물리 노트
(생각하며 배우는 대학물리학 - 이기영 지음)

tsshin1985@gmail.com

February 2018

Part I

힘과 운동

Chapter 1

우리 물질 세계

1.1 매우 큰 스케일의 세계

1.2 매우 작은 스케일의 세계

1.3 물리학이란 무엇인가?

Chapter 2

운동의 기술 (Description of Motion)

2.1 과학의 시작 : 관성의 법칙

아리스토텔레스 : "일정한 운동 상태를 유지하려면 일정한 힘을 계속 줘야 한다."
갈릴레오 : 사고실험을 통해, "일단 운동하던 물체는 마찰력만 없다면 영원히 운동을 계속 한다."
(마찰[1]이 없다면 운동 상태는 유지된다.)
→ 관성의 법칙 (Law of Inertia) = 뉴턴의 운동 제1법칙
→ 운동상태를 변하게 하는 요인이 바로 '힘'이다.[2]
→ 힘이란 물체의 운동상태를 변화시키는 요인이다. (힘의 정의 도출)

어떤 물체가 운동할 때, 관측자에 따라 그 운동이 다르게 보인다.
→ 관측자가 운동을 기술하는 좌표계를 '기준계'라고 하며, 관성의 법칙이 성립하는 기준계를 '관성기준계'라고 한다. 한 관성기준계에서 볼 때 일정한 속도로 운동하는 관측자의 기준계도 관성기준계이다.

2.2 물리량과 그 측정

2.3 위치벡터와 변위벡터

2.4 빠르기와 속도

2.5 직선운동에서의 속도

2.6 가속도

2.7 등가속도 운동

[1] 갈릴레이의 사고실험 더 찾아보기 (마찰 혹은 마찰력을 알고 있었나?)
[2] 혹은, 운동상태를 변하게 하는 요인을 '힘'이라고 하자?

Chapter 3

특수상대성 이론

3.1 우주의 중심과 상대속도

3.2 특수상대성 이론

3.3 로렌츠 변환

Chapter 4

힘과 운동

4.1 뉴턴의 운동 제2법칙

힘이 작용하면 물제의 운동상태가 변한다. (뉴턴의 운동 제1법칙) → '어떻게' 변하는가?
뉴턴 :
(1) 일정한 힘이 작용하는 경우, 가속도는 일정하다. (가속도 개념의 도입)
(2) 이 때 가속도와 힘의 크기는 비례한다.
→ 뉴턴의 운동 제2법칙 또는 줄여서 뉴턴의 운동 법칙
서로 일정한 속도로 운동하는 두 기준계에서 측정한 물체의 속도는 서로 다르지만, 가속도는 똑같다
→ 힘이 똑같다 (by 3장)
뉴턴은 a∝F에 비례상수를 도입
$a = \frac{1}{m}F$
→ m : 자신의 운동상태가 변하는 것에 저항하는 물체 고유의 특성
→ 질량(mass)이라고 이름 붙임 (by 뉴턴), '관성의 척도'라고도 한다.
[1]

4.2 무게와 질량

뉴턴의 만유인력 발견, 중력 (지구), 중력가속도 (g), 무게 (mg, 중력의 세기)
관성질량 : $\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = k \Rightarrow m_1 = km_2$ (관성의 상대적 크기를 이용한 측정)
중력질량 : $\frac{a_2}{a_1} = \frac{g}{g} = 1, m_1 = m_2$ (무게비교를 통한 측정)
관성질량과 중력질량이 같다.

4.3 등가성원리

아인슈타인 : "중력이 왜 질량에 비례해야 하지?" "중력은 가속되는 계의 관성력과 완전히 동등하다."

4.4 여러가지 힘

수직항력(전기적반발력), 부력(전기적반발력), 마찰력, 탄성력(=복원력, 후크의 법칙, 용수철 상수), 전기력, 자기력

[1](siunitx 패키지 사용해서 단위 입력시 에러 발생)

4.5 힘의 합력과 기본 힘

힘 F_1, F_2가 동시에 작용한다면, $F = F_1 + F_2$가 작용할때의 운동과 같다. F를 합력이라고 한다. $\sum F = 0$을 만족한다면 평형상태라고 한다.

