

2022년 1학기 물리학 I: Quiz 2

김현철^{*1,†} and Hui-Jae Lee^{1,‡}

¹*Hadron Theory Group, Department of Physics,
Inha University, Incheon 402-751, 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 7일 (월) 15:30-16:15

학번:

이름:

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

[†]Electronic address: hchkim@inha.ac.kr

[‡]Electronic address: hjlee6674@inha.edu

문제 1 [20pt] 그림 3과 같이 크기가 각각 1, 2, 4인 세 벡터 \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} 가 같은 평면상에 놓여 있다. 벡터 \vec{A} 와 벡터 \vec{B} 는 서로 수직이고, 벡터 \vec{B} 와 벡터 \vec{C} 의 끼인각이 30° 일 때, 벡터 \vec{C} 는 벡터 \vec{A} 와 벡터 \vec{B} 를 사용하여

$$\vec{C} = \alpha \vec{A} + \beta \vec{B}$$

로 나타낼 수 있다. 두 상수 α 와 β 를 구하여라.

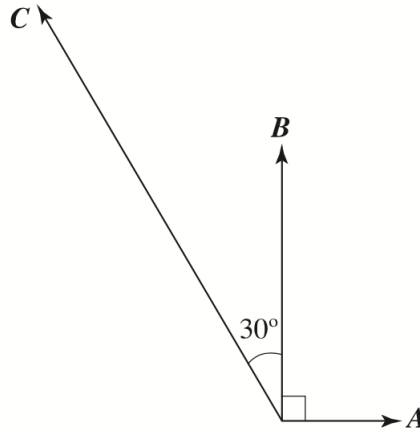


FIG. 1: 문제 1

해답 \vec{A} 와 \vec{B} 가 서로 수직이므로, $\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ 이다. 이는 다음을 의미한다.

$$\vec{C} \cdot \vec{A} = \alpha \quad \vec{C} \cdot \vec{B} = \beta$$

스칼라곱의 정의를 이용하면 α 와 β 를 구할 수 있다. 스칼라곱의 정의는 다음과 같다.

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \cos \theta$$

이로부터 α 와 β 는 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\alpha = |\vec{C}||\vec{A}| \cos 120^\circ = 4 \times \left(-\frac{1}{2}\right) = -2$$

$$\beta = |\vec{C}||\vec{B}| \cos 30^\circ = 4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$$

따라서, \vec{C} 는 다음과 같다.

$$\vec{C} = -2\vec{A} + 2\sqrt{3}\vec{B}$$

[문제 풀이 쪽]

문제 2 [10pt] 물리학자이자 의사였던 미공군 존 스탭(John P. Stapp) 대령은 제트기에서 조정사가 비상탈출을 했을 때 살아남을 수 있는지 직접 실험을 했다. 1954년 3월 19일, 그는 로켓을 단 차를 선로 위를 달릴 수 있도록 제작한 뒤, 1011 km/h의 속력으로 달렸다. 그리고 도착점에 거의 다 도달했을 때, 제동을 걸어 1.40 s만에 멈췄다.

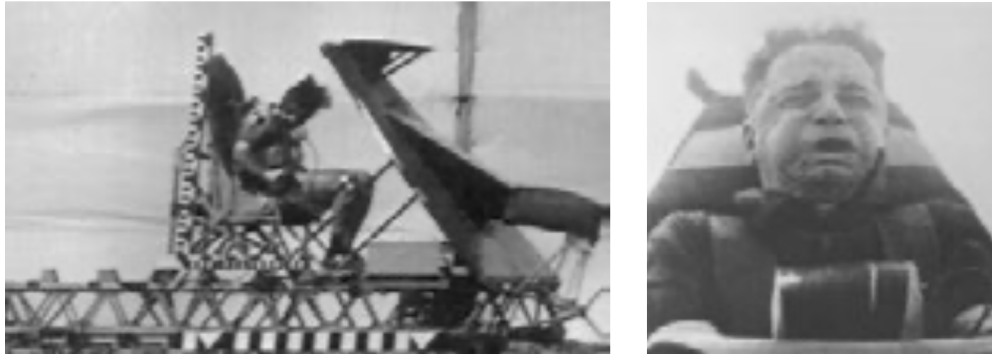


FIG. 2: 문제 2

(가) 스탭 대령이 경험한 음의 가속도(감속도)를 구하여라. 구한 가속도의 크기를 중력가속도 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 로 나타내어라.

(나) 이 가속도를 받는 1.4 s 동안 스탭 대령이 간 거리는 얼마인가?

(이 실험으로 스탭 대령은 무릎뼈가 골절되고, 눈에 심각한 부상을 입어서 훗날 백내장으로 고생했다고 한다. 이 실험으로 스탭 대령은 자동차에 안전벨트를 도입하는 데 지대한 공을 세웠다.)

