

# 2022년 1학기 물리학 I: Quiz 6

김현철<sup>\*1,†</sup> and Lee Hui-Jae<sup>1,‡</sup>

<sup>1</sup>*Hadron Theory Group, Department of Physics,  
Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea*

(Dated: Spring semester, 2022)

## Abstract

**주의:** 단 한 번의 부정행위도 절대 용납하지 않습니다. 적발 시, 학점은 F를 받게 됨은 물론이고, 징계위원회에 회부합니다. One strike out임을 명심하세요.

문제는 다음 쪽부터 나옵니다.

**Date:** 2022년 3월 21일 (월) 15:30-16:15

**학번:**

**이름:**

---

\* Office: 5S-436D (면담시간 매주 화요일-16:00~20:00)

<sup>†</sup>Electronic address: hchkim@inha.ac.kr

<sup>‡</sup>Electronic address: hjlee6674@inha.edu

**문제 1 [20pt]** 그림 1에서처럼 정지 상태에 있는 세 개의 블록을 가만히 놓았다. 이 세 블록은  $0.500 \text{ m/s}^2$ 으로 가속한다. 블록 1은 질량이  $M$ 이고, 블록 2는  $2M$ , 블록 3은  $2M$ 이다. 블록 2와 수평면 사이의 운동마찰계수를 구하여라.

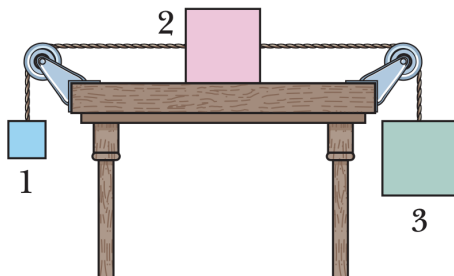


FIG. 1: 문제 1

**풀이** 블록 1과 블록 3에 작용하는 중력의 크기를 각각  $F_1$ ,  $F_2$  라고 하면,

$$F_1 = Mg, \quad F_2 = 2Mg \quad (1)$$

이다. 오른쪽을 양의 방향이라 하면 블록 1, 2, 3 에 수평 방향으로 작용하는 힘  $F_{3x}$  는 다음과 같다.

$$F_{3x} = 2Mg - Mg - f_k = Mg - f_k, \quad (2)$$

$f_k$  는 마찰력이다. 블록 2 에 작용하는 수직 항력을  $N$  이라 하면,

$$f_k = \mu_k N. \quad (3)$$

블록 2에 수직 방향으로 작용하는 힘은 오직 중력 뿐 이므로,

$$N = 2Mg = 2M \times (9.80 \text{ m/s}^2). \quad (4)$$

따라서, 블록 1, 2, 3 에 작용하는 합력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum F &= Mg - f_k = Mg - \mu_k N \\ &= 5Ma = 5M \times (0.500 \text{ m/s}^2) \end{aligned} \quad (5)$$

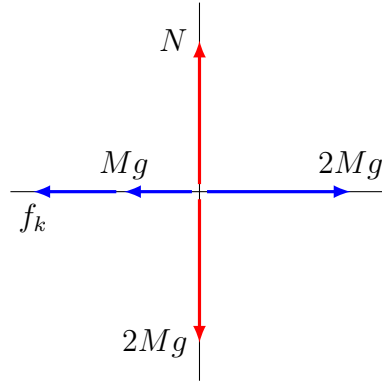


FIG. 2: Free body diagram

운동 마찰 계수  $\mu_k$  는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \mu_k &= \frac{Mg - 5M \times (0.500 \text{ m/s}^2)}{N} \\
 &= \frac{M \times ((9.80 \text{ m/s}^2) - (2.50 \text{ m/s}^2))}{2M \times (9.80 \text{ m/s}^2)} \\
 &= 0.372
 \end{aligned} \tag{6}$$

운동 마찰 계수는 0.372 이다.

**문제 2 [10pt]** 프라이팬과 달걀 사이의 정지마찰계수는  $\mu_s = 0.04$ 이다. 이 달걀이 프라이팬에서 미끄러지려면 프라이팬은 수평면으로부터 몇 도 기울어져야 하는가?

### 풀이

프라이팬과 수평면이 이루는 각도를  $\theta$  라고 하자. 달걀에 작용하는 힘을 프라이팬에 수직인 방향과 프라이팬에 평행한 방향으로 분해할 수 있다. 힘의 수직인 방향 성분을  $F_v$ , 평행한 방향 성분을  $F_p$  이라고 하면,

$$F_v = mg \cos \theta, \quad F_p = mg \sin \theta. \tag{7}$$

달걀은 힘  $F_v$  로 프라이팬을 누르게 되고 프라이팬은 같은 크기로 달걀을 밀어내는데, 이 밀어내는 힘이 달걀에 작용하는 수직 항력이 된다. 이 달걀에 작용하는 수직 항력은  $F_v$  의

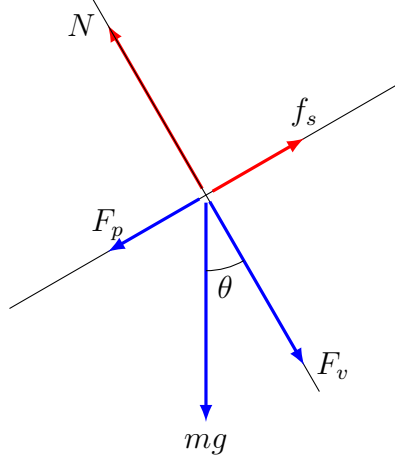


FIG. 3: Free body diagram

반작용이므로 정지 마찰력  $f_s$  는,

$$\begin{aligned} f_s &= \mu_s N = \mu_s F_v \\ &= \mu_s mg \cos \theta. \end{aligned} \quad (8)$$

