2023학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제지
[창의인재-의예과(물리학)]

===

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(30점)

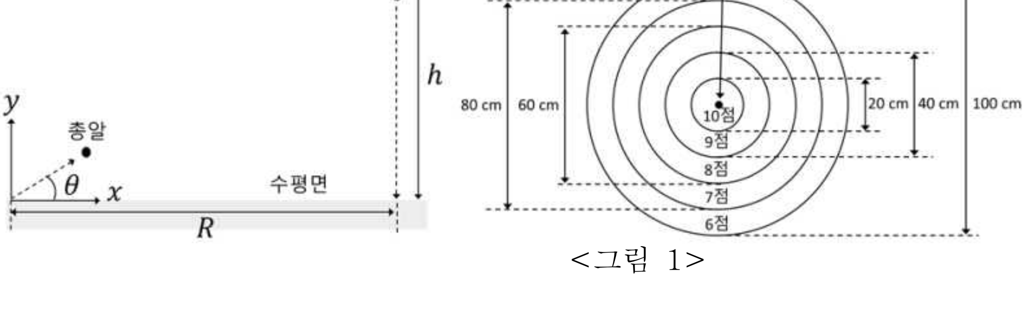
(가) 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 물체가 가속된다. 가속도 a는 물체에 작용하는 알짜힘 F에 비례하고 질량 m에 반비례한다. 이를 수식으로 나타내면 $F = ma$이다. 이것을 뉴턴 운동 제2법칙이라고 한다.

(나) 공기 저항을 무시할 때 지표면 근처의 상공에서 잡고 있던 물체를 가만히 놓으면 물체는 지구 중심 쪽을 향하여 떨어진다. 이와 같이 초기 속도의 크기, 방향과 상관없이 중력의 영향만을 받아 낙하하는 물체의 운동을 자유낙하 운동이라 한다. 정지 상태에서 물체가 자유 낙하할 때 뉴턴 운동 제2법칙에 의해 $mg = ma$가 성립하므로 $a = g$, 즉 물체는 가속도가 중력가속도 g인 등가속도 운동을 한다. 이때 처음 위치를 기준점으로 할 때 연직 아래 방향을 (+)로 하면 t초 후의 속도 v와 낙하 거리 h는 다음과 같다.

$$v = gt, \quad h = \frac{1}{2}gt^2, \quad v^2 = 2gh$$

(다) 물체를 수평면으로부터 일정한 각을 갖도록 비스듬히 쏘아 올리면 물체의 초기 속도는 처음부터 수직 성분과 수평 성분을 갖고 출발한다. 공기 저항을 무시할 때 물체의 수직 방향의 운동을 보면 중력 가속도가 작용하여 물체의 속력이 점차 줄어들다가 어느 순간 정지하게 된다. 이때 정지하는 지점의 높이가 물체가 위로 올라갈 수 있는 최대 높이이다. 그 후 물체는 방향을 바꾸어 아래로 점차 속력이 증가하는 가속도 운동을 한다. 한편 수평 방향의 운동은 초기 수평 방향의 속도를 그대로 유지하는 운동이다. 두 운동이 합쳐져 물체는 포물선 운동을 하는 것으로 관찰된다.

※ 아래 문제에서 중력가속도 g는 10 m/s^{2}로 가정하고, 공기의 저항은 무시한다. <그림 1>의 (가)에서 수평면에서 과녁의 중심까지의 높이 h는 6 m이고, 총알을 쏘는 지점으로부터 과녁까지의 수평 이동거리 R은 8 m이다. <그림 1>의 (나)는 과녁의 크기와 점수를 보여주고 있다. (단, 과녁의 두께와 총알의 크기는 무시하고 총알이 경계에 맞으면 더 높은 점수를 인정한다.)



