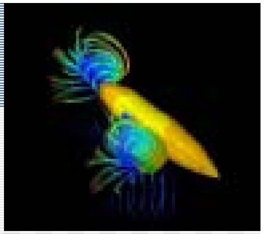
普遍教育専門基礎科目(07322103)

物理学B(特)力学入門1
Physics BI: Introduction to Mechanics 1

劉　浩



[授業計画・授業内容]

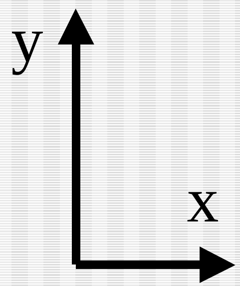
1.座標系、位置ベクトル、速度、加速度などのベクトル表現
2.物体の運動と運動の第1、第2、第3法則の関係および慣性座標系
3.運動方程式から運動の変化は力積で表せる力積と物体の衝突
4.1次元の運動、運動方程式の積分により直線上の運動、単振動等
5.力と運動エネルギー及びポテンシャルの保存性
6.抵抗を受ける物体の2次元運動
7.円運動と向心力及び遠心力
8.中間試験
9.力の変化とエネルギーとの関係、仕事と運動エネルギーの関係
10.力のポテンシャルと保存力
11.ケプラーの第1、第2、第3法則と万有引力の法則
12.惑星の運動と中心力の関係、中心力と面積速度
13.太陽の引力と惑星の運動、人工衛星、中心力とクーロン力
14.角運動量、角運動量ベクトルの性質
15.期末試験

Chapter 3: 運動とエネルギー (Motion and Energy)

- １次元の運動とエネルギー
  - @直線上の運動
  - @斜面に沿う運動
  - @単振動
  - @エネルギー保存
- ２次元の運動とエネルギー
  - @放物体の運動
  - @円運動（円錐振り子）
  - @２つの単振動の組み合わせ
  - @仕事とエネルギー
  - @力のポテンシャルとエネルギーの保存

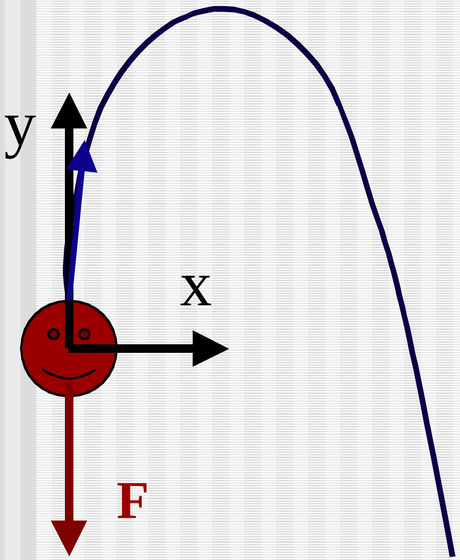
２次元の運動とエネルギー (2D Motion and Energy)

- ２次元の運動とエネルギー
  @放物体の運動
  @円運動（円錐振り子）
  @２つの単振動の組み合わせ
  @仕事とエネルギー
  @力のポテンシャルとエネルギーの保存
  - **運動方程式：** $md^2r/dt^2=f(r,v,t)$
    $md^2x/dt^2=f(x,y,u,v,t)$
    $md^2y/dt^2=f(x,y,u,v,,t)$

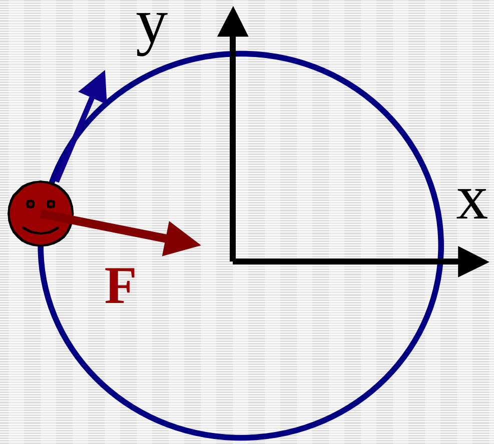


Chapter 3-5: 2次元の運動 （放物体の運動: 2D Motion)

