
일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
$\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{|r^2|}\hat{r}$


3체 운동
$\vec{F} = -\frac{Gm_1 m_2}{|r^2|}\hat{r}$


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

```
GlowScript 2.7 VPython

#Creating Objects
r = 385000e3/2
earth = sphere(pos = vector(r,0,0), radius = 6400000,
texture = textures.earth)
moon = sphere(pos = vector(-r,0,0), radius = 6400000,
make_trail = True)

sat = sphere(pos = vector(0,0,0), radius = 1737000, color
= color.yellow, make_trail = True)

sf = 3 #scailing factor
earth.radius = sf*earth.radius
moon.radius = sf*moon.radius
sat.radius = sf*sat.radius

#Physical Properties
G = 6.67e-11
earth.m = 5.972e24
moon.m = 5.972e24
sat.m = 1/10*earth.m
#earth.v = vec(0,0,0)
moon.v = vec(0,1000,0)
sat.v = vec(0,0,0)

#Momentum Conservation
earth.v = -moon.v*moon.m/earth.m
```

```
attach_trail(earth)

#time
t = 0
dt = 60*5

#Simulation Loop
while True:
    rate(1000)
    #Forces
    r_me = moon.pos-earth.pos
    f_me = -G*earth.m*moon.m/mag(r21)**2*norm(r21)
    r_sm = sat.pos - moon.pos
    f_sm = -G*sat.m*moon.m/mag(r32)**2*norm(r32)
    r_se= sat.pos - earth.pos
    f_se = -G*sat.m*earth.m/mag(r31)**2*norm(r31)

    #Time Integration
    earth.v = earth.v + (-f21-f31)/earth.m*dt
    moon.v = moon.v + (f21-f32)/moon.m*dt
    sat.v = sat.v + (f32+f31)/sat.m*dt
    earth.pos = earth.pos + earth.v*dt
    moon.pos = moon.pos + moon.v*dt
    sat.pos = sat.pos + sat.v*dt
    t = t + dt
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
달과 지구의 질량이 같아 위성을 잡아당기는 힘도 평형

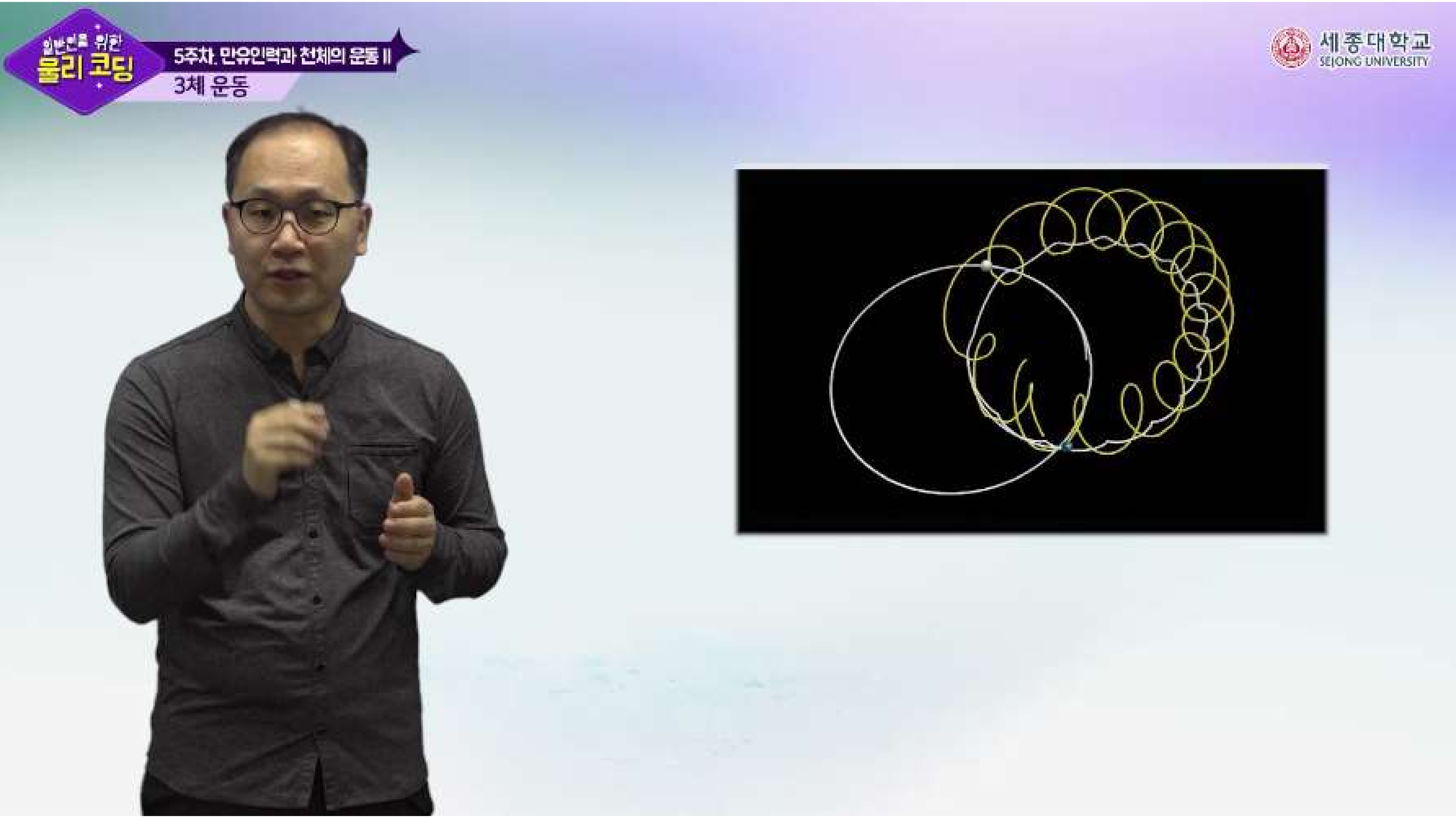
일반인을 위한 물리 코딩

5주차. 만유인력과 천체의 운동 II

3체 운동

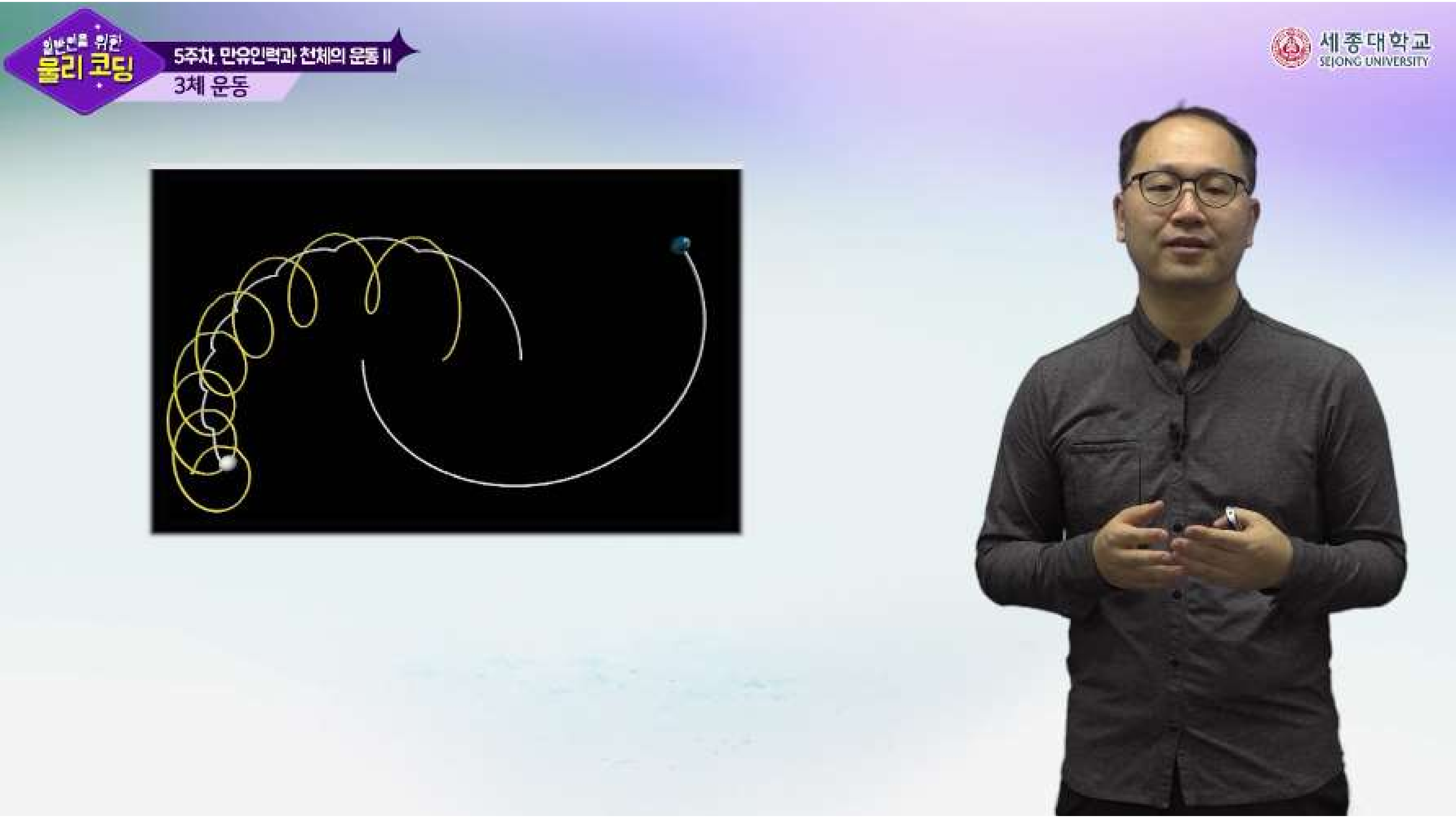
세종대학교 SEJONG UNIVERSITY