기본힘 : 중력, 전기력, 강력(핵력), 약력

4.6 뉴턴의 운동 제2법칙의 적용

운동을 기술하는 단계
(1) 질량이 있는 모든 물체들을 파악
(2) 각 물체에 작용하는 힘들을 파악
(3) 각 물체에 운동방정식 적용

수직으로 던진 공, 연결된 두 물체, 도르래에 연결된 물체, 경사면에서 미끄러지는 물체

4.7 마찰력

정지마찰력, 최대정지마찰력, 운동마찰력, 정지마찰계수, 운동마찰계수, 정지거리

4.8 저항력과 마찰력

저항력, 종단속도(=끝속도)

4.9 뉴턴의 운동 제3법칙

작용-반작용의 법칙 : 어떤 종류의 힘이든 **두 물체간의** 힘은 '상호작용' 형태로 작용한다.
한 물체에 작용하는 중력과 수직항력은 작용-반작용 관계가 아니다.
지구가 물체를 당기는 중력과 물체가 지구를 당기는 힘이 작용-반작용이다.
"말이 마차를 끌 때 마차도 같은 크기의 힘으로 말을 당기므로 말은 마차를 끌 수 없다." → 어떻게 답해야 하지?

Chapter 5

공간에서의 운동

5.1 지표면 근처의 공간운동

공 던지기

5.2 등속원운동에서의 가속도

5.3 만유인력의 법칙

만유인력과 전기력의 특성 : 입자를 점으로 봐도 동일하다.

5.4 인공위성의 운동

인공위성의 운동, 바닷물의 조수 현상

5.5 관성력

관성력 = 가짜힘
가속되지 않는 계, 즉 관성력이 존재하지 않는 기준계를 관성기준계라고 한다.
원심력, 코리올리의 힘

Part II

에너지와 운동량 (Energy and Momemtum)

Chapter 6

에너지와 일

6.1 에너지

에너지란, '운동할 수 있게 하는 그 무엇'[1]

6.2 일 (work)

힘을 작용해 이동시키는 것
힘 $\vec{F}$가 한 일 $W_f = \vec{F} \cdot \vec{d}$ ($\vec{d}$: 크기가 d인 변위 벡터)
→ '일을 할 수 있게 하는 것'을 에너지로 정의할 수 있다.
→ 에너지의 크기는 일의 양과 같다.
변화하는 힘에 의한 일 $W = \int_A^B F(x)dx$ 또는 $W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}$
일의 단위 1J = 1N·m

6.3 일의 경로 무관성과 일률

경사면의 각도가 θ 인 경우,
$W_{경사면} = mg\sin\theta \cdot d = mg(d \cdot \sin\theta) = mgH = W_{수직}$
일률 (Power) $P(t) = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = Fv$
일률의 단위 1W = 1J/s, 1hp = 746W, 1kWh = 1kW로 1시간동안 사용한 전력량

6.4 위치에너지와 운동에너지

위치 형태로 저장되는 에너지 (ex 도르래에 매달린 두 물체) : 위치에너지
중력위치에너지, 탄성력위치에너지, 전기력위치에너지

움직이는 물체는 얼마만큼의 일을 할 수 있는가? (= 얼마만큼의 에너지가 있는가?)
높이 H에서 중력가속도 g로 자유낙하하는 물체가 바닥에 도달하는데 걸리는 시간
$H = 시간 - 속도 그래프 아래의 삼각형 면적 = \frac{1}{2} \cdot t \cdot gt = \frac{g}{2}t^2 \; t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
바닥에 도달한 물체의 빠르기
$v_0 = gt = g\sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH}$
$H = \frac{{v_0}^2}{2g}$
에너지의 양 $mgH =$[2]$mg \cdot \frac{{v_0}^2}{2g} = \frac{1}{2}m{v_0}^2$

[1]가능한 일의 양?
[2]이런 식의 유도는 에너지 보존 법칙을 전제로 한 논리인가?