달걀을 미끄러지게 하는 힘은  $F_p$  이고 정지 마찰력  $f_s$  는 이 힘과 반대 방향으로 작용한다. 달걀이 미끄러지기 위해서는 미끄러지게 하는 힘이 정지 마찰력 보다 커야한다. 즉,

$$F_p > f_s \quad (9)$$

이어야 한다. 따라서,

$$mg \sin \theta > \mu_s mg \cos \theta \quad (10)$$

를 만족하는 가장 작은  $\theta$  는 다음과 같이 구한다.

$$\tan \theta > \mu_s = 0.04 \quad (11)$$

양변에  $\tan^{-1}$  을 가해주면,

$$\theta > \tan^{-1} 0.04 \approx 2.30^\circ \quad (12)$$

이므로 경사각이  $2.30^\circ$  보다 커지면 달걀이 미끄러진다.

**문제 3 [20pt]** 짐을 실은 승강기의 총 질량이 1600 kg이다. 초속도 2.00 m/s로 내려오던 승강기가 어느 순간부터 일정한 가속도로 감속하여 5.00 m 더 간 후 정지하였다. 정지하기 까지 승강기를 연결한 줄의 장력은 얼마인가? (단, 중력가속도는 9.80 m/s<sup>2</sup>이다.)

**풀이** 승강기는 어느 순간 부터 속력이 줄어드는 등가속도 운동을 하였으므로 승강기에 가해진 가속도의 크기는 다음과 같다.

$$-2as = v^2 - v_0^2, \quad a = \frac{v_0^2 - v^2}{2s} \quad (13)$$

승강기에 작용한 힘은 줄의 장력과 중력이다. 장력을  $T$  라고 하면 승강기에 작용한 합력은,

$$\sum F = ma = T - mg, \quad T = m(a + g) \quad (14)$$

따라서 장력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T &= m(a + g) \\ &= (1600 \text{ kg}) \left( \frac{(2.00 \text{ m/s})^2}{2(5.00 \text{ m})} + 9.80 \text{ m/s}^2 \right) \\ &= 16300 \text{ N} \end{aligned} \quad (15)$$

승강기에 작용한 줄의 장력은 16300 N 이다.

**문제 4 [40pt]** (**난이도 상**) 질량이 각각  $m = 16 \text{ kg}$ ,  $M = 88 \text{ kg}$ 인 두 블록이 있다. 그림 4처럼 힘  $\vec{F}$ 를 가해 블록  $m$ 을 블록  $M$ 에 맞닿아 있도록 했다. 이 두 블록 사이의 정지마찰계수는  $\mu_s = 0.38$ 이다. 블록  $M$ 이 놓여있는 수평면과  $M$  사이에는 쓸림이 없다. 블록  $m$ 이 블록  $M$ 에서 미끄러져 내려오지 않도록 하는 데 필요한 최소힘  $\vec{F}$ 를 구하여라.

**풀이**

두 물체의 가속도  $a$  는 다음과 같다.

$$a = \frac{|\vec{F}|}{M + m}. \quad (16)$$

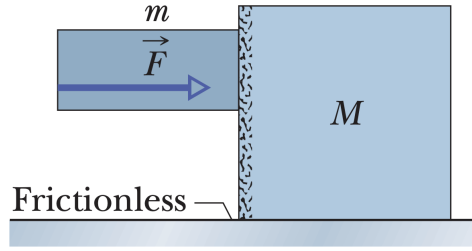


FIG. 4: 문제 4

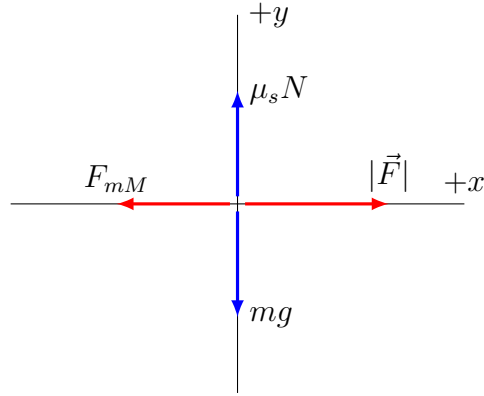


FIG. 5: Free body diagram

블록  $m$  이 블록  $M$  에게 가하는 힘은,

$$F_{mM} = Ma = \frac{M}{M+m} |\vec{F}| \quad (17)$$

블록  $M$  은 이 힘의 반작용으로 같은 크기의 힘을 블록  $m$  에게 가하고, 이 힘이 블록  $m$  의 수직 항력  $N$  이 된다. 블록  $m$  이 정지해 있을 때 블록  $m$  에 수직 방향으로 작용하는 힘의 합력은,

$$\begin{aligned} F_y &= mg - \mu_s N \\ &= mg - \mu_s F_{mM} = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

따라서 최소힘  $\vec{F}$  의 크기는,

$$\begin{aligned} F_{mM} &= \frac{M}{M+m} |\vec{F}| = \frac{mg}{\mu_s}, \quad |\vec{F}| = \left( \frac{M+m}{M} \right) \left( \frac{mg}{\mu_s} \right) \\ |\vec{F}| &= \left( \frac{(88+16) \text{ kg}}{88 \text{ kg}} \right) \left( \frac{(16 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)}{0.38} \right) \\ &= 490 \text{ N}. \end{aligned} \tag{19}$$

블록  $m$  이 미끄러지지 않기 위해 필요한 최소 힘은 490 N 이다.