする。

※ 単振動の周期 T と振動数 f の間には、

_____ 円運動の場合と同じ

という関係がある。

※ 単振動の角振動数 ω は、周期 T や振動数 f を使って

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ 円運動の場合と同じ

と表せる。

※ 言葉の整理（今後登場するものも含めて）

ω (rad/s) {

- ・円運動では _____
- ・単振動では _____
- ・交流では _____

$f = \frac{\omega}{2\pi}$ (Hz) {

- ・円運動では _____
- ・単振動では _____
- ・波では _____
- ・交流では _____

言葉は違って同じ意味のものを、整理して理解できるとよい。
 (例：「振動数」も「周波数」も、ともに「frequency」の訳語)

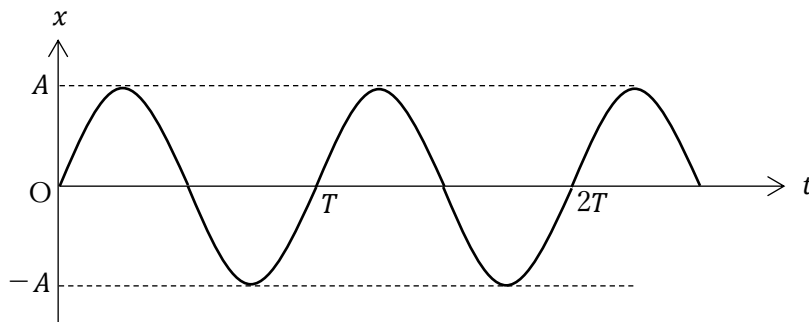
○単振動の位置・速度・加速度

単振動する物体の時刻 t における位置 x は

$x =$ _____

時刻 $t = 0$ の位置が原点の場合

と表すことができる。





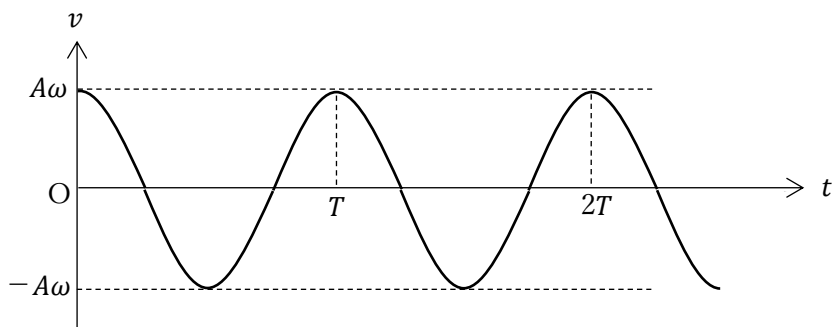
$x-t$ グラフの傾きが、物体の _____ を表すので、

単振動する物体の時刻 t における速度 v は

$$v = \frac{dx}{dt}$$

と表せることが分かる。

速さの最大値は、正射影にする前の
等速円運動の速さ _____ と等しい。



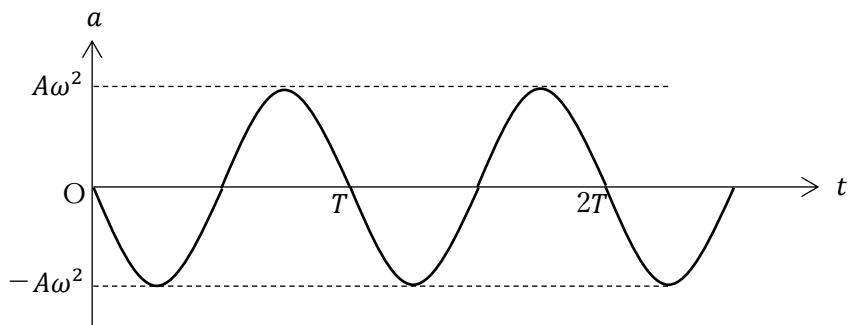
$v-t$ グラフの傾きが、物体の _____ を表すので、

単振動する物体の時刻 t における加速度 a は

$$a = \frac{dv}{dt}$$

と表せることが分かる。

加速度の最大値は、正射影にする前の
等速円運動の加速度 _____ と等しい。



(練習) 単振動する物体の加速度 a は、物体の位置 x と角振動数 ω を使ってどのように表すことができるか。

単振動する物体の加速度は、

・向き : _____

・大きさ : _____ に比例する

であることが分かる。

(練習) 単振動する物体の「速度が最大になる」「速度が0になる」「加速度が最大になる」「加速度が0になる」のは、それぞれどのような位置であるか。

(練習) 時刻 t (s) における位置 x (m) が、角振動数 ω を使って

$$x = 0.40 \sin \omega t$$

と表される単振動において、周期が 3.0 s だとしたとき、時刻 $t = 0.25$ s での位置・速度・加速度をそれぞれ求めよ。円周率を π とし、 $\sqrt{\quad}$ を使って答えよ。