풀이

(가) 스탭 대령의 처음 속력은 1011 km/h 이고 정지하였으므로, 나중 속력은 0 km/h 이다. 걸린 시간 1.40 s 와 단위 환산을 고려하여 다음과 같이 평균 가속도의 크기를 계산할 수 있다.

$$a_{avg} = \left(\frac{(0 - 1011) \text{ km/h}}{1.40 \text{ s}} \right) \times \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) = 2\,600\,000 \text{ km/h}^2 \quad (1)$$

중력 가속도와 비교하기 위해, 단위를 바꾸어서 표현해보자.

$$\left(\frac{2\,600\,000 \text{ km}}{\text{h}^2} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)^2 = 200 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

중력 가속도의 크기를 1 G 라고 하면, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$200 \text{ m/s}^2 \times \left(\frac{1 \text{ G}}{9.8 \text{ m/s}^2} \right) = 20 \text{ G} \quad (3)$$

스텝 대령은 감속하면서 중력 가속도의 크기의 20배에 해당하는 가속력을 받았다.

(나) 처음 속력과 나중 속력, 평균 가속도를 알고 있으므로, 다음의 공식을 이용해 이동한 거리를 구할 수 있다.

$$v^2 = v_0^2 + 2a_{avg}(x - x_0) \quad (4)$$

나중 속력은 $v = 0 \text{ km/h}$, 처음 속력은 $v_0 = 1011 \text{ km/h}$, 평균 가속도의 크기는 $a_{avg} = 2600000 \text{ km/h}^2$ 이다. 스텝 대령은 감속을 하였으므로, 가속력이 들어가는 항의 부호를 -로 바꿔주어야 한다. 감속을 시작한 지점을 시작점으로 생각하면, $x_0 = 0 \text{ km}$ 이다. x 를 구해보자.

$$0 = (1011 \text{ km/h})^2 - 2 \times (2600000 \text{ km/h}^2) \times x \quad (5)$$

편한 계산을 위해, 구하고자 하는 값을 제외한 모든 값을 반대쪽으로 넘기자.

$$x = \frac{(1011 \text{ km/h})^2}{2 \times (2600000 \text{ km/h}^2)} = 0.1966 \text{ km} = 196.6 \text{ m} \quad (6)$$

스텝 대령은 감속하는 동안, 196.6 m 만큼 이동했다.

[문제 풀이 쪽]

문제 3 [10pt] 어떤 전투기가 그림 2에서처럼 35 m의 높이에서 1 300 km/h의 속력으로 수평하게 날고 있다. $t = 0$ 에서 이 전투기는 $\theta = 4.3^\circ$ 의 각도로 기울어져 있는 언덕 위를 비행하기 시작했다. 만일 조종사가 이 전투기의 방향을 바꾸지 않는다면, 이 전투기는 언제 언덕과 충돌하게 되겠는가?

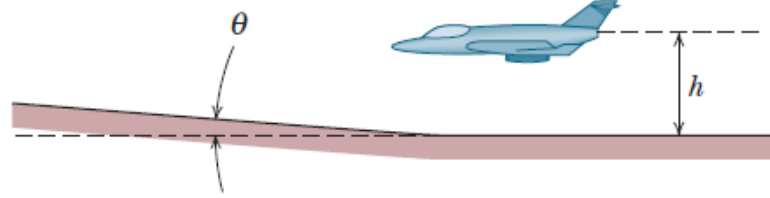


FIG. 3: 문제 1

풀이 전투기가 비행한 거리를 $d(t)$ 라 하고, 전투기가 위치한 언덕의 높이를 $s(t)$ 라 하면, d 와 s 사이에는 다음의 상관관계가 있다.

$$\tan 4.3^\circ = \frac{s(t)}{d(t)} \quad (7)$$

우리는 언덕의 높이가 35m 일 때, 전투기가 비행한 시간을 알고 싶다. 전투기가 등속 직선 운동한다고 가정하면, $d(t)$ 는 다음과 같다.

$$d(t) = \frac{1\,300\text{ km}}{1\text{ h}} \times t \quad (8)$$

식 (7) 에 지금까지의 이야기 한 것들을 대입해보자.

$$\tan 4.3^\circ \times \left(\frac{1\,300\text{ km}}{1\text{ h}} \right) \times \left(\frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} \right) \times \left(\frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \right) \times t = 35\text{ m} \quad (9)$$

단위를 고려하여 변환하고 구하고자 하는 변수 t 만 좌항에 남기면 다음과 같다.

$$0.075 \times 360\text{ m/s} \times t = 35\text{ m} \quad (10)$$

$$t = 35\text{ m} \times \left(\frac{1\text{ s}}{360\text{ m}} \right) \times \left(\frac{1}{0.075} \right) = 1.3\text{ s} \quad (11)$$

전투기는 1.3 초 후에 충돌한다.

[문제 풀이 쪽]

문제 4 [20pt] 공사 중인 다리에서 볼트가 다리 아래 계곡으로 90 m 떨어진다.

(가) 낙하거리의 마지막 20% 지나는 데 걸리는 시간을 구하여라.

(나) 볼트가 낙하거리의 마지막 20%를 들어설 때의 속력을 구하여라.

(다) 다리 아래 계곡에 도달할 때 볼트의 속력을 구하여라.

[문제 풀이 쪽]