<그림 1>

[문제 1-1] <그림 1>의 (가)와 같이 수평면으로부터 높이 h에 매달린 과녁의 중심을 과녁으로부터 수평방향으로 R 만큼 떨어진 곳에서 총으로 조준하고 있다가 과녁이 자유낙하를 시작하는 순간 총알을 발사했다. 그 이후 과녁의 바닥이 수평면에 닿을 때까지 0.01 초 간격으로 계속 총알을 동일한 각도(θ)로 발사한다면 총 몇 점을 얻게 되는지 구하시오. (단, 모든 총알의 초기 속도의 크기는 10 m/s이다.)**(15점)**

[문제 1-2] <그림 1>의 (가)와 같이 수평면으로부터 높이 h에 매달린 과녁의 중심을 과녁으로부터 수평방향으로 R 만큼 떨어진 곳에서 총으로 조준하고 있다가 과녁이 자유낙하를 시작하는 순간 총알을 발사했다. 그 이후 과녁의 바닥이 수평면에 닿을 때까지 0.01 초 간격으로 매순간 과녁의 중심을 향해 다시 조준하고 총알을 발사한다면 총 몇 점을 얻게 되는지 구하시오. (단, 각각의 총알의 초기 속도는 x방향 속도가 8 m/s가 되도록 한다.)**(15점)**

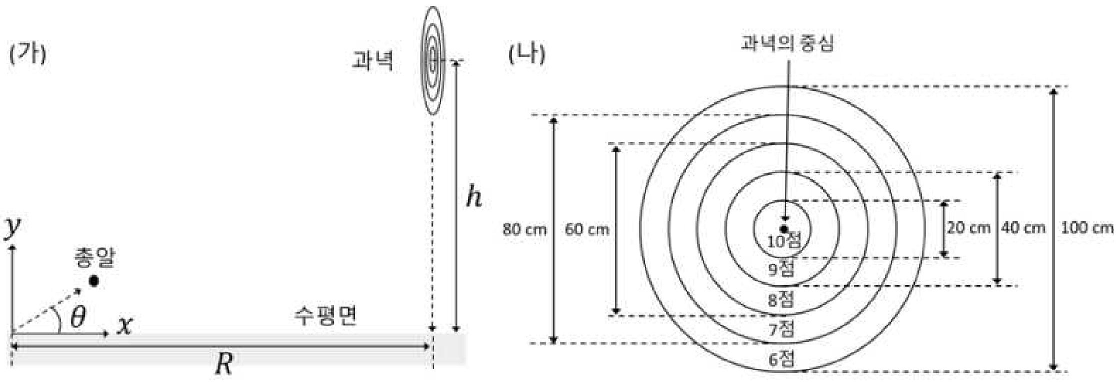
[문항해설]

(문제1-1) 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측하는 문제이다. 직선상에서 물체의 운동 그리고 평면상의 포물선 운동을 바탕으로 물체의 거동을 정확하게 이해하고 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다.

(문제1-2) 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측하는 문제이다. 직선상에서 물체의 운동 그리고 평면상의 포물선 운동을 바탕으로 물체의 거동을 정확하게 이해하고 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다.

[예시답안]

(문제 1-1) [15점]



==

첫 번째 총알 발사 후 0.01초 간격으로 총알이 발사될 때 과녁 바닥이 수평면에 닿기 전까지 총알 몇 발이 과녁에 도착하는지 구한다. (5점)

==

1) 과녁 바닥이 수평면에 닿기 전에 총알이 과녁에 도착하려면 총알이 도착하는 시간에 과녁 바닥의 높이가 0보다 크거나 같아야한다.

과녁 바닥의 초기 높이 = 과녁 중심의 높이(6 m) - 과녁의 반지름(0.5 m) = 5.5 m

$y_{\text{과녁 바닥}} = 5.5 - 5t^2 \geq 0, \quad 5t^2 \leq 5.5, \quad t^2 \leq 1.1$

첫 번째 총알이 과녁에 도착하는 시간 : $t = \dfrac{R}{vcos\theta} = \dfrac{8}{10 \times \dfrac{8}{10}} = 1$초

따라서 첫 번째 총알 발사 후 각각의 총알이 과녁에 도착하는 시간 :

1초, 1.01초, 1.02초, 1.03초, 1.04초, 1.05초, 1.06초...

$1.04^2 = 1.0816 < 1.1, \quad 1.05^2 = 1.1025 > 1.1$

따라서 1초, 1.01초, 1.02초, 1.03초, 1.04초에 도착한 총알 5발만 과녁을 맞춘다.

==

과녁의 자유낙하 운동방정식을 이용하여 각각의 총알이 과녁에 도착하였을 때, 총알의 높이와 과녁의 중심의 높이 차이의 방정식을 구한다. (5점)

==

1) 포물선 운동방정식을 이용하여 각각이 총알이 과녁에 도달하였을 때 높이를 구한다.

각각의 총알이 과녁에 도달하는 데 걸리는 시간은 1초로 동일하다.

