



SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

물리학

문제편

수시모집 일반전형 면접 및 구술고사 기출 문항집

2015-2026 · 25문항 (12개년) · 전 학년도 문항·제시문 수록

목차

2026학년도

문제 1	경사면 위 도선 — 전자기력, 전자기 유도, LED	5
문제 2	회전하는 수레 — 원심력, 단진동, 볼록 렌즈, 빔면 마찰	8

2025학년도

문제 1	이중 슬릿 간섭 — 매질의 굴절률, 도플러 효과, 광전 효과	13
문제 2	n 차원 우주의 중력과 전기력 — 궤도·보어 모형·화학 결합	15

2024학년도

문제 1	탄성충돌 — 빔면·사각 우물·팽팽한 줄 위의 공	18
문제 2	전자기 — 복사압·평행판 대전·평행 도선의 자기력	19

2023학년도

문제 1	전하의 평형 · 단진동 근사 · 용수철 충돌	23
문제 2	물질파 간섭 · 전기장 가속 · 지구 궤도	25

2022학년도

문제 1	볼록 렌즈에 의한 결상	28
문제 2	원자와 천체의 궤도운동 대응	30

2021학년도

문제 1	전기 기타의 소리 전달 — 픽업·트랜지스터·스피커	32
문제 2	1차원 충돌 모형으로 본 공기 저항	34

2020학년도

문제 2	이중 슬릿과 파동성	36
------	------------	----

2019학년도

문제 1	자기장 속 하전입자의 원운동과 벽면과의 반복 충돌	38
문제 2	무한 퍼텐셜 우물 · 광전효과 · 이중 슬릿 간섭	39

2018학년도

문제 1	뮤온과 표준모형 · 2차원 탄성충돌에 의한 에너지 손실	42
문제 2	유전체가 이동하는 축전기를 포함한 RLC 직렬회로	43

2017학년도

문제 1	원형 루프에 꿰어진 두 전하의 평형과 단진동	47
문제 2	편광판을 넣은 영의 이중슬릿 간섭과 광자의 경로 정보	48

2016학년도

문제 1	그네의 단진동과 진공터널 열차	51
문제 2	자기장 속을 움직이는 반원 도체판	52

2015학년도

문제 1	자기장 속 도체 막대의 감쇠 진동	54
문제 2	감쇠 진동에서 주기당 에너지 손실률	54
문제 3	고무줄의 엔트로피와 용수철 상수의 온도 의존성	55
문제 4	고무줄 카르노 기관	55

연도별 · 단원별 출제 경향

● 주된 단원 · ○ 함께 다루어진 단원. 한 문항이 여러 단원에 걸치는 것이 이 시험의 특징이다.

연도	문항	제목	역학	전자기	파동·광학	열역학	현대물리
2026	문제 1	경사면 위 도선 — 전자기력, 전자기 유도, LED		●			○
	문제 2	회전하는 수레 — 원심력, 단진동, 볼록 렌즈, 빔면 마찰	●		○		
2025	문제 1	이중 슬릿 간섭 — 매질의 굴절률, 도플러 효과, 광전 효과			●		○
	문제 2	n 차원 우주의 중력과 전기력 — 궤도·보어 모형·화학 결합	●	○			○
2024	문제 1	탄성충돌 — 빔면·사각 우물·평평한 줄 위의 공	●				
	문제 2	전자기 — 복사압·평행판 대전·평행 도선의 자기력		●	○		
2023	문제 1	전하의 평형 · 단진동 근사 · 용수철 충돌	●	○			
	문제 2	물질파 간섭 · 전기장 가속 · 지구 궤도	○	○			●
2022	문제 1	볼록 렌즈에 의한 결상			●		
	문제 2	원자와 천체의 궤도운동 대응	●				○
2021	문제 1	전기 기타의 소리 전달 — 픽업·트랜지스터·스피커		●			
	문제 2	1차원 충돌 모형으로 본 공기 저항	●				
2020	문제 2	이중 슬릿과 파동성			●		○
2019	문제 1	자기장 속 하전입자의 원운동과 벽면과의 반복 충돌	○	●			
	문제 2	무한 퍼텐셜 우물 · 광전효과 · 이중 슬릿 간섭			○		●
2018	문제 1	뮤온과 표준모형 · 2차원 탄성충돌에 의한 에너지 손실	○				●
	문제 2	유전체가 이동하는 축전기를 포함한 RLC 직렬회로		●			
2017	문제 1	원형 루프에 꿰어진 두 전하의 평형과 단진동	○	●			
	문제 2	편광판을 넣은 영의 이중슬릿 간섭과 광자의 경로 정보			●		○
2016	문제 1	그네의 단진동과 진공터널 열차	●				
	문제 2	자기장 속을 움직이는 반원 도체판		●			
2015	문제 1	자기장 속 도체 막대의 감쇠 진동	○	●			
	문제 2	감쇠 진동에서 주기당 에너지 손실률	●	○			
	문제 3	고무줄의 엔트로피와 용수철 상수의 온도 의존성				●	
	문제 4	고무줄 카르노 기관				●	

2026학년도 · 문제편

- 문제 1** 경사면 위 도선 — 전자기력, 전자기 유도, LED
문제 2 회전하는 수레 — 원심력, 단진동, 볼록 렌즈, 빗면 마찰
-

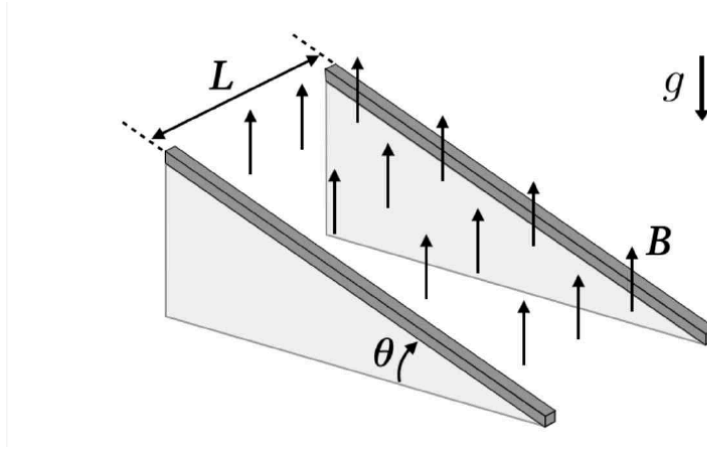
- 단원** 역학 · 전자기 · 파동·광학 · 현대물리
핵심 개념 자기장 속 전류 도선이 받는 힘, 전자기 유도와 종단속력, LED 문턱전압과 광자 에너지, 회전 좌표계의 원심력, 용수철 진자의 단진동, 볼록 렌즈의 결상, 빗면 위 마찰 운동
문항 수 2문항 (소문항 8개)

