2020학년도 일반논술 전형 의예과(물리)

==

【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 연결된 줄을 팽팽하게 잡아당기면 줄은 물체에서 멀어지려는 방향으로 줄을 따라 물체를 잡아당긴다. 이때 줄이 팽팽히 당겨진 긴장 상태에 있기 때문에 이러한 힘을 장력이라고 한다. 줄에 걸린 장력은 물체에 작용하는 힘의 크기와 같다. 일반적으로 장력은 T 로 표시한다.

(다) 운동하는 물체의 질량(m)과 속도(v)에 비례하는 물리량을 운동량(p)이라 하고, 물체의 질량과 속도의 곱($p=mv$)으로 나타낸다. 여러 물체 사이에 생기는 다양한 상호작용이 발생해도 알짜힘이 0일 때, 운동량의 합은 항상 보존이 되며 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.

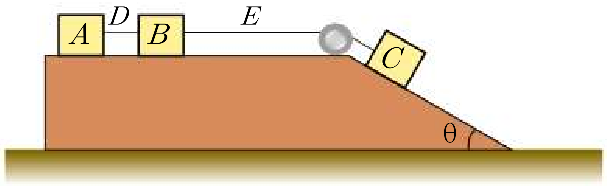
(라) 충돌과 같은 물리적 현상에서 운동량 보존은 외력이 작용하지 않는 모든 충돌에서 성립한다. 운동에너지 보존은 항상 성립하지 않는다. 그러나 당구공의 충돌처럼 충돌 전후의 운동 에너지가 보존되는 충돌을 탄성 충돌이라고 한다. 직선상에서 운동하는 두 물체가 탄성 충돌할 때 충돌 전과 충돌 후 두 물체의 상대속도는 다음 관계가 성립한다.

$v_1-v_2=-(v_1'-v_2')$, 여기서 v_1, v_2는 충돌 전 두 물체의 속도이고 v_1', v_2'는 충돌 후 두 물체의 속도이다.

(마) 높은 곳에서 수평으로 던진 물체는 포물선 운동을 하며, 이러한 운동은 수평 방향과 수직 방향으로 나누어 생각할 수 있다. 공기의 저항을 무시하면 수평 방향으로는 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 등속도 운동을 하고 연직 방향으로 물체에 중력이 작용하므로 등가속 운동을 한다. 따라서 물체는 수평 방향의 등속도 운동과 연직 방향의 등가속도 운동을 합성한 운동이다.

※ 아래 문제에서 중력가속도는 g를 사용하고, 물체들의 접촉면의 모든 마찰과 공기의 저항 그리고 물체의 크기는 무시한다.

(문제 1-1) <그림 1>과 같이 수평면에 물체 A, B와 경사각이 θ인 경사면에 물체 C가 가벼운 줄로 연결되어 있다. A, B, C의 질량은 각각 m, $2m$, $3m$이다. A와 B는 수평면에서, C는 경사면 시작 부분에서, 정지상태에서 출발한다. B와 C 사이의 줄의 길이는 경사면의 거리 s보다 길다.(10점)



<그림 1>

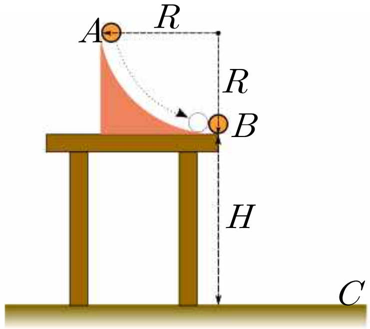
(가) 세 물체 A, B, C에 각각 뉴턴의 운동 제 2법칙을 적용하여 가속도를 구하고, 줄 D와 줄 E에 각각 작용하는 장력의 크기를 구하여라.

(나) 물체 C가 경사면 중점($s/2$)에 왔을 때 줄이 끊어졌다. 줄 E에서 끊어진 경우 물체 C가 바닥에 도달했을 때 속도는 줄 D가 끊어진 경우의 몇 배인지 논술하여라.