따라서 그때 총알의 높이

$y_{총알} = v_{총알의\,초기속도}\sin\theta(1) - \frac{1}{2}g(1)^2 = 10\times\frac{6}{10}\times 1 - 5\times 1 = 1\,m$로 동일하다.

이때 과녁 중심의 높이 $y_{과녁} = h - \frac{1}{2}gt^2 = 6 - 5t^2$

높이차이 $= y_{총알} - y_{과녁} = 5t^2 - 5 = 5(t^2-1) = 5(t+1)(t-1)$

==

각각의 총알이 과녁에 도착하였을 때, 총알과 과녁의 중심의 높이 차이를 이용하여 점수를 구한다. (5점)

==

1) 총알이 과녁에 도착한 시간을 이용하여 총알과 과녁의 중심의 높이 차이를 계산한 후 각각의 점수를 계산한다.

첫 번째 총알(t=1)의 높이 차이 = 0 m (10 점)
두 번째 총알(t=1.01)의 높이 차이 = 0.1005 m = 10.05 cm (9 점)
세 번째 총알(t=1.02)의 높이 차이 = 0.202 m = 20.2 cm (8 점)
네 번째 총알(t=1.03)의 높이 차이 = 0.3045 m = 30.45 cm (7 점)
다섯 번째 총알(t=1.04)의 높이 차이 = 0.408 m = 40.8 cm (6 점)

따라서 총점: 40점

(문제 1-2) [15점]

==

포물선 운동과 자유 낙하하는 운동의 운동방정식을 통해 첫 번째 총알이 과녁을 명중함을 증명한다. (5점)

==

1) 총알과 과녁이 모두 정지 상태에서 출발한 경우 총알이 과녁에 도착했을 때 총알의 높이와 과녁의 높이를 비교한다.

총알이 과녁에 도착하는 시간 $t = \dfrac{R}{vcos\theta}$

그때 총알의 높이

$$y_{총알} = vsin\theta \bullet t - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{Rsin\theta}{\cos\theta} - \frac{1}{2}g(\frac{R}{vcos\theta})^2 = Rtan\theta - \frac{1}{2}g(\frac{R}{vcos\theta})^2$$

$$= h - \frac{1}{2}g(\frac{R}{vcos\theta})^2$$

$(\tan\theta = \dfrac{h}{R})$

과녁 중심의 높이

$$y_{과녁} = h - \frac{1}{2}gt^2 = h - \frac{1}{2}g(\frac{R}{vcos\theta})^2 = y_{총알}$$

따라서, 총알과 과녁이 정지 상태에서 출발한 경우 총알은 과녁의 중심에 명중한다.

==

포물선 운동과 자유낙하 운동방정식을 이용하여 각각의 총알이 과녁에 도착하였을 때, 총알의 높이를 구한다. (5점)

==

1) 총알이 과녁에 도착했을 때 높이는 총알이 발사될 당시 과녁의 중심의 높이에서 정지한 물체가 자유낙하 한 높이와 같다.

각각의 총알이 과녁에 도착하는 데 걸리는 시간은 1초로 동일하다.
총알이 과녁에 도달했을 때 높이는

$y_{과녁에\ 도착한\ 총알} = y_{초기\ 과녁의\ 중심} - 5(1)^2$ 이다.

$$y_{초기\ 과녁의\ 중심} = 6 - 5t^2_{총알이\ 발사될\ 때}$$

$$y_{과녁에\ 도착한\ 총알} = 6 - 5t^2_{총알이\ 발사될\ 때} - 5 = 1 - 5t^2_{총알이\ 발사될\ 때}$$

2) 총알이 발사될 때 과녁 중심의 높이를 구한다.

첫 번째 총알이 발사(t=0) 될 때 과녁 중심의 높이 = 6 m
두 번째 총알이 발사(t=0.01) 될 때 과녁 중심의 높이 = 5.9995 m
세 번째 총알이 발사(t=0.02) 될 때 과녁 중심의 높이 = 5.998 m
네 번째 총알이 발사(t=0.03) 될 때 과녁 중심의 높이 = 5.9955 m
다섯 번째 총알이 발사(t=0.04) 될 때 과녁 중심의 높이 = 5.992 m

3) 총알이 과녁에 도착할 때 총알의 높이

첫 번째 총알이 과녁에 도착(t=1)할 때 총알의 높이 = 1 m
두 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.01)할 때 총알의 높이 = 0.9995 m
세 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.02)할 때 총알의 높이 = 0.998 m
네 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.03)할 때 총알의 높이 = 0.9955 m

다섯 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.04)할 때 총알의 높이 = 0.992 m

==

자유낙하 운동방정식을 이용하여 각각의 총알이 과녁에 도착하였을 때, 과녁 중심의 높이를 구하고 총알과 과녁 중심의 높이 차이를 이용하여 점수를 구한다. (5점)

==

1) 총알이 과녁에 도착했을 때 과녁 중심의 높이를 구한다.