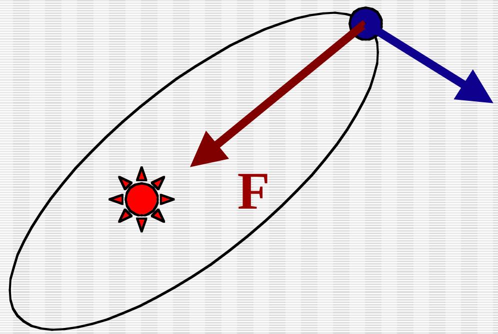
- 2次元運動の例



放物体の運動

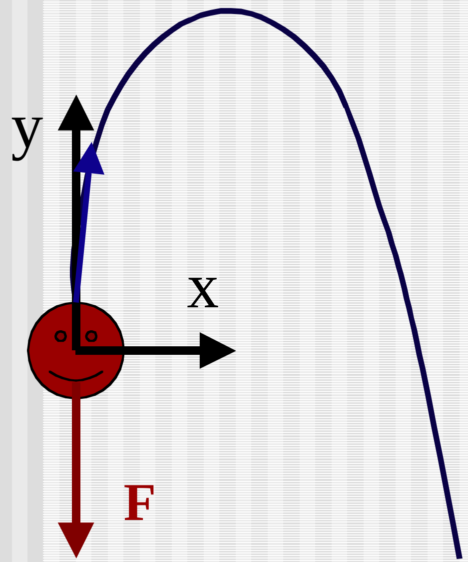


円運動



地球や月の公転運動

Chapter 3-5: ２次元の運動
（放物体の運動: Motion of a Projectile)



放物体の運動

- 運動方程式： $md^2r/dt^2=f(r,v,t)$

$$md^2x/dt^2=F_x(x,y,u,v,t)$$
$$md^2y/dt^2=F_y(x,y,u,v,t)$$

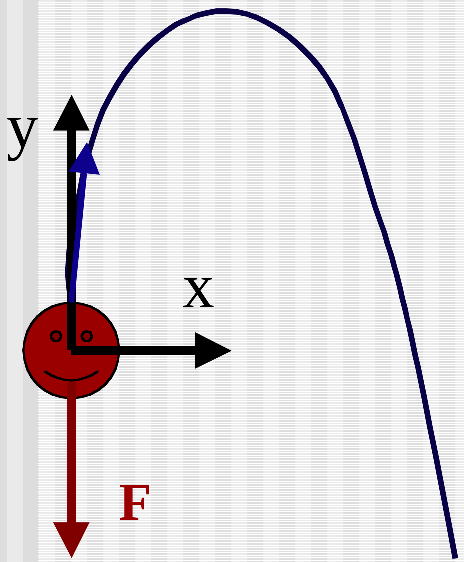
⇩

$$md^2x/dt^2= 0$$
$$md^2y/dt^2=-mg$$

互いに独立で簡単な運動に

Chapter 3-5: ２次元の運動

（放物体の運動: Motion of a Projectile)



放物体の運動

- 水平等速運動：

$$md^2x/dt^2 = 0$$

$$v_x = v_{x0}$$

$$x = x_0 + v_{x0}t$$

- 鉛直等加速運動：

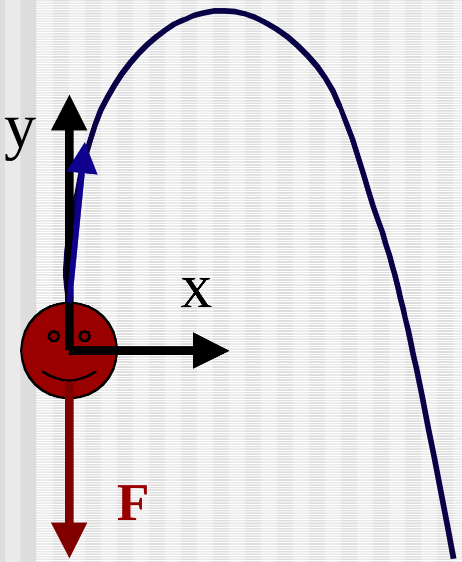
$$md^2y/dt^2 = -mg$$

$$v_y = v_{y0} - gt$$

$$y = y_0 + v_{y0}t - gt^2/2$$

Chapter 3-5: ２次元の運動

（放物体の運動: Motion of a Projectile)