→ 빠르기 v로 운동하는 질량이 m인 물체는 $\frac{1}{2}m{v_0}^2$ 크기의 에너지를 갖고 있다. [3]
→ 운동하는 물체가 가진 에너지 : 운동에너지 (위치에너지와 달리 언제나 0 이상이다.)
위치에너지의 양이 기준 위치의 높이에 따라 달라지듯이, 운동에너지의 양도 관측자(기준계)에 따라 다른 값을 갖는다. (물체의 속도로 관측자에 따라 달라지는 '상대 속도'를 사용)

어떤 속도로 운동하는 물체의 운동에너지의 양은 그 물체에 작용한 모든 힘의 합력이 한 일의 양으로 해석할 수 있다.
$W_{F_0} = F_0 d = ma_0 d$
F_0 : 합력, d : 운동방향으로의 이동거리
처음 속도 v_0, 일정한 가속도 a_0로 t 시간만큼 이동한 거리 d
$= \text{시간} - \text{속도 그래프 아래의 사다리꼴 면적} = \{v_0 + (v_0 + a_0 t)\} \cdot t \cdot \frac{1}{2} = v_0 t + \frac{a_0}{2} t^2$
$2a_0 d = 2a_0 v_0 t + {a_0}^2 t^2 = {v_0}^2 + {a_0}^2 t^2 - {v_0}^2 = (v_0 + a_0 t)^2 - {v_0}^2 = v^2 - {v_0}^2$
$W_{F_0} = ma_0 d = \frac{m}{2} \cdot 2a_0 d = \frac{m}{2}\left(v^2 - {v_0}^2\right) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m{v_0}^2 = K - K_0 = \Delta K$
일-에너지 정리 : 물체에 작용한 합력이 한 일의 결과는 운동에너지의 변화량과 같다. (합력이 일정하지 않아도 성립한다.[4])

6.5 보존력과 위치에너지

같은 위치면 같은 운동에너지를 갖는 운동이 되는 힘을 **보존력**(conservative force)이라고 한다.[5]
ex) 중력장에서의 중력[6]
아무런 힘을 받지 않는 물체는 속도가 일정하므로 운동에너지도 일정하다.
중력을 받는다면 일정한 높이에서는 운동에너지가 항상 일정하다. (물체를 공중으로 던졌을 때를 생각하자.)
→ 고정 된 높이에 대해, $K_{\text{일정}} + U(\text{높이}) = \text{일정} \quad (U$: 위치에너지 함수)
→ $\Delta K + \Delta U = 0$ 또는 $dK + dU = 0$

F : 중력, Δx : 물체의 변위일때, $W_{\text{합력}} = F\Delta x = \Delta K$ (일-에너지 정리)
→ $\Delta K = F\Delta x$ 또는 $dK = F dx$
F가 x의 함수라면 (위치에 따라 힘이 변화한다면) $dk + dU = 0$이므로 $dU = -dK = -F(x)dx$
$\therefore F(x) = -\frac{dU(x)}{dx}$
$\therefore U(B) = U(A) + \int_A^B \left[-F(x)\right] dx$ [7] : 두 위치 A(낮은곳), B(높은곳) 간의 위치에너지 관계

운동에너지와 위치에너지의 합을 '역학적에너지'라고 한다.
보존력[8]을 받는 운동에서는 역학적에너지가 일정하다. → **역학적에너지 보존 법칙**

3차원 공간에서의 위치에너지
보존력 $\vec{F} = -\nabla \vec{U}(\vec{F})$
$\vec{U}(B) - \vec{U}(A) = -\int_B^A \vec{F} \cdot d\vec{r}$
$\vec{F} = \hat{r}F(\vec{r}), \quad d\vec{r} = \hat{r}dr$
→ $U(r_2) - U(r_1) = \int_{r_1}^{r_2} \left[-F(r)\right] dr$

[3] 일반화 된 유도과정 추가 할 것
[4] 일반화 된 유도과정 추가 할 것
[5] 문장이 이상하다. 더 잘 정리 된 정의 찾아볼것.
[6] 보존력은 장(field)을 매개로 한 힘의 특성인가? 보존력이 아닌 힘은 어떤것들인가?
[7] 낮은곳에서 높은곳으로 물체를 들어올리려면, 중력과 반대 방향으로 힘을 작용해야 한다.
[8] 중력, 전기력처럼 밀거나 당길수만 있는 힘은 모두 보존력임을 보일 수 있다.

6.6 질량에너지

6.7 천체의 중력위치에너지

탈출속도

6.8 탄성위치에너지