I. 문제

문제 1 경사면 위 도선 — 전자기력, 전자기 유도, LED

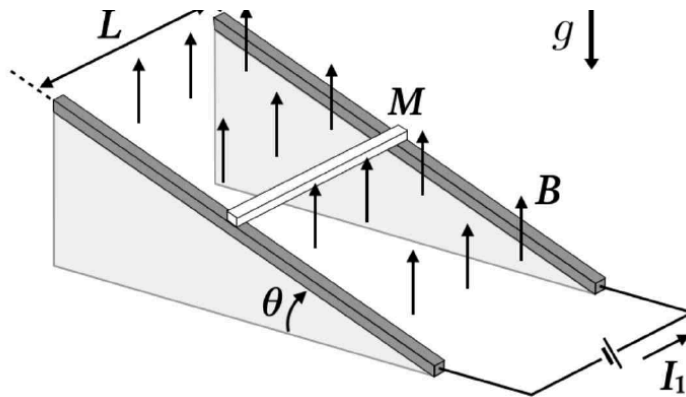
소문항 4개

아래 [그림 1-1]과 같이 서로 평행하고 가느다란 두 전도성 금속 레일이 지면에 대해 θ 의 각도로 기울어져 있다. 두 금속 레일 사이의 간격은 L 로 일정하며, 레일 사이의 공간에는 지면에서 수직으로 나오는 균일한 자기장 B 가 형성되어 있다. (단, 금속 레일이 설치된 절연체 빔면은 지면에 단단히 고정되어 움직이지 않는다. 중력가속도는 g 이다.)



[그림 1-1] 지면에서 수직으로 나오는 자기장 B 속에 놓인 경사각 θ 의 평행 레일

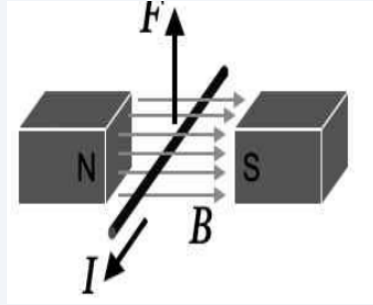
- (1-1) 앞에서 묘사한 두 금속 레일 위에, 질량이 M 이고 길이가 L 인 가느다란 전도성 금속 막대를 지면에 수평이 되도록 [그림 1-2]와 같이 놓고 고정장치로 고정해 두었다. 이제 금속 막대에 전원을 연결하여 전류 I_1 을 흐르게 하자, 고정장치를 풀어도 막대는 경사면에서 정지하여 있었다. 레일과 막대 사이의 마찰 등 모든 마찰력은 무시할 수 있다고 가정할 때, 전류 I_1 의 크기를 토막글 ①을 참고하여 주어진 다른 변수들로 표현하시오. (단, 금속 막대는 항상 양쪽 레일에 닿은 상태로 지면과 수평을 이룬 채 레일을 따라 위아래로 움직일 수 있다.)



[그림 1-2] 레일 위에 수평으로 놓인 금속 막대 (M, L) 와 전류 I_1

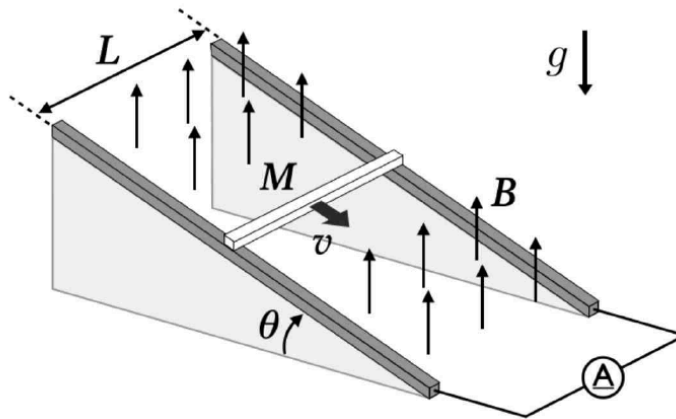
토막글 ① — 자기장 속 전류 도선이 받는 힘

[그림 1-3]은 전류 I 가 흐르는 길이 L 인 직선 도선을 크기가 B 로 균일한 자기장 속에 자기장의 방향과 수직이 되도록 놓았을 때, 이 도선이 받는 힘 F 의 방향을 나타낸 것이다. 이때 도선이 받는 힘의 크기는 $F = BIL$ 이다.



[그림 1-3] 도선이 받는 힘 F 의 방향

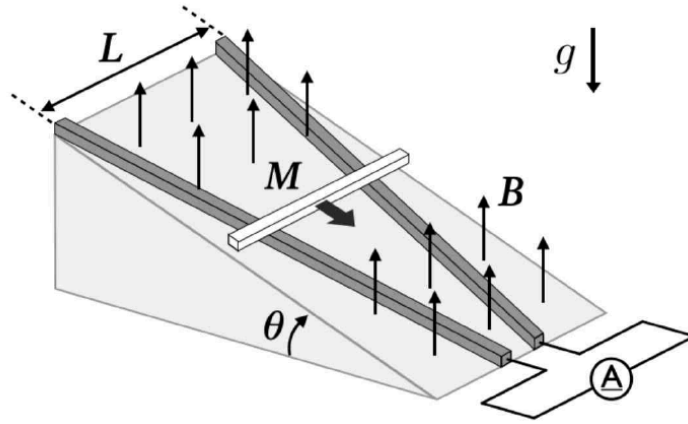
- (1-2) 이번에는 [그림 1-4]와 같이 [그림 1-2]의 실험기에서 전원을 분리하고 대신 전류계를 연결하였다. 금속 레일 위에 금속 막대를 지면과 수평이 되도록 올려놓은 뒤 막대를 레일을 따라 속력 v 로 내려보냈다. 이후 계속 하여 금속 막대는 일정한 속력 v 로 경사면을 내려갔으며, 전류계에서는 전류 I_2 가 측정되었다. (단, 금속 막대는 항상 양쪽 레일에 닿은 상태로 지면과 수평을 이룬 채 레일을 따라 움직인다. 금속 막대의 전기저항은 R 이며, 금속 레일을 비롯한 기타 도선의 전기저항은 무시할 수 있다. 또한 레일과 막대 사이의 마찰 등 모든 마찰력은 무시한다.)