放物体の運動

- 初速度：

  $v_0=\sqrt{v_{x0}^2+v_{y0}^2}$

  $v_{x0}= v_0 \cos\theta_0,\ v_{y0}= v_0 \sin\theta_0$

- 放物体軌道：２次放物線

  $y = (v_{y0}/v_{x0})x-1/2gx^2/v_{x0}^2$

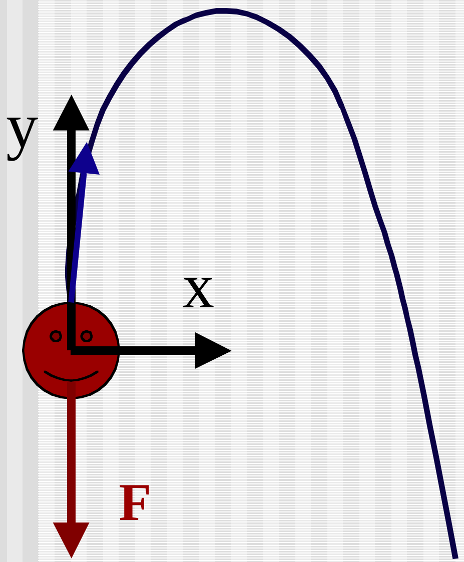
  $(x_0 =0,\ y_0=0)$

  $y- y_m = -g(x-x_m)^2/2v_{x0}^2$

  $(x_m = v_{x0}v_{y0}/g,\ y_m = v_{y0}^2/2g)$

$y-y_0= (v_{y0}/v_{x0})(x-x_0)-1/2g(x-x_0)^2/v_{x0}^2$

Chapter 3-5: 2次元の運動
(放物体の運動: Motion of a Projectile)



放物体の運動

- 水平到達距離：

  $X = 2x_m$

- 最大水平距離と仰角：

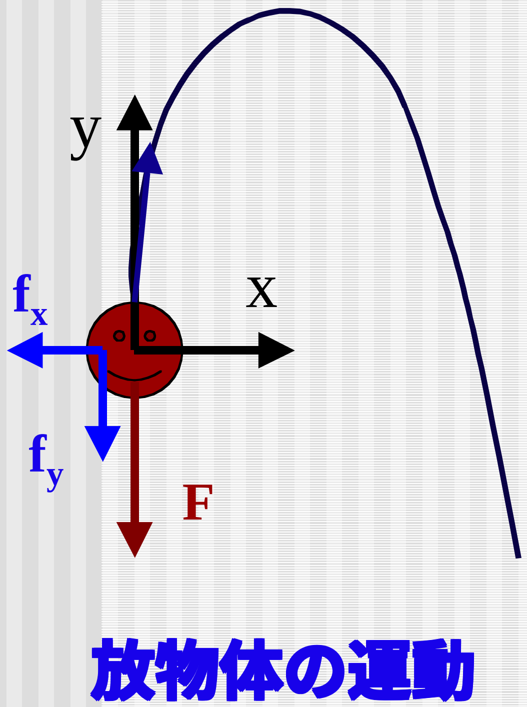
  $X = 2v_{x0}v_{y0}/g = v_0^2\sin 2\theta_0/g$

  $X_m = v_0^2/g\ ,\ \theta_0 = 45^0$

- 最高点における速度：

  $v_x = ?$

Chapter 3-5: 2次元の運動
(速度に比例する抵抗のある放物体)



- **運動方程式： $md^2r/dt^2=f(r,v,t)$**

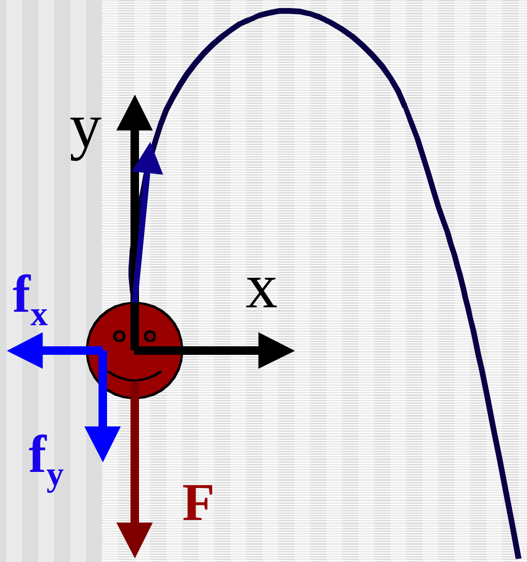
$$md^2x/dt^2=F_x(x,y,u,v,t)$$
$$md^2y/dt^2=F_y(x,y,u,v,t)$$