$y_{\text{과녁 중심}} = 6 - 5t^2_{\text{총알이 도착했을 때}}$ 이다.

첫 번째 총알이 과녁에 도착(t=1)할 때 과녁 중심의 높이 = 1 m
두 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.01)할 때 과녁 중심의 높이 = 0.8995 m
세 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.02)할 때 과녁 중심의 높이 = 0.798 m
네 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.03)할 때 과녁 중심의 높이 = 0.6955 m
다섯 번째 총알이 과녁에 도착(t=1.04)할 때 과녁 중심의 높이 = 0.592 m

2) 위의 값들을 이용하여 총알과 과녁의 중심의 높이 차이를 계산한 후 각각의 점수 계산한다. (단, 경계에 맞을 경우 높은 점수를 적용)

첫 번째 총알(t=1)과 과녁 중심의 높이 차이 = 0 m (10 점)
두 번째 총알(t=1.01)과 과녁 중심의 높이 차이 = 0.1 m = 10 cm (10 점)
세 번째 총알(t=1.02)과 과녁 중심의 높이 차이 = 0.2 m = 20 cm (9 점)
네 번째 총알(t=1.03)과 과녁 중심의 높이 차이 = 0.3 m = 30 cm (8 점)
다섯 번째 총알(t=1.04)과 과녁 중심의 높이 차이 = 0.4 m = 40 cm (7 점)

따라서 총점: 44점

【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(10점)

(가) 뉴턴이 빛의 본성은 입자일 것이라고 발표할 당시, 하위헌스를 중심으로 일부 학자들은 빛이 파동이라는 증거를 제시하였다. 그러나 빛이 파동이라는 사실을 확실하게 보여 주는 실험을 수행한 사람은 영국의 물리학자 영이었다. 19세기 초 영은 슬릿에서 나온 빛을 다시 이중 슬릿에 통과시키면 스크린에 밝고 어두운 무늬가 생기는 것을 발견하였다.

(나) 빛은 파동의 성질을 지니고 있기 때문에 두 빛이 중첩되면 물결파의 간섭에서와 마찬가지로 간섭 현상이 나타나며, 보강 간섭 지점은 밝아지고 상쇄 간섭 지점은 어두워진다.

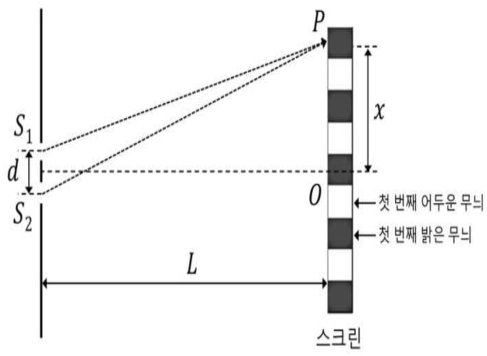
(다) <그림 2>와 같이 파장이 λ인 레이저 빛이 슬릿 S_1과 S_2를 통과하여 스크린의 중심 O에서 x만큼 떨어진 점 P에서 만날 때, 점 P에서 S_1과 S_2로부터 경로차가 반파장의 짝수 배가 되는 지점에서 보강 간섭이 일어나고, 반파장의 홀수 배가 되는 지점에서 상쇄 간섭이 나타난다.