(문제 1-2) <그림 2>는 질량 $m_1=m$인 물체가 테이블로부터 높이 R의 위치 A에서 중력에 의해 마찰이 없는 구형 면을 따라 미끄러져 내려와, 테이블 위 B에 정지해 있는 $m_2=m/3$인 물체와 정면으로 탄성충돌한 후, 포물선 운동을 하며 바닥 C로 떨어지는 것을 나타낸 것이다. 구형면의 반지름은 R이고 바닥으로부터 테이블의 높이는 H이다. (10점)

(가) 충돌 직후 두 물체의 속도를 구하여라.

(나) 처음으로 바닥에 떨어진 두 물체 사이의 수평거리를 구하여라.



<그림 2>

[문항해설]

1-1. 뉴턴의 운동 제2법칙을 적용하여 속도, 가속도, 장력을 구하는 문제임.
1-2. 역학적에너지 보존법칙, 운동량 보존법칙, 포물선 운동을 이해하고 적용하는 문제임.

[예시답안]

(문제 1-1) (10점)

(가)

A: $T_D = ma$

B: $T_E - T_D = 2ma$

C: $3mgsin\theta - T_E = 3ma$

위의 식을 다 합하면 $3mgsin\theta = 6ma \quad \therefore a = \frac{1}{2}gsin\theta$

장력을 구하면

$T_D = ma = \frac{1}{2}mg\sin\theta,$

$T_E = 3mg\sin\theta - 3ma = \frac{3}{2}mg\sin\theta$

(나)

E줄이 끊어진 경우 속도(v_E)

공식 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 이용

먼저 $\frac{s}{2}$내려갔을 때 속도를 구하면 $v_{\frac{s}{2}}^2 = 2\times\frac{1}{2}gsin\theta\frac{s}{2} \quad \therefore v_{\frac{s}{2}}^2 = \frac{1}{2}gsin\theta s$

끊어진 후 $\frac{s}{2}$내려간(바닥) 뒤 속도를 구하기 위해 $v_0 = v_{\frac{s}{2}}$로 두고,

가속도는 $gsin\theta(3mgsin\theta = 3ma)$

공식 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 이용하여 풀면

$v_E^2 - \frac{1}{2}gsin\theta s = 2gsin\theta\frac{s}{2} \qquad \therefore v_E = \sqrt{\frac{3}{2}gsin\theta s}$ ------(1)

D줄이 끊어진 경우 속도(v_D) 위와 같은 방식으로 풀이하면

먼저 $\frac{s}{2}$내려갔을 때 속도를 구하면 $v_{\frac{s}{2}}^2 = 2\times\frac{1}{2}gsin\theta\frac{s}{2} \quad \therefore v_{\frac{s}{2}}^2 = \frac{1}{2}gsin\theta s$

끊어진 후 $\frac{s}{2}$내려간(바닥) 뒤 속도를 구하기 위해 $v_0 = v_{\frac{s}{2}}$로 두고,

가속도는 $\frac{3}{5}gsin\theta(3mgsin\theta = 5ma)$

공식 $v^2 - v_0^2 = 2as$ 이용하여 풀면

$v_D^2 - \frac{1}{2}gsin\theta s = 2\times\frac{3}{5}gsin\theta\frac{s}{2} \qquad \therefore v_D = \sqrt{\frac{11}{10}gsin\theta s}$ ------(2)

$\frac{(1)}{(2)} = \sqrt{\frac{15}{11}}$ 배

(문제 1-2) (10점)

(가)물체 A가 B와 충돌직전의 속도(v_A)는 역학적에너지 보존법칙을 이용하면

위치에너지=운동에너지

$mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 \quad \therefore v_A = \sqrt{2gR}$

이 후 탄성충돌하였으므로 운동에너지 보존법칙과 운동량보존법칙을 동시에 적용하면

$m\sqrt{2gR} + 0 = mv_A^{'} + \frac{m}{3}v_B^{'}$ -----(1)

$\frac{1}{2}m2gR + 0 = \frac{1}{2}mv_A{'^2} + \frac{1}{2}\frac{m}{3}v_B{'^2}$ ---(2)

(1)과 (2)를 연립으로 풀면

$v_A^{'} = \frac{1}{2}\sqrt{2gR} \qquad v_B^{'} = \frac{3}{2}\sqrt{2gR}$

(나)

수평거리 구하는 식

$R = v_0 t$ (처음속도 X 낙하시간)

낙하시간은 같다.

