

2020년 2학기 물리학 II

Hui-Jae Lee,^{1,*} Byeong-woo Han,^{1,†} and 김현철^{‡1,§}

¹*Hadron Theory Group, Department of Physics,
Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea*
(Dated: Autumn Semester, 2020)

Due date: 2020년 9월 14일 15:25-16:15

Quiz 5

문제 1 [20pt]. 반지름이 r 이고 길이가 L 인 원통형 구리 도선이 있다. 부피를 일정하게 유지한 채로 이 도선을 늘려 길이가 두 배가 되었다면, 저항은 처음의 몇 배가 되었는가?

풀이 : 길이가 L 이고 단면적이 A 인 도선의 저항 R 은 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다. 즉,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

이고 ρ 은 도선의 비저항이다. 처음 저항을 R_0 , 처음 반지름을 r_0 라 하자. R_0 는

$$R_0 = \rho \frac{L}{\pi r_0^2} \quad (2)$$

로 쓸 수 있는데 길이를 2배로 늘리고 부피를 유지했다면 반지름이 변했을 것이다. 변한 반지름 r 은 부피를 유지했다는 사실로부터 얻을 수 있다.

$$\pi r_0^2 L = \pi r^2 (2L) \implies r = \frac{1}{\sqrt{2}} r_0. \quad (3)$$

따라서 변한 저항 R 은 다음과 같다.

$$R = \rho \frac{2L}{\pi r^2} = \rho \frac{4L}{\pi r_0^2} = 4R_0. \quad (4)$$

길이를 2배로 늘리고 부피를 유지하면 저항은 4배 증가한다.

문제 2 [20pt]. 반지름이 a 인 도체공을 중심이 같고 반지름이 b ($b > a$)이고 비저항이 ρ 인 물질로 만들어진 공을 감싸고 있다. 이 두 공 사이의 저항을 구하여라.

풀이 : 두 공 사이의 저항을 구하기 위해 먼저 두 공 사이에 놓여진 미소 구껍질을 생각하자. 이 미소 구껍질은 두 공과 중심이 같고 반지름이 r 이며 두께는 dr 이다. 이 미소 구껍질 사이의 미소 저항을 구한다면, 미소 저항을 거리 a 부터 b 까지 적분하여 반지름이 a 인 공과 반지름이 b 인 공 사이의 저항을 알아낼 수 있다. 미소 구껍질의 면적은 $4\pi r^2$ 이므로 미소저항 dR 은

$$dR = \rho \frac{dr}{4\pi r^2} \quad (5)$$

[‡] Office: 5S-436D (면담시간 매주 수요일-16:15~19:00)

*Electronic address: hjlee6674@inha.edu

[†]Electronic address: 12191964@inha.edu

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

으로 쓸 수 있다. 양변을 적분하면

$$\begin{aligned} \int dR &= \int_a^b \rho \frac{dr}{4\pi r^2} = \frac{\rho}{4\pi} \int_a^b \frac{1}{r^2} dr = \frac{\rho}{4\pi} \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_a^b = \frac{\rho}{4\pi} \left(-\frac{1}{b} + \frac{1}{a} \right) \\ &= \frac{\rho(b-a)}{4\pi ab} \end{aligned} \quad (6)$$

을 얻는다. 즉, 두 공 사이의 저항은 $\frac{\rho(b-a)}{4\pi ab}$ 이다.

문제 3 [20pt]. 저항값이 R 인 저항이 달려 있는 단일고리 회로에 5.0 A의 전류가 흐르고 있다. 여기에 직렬로 저항이 5.0Ω 인 저항소자를 직렬로 회로에 연결하자 전류가 4.0 A로 낮아졌다. R 값을 구하여라.

풀이 : 처음 전압, 전류, 저항을 각각 V , $I = 5.0$ A, R 이라고 하면 옴의 법칙에 의해 다음이 성립한다.

$$V = IR. \quad (7)$$

여기에 저항 $R' = 5.0\Omega$ 를 직렬로 연결하였으므로 변한 전압 V' 와 전류 $I' = 4.0$ A는 다시 옴의 법칙을 만족한다. 즉,

$$V' = I'(R + R') \quad (8)$$

이다. 저항을 추가로 연결한다고 회로의 전압이 달라지지는 않으므로 $V = V'$ 이고 식 (7)과 식 (8)로부터

$$IR = I'(R + R') \Rightarrow R = \frac{I'}{I + I'} R' = \frac{4.0 \text{ A}}{5.0 \text{ A} + 4.0 \text{ A}} (5.0 \Omega) = 2.2 \Omega \quad (9)$$

를 얻는다. 따라서 처음 저항 R 은 2.2Ω 이다.

문제 4 [20pt]. 그림 1은 번개가 치는 날 나무 옆에 있으면 왜 안 되는지 보여준다. 나무에 낙뢰가 떨어지면, 나무껍질을 타고 번개전류가 흐른다. 그런데 번개전류가 나무껍질 중에서 물기가 없는 부분에 도달하면 전류 중 일부분이 습기가 높은 공기 중으로 새어나가 옆에 서 있는 사람에게로 흘러간다. 사람은 습도가 높은 공기에 비해 전도도가 훨씬 높아서 그렇다. 이때 나무와 사람 사이의 거리가 d 이고, 사람의 키가 h 라고 하면, 번개전류의 일부분이 나무에서 사람으로 d 만큼 거리를 흐르고, 다시 사람을 따라 h 만큼 높이를 흘러 바닥으로 간다고 하자. 만약에 $d/h = 0.400$ 이고, 총전류는 $I = 5000$ A라고 하면, 사람을 지나는 전류는 얼마인가?

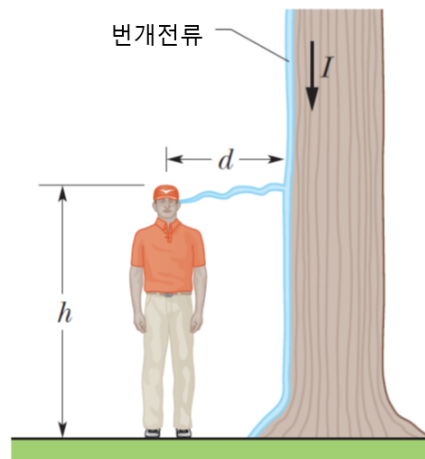


FIG. 1: 문제 4

풀이 :

문제 5 [20pt]. 그림 2처럼 a 와 b 사이에 똑같이 생긴 저항 다섯 개가 연결되어 있을 때, 등가저항을 구하여라.

풀이 :

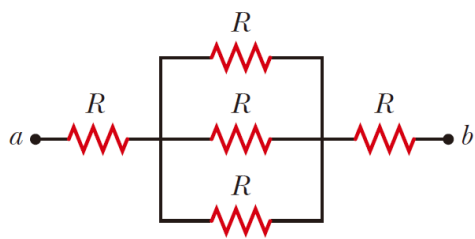


FIG. 2: 문제 5