⇓

$$md^2x/dt^2= -\beta m v_x$$
$$md^2y/dt^2= -\beta m v_y - mg$$

互いに独立で簡単な運動に

Chapter 3-5: ２次元の運動
(速度に比例する抵抗のある放物体)



放物体の運動

- 水平減速運動：

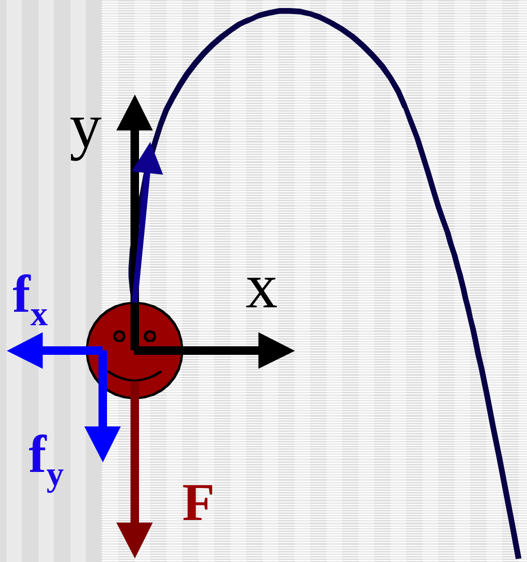
$$m dv_x/dt = -\beta m v_x$$

$$v_x = dx/dt = v_{x0} e^{-\beta t}$$

$$x = (v_{x0}/\beta)(1-e^{-\beta t})$$

v_x, x =? When $t=\infty$

Chapter 3-5: ２次元の運動
(速度に比例する抵抗のある放物体)



放物体の運動

- 鉛直変加速運動：

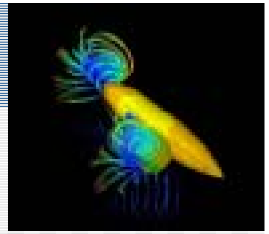
$$m\,dv_y/dt = -\beta m v_y - mg$$

$$v_y = dy/dt = (v_{y0} + g/\beta)e^{-\beta t} - g/\beta$$

$$y = -tg/\beta + 1/\beta(v_{y0} + g/\beta)(1 - e^{-\beta t})$$

v_y, y =? When $t=\infty$

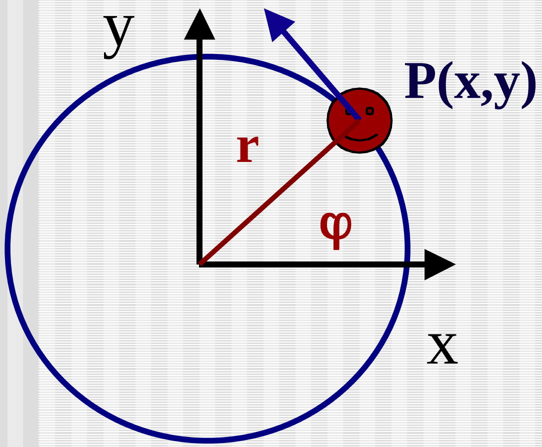
最高点における速度＝？ (v_0, θ_0)



[授業計画・授業内容]

1．座標系、位置ベクトル、速度、加速度などのベクトル表現
2．物体の運動と運動の第１、第２、第３法則の関係および慣性座標系
3．運動方程式から運動の変化は力積で表せる力積と物体の衝突
4．１次元の運動、運動方程式の積分により直線上の運動、単振動等
5．力と運動エネルギー及びポテンシャルの保存性
6．抵抗を受ける物体の２次元運動
7．円運動と向心力及び遠心力
8．中間試験
9．力の変化とエネルギーとの関係、仕事と運動エネルギーの関係
10．力のポテンシャルと保存力
11．ケプラーの第１、第２、第３法則と万有引力の法則
12．惑星の運動と中心力の関係、中心力と面積速度
13．太陽の引力と惑星の運動、人工衛星、中心力とクーロン力
14．角運動量、角運動量ベクトルの性質
15．期末試験

