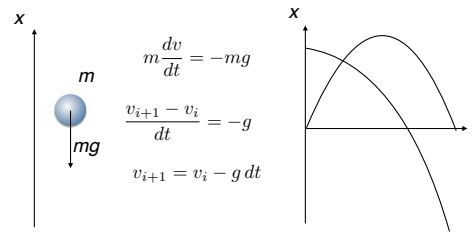


# Ordinary Differential Equation

for num\_recipe with python  
Prof. Shigeto R. Nishitani (Kwansei Gakuin Univ.)

jupyter notebook

## Free gravitation fall



## Euler法

1次の微分方程式の一般形

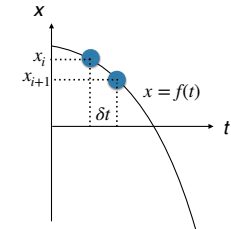
$$\frac{dx}{dt} = f(x, t)$$

テイラー級数展開

$$x(t + \delta t) \simeq x(t) + \frac{dx}{dt} \delta t$$

計算アルゴリズム

$$x_{i+1} = x_i + f_i \delta t$$



## 2次微分方程式のEuler法(I)

Newtonの運動方程式=2次微分

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g$$

連立の1次方程式

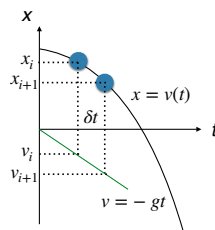
$$\frac{dv}{dt} = -g$$

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

計算アルゴリズム

$$v_{i+1} = v_i - g \, dt$$

$$x_{i+1} = x_i + v_i \, dt$$



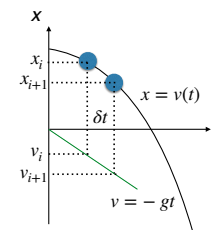
## 2次微分方程式のEuler法(II)

計算アルゴリズム

$$v_{i+1} = v_i - g \, dt$$

$$x_{i+1} = x_i + v_i \, dt$$

```
def euler(x0, v0):
    v1 = v0 - g * dt
    x1 = x0 + v0 * dt
    return x1, v1
```



## 2次微分方程式のEuler法(III)

```
g, dt = 9.8, 0.1
tt, xx, vv = [0.0], [0.0], [9.8]
```

```
t = 0.0
```

```
for i in range(0, 50):
```

```
    t += dt
```

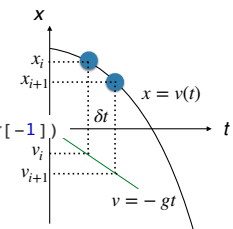
```
    x, v = euler(xx[-1], vv[-1])
```

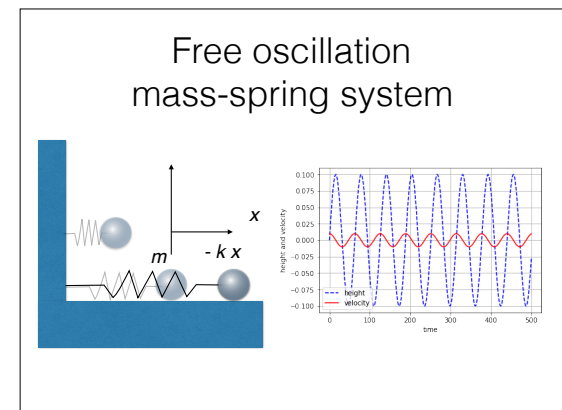
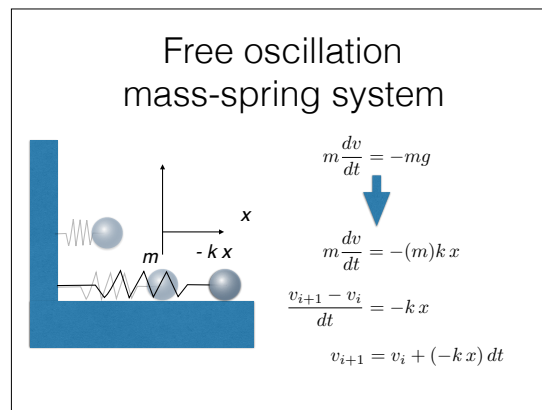
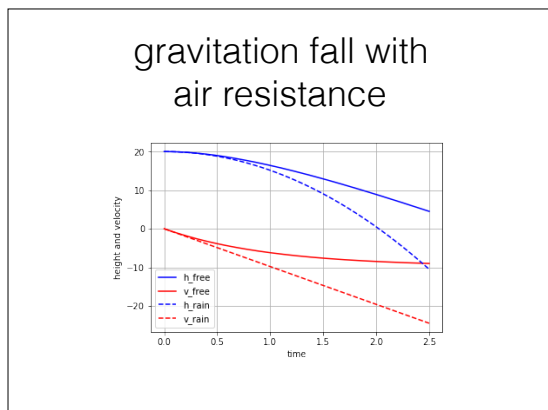
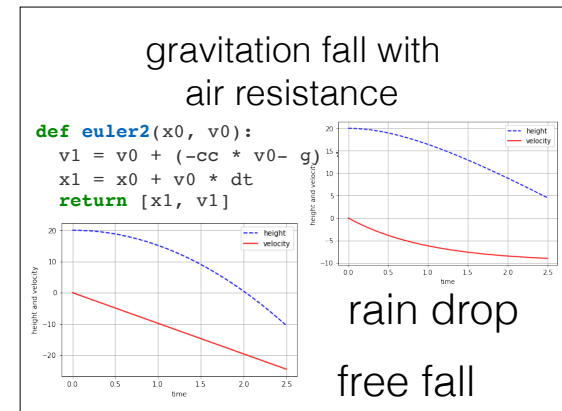
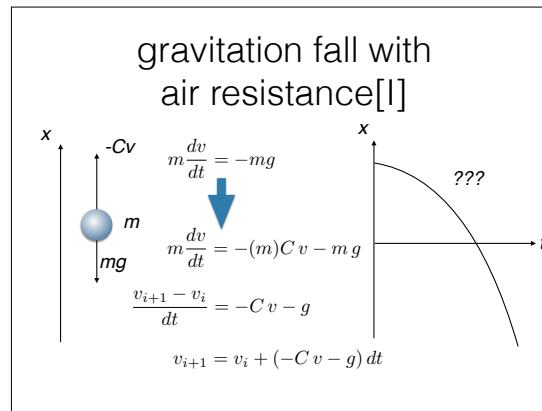
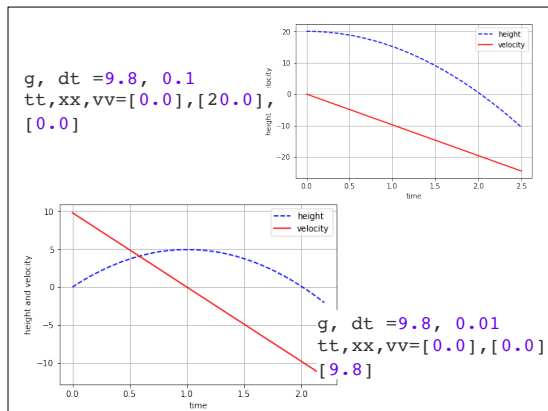
```
    tt.append(t)
```

```
    xx.append(x)
```

