SPICA

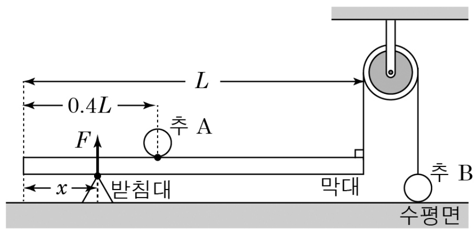
물리학2 N제

박 호 진 지음

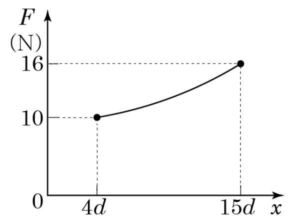
orbi.kr

07

그림 (가)와 같이 길이가 L인 막대가 수평으로 놓여 있고, 막대의 오른쪽 끝은 수평면에 놓여 있는 추 B와 도르래를 통해 실로 연결되어 있다. 받침대가 막대를 받치는 지점은 막대의 왼쪽 끝에서 x만큼 떨어져 있고, 추 A는 막대의 왼쪽 끝으로부터 $0.4L$만큼 떨어진 막대 위의 지점에 놓여 있다. 그림 (나)는 (가)에서 막대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는 범위($4d \le x \le 15d$) 안에서 받침대를 움직였을 때, 막대가 수평으로 평형을 유지하는 동안 받침대가 막대를 받치는 힘의 크기 F를 x에 따라 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10m/s^2이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 마찰은 무시한다.)



(가)



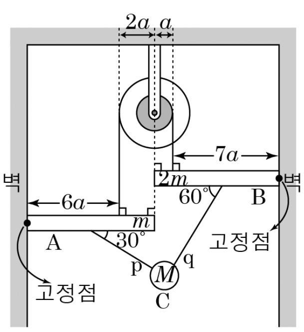
(나)

1) $\dfrac{d}{L}$는?

2) A, B의 질량의 합은?

08

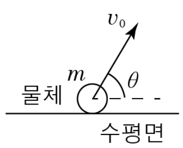
그림과 같이 한쪽 끝점이 벽면에 고정되어 고정점을 축으로 회전할 수 있는 길이가 $8a$인 막대 A, B가 각각 축바퀴의 큰 바퀴, 작은 바퀴와 실로 연결되어 수평으로 평형을 유지하고 있고, 물체 C는 A, B의 중심과 각각 실 p, q로 연결되어 정지해 있다. A, B, C의 질량은 각각 m, $2m$, M이고, 축바퀴의 큰 바퀴와 작은 바퀴의 반지름은 각각 $2a$, a이며, p, q가 수평 방향과 이루는 각은 각각 30°, 60°이다.



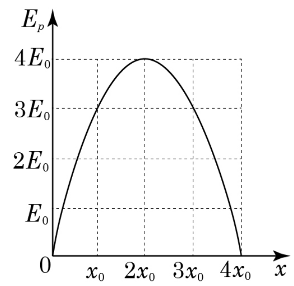
M을 m에 대해 나타내시오. (단, 중력 가속도는 일정하고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 마찰은 무시한다.)

46

그림 (가)는 수평면에서 질량 m인 물체를 v_0의 속력으로 수평면과 θ의 각을 이루는 방향으로 발사하는 것을, (나)는 (가)에서 물체를 발사한 순간부터 물체가 포물선 운동하는 동안에 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 E_p를 수평 방향 이동 거리 x에 따라 나타낸 것이다. 물체가 포물선 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지는 $5E_0$이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오. (단, 중력 가속도는 일정하고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

〈 보 기 〉

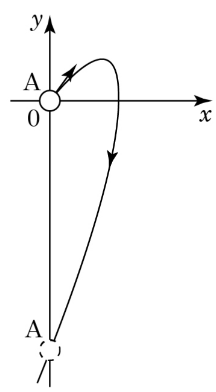
ㄱ. $v_0 = \sqrt{\dfrac{10E_0}{m}}$이다.

