2021학년도 일반논술 전형 의예논술(물리학)

==

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)

(가) 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 그 물체가 가속될 것이고, 그 가속도 a는 물체에 작용하는 알짜힘 F에 비례하고 질량 m에 반비례한다. 이를 수식으로 나타내면 $F=ma$이다. 이것을 뉴턴의 운동 제2법칙이라고 한다.

(나) 물체에 일을 하면 물체는 운동을 하거나 위치가 바뀐다. 물체가 운동함으로써 운동 에너지를 가지며, 물체의 위치가 달라짐으로써 퍼텐셜 에너지가 달라진다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지를 합한 것을 역학적 에너지라고 한다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지는 서로 전환되지만 그 합인 역학적 에너지는 항상 일정하게 보존되는 것을 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

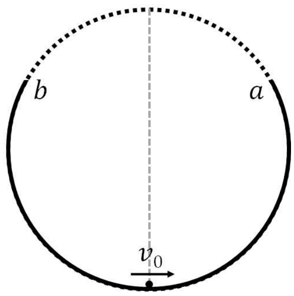
(다) 반지름이 일정한 원 궤도를 따라 물체가 원운동을 할 때 시간에 따라 회전하는 각도를 이용하여 운동을 표현할 수 있다. 물체가 단위 시간 동안 회전한 각도를 각속도 (ω) 라고 한다.

(라) 물체가 원운동을 할 때 가속도의 방향은 원의 중심을 향하고 그러한 뜻으로 구심 가속도라고 한다. 구심 가속도가 생기게 하는 힘을 구심력이라고 한다. 뉴턴의 운동 제2법칙에 따라서 구심력의 방향은 구심 가속도의 방향과 같고, 구심력의 크기 F 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$F=m\dfrac{v^2}{r}=mr\omega^2$, m은 원운동 하는 물체의 질량, r은 원의 반지름, v는 속력이다.

※ 중력가속도는 g (필요시 10 m/s^2) 를 사용하라.

[문제 1-1] <그림 1>과 같이 연직 방향으로 놓인 반지름이 $8\,\mathrm{m}$인 원형 트랙(실선)이 있고 트랙의 윗부분이 제거되어 있다 (점선). 제거하기 전과 후 트랙의 모양은 중심 수직축을 기준으로 대칭이다. 만약 물체가 트랙의 최하지점에서 $v_0 = 20\,\mathrm{m/s}$의 속력으로 출발하여 마찰이 없이 트랙을 따라 움직이다가 a점에서 트랙을 벗어나서 b점에 도달한다고 할 때 제거된 트랙의 길이를 유추하라. (10점)

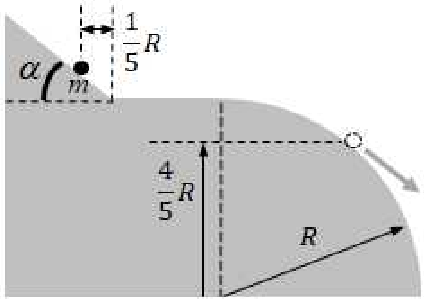


<그림 1>

[문제 1-2] 크기를 무시할 수 있고 질량이 m인 물체를 <그림 2>와 같이 수평과 각도 α를 가지는 경사면에 가만히 놓았다. 그 후 물체가 경사면과 수평면을 지나 반지름이 R인 원호면을 따라 움직이다가 바닥으로부터 수직높이가 $(4/5)R$인 지점에서 원호면을 벗어났다. (10점)

(1) 모든 면의 마찰을 무시할 때 경사면의 각도 α를 구하라.

(2) 만약 (1)에서 구한 지점에서 출발한 물체가 움직이는 중에 여러 가지 이유로 역학적 에너지의 일부가 손실된다면, 물체가 수평면을 지나 원호를 만난 후 원호를 벗어나는 지점의 수직높이의 변화여부를 정성적으로 설명하라.