[그림 1-4] 전원을 떼어내고 전류계를 연결한 회로

- (1) v 와 I_2 를 M 이 포함된 문자식으로 각각 표현하시오.
- (2) 문제 (1)에서 구한 전류 I_2 의 크기를 앞선 [문제 1-1]에서 얻은 전류 I_1 의 크기와 비교하고 그 물리적 의미를 설명하시오.
- (3) 금속 막대에 작용한 중력이 한 일의 일률 P_1 과 금속 막대에서 소모되는 전력 P_2 를 M 이 포함된 문자식으로 각각 표현하시오.

- (1-3) 앞선 [문제 1-2]에서 살펴본 실험기기의 금속 레일을 [그림 1-5]와 같이 변형하여, 경사면 상단에서는 두 레일 사이의 간격이 여전히 L 이지만 경사면 하단에서는 그 간격이 L 보다 작게 되도록 만들었다. 이렇게 변형된 금속 레일 위에서도 적절한 속력으로 금속 막대를 내려보낸다면 [문제 1-2]에서와 같이 막대가 경사면을 따라 일정한 속력으로 내려갈 수 있을지 정성적으로 설명하시오. (단, 금속 막대는 항상 양쪽 레일에 닿은 상태로 지면과 수평을 이룬 채 레일을 따라 위아래로 움직일 수 있다. 또한, 레일의 길이는 충분히 길다고 가정한다.)

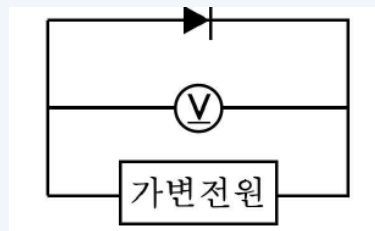


[그림 1-5] 하단으로 갈수록 간격이 좁아지는 레일

토막글 ② — 발광 다이오드(LED)의 특성

다이오드에 순방향 전압을 걸어주면 n형 반도체에 있던 전자들이 p형 반도체 쪽으로 이동하여 p-n 접합면 근처에서 양공과 결합한다. 이때 전자와 양공이 결합하여 회로에 충분한 전류가 흐르려면, 최소한 다이오드의 고유한 에너지 간격, 이른바 띠 간격 에너지 (E_g) 에 해당하는 전압이 다이오드 양단에 주어져야 한다. 특히 발광 다이오드에서는 이렇게 전류가 흐르는 동안 단색광을 방출하는데, 이 단색광의 파장은 전자가 양공과 결합하며 내놓는 띠 간격 에너지 (E_g) 에 따라 결정된다.

이와 같은 발광 다이오드의 특성을 이용하면, 간단한 실험을 통해 플랑크 상수를 측정해 볼 수 있다. [그림 1-6]과 같이 단색 발광 다이오드를 가변전원과 전압계에 연결한 후, 전압을 서서히 올리면서 다이오드가 빛을 방출하기 시작하는 순간의 전압을 측정한다. 이 전압은 다이오드가 내는 빛의 진동수에 비례하며, 그 비례상수는 플랑크 상수와 연관된다. 따라서 여러 색깔의 발광 다이오드를 이용하여 실험을 반복하면 상당히 정확하게 플랑크 상수를 측정할 수 있다.



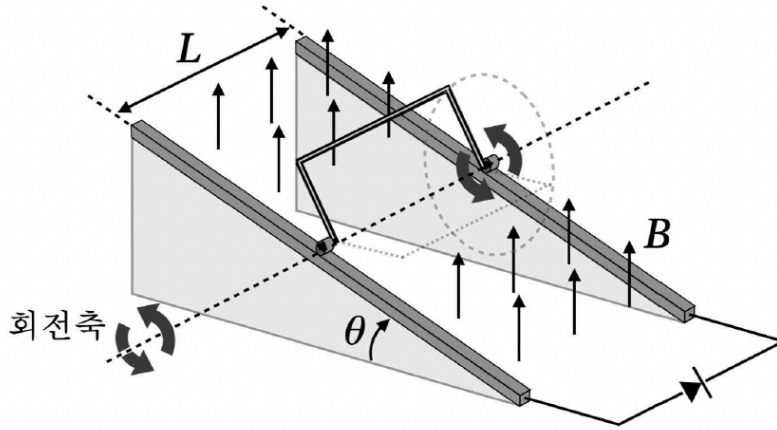
[그림 1-6] LED · 가변전원 · 전압계 회로

토막글 ③ — 삼각함수의 순간 변화율

함수 f 가 시간에 따라 주기적으로 변한다면 이 함수의 시간에 따른 순간 변화율도 같은 주기로 변화한다. 이때 함수 f 가 삼각함수라면 이 함수의 시간에 따른 순간 변화율 역시 f 와 같은 주기의 삼각함수 형태를 가진다.

- (1-4) 이제 [그림 1-7]과 같이 [문제 1-2]에서 살펴본 실험기기에서 전류계를 분리하고, 파란색 발광 다이오드를 연결하였다. 또한 레일 위의 금속 막대를 제거하고, 대신 [그림 1-7]과 같이 너비가 L 인 가느다란 π 자형 도선을 연결하였다. 이 π 자형 도선은 그림에 표시된 회전축을 중심으로 회전할 수 있다. (단, π 자형 도선은 항상 자기장 속에서 회전하며, 도선의 양 끝단은 회전하는 동안 금속 레일에 항상 닿아 있다.)

이 π 자형 도선을 일정한 각속도로 회전시키자 파란색 발광 다이오드는 4초 동안 발광 후 20초 동안 꺼짐을 반복하였다(즉, 주기는 24초). 만약 초록색 발광 다이오드로 바꾼 후 π 자형 도선을 동일한 각속도로 회전시켰다면, 이 경우 다이오드가 매 24초마다 빛을 방출하는 시간은 몇 초인지 토막글 ②와 토막글 ③을 참고하여 답하시오. (단, 발광 다이오드의 내부 저항은 무시할 수 있으며, 발광 다이오드가 내는 빛의 규격 파장은 다음과 같다고 가정한다: 파란색 = $320\sqrt{2}$ nm, 초록색 = $320\sqrt{3}$ nm.)