ㄴ. $\tan\theta = 2$이다.

ㄷ. 물체가 포물선 운동하는 동안 최고점의 높이는 $4x_0$이다.

47

그림은 xy평면 위에서 등가속도 운동을 하는 물체 A의 운동 궤적을 나타낸 것이고, 표는 A의 위치의 x, y성분을 각각 시간에 따라 나타낸 것이다. A의 질량은 2kg이다.

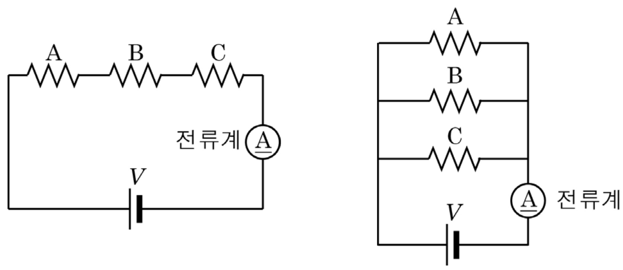


시간(초)	위치(m)	
	x성분	y성분
0	0	0
1	7	6
2	12	8
3	15	6
4	16	0

1) A에 작용하는 알짜힘의 크기를 구하시오.
2) 0초에서 8초까지 A에 작용하는 알짜힘이 A에 해준 일을 구하시오.

80

그림 (가), (나)는 전압이 V인 직류 전원, 저항 A, B, C 및 전류계로 구성한 회로를 나타낸 것이고, 표는 (가), (나)에서 A의 소비 전력과 각 전류계에서 측정한 전류의 세기를 나타낸 것이다.



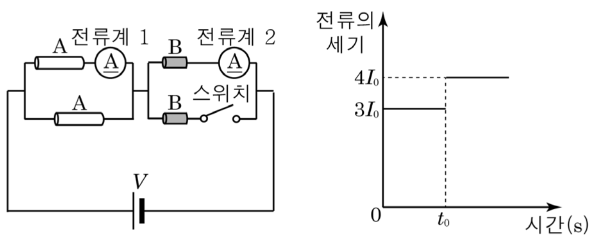
(가) (나)

	A의 소비 전력(W)	전류계에서 측정한 전류의 세기(mA)
(가)	0.1	50
(나)	1.6	500

1) V를 구하시오.
2) B, C의 저항값의 차를 구하시오.

81

그림 (가)와 같이 전압이 V인 직류 전원, 원통형 저항 A, B, 스위치, 전류계 1, 2를 이용하여 회로를 구성하였다. 그림 (나)는 전류계 1, 2 중 하나에서 측정한 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것으로 0초에서 t_0초까지는 스위치가 열려 있고, t_0초일 때 스위치를 닫았다. 표는 A, B의 길이와 단면적을 나타낸 것이다.



(가) (나)

저항	길이	단면적
A	$2L$	$3S$
B	L	$2S$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

〈 보 기 〉

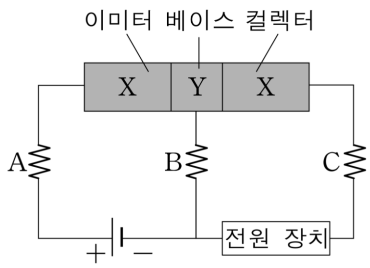
ㄱ. (나)는 전류계 2에서 측정한 전류의 세기를 나타낸 것이다.

ㄴ. 비저항은 A가 B의 $\frac{4}{3}$배이다.

ㄷ. 스위치를 닫았을 때 전류계 1, 2에 흐르는 전류의 세기는 같다.