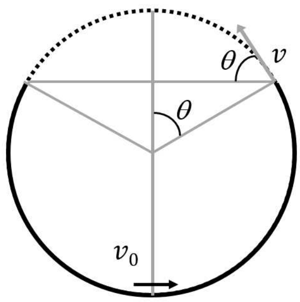
<그림 2>

[문항해설]

(문제1-1) 연직방향으로 트랙 안에서 움직이던 물체가 트랙을 벗어날 때 에너지 보존 법칙을 이용하여 탈출 속도를 구한 후 트랙이 제거된 부분에서 포물선 운동을 한다는 점을 이용해 제거된 트랙의 각도를 구한 후 길이를 구하는 문제임. 역학적 에너지 보본 법칙, 포물선 운동을 이해하고 적용하는 문제임. (문제1-2) 역학적 에너지 보존법칙, 원운동의 구심력을 적용하는 문제임. 역학적 에너지 보존법칙에 의해 위치에너지가 운동에너지로 바뀌므로 각도를 구함. 에너지 손실이 있으므로 속도가 감소하고 벗어나는 높이가 낮아짐을 논술하는 문제임.

[예시답안]

(문제 1-1) [10점]



1) 트랙을 벗어나는 a점에서 물체의 속력을 v라고 하면 출발속력인 v_0 값과 역학적 에너지 보존의 법칙을 이용하여 다음의 관계식을 얻을 수 있다.

$$-mgR(1+\cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$
$$v^2 = v_0^2 - 2gR(1+\cos\theta) --- (1)$$

2) 트랙을 벗어난 물체는 트랙이 제거된 부분에서 포물선 운동을 하고 그 운동의 궤적은 수직 중심 축을 기준으로 좌우 대칭이어야 한다. 이 때 물체가 최고점까지 올라가는 데 걸리는 시간은 다음과 같다.

$$t = \frac{v\sin\theta}{g}$$

그 시간동안 수평방향으로 이동한 거리는 $R\sin\theta$와 같다.

$$v\cos\theta \times t = \frac{v\cos\theta \times v\sin\theta}{g} = R\sin\theta$$

따라서 아래의 관계식을 구할 수 있다

$$\cos\theta = \frac{Rg}{v^2} \qquad \text{---- (2)}$$

(1)과 (2)번 식을 이용하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$\cos\theta = \frac{Rg}{v^2} = \frac{Rg}{v_0^2 - 2gR(1+\cos\theta)}$$
$$\to \cos^2\theta + \left(1 - \frac{v_0^2}{2gR}\right)\cos\theta + \frac{1}{2} = 0$$

이 식에서 $\frac{v_0^2}{2gR}=\frac{400}{2\times 10\times 8}=2.5$ 이므로

$$\cos^2\theta - \frac{3}{2}\cos\theta+\frac{1}{2} = 0$$

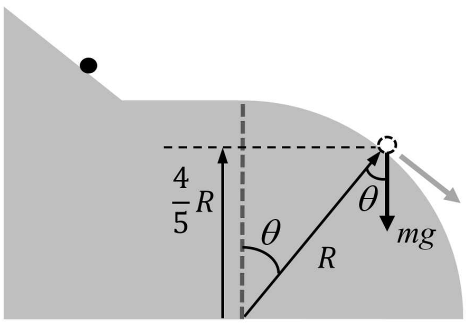
$$(\cos\theta - 1)(\cos\theta - 0.5) = 0$$
$$\rightarrow \cos\theta = 0.5$$

이로부터 제거된 트랙의 각도는 $2\theta = 2\times\frac{1}{3}\pi = \frac{2}{3}\pi$이고,

따라서 제거된 트랙의 길이는

$L = R\times 2\theta = \frac{16\pi}{3}$ (m) 이다.