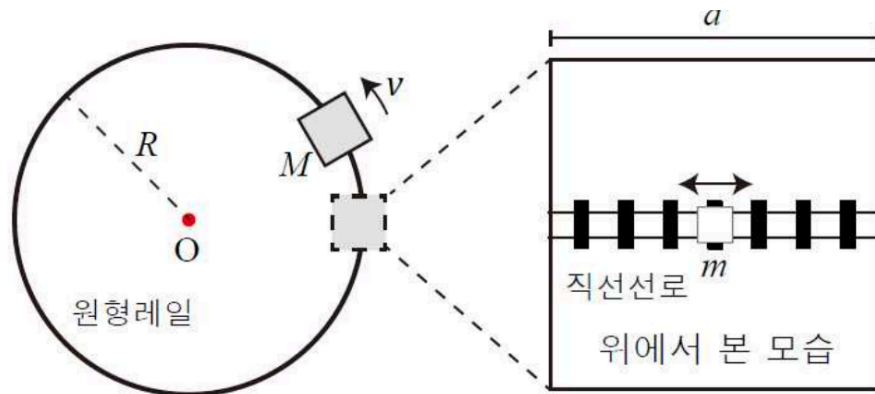


[그림 1-7] 회전축을 중심으로 회전하는 π 자형 도선

문제 2 회전하는 수레 — 원심력, 단진동, 볼록 렌즈, 빛면 마찰

소문항 4개

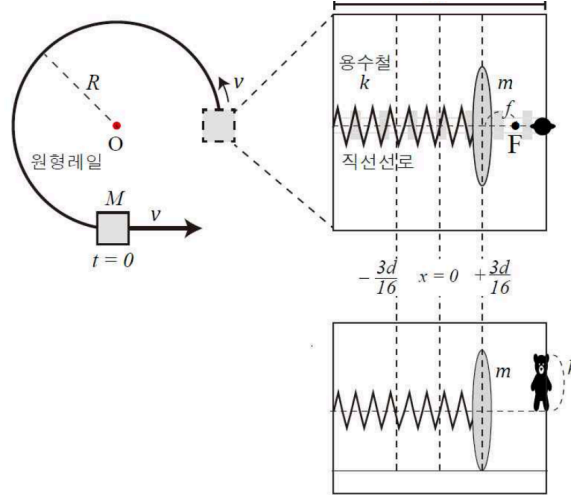
아래 [그림 2-1]과 같이 길이와 너비가 d 인 수레가 반지름이 R 인 마찰이 없는 원형레일을 따라 속력 v 로 등속 원운동을 한다. 수레 내부 바닥에는 [그림 2-1]의 오른쪽과 같이 원형레일과 항상 수직 방향인 직선선로가 있고, 질량이 m 이고 크기를 무시할 수 있는 물체가 직선선로의 중앙에 고정되어 있다. 수레와 내부 물체의 총질량은 M 이다. (단, M 은 m 에 비해 매우 크고, R 은 d 에 비해 매우 크다.)



[그림 2-1] 원형레일 위의 수레와 원형레일에 수직인 내부 직선선로

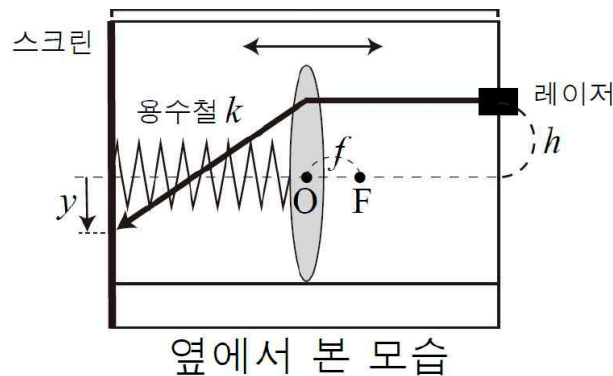
- (2-1) 아래 [그림 2-1]의 원형레일을 무중력 공간에 설치하였다. 고정되어 있던 물체가 어느 순간 고정이 풀리면서 마찰이 없는 직선선로를 따라 움직이기 시작하였다. 물체가 수레 벽에 닿는 경우 탄성충돌 한다고 가정할 때, 수레가 한 바퀴 도는 동안 물체가 수레 벽과 충돌하는 횟수를 구하시오. (단, $R = 10000/\pi^2 \cdot d$ 이고, 수레 벽과 물체가 충돌을 하여도 수레는 영향을 받지 않고 등속 원운동을 지속한다고 가정한다.)

- (2-2) 앞서 살펴본 [그림 2-1]의 물체 대신 [그림 2-2]와 같이 질량이 m 이고, 초점거리 $f = d/8$ 인 얇은 볼록렌즈를 직선선로 중앙($x = 0$)에 설치하였다. 렌즈는 원형레일의 중심에 가까운 쪽의 수레 벽과 용수철로 연결되어 있으며, 마찰이 없는 직선선로를 따라서 움직일 수 있다. 용수철이 변형되지 않았을 때의 길이는 $d/2$ 이고, 용수철 상수는 k 이다. 맞은편 수레 벽에는 크기가 h 이고 질량과 두께를 무시할 수 있는 곰 인형이 [그림 2-2]와 같이 고정되어 있었다. 수레가 등속 원운동을 하는 동안, 수레 내부의 관찰자가 보기에 렌즈는 $x = +3d/16$ 에서 정지해 있었다. 수레는 $t = 0$ 인 순간, 원형레일을 탈출하여 원형레일의 접선 방향으로 등속 직선 운동을 하기 시작했다. 이때 다음 물음에 답하시오. (단, 용수철의 질량은 무시할 수 있으며, 용수철과 직선선로는 상의 위치에 영향을 주지 않고, 렌즈의 운동은 수레의 등속 원운동에 영향을 주지 않는다. 수레 내부는 충분히 밝다.)



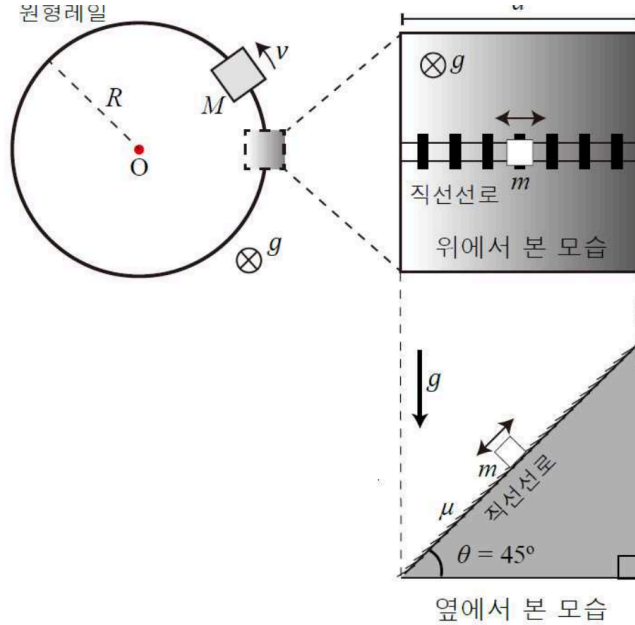
[그림 2-2] 용수철로 연결된 볼록렌즈와 맞은편 수레 벽에 고정된 곰 인형