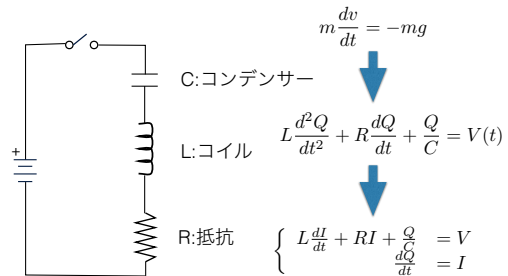
```
    vv.append(v)
```

```
my_plot(xx, vv, tt)
```

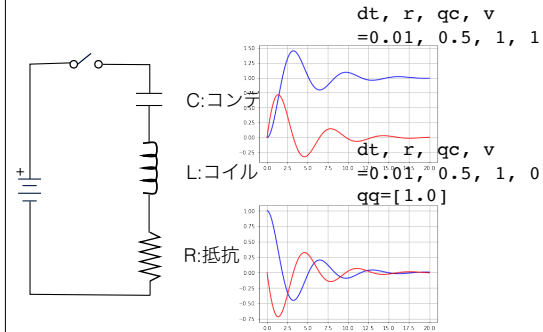




## RLC circuit



## RLC circuit



## ニュートンの運動法則

### 第1法則(慣性の法則)

すべての物体は、外部から力を加えられない限り、「静止している物体は静止状態を続け」、「運動している物体は等速直線運動を続ける」

### 第2法則(運動の法則)

物体に力が働くとき、物体には力と同じ向きの加速度が生じ、その加速度の大きさは力の大きさに比例し、物体の質量に反比例する

### 第3法則(作用・反作用の法則)

物体Aから物体Bに力を加えると、物体Aは物体Bから大きさが同じで逆向きの力（反作用）を同一作用線上で働き返す

## Keplerの法則

### 第1法則（楕円軌道の法則）

惑星は、太陽を焦点の1つとする楕円軌道上を動く

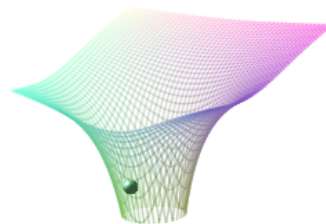
### 第2法則（面積速度一定の法則）

惑星と太陽とを結ぶ線分が単位時間に描く面積(面積速度)は、一定である。

### 第3法則（楕円軌道の法則）

惑星の公転周期の2乗は、軌道長半径の3乗に比例する

## Keplerの法則



## 重力ポテンシャル

さらに、遠心力と重力がつりあう

- 1.ロケットの脱出速度
- 2.回転周期は、焦点近くで早く、遠くで遅い
- 3.人工衛星の静止軌道の原理
- 4.惑星によるロケットのスイングバイ