```
GlowScript 2.7 VPython

#Creating Objects
r = 385000e3/2
earth = sphere(pos = vector(r,0,0), radius = 6400000,
texture = textures.earth)
moon = sphere(pos = vector(-r,0,0), radius = 6400000,
make_trail = True)

sat = sphere(pos = vector(-0.01*r,0,0),
radius = 1737000, color = color.yellow,
make_trail = True)

sf = 3 #scailing factor
earth.radius = sf*earth.radius
moon.radius = sf*moon.radius
sat.radius = sf*sat.radius
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

3체 운동


```
GlowScript 2.7 VPython

#Creating Objects
r = 385000e3/2
earth = sphere(pos = vector(r,0,0), radius = 6400000,
texture = textures.earth)
moon = sphere(pos = vector(-r,0,0), radius = 6400000,
make_trail = True)

sat = sphere(pos = vector(0.01*r,0,0),
radius = 1737000, color = color.yellow, make_trail
= True)

sf = 3 #scailing factor
earth.radius = sf*earth.radius
moon.radius = sf*moon.radius
sat.radius = sf*sat.radius
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

```
GlowScript 2.7 VPython

#Creating Objects
r = 385000e3/2
earth = sphere(pos = vector(r,0,0), radius = 6400000,
texture = textures.earth)
moon = sphere(pos = vector(-r,0,0), radius = 6400000,
make_trail = True)

sat = sphere(pos = vector(0.001*r,0,0),
radius = 1737000, color = color.yellow, make_trail
= True)

sf = 3 #scailing factor
earth.radius = sf*earth.radius
moon.radius = sf*moon.radius
sat.radius = sf*sat.radius
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
물체의 개수가 많아지면 움직임을 수학적인 일반으로 표현 불가


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
컴퓨터 계산으로 근사적인 형태로만 알 수 있음

15,000kg

지구 반지름에서 10배 떨어진 곳에서 출발

연료 없이 지구와 달의 인력으로만 이동

```
GlowScript 2.7 VPython

#drawing obj.
Earth = sphere(pos=vec(0,0,0), radius=6.4e6,
color=color.blue)
Moon = sphere(pos=vec(4e8, 0,0), radius=1.75e6)
#constants
G = 6.7e-11
Earth.m = 6e24
Moon.m = 7e22

#craft
craft = sphere(pos=vec(-10*Earth.radius, 0,0),
radius=1e6, color=color.yellow, make_trail=True)
craft.m = 15e3

Earth.radius *=sf
Moon.radius *=sf

#initial vel.
craft.v = vec(0,2e3,0) # initial vel without moon
```