- (1) 용수철 상수 k 를 m, v, d, R 로 나타내시오.
- (2) 렌즈가 곰 인형과 가장 멀 때 생기는 곰 인형의 상의 위치 x_{far} 과 가장 가까울 때 생기는 곰 인형의 상의 위치 x_{near} 을 구하시오. 또한, 이때 각각의 상의 배율을 구하고 상의 종류를 설명하시오. (단, 앞선 [그림 2-2]에 표시된 $x = 0$ 을 기준으로 하여 좌표를 구하시오.)
- (3) 이번에는 곰 인형 대신 [그림 2-3]과 같이 렌즈의 광축($y = 0$)으로부터 높이 h 에 레이저를 설치하였다. 레이저 빛은 렌즈의 광축과 평행하게 렌즈에 입사한다. 용수철이 매달린 벽에는 스크린이 설치되어 있어, 렌즈를 통과한 레이저 빛이 스크린에 맺힌다. 스크린에 맺힌 레이저 빛이 광축으로부터 떨어진 거리를 y 라 할 때, y 의 범위를 구하시오.



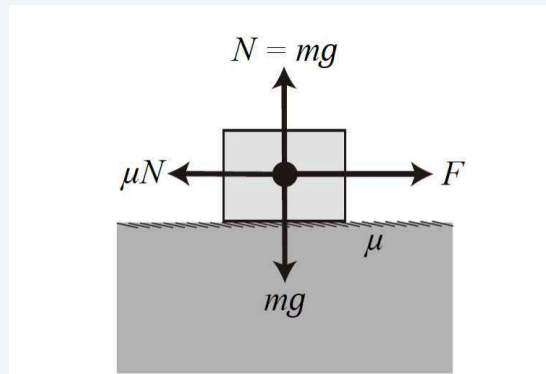
[그림 2-3] 광축과 나란히 입사하는 레이저와 용수철이 매달린 벽의 스크린

- (2-3) 아래 [그림 2-4]와 같이, 앞서 살펴본 [그림 2-1]의 원형레일을 중력장 안에 놓았다. (중력은 [그림 2-4]와 같이 원형레일을 포함한 평면에 수직인 방향으로 작용하며, 중력가속도는 g 이다.) 또한, 바닥이 평평한 수레 대신 원형레일 안쪽으로 기울어진 경사면을 가진 수레로 바꾸었으며(경사각 $\theta = 45^\circ$), 이 수레는 원형레일을 일정한 속력 v 로 돌고 있었다. 수레 내부의 경사면에는 마찰이 있는 직선선로가 설치되어 있어, 질량 m 인 물체가 직선선로를 따라 이동할 수 있다. 직선선로 중앙에 고정되어 있던 물체가 $t = 0$ 인 순간 고정이 풀리면서 직선선로 위에서 움직이기 시작하였다. 이 순간 수레 내부 관찰자가 측정한 물체의 가속도의 크기와 방향을 각각 구하시오. (단, $R = v^2/(4g)$ 이며, 물체의 운동은 수레의 등속 원운동에 영향을 주지 않는다. 물체와 직선선로 사이의 운동마찰계수 $\mu = 1/5$ 이며, 토막글 ④를 참고하시오.)



[그림 2-4] 중력장 속, 원형레일 안쪽으로 기울어진 경사면($\theta = 45^\circ$)을 가진 수레

토막글 ④ — 수직 항력과 운동마찰력



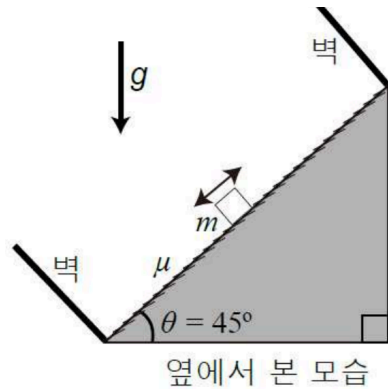
[그림 2-5] 움직이는 물체에 작용하는 힘

위 그림은 크기를 무시할 수 있는 물체가 수평면 위에서 운동하는 동안 물체에 작용하는 힘을 모두 나타낸 것이다. 움직이는 물체에 작용하는 힘은 외력 F , 수직 항력 N , 중력 mg , 운동마찰력 μN 이다.

수직 항력은 물체가 접촉하고 있는 면이 물체를 접촉면에 수직인 방향으로 밀어내는 힘이다. 물체가 지면을 뚫고 이동하지 않는 이유는 지면이 중력과 같은 크기의 수직 항력으로 물체를 떠받치고 있기 때문이다.

운동마찰력은 물체가 움직이는 동안 물체가 움직이는 반대 방향으로 작용하여 물체의 운동을 방해하는 마찰력을 말한다. 운동마찰력은 수직 항력 N 에 비례하며, 그 비례상수는 운동마찰계수 μ 이다.

- (2-4) 이제 [그림 2-6]과 같이 [문제 2-3]의 경사면 양 끝에 벽을 세웠다. 직선선로 중앙에 고정되어 있던 물체가, 시간 $t = 0$ 인 순간 고정이 풀리면서 직선선로를 따라 움직일 수 있게 되었다. 물체가 벽에 닿는 경우 탄성충돌한다고 가정할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 물체와 벽의 충돌은 수레의 등속 원운동에 영향을 주지 않는다.)



[그림 2-6] 경사면 양 끝에 벽을 세운 모습

- (1) 물체의 속도-시간 그래프를 개략적으로 그리고 설명하시오.
- (2) 물체가 벽에 다섯 번 충돌할 때까지의 총 이동 거리는 d 의 몇 배인지 구하시오.