(문제 1-2) [10점]



(1) 수직높이가 $(4/5)R$인 원호면에서 벗어날 때의 최소속도를 v 라고 하자. 그 때 중력의 구심방향 성분과 구심력이 같다.

$$mg\cos\theta = \frac{mv^2}{R}$$
$$\rightarrow v^2 = gR\cos\theta \quad --- (1)$$

경사면위에 있는 물체의 수평면으로부터의 수직높이는 $\frac{R}{5}\tan\alpha$ 이고 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 원호면에서 벗어날 때 까지의 위치에너지의 변화가 운동에너지로 바뀐다.

$$mg\left[\frac{R}{5}\tan\alpha + R(1-\cos\theta)\right] = \frac{1}{2}mv^2$$
$$v^2 = 2g\left[\frac{R}{5}\tan\alpha + R(1-\cos\theta)\right] \quad --- (2)$$

그러므로 (1)식과 (2)식을 이용하여 α와 θ 의 관계식을 구한다.

$$gR\cos\theta = 2g\frac{R}{5}\tan\alpha + 2gR - 2gR\cos\theta$$

$$\rightarrow \frac{1}{5}\tan\alpha = \frac{3}{2}\cos\theta - 1$$

그림에서 $\cos\theta = \dfrac{\frac{4}{5}R}{R} = \dfrac{4}{5}$ 이므로 α는 다음과 같다.

$$\frac{1}{5}\tan\alpha = \frac{3}{2}\times\frac{4}{5}-1 = \frac{1}{5}$$
$$\tan\alpha = 1$$
$$\therefore \alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$$

(2) 역학적 에너지가 일부 줄어든다면 $(4/5)R$에 도착했을 때 원호면을 벗어날 수 있는 충분한 속도를 가지지 못하므로 $(4/5)R$ 더 낮은 수직 높이까지 내려와야 벗어날 수 있는 속도를 가지게 된다.

$\therefore (4/5)R$의 수직 높이보다 더 낮은 높이에서 원호면을 벗어나게 된다.

【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)

(가) 전류는 전하의 흐름으로, 시간 t동안 도선의 단면을 통과하는 전하량을 Q라고 하면 전류의 세기 I는 다음과 같고 단위는 A(암페어)를 쓴다.

$$I = \frac{Q}{t}$$

(나) 전기장 내의 기준점으로부터 측정한 단위 양전하가 가지는 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지를 전위라고 하고, 전기장 내 두 지점 사이의 전위의 차이를 전위차 또는 전압이라고 하며 V로 나타내고 단위는 V(볼트)를 쓴다.

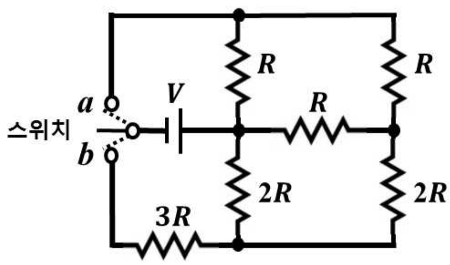
(다) 전류의 세기는 저항 R에 걸리는 전압에 비례하여 커지는데, 이것을 옴의 법칙이라고 한다.

$$I = \frac{V}{R}, \quad \text{혹은} \quad V = IR, \quad \text{저항의 단위는 }\Omega\text{(옴)이다.}$$

(라) 대부분의 전기 회로에서는 하나 이상의 저항을 다양한 방법으로 연결하여 사용하며, 직렬연결과 병렬 연결의 조합이 가능하다.

(마) p형 반도체와 n형 반도체를 접촉시킨 뒤 양 끝에 전극을 붙인 것을 p−n접합 다이오드라고 한다. 다이오드는 한 방향으로만 전류를 흐르게 하는 성질이 있다.