112

그림과 같이 불순물을 첨가한 반도체 X, Y를 접합하여 만든 트랜지스터가 저항값이 동일한 저항 A, B, C와 연결되어 전기 신호를 증폭하고 있다. X와 Y는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



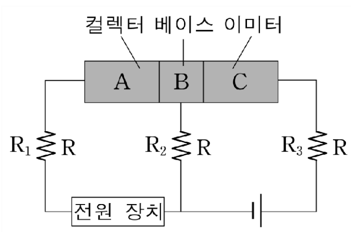
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

〈 보 기 〉

ㄱ. X는 p형 반도체이다.
ㄴ. 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. Y에는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

113

그림과 같이 불순물을 첨가한 반도체 A, B, C를 접합하여 만든 트랜지스터가 크기가 R로 같은 저항 R_1, R_2, R_3, 전원과 연결되어 신호를 증폭하고 있다. A, B, C는 각각 p형 또는 n형 반도체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

〈 보 기 〉

ㄱ. A는 n형 반도체이다.
ㄴ. 컬렉터와 베이스 사이에는 역방향 전압이 걸려있다.
ㄷ. R_3에 흐르는 전류의 세기는 R_1과 R_2에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

최대일 때 X, Y를 연결하는 오른쪽 실이 X를 당기는 힘의 크기는 mg, x가 최소일 때 X, Y를 연결하는 왼쪽 실이 X를 당기는 힘의 크기는 $\frac{mg}{k}$이다. X에 작용하는 돌림힘의 변화량을 X의 왼쪽 끝을 축으로 생각하여 a만 끊어졌을 때와 b만 끊어졌을 때에 대해 식을 세워보면 $kmg(12L-r)-mg(12L-R)=Mg\cdot 3L$,

$mg(12L-r)-\frac{mg}{k}(12L-R)=Mg\cdot 2L$이다.

연립하면 $k=\frac{3}{2}$, $M=2m$이다.

35

[정답] $M=2m$

[해설]

x가 최소일 때 상황은 두 가지 가능성을 생각해볼 수 있다. 하나는 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심이 B에 위치하게 되는 상황이고, 나머지 하나는 D에 작용하는 모든 힘의 합력이 한 점에 작용한다고 취급할 수 있는 점(이하 p라고 하자)이 받침대의 왼쪽 끝에 오게 되는 상황이다.

(1) : x가 최소일 때가 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심이 B에 위치하게 되는 상황이라고 가정해보자. 이때 B로부터 오른쪽으로 막대의 무게 중심까지 거리와 왼쪽으로 공까지의 거리의 비가 $M:2m$이 되어야 한다. 즉 $\frac{d}{2d-x}=\frac{M}{2m}$이 성립해야 하고, x에 대해 정리하면 $x=\frac{2d(M-m)}{M}$이다.

(2) : x가 최소일 때가 p가 받침대의 왼쪽 끝에 오게 되는 상황이라고 가정해보자. A와 공의 무게에 의한 힘을 제외하고 B, C, D의 무게에 의한 힘의 합력의 크기는 $4mg$이고, B, C는 D의 왼쪽 끝으로부터 각각 d, $4d$만큼 떨어져 있고 D의 무게 중심은 D의 왼쪽 끝에서 $3d$만큼 떨어진 점이므로 B, C의 무게가 D를 누르는 힘과 D에 작용하는 중력이 한 점에 작용한다고 취급할 수 있는 점의 위치는 D의 왼쪽 끝으로부터 $\frac{md+m4d+2m3d}{4m}=\frac{11}{4}d$만큼 떨어져 있다.

공과 A의 무게가 B, C를 누르는 힘은 그대로 D로 전달된다. 다시 말해, B, C가 각각 D를 누르는 힘 F_1, F_2를 B, C 각각의 무게에 의한 힘은 빼고 생각하면 F_1, F_2가 한 점에 작용한다고 취급할 수 있는 점은 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심을 그대로 중력 방향으로 D 위로 정사영한 점과 같다.

D의 왼쪽 끝으로부터 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심의 위치까지의 수평 거리를 y라 하자. p가 받침대의 왼쪽 끝, 다시 말해 D의 왼쪽 끝에서 $2d$만큼 떨어진 점에 위치한다면 $\frac{4m\frac{11}{4}d+(M+2m)y}{4m+(M+2m)}=2d$가 성립한다. y에 대해 정리하면 $y=\frac{2M+m}{M+2m}d$이다. 이때 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심의 위치가 A의 왼쪽 끝으로부터 떨어진 거리는 $y+d=\frac{3M+3m}{M+2m}d$이므로 $\frac{Mx+2m3d}{M+2m}=\frac{3M+3m}{M+2m}d$가 성립한다. x에 대해 정리하면 $x=\frac{3d(M-m)}{M}$이다.