2025학년도 · 문제편

문제 1 이중 슬릿 간섭 — 매질의 굴절률, 도플러 효과, 광전 효과
문제 2 n 차원 우주의 중력과 전기력 — 궤도·보어 모형·화학 결합

단원 역학 · 전자기 · 파동·광학 · 현대물리
핵심 개념 이중 슬릿 간섭과 매질의 굴절률, 광로차와 보강 조건, 평면 스크린에서의 무늬 간격, 도플러 효과와 단진동, 광전 효과와 문턱 진동수, 차원에 따른 힘의 법칙, 로그 퍼텐셜과 보어 모형, 케플러 제3법칙, 전기력선
문항 수 2문항 (소문항 11개)

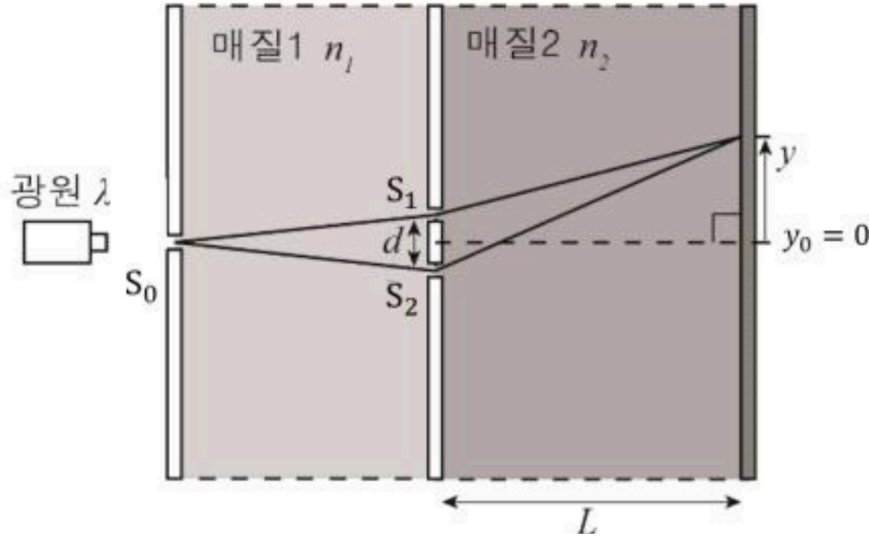
I. 문제

문제 1 이중 슬릿 간섭 — 매질의 굴절률, 도플러 효과, 광전 효과

소문항 5개

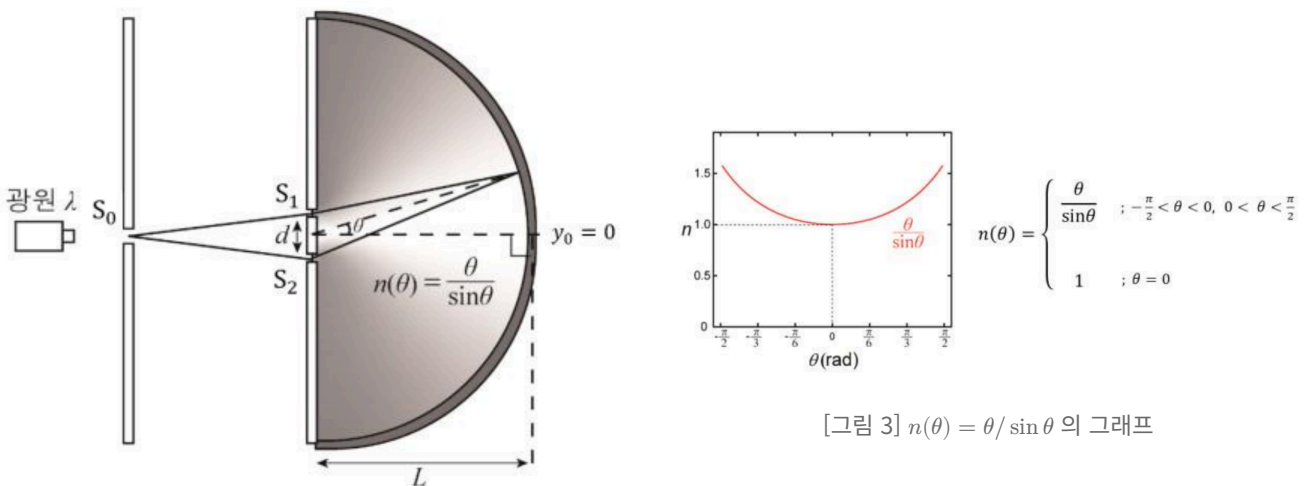
슬릿 사이의 거리가 d 인 이중 슬릿에서 L 만큼 떨어진 곳에 스크린이 있다. (단, L 이 d 보다 충분히 크다고 가정하고 각 슬릿의 폭은 무시한다. 스크린 중앙은 $y_0 = 0$ 이며, d 는 스크린 중앙을 기준으로 한다.)

- (1-1) [그림 1]과 같이 진공에서 파장 λ 인 빛을 방출하는 광원을 단일 슬릿 S_0 과 이중 슬릿 S_1, S_2 앞에 놓았더니 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 단일 슬릿 S_0 과 이중 슬릿 S_1, S_2 사이의 굴절률이 n_1 인, 이중 슬릿 S_1, S_2 와 스크린 사이의 굴절률이 n_2 인 매질로 채워져 있다. (단, $n_1 < n_2$.) 스크린에 나타나는 인접한 보강 간섭 무늬 사이의 거리 Δy 와 인접한 상쇄 간섭 무늬 사이의 거리 $\Delta y'$ 를 문제에 제시된 문자로 나타내시오.



[그림 1] 매질 1(굴절률 n_1)과 매질 2(굴절률 n_2)로 채워진 이중 슬릿 장치

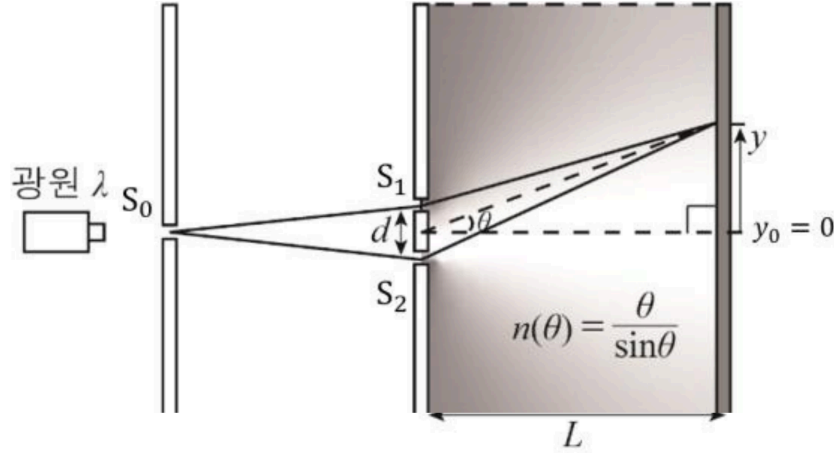
- (1-2) [그림 2]와 같이 θ 에 따라 변하는 굴절률 $n(\theta)$ 를 지닌 가상의 매질이 있다. 광원에서 나온 파장이 λ 인 빛이 단일 슬릿 S_0 과 이중 슬릿 S_1, S_2 를 지나 가상의 매질을 통과한 후 반원 형태의 스크린에 도달한다. θ 에 따른 $n(\theta)$ 의 그래프는 [그림 3]과 같다. 스크린에 나타나는 밝은 무늬 패턴의 개수를 모두 구하시오. (단, $\lambda = (\pi/20)d$ 이고, $\theta = \pm\pi/2$ 에서의 무늬는 무시한다.)