(라) <그림 2>의 이중 슬릿에서 동일한 위상으로 빛이 나올 때 P에서 보강 간섭 또는 상쇄 간섭 현상이 나타나기 위한 조건은 다음과 같다. (λ는 통과하는 빛의 파장, d는 이중 슬릿의 간격, L은 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리)

보강 간섭: $d\dfrac{x}{L}=\dfrac{\lambda}{2}(2m) \quad (m=0,1,2,3,\cdots)$

상쇄 간섭: $d\dfrac{x}{L}=\dfrac{\lambda}{2}(2m+1) \quad (m=0,1,2,3,\cdots)$

※ 1 nm = 1 × 10^{-9} m, 1 μm = 1 × 10^{-6} m



<그림 2>

[문제 2-1] 파장이 600 nm인 레이저 빛을 슬릿 간격이 180 μm인 이중 슬릿에 비춘 후 이로부터 3 m 떨어진 스크린에 간섭무늬가 만들어지게 하였다. 스크린 중앙에서 4번째 어두운 무늬까지의 거리는 얼마인지 구하시오.**(5점)**

[문제 2-2] [문제 2-1]과 같이 슬릿 간격이 180 μm인 이중 슬릿에 다른 파장의 레이저 빛을 비춘 후 이로부터 3 m 떨어진 스크린에 간섭무늬가 만들어지게 하였다. 이번에는 [문제 2-1]에서 구한 위치에 스크린 중앙에서 3번째 밝은 무늬를 만드는 빛의 파장을 구하시오.**(5점)**

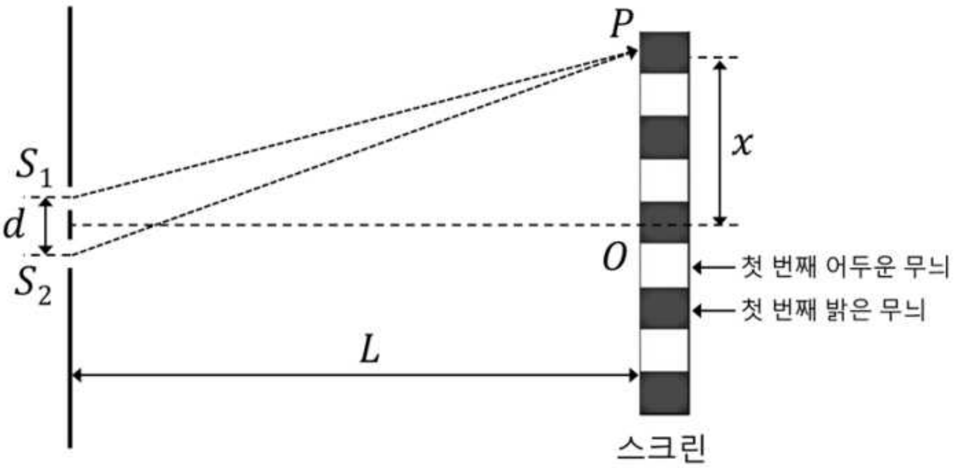
[문항해설]

(문제2-1) 이중 슬릿 실험에서 파동의 간섭을 이해하는 문제이다. 이중 슬릿의 간섭 실험을 이용하여 빛의 파장과 보강 간섭 및 상쇄 간섭이 일어나는 조건을 정확하게 이해하고 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다.

(문제2-2) 이중 슬릿 실험에서 파동의 간섭을 이해하는 문제임. 이중 슬릿의 간섭 실험을 이용하여 빛의 파장과 보강 간섭 및 상쇄 간섭이 일어나는 조건을 정확하게 이해하고 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다.

[예시답안]

(문제 2-1) [5점]



===

이중 슬릿의 상쇄 간섭 공식을 이용하여 어두운 무늬의 거리를 구한다. (5점)

===

1) 주어진 이중 슬릿의 상쇄 간섭 공식을 이용하여 4번째 어두운 무늬 (m = 3)인 위치를 구한다.

$$x = \frac{\lambda L}{2d}(2m+1) = \frac{600\times 10^{-9}\times 3}{2\times 180\times 10^{-6}}\times 7 = 35\times 10^{-3} = 0.035$$

따라서 4번째 어두운 무늬까지 거리는 0.035 m 또는 3.5 cm 이다.

(문제 2-2) [5점]

===

이중 슬릿의 보강 간섭 공식을 이용하여 빛의 파장을 구한다. (5점)

===

1) 주어진 이중 슬릿의 보강 간섭 공식을 이용하여 3번째 밝은 무늬 (m = 3)인 위치가 위에서 구한 0.035 m에 생기게 하는 빛의 파장을 구한다.

$$\lambda = \frac{dx}{Lm} = \frac{180\times 10^{-6}\times 35\times 10^{-3}}{3\times 3} = 700\times 10^{-9}$$

따라서 3번째 밝은 무늬가 0.035 m에 나타나게 하는 빛의 파장은 700 nm 이다.