두 상황을 분석한 결과를 봤을 때, 만약 $M\leq m$이라면 x의 최솟값은 0이 될 수밖에 없다. ($x\geq 0$이어야 하므로) 그러면 x의 최댓값은 문제 조건에 따라 $3d$가 되는데, $x=3d$일 때 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심을 중력 방향으로 D 위로 정사영한 점은 받침대의 왼쪽 끝에 오게 되고, B, C의 무게가 D를 누르는 힘과 D에 작용하는 중력이 한 점에 작용한다고 취급할 수 있는 점의 위치는 D의 왼쪽 끝으로부터 $\frac{11}{4}d$만큼 떨어져 있으므로, 즉 받침대의 오른쪽 끝에 위치하므로 p는 받침대의 중간 어딘가에 오게 된다.

이는 x가 최대라는 것에 모순이다. 따라서 $M>m$이다.

$M>m$이면 $\frac{2d(M-m)}{M}<\frac{3d(M-m)}{M}$이므로,

x가 최소일 때 상황은 후자가 됨을 알 수 있다.

즉 x의 최솟값은 $\frac{3d(M-m)}{M}$이다.

x가 최대일 때 상황 역시 두 가지 가능성을 생각해볼 수 있다. 하나는 A와 공을 하나로 묶었을 때 무게 중심이 C에 위치하게 되는 상황이고, 나머지 하나는 D에 작용하는 모든 힘의 합력이 한 점에 작용한다고 취급할 수 있는 점이 받침

서 $v_0=\sqrt{\frac{10E_0}{m}}$이다. (참)

ㄴ. 최고점에서 중력 퍼텐셜 에너지가 $4E_0$일 때 운동 에너지는 E_0이다. 최고점에서 물체의 속력은 $\frac{v_0}{\sqrt{5}}$이고, 포물선 운동하는 동안 속도의 수평 성분이 일정하므로 수평면에서 발사하는 순간 속도의 수평 성분 크기가 $\frac{v_0}{\sqrt{5}}$이다. 이에 따라 발사 속도의 연직 성분 크기는 $\frac{2v_0}{\sqrt{5}}$이다. 따라서 $\tan\theta=2$이다. (참)

ㄷ. 최고점 높이를 h라 하면 최고점 높이와 수평 도달 거리 간의 관계식 $\frac{4h}{\tan\theta}=4x_0$에서 $h=2x_0$이다. (거짓)

[참고]

수평면에서 수평면과 θ의 각을 이루는 속도로 발사된 물체의 최고점 높이를 H, 발사 순간부터 수평면에 다시 떨어지기까지 이동한 거리(수평 도달 거리)를 L이라 할 때, H와 L 사이에는 관계식 $\frac{4H}{L}=\tan\theta$이 성립한다.

47

[정답] 1) $4\sqrt{5}$N 2) 512J

[해설]

1) 주어진 표를 보면 위치의 x성분은 0초에서 4초까지 1초당 그 증가량이 2m씩 줄어든다. 즉 A의 가속도의 x성분은 -2m/s^{2}이고, A의 속도의 x성분이 0초일 때 +8m/s, 4초일 때 0임을 추론할 수 있다. 마찬가지로 위치의 y성분이 0초에서 2초까지 1초당 그 증가량이 4m/s씩 줄어드는 것을 통해 A의 가속도의 y성분이 -4m/s^{2}이며, A의 속도의 y성분이 2초일 때는 0이고, 0초일 때와 4초일 때는 각각 +8m/s, -8m/s임을 추론할 수 있다. 따라서 A의 가속도 크기는 $\sqrt{2^2+4^2}=2\sqrt{5}$(m/s^2)이고, A의 질량이 2kg이므로 알짜힘의 크기는 $2\times2\sqrt{5}=4\sqrt{5}$(N)이다.