[문제 2−1] <그림 3>은 6개의 저항과 전압이 V인 전원, 그리고 스위치로 구성된 회로이다. 스위치를 a에 연결할 때의 전체 저항값 R_a와, b에 연결할 때의 전체 저항값 R_b를 구하라. (10점)



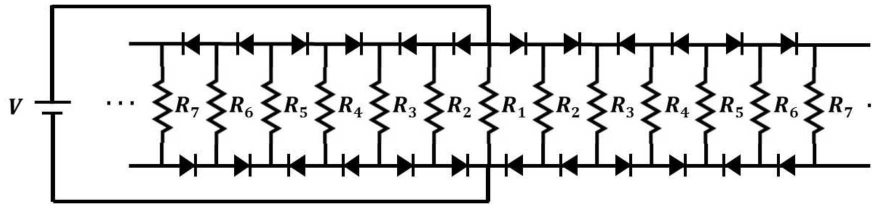
<그림 3>

[문제 2−2] <그림 4>는 39개의 저항과 76개의 다이오드와 전원으로 이루어진 회로의 일부분을 나타내고 있다.

저항값은 $R_n = \frac{10}{n}(\Omega)$, $(n = 1, 2, .., 20)$ 이며, 좌우로 생략된 곳에서의 다이오드의 방향은 그림처럼 중심으로부터 2개씩 주기적으로 방향이 바뀐다. (10점)

(1) 전류가 흐를 때 이 회로의 전체 저항값을 구하라.

(2) n이 짝수인 저항 R_n을 모두 제거한 회로에 전류가 흐를 때 전체 저항값을 구하라.



<그림 4>

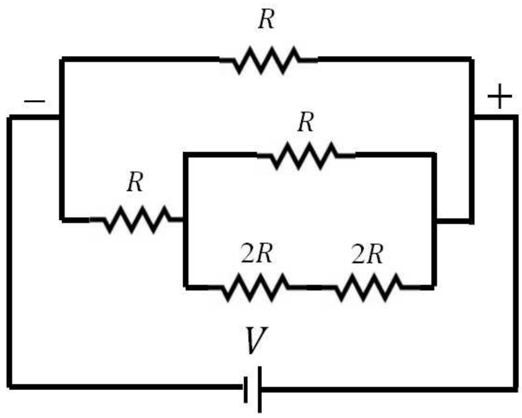
[문항해설]

(문제2-1) 직류 회로에서 a와 b의 스위치가 각각 연결됨에 따라 회로를 재구성하고 직렬과 병렬의 저항값을 각각 구하는 문제임.
(문제2-2) 다이오드의 정류 작용을 이해하고 n이 3이하인 회로에만 전류가 흐른다는 것을 이용해 회로를 재구성해서 직류 회로의 저항을 계산하는 문제임.

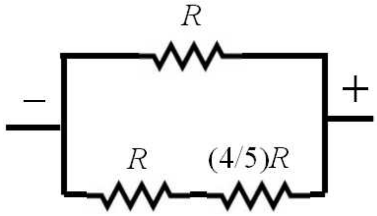
[예시답안]

(문제 2-1) [10점]

1) 스위치가 a 에 연결될 때 회로는 다음과 같이 계산이 용이하게 재구성될 수 있다. $3R$ 저항은 은 한쪽이 연결되어 있지 않으므로 고려할 필요가 없다.



위 회로는 아래와 같이 구성이 되고

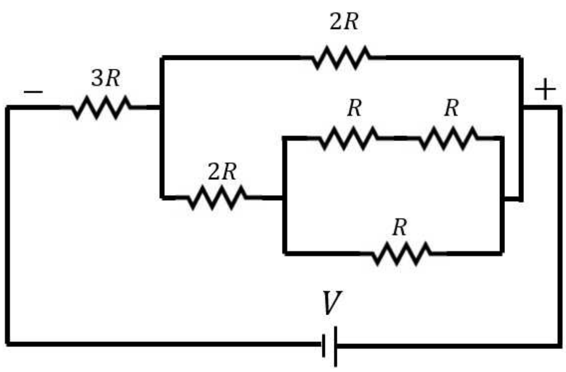


전체 저항값은 다음과 같이 구할 수 있다.