Chapter 3-6:：円運動
Circular Motion:円運動する質点に働く力



等速円運動(ラジアン)：

$d\varphi/dt = \omega$

位相と位相定数：$\varphi = \omega t + \varphi_0 = 2\pi t/T + \varphi_0$

座標変換：

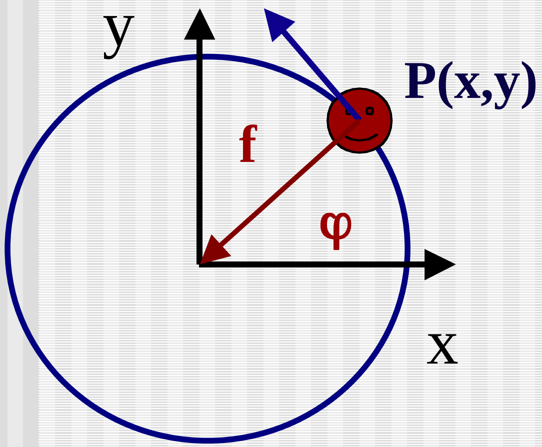
$$x = r\cos\varphi = r\cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$y = r\sin\varphi = r\sin(\omega t + \varphi_0)$$

円運動

運動方程式＝？　(x, y)

Chapter 3-6:：円運動
Circular Motion:運動方程式



円運動

等速円運動の運動方程式：

$d^2x/dt^2=-\omega^2 x$　　$d^2y/dt^2= -\omega^2 y$

$md^2x/dt^2=-m\omega^2 x=f_x$

$md^2y/dt^2= -m\omega^2 y=f_y$

向心力：

$f = - m\omega^2 r,\quad f_x = f\cos\varphi \quad f_y = f\sin\varphi$

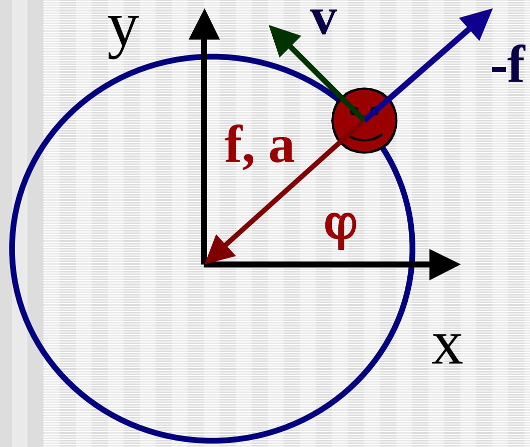
単振動の組み合わせ：円運動！

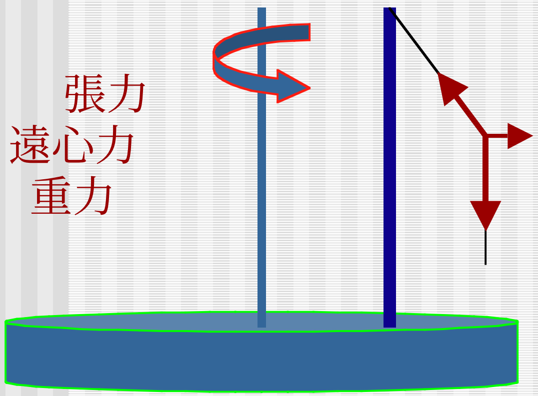
$md^2x/dt^2=-kx,\ md^2y/dt^2=-ky,\ k=m\omega^2$

Chapter 3-6:：円運動

Circular Motion:　向心力と遠心力

円運動





向心力：

$\mathbf{f = -m\omega^2 r,\quad f_x = f\mathit{cos}\varphi\quad f_y = f\mathit{sin}\varphi}$