낙하시간은 높이 H에서 자유낙하 하는 시간과 같으므로

$H = \frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

따라서 두 물체 사이의 거리 = $\frac{3}{2}\sqrt{2gR} \times \sqrt{\frac{2H}{g}}$ - $\frac{1}{2}\sqrt{2gR} \times \sqrt{\frac{2H}{g}}$ = $\sqrt{4RH}$

【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(25점)

(가) 대전입자가 자기장 속에 들어가면 어떤 방향으로 휘게 된다는 사실이 알려져 있다. 실험에 의하면 입자가 받는 자기력에 대해 다음 사실을 알 수 있다. 입자에 작용하는 자기력은 전하량 q와 전하의 속력 v 그리고 자기장의 세기 B에 비례한다. 입자의 운동 방향과 자기장 사이의 각이 θ를 이룰 때 입자에 작용하는 자기력은 $\sin\theta$에 비례한다. 양전하의 자기력의 방향은 오른 손 네 손가락을 입자의 운동 방향에서 자기장의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

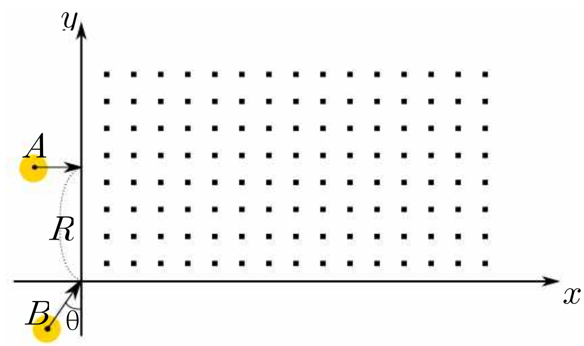
(나) 물체가 원운동을 할 때 원의 중심방향으로 구심 가속도가 생긴다. 원운동 하는 물체에서 구심 가속도가 생기게 하는 힘을 구심력이라고 한다. 뉴턴의 운동 제2법칙에 따르면, 가속도는 물체에 가해지는 힘과 같은 방향으로 작용한다. 따라서 구심력의 방향은 구심 가속도의 방향과 같고, 구심력의 크기 F 는 뉴턴의 운동 제2법칙에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$F = m\frac{v^2}{r}$, m 은 원운동 하는 물체의 질량, r 은 원운동의 반지름, v 는 속도

(다) 코일 근처에서 자석이 움직이거나 자석 근처에서 코일이 움직여 코일 속을 통과하는 자기력선속이 변할 때 코일에 전류가 유도되는데 이러한 현상을 전자기 유도라고 한다. 이때 코일에 전류를 흐르게 하는 전위차를 유도기전력이라고 한다. 실험에 의하면 코일을 통과하는 자기력선속이 변할 때 코일에 유도되는 유도기전력의 크기는 코일을 통과하는 자기력선속의 시간에 따른 변화율에 비례한다. 이것을 패러데이 전자기 유도법칙이라고 한다. 렌츠는 유도 전류가 만드는 자기장의 방향이 자기력선속의 변화를 방해하는 방향이라는 것을 발견하였다. 이것을 렌츠법칙이라고 한다.

※ 아래 문제에서 양성자의 질량은 $m_p \simeq 1.6\times10^{-27}$kg이고 전하량은 $e = 1.6\times10^{-19}$C이다. 중력 가속도는 g이고 마찰과 공기의 저항은 무시한다.

(문제 2-1) <그림 3>에서 운동에너지 1.28×10^{-12}J로 평면에서 움직이는 두 개의 양성자가 있다. 1.00T의 균일한 자기장이 종이 면을 뚫고 나오고 있다. 자기장 영역의 경계선을 A의 위치에서 수직으로, B의 위치에서 $\theta = 30^\circ$ 인 방향으로, 자기장에 시간차를 두고 두 양성자를 입사시킨다. 양성자가 자기장 영역을 운동한 후 x축을 통과해 빠져 나온다. (A와 B는 xy평면 상에서 운동한다.) (15점)