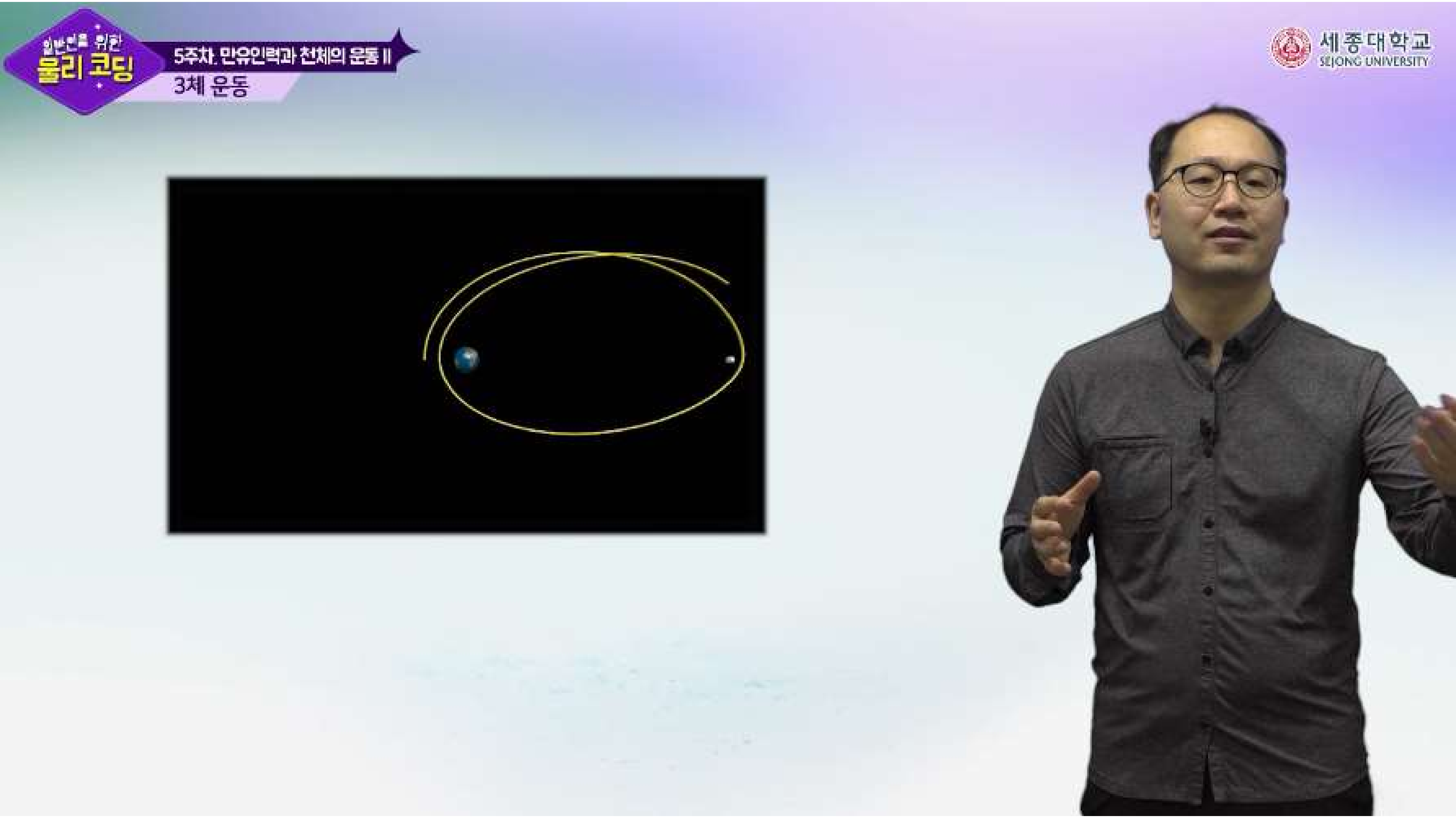
```
#time
t = 0
dt = 60

#time integration
while t < 10*365*24*60*60:
    rate(500)
    ##Force
    r = craft.pos - Earth.pos
    rmag = mag(r)
    rhat = r/rmag
    Earth.f = -G*Earth.m*craft.m/rmag**2*rhat
    rmoon = craft.pos - Moon.pos
    rmoon_mag = mag(rmoon)
    rmoon_hat = rmoon/rmoon_mag
    Moon.f = -G*Moon.m*craft.m/rmoon_mag**2
             *rmoon_hat
    craft.f = Earth.f + Moon.f
    craft.v = craft.v + craft.f/craft.m*dt
    craft.pos = craft.pos + craft.v*dt
    t = t+dt
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

```
GlowScript 2.7 VPython

#drawing obj.
Earth = sphere(pos=vec(0,0,0), radius=6.4e6,
color=color.blue)
Moon = sphere(pos=vec(4e8, 0,0), radius=1.75e6)
#constants
G = 6.7e-11
Earth.m = 6e24
Moon.m = 7e22

#craft
craft = sphere(pos=vec(-10*Earth.radius, 0,0),
radius=1e6, color=color.yellow, make_trail=True)
craft.m = 15e3

Earth.radius *=sf
Moon.radius *=sf

#initial vel.
craft.v = vec(0,2e3,0) # initial vel without moon
craft.v = vec(0,3.5e3,0) # hyperbolic
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

```
#initial vel.
craft.v = vec(0,3.3e3,0)
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

3체 운동