向心加速度：$\mathbf{a = -\omega^2 r,\ v= \omega r,}$

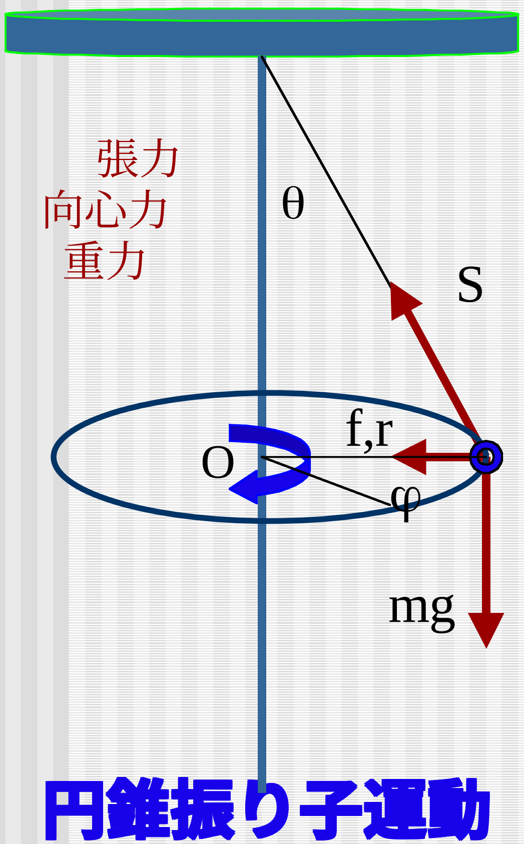
$\mathbf{a = -v^{2/}r,\ f = -mv^2/r}$

向心力と釣り合う遠心力：仮想的な力

$\mathbf{-f = m\omega^2 r,\quad -f_x =-f\mathit{cos}\varphi\quad -f_y =-f\mathit{sin}\varphi}$

回転する円板上に立つ？

Chapter 3-6:：円運動
Circular Motion: 円錐振り子



力の釣り合い(S, f, mg)：

$f = -mg\tan\theta$, $S = mg/\cos\theta$, $r = l\sin\theta$

$f = -m\omega^2 r$, $f_x = f\cos\varphi$ $f_y = f\cos\varphi$

向心加速度：$a = -\omega^2 r$, $v = \omega r$,

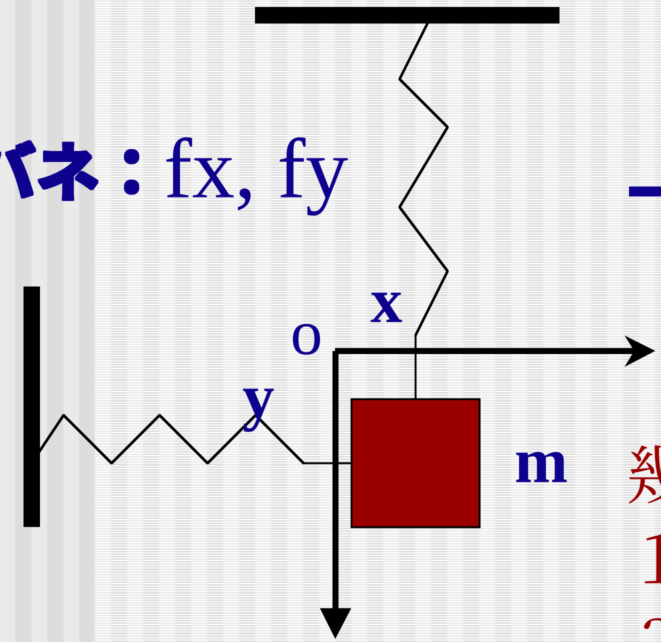
$\omega^2 = g/l\cos\theta$

$T = 2\pi\sqrt{l\cos\theta/g}$

長さと傾きのみに依存
単振り子との違い？

Chapter 3-7: ２つの単振動の組み合わせ (Combination of two simple oscillations)

バネ：fx, fy



同振動数の場合：

$$md^2x/dt^2=-m\omega_x^2x=f_x$$

$$md^2y/dt^2=-m\omega_y^2y=f_y$$

一般解：

$$x = a\sin(\omega_x t+\delta_1),\ \omega_x=\surd(k_x/m)$$

$$y = b\sin(\omega_y t+\delta_2),\ \omega_y=\surd(k_y/m)$$

幾つの場合：

１）直線運動

２）楕円運動

３）一般的な周期運動（リサジュー図形）

４）異なる振動数の場合は？