2) 0초에서 8초까지 알짜힘이 A에 해준 일은 알짜힘의 x성분이 해준 일과 y성분이 해준 일의 합으로 구할 수 있다. 1)에서 이어서 생각하면 8초일 때 속도의 x, y성분은 각각 -8m/s, -24m/s이므로 0초에서 8초까지 A의 평균 속도의 x, y성분은 각각 0, -8m/s이고, 변위는 $-y$방향으로 -64m이다. 따라서 알짜힘의 x성분이 해준 일은 변위의 x성분이 0이므로 0이고, y성분이 해준 일만 구하면 된다. A의 가속도의 y성분은 -4m/s^{2}이고, A의 질량이 2kg이므로 알짜힘의 y성분은 -8N이다. 따라서 0초에서 8초까지 알짜힘이 A에 해준 일은 8*64=512(J)이다.

[참고]

2)를 다르게 풀 수도 있다. 일-운동 에너지 정리에 따라 0초에서 8초까지 알짜힘이 A에 하는 일은 A의 운동 에너지 변화량과 같다. 그러므로 0초일 때와 8초일 때 속력의 제곱의 차를 구해보자. A는 0초일 때 원점을 지나서 4초일 때 속도의 x성분이 0이 되므로 8초일 때는 속도의 x성분 크기가 0초일 때와 같은 8m/s가 되면서 y축을 지나게 된다. 0초일 때와 8초일 때 속도의 x성분 크기는 같으므로 속도의 y성분 크기의 제곱의 차가 곧 속력의 제곱의 차가 된다. 속도의 y성분은 0초일 때 +8m/s, 8초일 때 -24m/s이므로 속력의 제곱의 차는 576-64=512((m/s)^2)가 된다. 따라서 0초에서 8초까지 A의 운동 에너지 변화량은 $\frac{1}{2}\times2\times512=512$(J)이다.

48

[정답] ㄴ, ㄷ

[해설]

0초일 때 속도의 x, y성분을 각각 v_x(m/s), v_y(m/s)로 두자. 0초일 때 물체가 원점을 지나고, 0초에서 2초까지는 가속도의 y성분이 0이므로 2초일 때 물체의 위치의 y성분은 $2v_y$(m)이다. 또, 2초에서 4초까지는 가속도의 y성분이 4m/s^{2}이므로 4초일 때 물체의 속도의 y성분은 v_y+8(m/s)이다. 따라서 2초에서 4초까지 물체의 평균 속도의 y성분은 $\frac{v_y+(v_y+8)}{2}=(v_y+4)$(m/s)이고, 4초일 때 물체가 x축 상에 도달하려면 $(v_y+4)\times2=-2v_y$(m)가 되어야 한다. 정리하면 v_y =-2(m/s)이다.

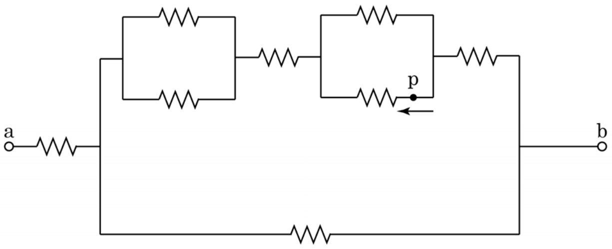
한편 0초에서 2초까지 물체의 가속도의 x성분이 2m/s^{2}이

91

[정답] ㄴ

[해설]

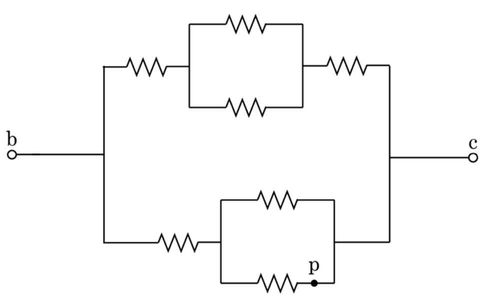
A를 a, B를 b에 연결하였을 때 a, b 사이의 저항의 연결을 익숙한 형태로 바꿔서 그리면 다음과 같다.