[그림 3] $n(\theta) = \theta / \sin \theta$ 의 그래프

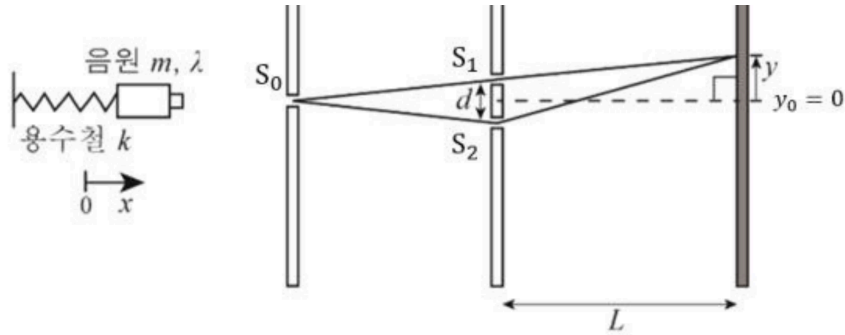
[그림 2] 반원 스크린과 각도에 따라 변하는 굴절률 $n(\theta)$

- (1-3) [문제 1-2]에서 [그림 2]의 반원 형태 스크린을 [그림 4]와 같이 평면 스크린으로 바꾸었다. 인접한 밝은 무늬의 중심 사이 거리를 $\Delta y_n = y_n - y_{n-1}$ 이라 할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, $\lambda = (\pi/20)d$ 이고, y_n 은 스크린 중앙으로부터 n 번째 밝은 무늬의 중심이다. n 은 1 이상의 정수이다.)
- (1) Δy_n 을 문제에 제시된 문자로 나타내시오.
 - (2) 인접한 밝은 무늬의 중심 사이의 거리 Δy_n 은 스크린의 중앙에서 멀어질수록 어떻게 변하는지 설명하시오.



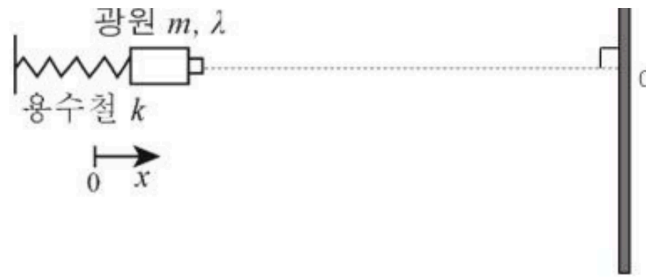
[그림 4] 반원 스크린을 평면 스크린으로 바꾼 경우

- (1-4) [그림 5]와 같이 정지한 공기 중에서 파장 λ 인 음파를 발생시키는 음원이 용수철 상수 k 인 용수철에 매달려 있다. 음원의 질량은 m 이며, 주기 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, 진폭 A 로 단진동을 하고 있고 시간 t 에 따른 x 좌표는 $x(t) = A \sin(\sqrt{k/m} \cdot t)$ 이다. 스크린 위에서 소리가 크게 들리는 인접한 극대점 사이의 거리를 Δy 라 할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 중력과 공기저항에 의한 효과는 무시하며, 음속은 v 로 일정하다. 소리가 스크린에 도달하기까지 걸리는 시간 τ 는 T 에 비해 훨씬 작아 무시할 수 있다고 가정한다.)
- (1) 음원의 속도를 t 에 대한 함수로 나타내시오.
 - (2) Δy 를 t 에 대한 함수로 나타내시오.
 - (3) Δy 가 단진동의 한 주기 내에서 어떻게 변하는지 설명하시오.



[그림 5] 용수철에 매달려 단진동하는 음원과 이중 슬릿·스크린

- (1-5) [그림 6]과 같이 진공에서 파장이 λ 인 광원의 빛이 금속 스크린에 입사한다. 이때 질량 m 인 광원은 용수철 상수 k 인 용수철에 매달려 주기 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, 진폭 A 로 단진동을 한다. 이 광원의 시간 t 에 따른 x 좌표는 $x(t) = A \sin(\sqrt{k/m} \cdot t)$ 이며 $A\sqrt{k/m} = c/(2\sqrt{2})$ 이다. 광원과 금속 스크린 사이에서 금속 스크린으로부터 튀어나온 광자가 아닌 입자를 검출한다. $t = 0$ 에서 입자가 검출되다가 $t = T/4$ 에서 검출되지 않았다. (단, 중력에 의한 효과는 무시하며, c 는 진공에서의 빛의 속도이다. 입자는 모두 금속 표면으로부터 튀어나온다고 가정한다. 광원의 최대 속도는 광속보다 충분히 작다고 가정한다. 빛은 속도가 c 인 음파처럼 다룰 수 있다.)
- (1) 검출되는 입자는 무엇인지 말하고, 입자가 검출되다 검출되지 않는 이유를 설명하시오.
 - (2) 입자가 $t = T/4$ 부터 검출되지 않다가 어느 순간 입자가 다시 검출되기 시작한다고 할 때, 그 시간을 구하시오. (단, $0 \leq t \leq T$)
 - (3) 검출되는 입자의 최대 운동 에너지를 구하시오.



[그림 6] 단진동하는 광원과 금속 스크린

문제 2 n 차원 우주의 중력과 전기력 — 궤도·보어 모형·화학 결합

소문항 6개

우리가 살고 있는 3차원 공간의 우주 U 에는 중요한 힘이 있는데 중력과 전기력이다. 뉴턴의 중력 법칙에 따르면, 질량이 각각 M, m 인 두 물체가 거리 r 만큼 떨어져 있을 때, 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기는 아래와 같다.

$$F_{\text{중력}} = G \frac{Mm}{r^2} \quad (G \text{ 는 3차원 중력 상수})$$

또한, 쿨롱 법칙에 따르면, 전하량이 각각 q_1, q_2 인 두 점전하가 거리 r 만큼 떨어져 있을 때, 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 아래와 같다.

$$F_{\text{전기}} = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (k \text{ 는 3차원 쿨롱 상수})$$

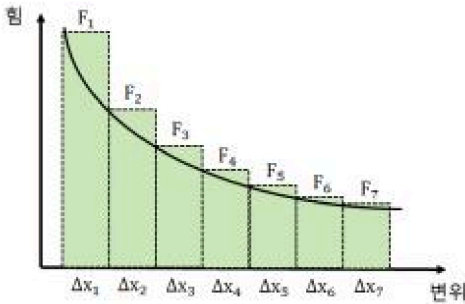
가상의 2차원 공간 우주 U' 에서는 뉴턴의 중력 법칙과 쿨롱 법칙이 각각 아래와 같이 변한다고 가정한다.