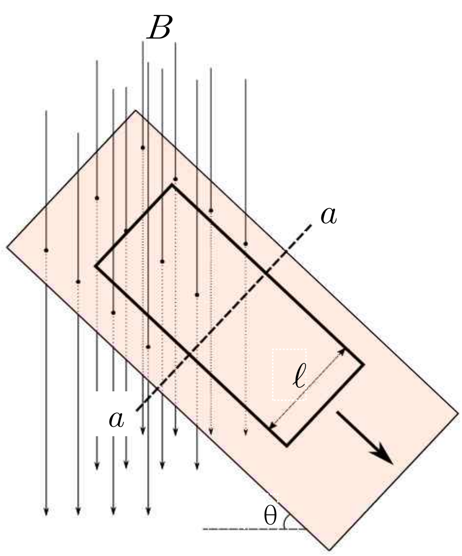


<그림 3>

(가) A로 들어간 양성자의 회전반지름 R을 구하여라.
(나) 두 양성자가 자기장 영역으로부터 완전히 빠져나왔을 때 x축을 통과한 두 위치 사이의 거리를 구하여라.
(다) A와 B로 들어간 두 양성자가 자기장 영역 안에서 운동하는 시간의 차이를 구하여라.

(문제 2-2) <그림 4>에서 자속밀도 B인 연직 아래 방향의 균일한 자기장이 aa선 위쪽 영역에만 존재한다. 너비가 ℓ이고 저항이 R, 질량이 m인 긴 직사각형의 고리도선이 수평면과 θ로 기울어진 경사면 위에서 등속으로 미끄러진다. (10점)

(가) 고리에 유도되는 전류의 크기와 방향을 구하여라.
(나) 고리의 속도를 구하여라.
(다) 고리회로에서 단위시간당 소모되는 전기에너지와 단위시간당 중력이 한 일을 구하여 에너지 보존 법칙에 대하여 논의하여라.



<그림 4>

[문항해설]

2-1. 자기장 내에서 운동하는 대전입자가 받는 힘을 구하고 운동을 해석하는 문제.

2-2. 전자기 유도법칙을 이해하고 적용하는 능력 및 에너지 보존법칙을 묻는 문제.

[예시답안]

(문제 2-1) (15점)

(가) 입자가 자기장 내에서 운동 방향과 수직인 힘 자기력을 받아 원운동을 한다.

이 때 구심력=자기력

$m\frac{v^2}{r} = Bqv$

운동에너지가 주어져 있으므로 속도는

$1.28 \times 10^{-12} = \frac{1}{2}mv^2 \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2(12.8 \times 10^{-13})}{1.6 \times 10^{-27}}} = 4 \times 10^7 m/s$

따라서 $R = \frac{mv}{Bq} = \frac{1.6 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^7}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.4m$

(나)

x축을 통과하는 거리차이=$x_B - x_A$

$x_A = R$, $\quad x_B = 2R\cos 30^0 = \sqrt{3}R$

x축을 통과하는 거리차이=$x_B - x_A$=$(\sqrt{3}-1)R = (1.731-1) \times 0.4 ≒ 0.29m$

(다)

입자 A가 머무는 시간은 주기의 1/4 , 입자 B가 머무는 시간은 주기의 1/3이다.

주기를 구하는 식은 $T = \frac{2\pi R}{v}$=$\frac{2 \times 3.14 \times 0.4}{4 \times 10^7}$

시간 차이 = $\frac{1}{12}T$ =$0.52 \times 10^{-8}s$

(문제 2-2) (10점)

(가)

방향: 렌츠의 법칙 적용하면 시계방향

등속운동하므로 도선에 유도된 전류에 의한 자기력과 사각형 고리가 빗면을 내려가려는 힘이 같다.

$mgsin\theta = Bilcos\theta \quad \therefore i = \frac{mgsin\theta}{Bl\cos\theta}$

(나)

빗면을 내려가려는 힘 = 자기력

$mgsin\theta = Bil\cos\theta$ ---(1)

그런데 옴의 법칙에 의해 $i = \frac{V}{R} = \frac{Blcos\theta v}{R}$ ---(2)

(2)를 (1) 대입하면

$v = \frac{mgRsin\theta}{B^2l^2\cos\theta^2}$

(다)

단위시간당 전기에너지 $E = i^2Rt = i^2R \times 1 = (\frac{mgsin\theta}{Blcos\theta})^2R$

단위시간당 중력이 한 일 $W = Fv = mgsin\theta \times \frac{mgRsin\theta}{B^2l^2\cos\theta^2} = (\frac{mgsin\theta}{Blcos\theta})^2R$

두 값이 같으므로 에너지 보존법칙이 성립한다.