```
craft.v = vec(0,3.27e3,0) #critical pt.
```


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
만유인력으로 만들어지는 궤도는 원,타원,포물선 형태


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
3체에서는 다양한 형태의 궤도 생성

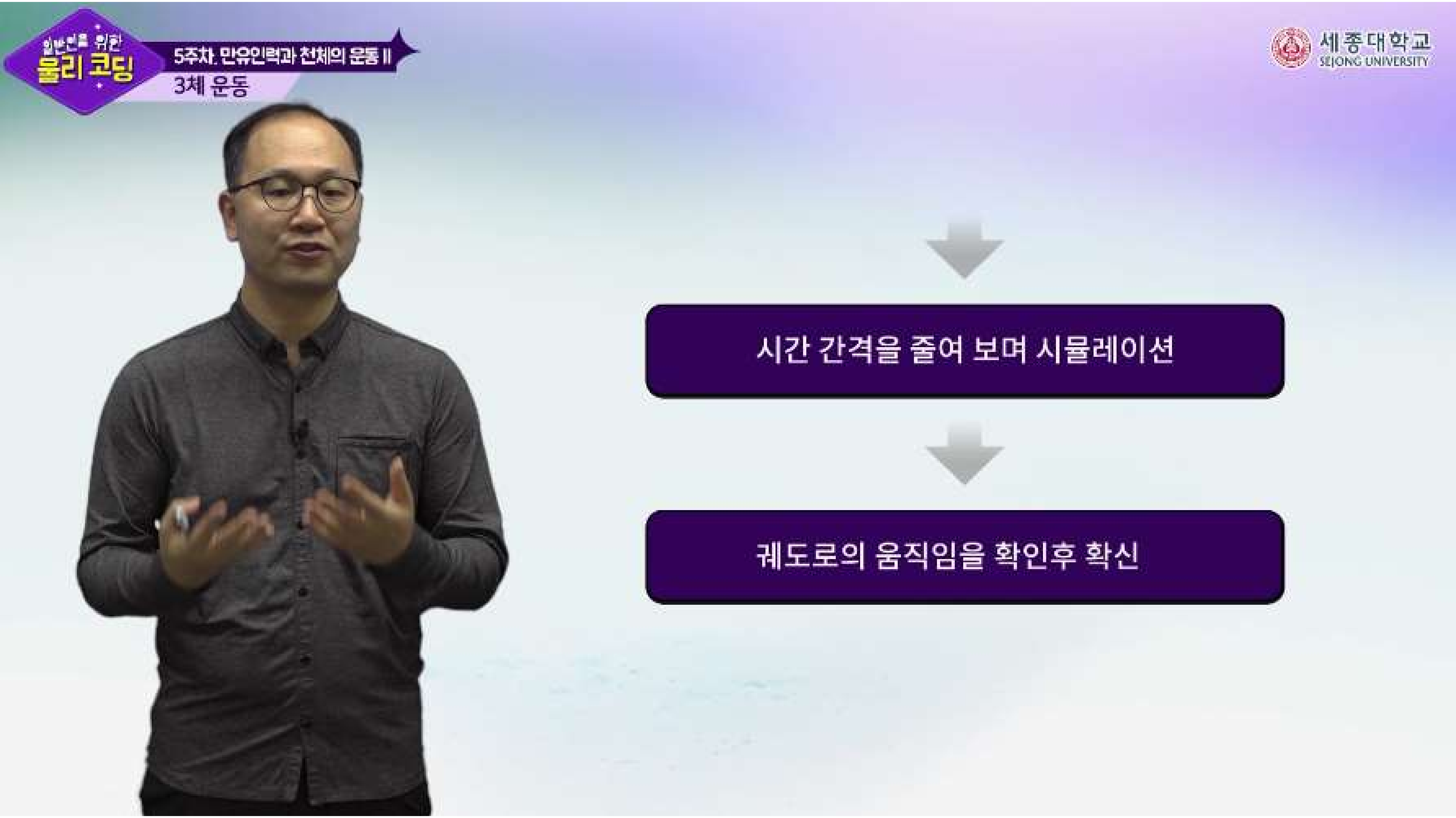
Q

수학적 일반 해를 가지지 못하는 **3체 운동** 의 움직임을 확신 할 수 있는 이유는?

A

시간 간격을 줄여 시뮬레이션을 진행해도 **궤도** 가 크게 달라지지 않음을 확인할 수 있다.


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
물체
물체
물체
시뮬레이션을 통해 근사적인 방법으로 진행


일반인을 위한
물리 코딩
5주차. 만유인력과 천체의 운동 II
3체 운동
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY
시간 간격을 줄여 보며 시뮬레이션
궤도로의 움직임을 확인후 확신

세종대학교

SEJONG UNIVERSITY