a, b 사이의 합성 저항값을 구해보면 $\frac{7}{4}R$이다. 전원 장치의 전압을 V라 하면, 회로 전체에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{4V}{7R}$이고, 오른쪽 위 6개 저항의 합성 저항값이 $3R$, 오른쪽 아래 1개 저항의 저항값이 R이므로 세기 $\frac{4V}{7R}$의 전류는 위쪽으로 $\frac{V}{7R}$, 아래쪽으로 $\frac{3V}{7R}$씩 나뉘어 흐른다. 또, p가 있는 쪽의 저항은 저항 하나와 병렬로 연결되어 있으므로 세기 $\frac{V}{7R}$의 전류가 다시 $\frac{V}{14R}$씩 나뉘어 흐른다. → $I=\frac{V}{14R}$

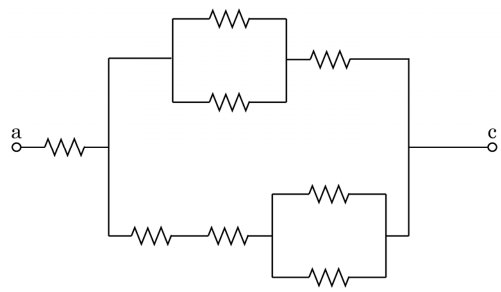
ㄱ. 전류는 전위가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐른다. p에서 전류의 방향을 볼 때 b 쪽에서 a 쪽으로 흐르고 있으므로 B가 연결된 전원 장치의 극이 (+)극, A가 연결된 전원 장치의 극이 (-)극임을 알 수 있다. (거짓)

A를 b, B를 c에 연결하였을 때 b, c 사이의 저항의 연결을 익숙한 형태로 바꿔서 그리면 다음과 같다.



ㄴ. b, c 사이의 합성 저항값을 구해보면 $\frac{15}{16}R$이고, 회로 전체에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{16V}{15R}$이다. 위쪽 4개 저항의 합성 저항값이 $\frac{5}{2}R$, 아래쪽 3개 저항의 저항값이 $\frac{3}{2}R$이므로 세기 $\frac{16V}{15R}$의 전류는 위쪽으로 $\frac{6V}{15R}$, 아래쪽으로 $\frac{10V}{15R}$씩 나뉘어 흐른다. 또, p가 있는 쪽의 저항은 저항 하나와 병렬로 연결되어 있으므로 세기 $\frac{10V}{15R}$의 전류가 다시 $\frac{5V}{15R}$씩 나뉘어 흐른다. → $\frac{5V}{15R}=\frac{14}{3}I>4I$ (참)

A를 a, B를 c에 연결하였을 때 a, c 사이의 저항의 연결을 익숙한 형태로 바꿔서 그리면 다음과 같다.



ㄷ. b, c 사이의 합성 저항값을 구해보면 $\frac{31}{16}R$이다. 이 값은 A를 a, B를 b에 연결하였을 때 a, b 사이의 합성 저항값 $\frac{7}{4}R$보다 큰 값이므로 회로 전체에서 소비되는 전력은 P보다 작다. (거짓)

92

[정답] $1:6:2$

[해설]

스위치가 열려 있을 때는 점 a에 흐르는 전류의 세기가 곧 회로 전체에 흐르는 전류의 세기와 같다. 편의상 I_1로 두자. 문제 조건에 따라 b에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2}{5}I_1$이고, 세기 I_1의 전류가 회로 오른쪽에 있는 A와 B 쪽에 나뉘어 흐

종합하면 $C_A V + C_B 2V = (C_B + C_A)\frac{4}{3}V$와 같이 식을 세울 수 있고, 정리하면 $C_A : C_B = 2 : 1$이다.