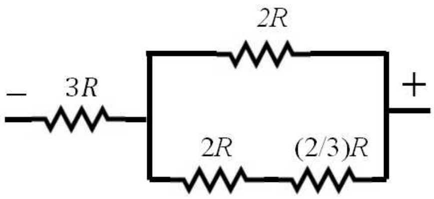
$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\left(R + \frac{4}{5}R\right)} = \frac{14}{9R}$$

$$\therefore R_a = \frac{9}{14}R$$

2) b로 연결되었을 경우 회로는 아래와 같이 재구성된다.



위 회로는 아래와 같은 회로가 되고



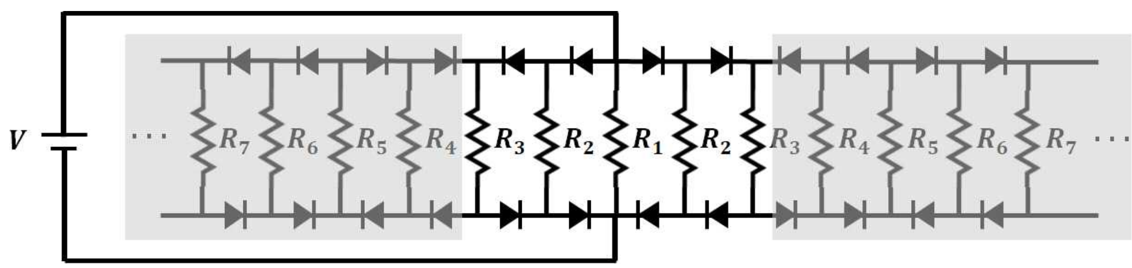
다시,

가 되므로 전제저항은 다음과 같다.

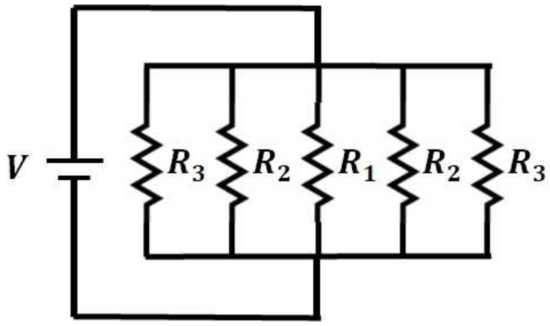
$$\therefore R_b = \left(3 + \frac{8}{7}R\right) = \frac{27}{7}R$$

(문제 2-2) [10점]

다이오드의 정류 작용에 의해 $n \geq 4$ 인 저항에는 전류가 흐르지 않고 차단된다.



따라서 문제의 회로는 총 5개의 저항의 병렬 연결로 아래와 같이 간단히 표현된다.

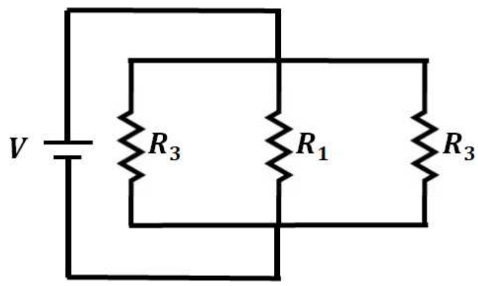


가) 5개의 저항이 병렬로 연결되어 있는 회로에서의 전체 저항값은 아래와 같다.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1}+\frac{2}{R_2}+\frac{2}{R_3}=\frac{1}{10}+\frac{2\times 2}{10}+\frac{2\times 3}{10}=\frac{11}{10}$$

$$\therefore R_T=\frac{10}{11}\,\Omega$$

나) 위의 회로에서 짝수항의 저항을 제거했으므로 회로는 더 간단해 진다.



위와 같이 3개의 저항이 병렬로 연결되어 있는 회로에서의 전체 저항값은 아래와 같다.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1}+\frac{2}{R_3}=\frac{1}{10}+\frac{2\times 3}{10}=\frac{7}{10}$$

$$\therefore R_T=\frac{10}{7}\,\Omega$$