117

[정답] A, C

[해설]

A : 트랜지스터가 증폭 작용을 하여 출력 신호가 나타나기 위해서는 이미터와 베이스 사이에 순방향 바이어스 전압, 베이스와 컬렉터 사이에 역방향 바이어스 전압을 걸어주어야 한다. (O)

B : (나)와 같이 교류 입력 신호가 온전하게 증폭되어 출력 신호로 나타나기 위해 이미터와 베이스 사이에 순방향 바이어스 전압을 걸어주어야 한다. 만약 순방향 바이어스 전압을 걸어주지 않으면 교류 입력 신호에 의해 이미터와 베이스 사이에 역방향 전압이 걸리는 동안에는 컬렉터 전류가 흐르지 않아 (다)와 같은 출력 신호가 나타난다. 즉 (나), (다)는 각각 스위치를 a, b에 연결하였을 때의 출력 전압을 나타낸 것이다. (X)

C : 이미터와 베이스 사이에 적절한 순방향 전압이 걸려 베이스 전류가 흐르면 컬렉터 전류가 흘러 증폭된 출력 신호가 제대로 나타나지만, 교류 입력 신호에 의해 이미터와 베이스 사이에 역방향 전압이 걸리는 동안에는 베이스 전류가 흐르지 않아 컬렉터 전류도 흐르지 않는다. 즉 이미터와 베이스 사이에 순방향 바이어스 전압을 걸어주지 않았을 때 (다)와 같은 출력 신호가 나타나는 것은 스위칭 작용 때문이다. (O)

118

[정답] 1) ㄴ

2) $R_C = \dfrac{\frac{2}{3}V_{CC} - (V_{CE} - V_{BE})}{\frac{V_{CC}}{3} - V_{BE}}R$

[해설]

1)

ㄱ. 이미터 전류와 컬렉터 전류의 방향을 통해 트랜지스터는 n-p-n형 트랜지스터임을 결정할 수 있다. 즉 X, Y는 각각 n형 반도체, p형 반도체이다. n형 반도체인 X의 주요 전하 운반자는 전자이다. (거짓)

ㄴ. n-p-n형 트랜지스터에서 이미터에 있는 대부분의 전자는 베이스를 지나 컬렉터 방향으로 확산하여 전류의 증폭 작용이 일어난다. (참)

ㄷ. 이미터 전류의 세기(I_a)는 베이스 전류의 세기와 컬렉터 전류의 세기(I_b)의 합과 같다. 즉 $I_a > I_b$이다. (거짓)

2) 베이스 전류의 세기를 무시할 때, 전원 장치의 전압 V_{CC}는 왼쪽 아래의 저항값이 R인 저항과 오른쪽 아래의 저항값이 $2R$인 저항에 각각 $\frac{R}{R+2R}V_{CC} = \frac{V_{CC}}{3}$, $\frac{2R}{R+2R}V_{CC} = \frac{2V_{CC}}{3}$ 씩 분배된다.

이미터 쪽의 전위를 V_E라 두자. n-p-n형 트랜지스터이므로 베이스 쪽 전위가 이미터 쪽 전위보다 높고, 컬렉터 쪽 전위가 베이스 쪽 전위보다 높다. 따라서 베이스 쪽의 전위, 컬렉터 쪽의 전위는 각각 $V_E + V_{BE}$, $V_E + V_{CE}$이다.

베이스 전류의 세기를 무시하면 $I_a \fallingdotseq I_b$이다.

따라서 편의상 $I_a = I_b = I$로 두면,

$(V_E + V_{BE}) - (V_E - IR) = V_{BE} + IR = \frac{V_{CC}}{3}$,

$(V_E + V_{CE} + IR_C) - (V_E + V_{BE})$

$= V_{CE} - V_{BE} + IR_C = \frac{2V_{CC}}{3}$이다.

연립해서 정리하면

$R_C = \dfrac{\frac{2}{3}V_{CC} - (V_{CE} - V_{BE})}{\frac{V_{CC}}{3} - V_{BE}}R$이다.