$$F'_{\text{중력}} = G' \frac{Mm}{r} \quad (G' \text{ 은 2차원 중력 상수}), \quad F'_{\text{전기}} = k' \frac{|q_1 q_2|}{r} \quad (k' \text{ 은 2차원 쿨롱 상수})$$

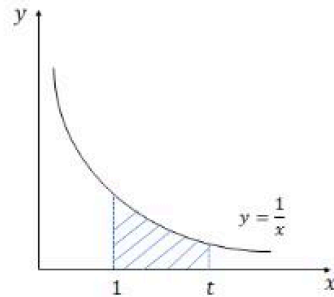
우주 U' 에서 플랑크 상수 h , 양성자와 전자의 전하량 $\pm e$, 전자의 질량 m_e , 광속 c 는 우주 U 에서와 같다고 가정한다.

[토막글 1] 퍼텐셜 에너지 함수와, 힘이 일정하지 않을 때의 일

중력·전기력의 크기와 같고 방향이 반대인 힘 $F_{\text{외부}}$ 로 위치 r_A 에서 r_B 까지 해 준 일을 그 위치에서의 중력·전기력에 의한 퍼텐셜 에너지의 변화량으로 정의한다. 힘이 해 준 일의 크기는 힘-변위 그래프 아래의 넓이(정적분)로 구할 수 있다. [그림 1]처럼 작은 사각형들의 넓이 합으로 근사하며, 사각형의 폭을 잘게 나눌수록 정확해진다.



[그림 1] 힘-변위 그래프 아래의 넓이(정적분) 근사



[그림 2] $y = 1/x$ 그래프 아래의 넓이 $= \ln t$

[토막글 2] $y = 1/x$ 함수 그래프 아래의 면적

[그림 2]에서 함수 $y = 1/x$ 와 $x = 1, x = t, x$ 축으로 둘러싸인 영역의 넓이는

$$\int_1^t \frac{1}{x} dx = \log_e t = \ln t$$

로 주어진다. $\log_e$ 의 밑 e 는 어떤 무리수 (2.718...) 이다.

- (2-1) 우주 U에서 같은 질량 m 을 갖는 행성 1과 행성 2가 질량 M 인 항성을 중심으로 각각 반지름 R 과 $10R$ 인 등속 원운동을 하고 있다고 하자. (단, M 은 m 에 비해 매우 크고, 행성 1과 행성 2 사이의 중력은 무시한다.)
- (1) 행성 1과 행성 2의 운동 에너지의 차이를 구하시오.
 - (2) 행성 1과 행성 2의 중력 퍼텐셜 에너지의 차이를 구하시오.
- 우주 U'에서 같은 상황을 가정하였을 때,
- (3) 행성 1과 행성 2의 운동 에너지의 차이를 구하시오.
 - (4) 행성 1과 행성 2의 중력 퍼텐셜 에너지의 차이를 구하시오.
- (2-2) 우주 U'에서는 케플러 제3법칙이 어떻게 변할지 설명하시오. (단, 행성의 운동은 원운동으로 가정한다.)
- (2-3) 우주 U의 수소 원자에서 양자수 n 인 전자의 반지름 r_n 은 $r_n = n^2 a_0$ 이고, 에너지 E_n 은 $E_n = -|E_1|/n^2$ 인 관계를 만족한다. (단, a_0 는 보어 반지름이다.)
- (1) 우주 U'에서 우주 U에서와 같은 보어 양자가설을 적용할 수 있을 때, 우주 U'의 가상 수소 원자에서 양자수 n 인 전자의 반지름 r'_n 과 에너지 E'_n 을 구하시오. (단, 중력에 의한 효과는 무시한다.)
 - (2) 우주 U'에서 전자가 양자수 n_2 상태에서 n_1 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장을 구하시오. (단, $n_2 > n_1$)
- (2-4) [문제 2-3 (1)]의 결과를 참조하여 다음 질문에 답하시오.
- (1) 우주 U'에서 가상 수소 원자의 바닥 상태($n = 1$)에 있던 전자가 수소 원자로부터 완전히 벗어나는 데 필요한 에너지를 구하시오.
 - (2) 수소 원자가 다른 원자와 결합하는 관점에서 우주 U와 우주 U'이 어떤 차이가 있을지 설명하시오.
- (2-5) [문제 2-3]과 [문제 2-4]에서 확인했듯이 3차원 공간 우주 U와 2차원 공간 우주 U'은 미시 세계에서 아주 다른 결과를 만들어내는데, 이 근본적인 원인을 퍼텐셜 에너지 함수의 개형을 기반으로 설명하시오.
- (2-6) 제시문에서 3차원 공간 우주 U와 달리 2차원 공간 우주 U'에서는 전기력의 크기가 거리에 반비례함을 제시하였다. 정전하에서 전기력선의 분포를 고려하여 이를 설명하시오.

2024학년도 · 문제편

문제 1 탄성충돌 — 빗면·사각 우물·팽팽한 줄 위의 공
문제 2 전자기 — 복사압·평행판 대전·평행 도선의 자기력

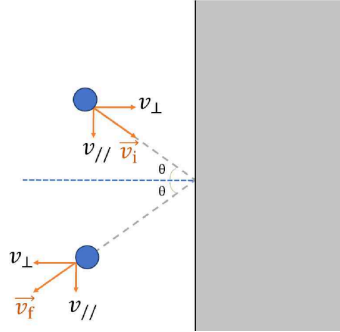
단원 역학 · 전자기 · 파동·광학
핵심 개념 비스듬한 탄성충돌과 포물선 운동, 사각 우물 속 왕복 조건, 줄에 꿰 구슬의 평형과 타원 구속, 광자의 운동량과 복사압, 접촉에 의한 전하 재분배, 평행 도선 사이의 자기력, 충격량-운동량 정리와 역학적 에너지 보존
문항 수 2문항 (소문항 7개)

I. 문제

문제 1 탄성충돌 — 빗면·사각 우물·팽팽한 줄 위의 공

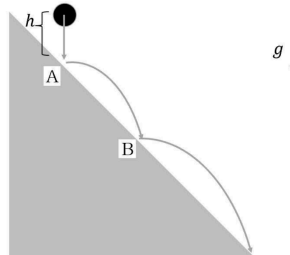
소문항 3개

다음의 문제에서 공은 질량은 있지만 크기를 무시할 수 있는 점입자로 가정하고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다. 또한 모든 충돌은 탄성충돌로 가정한다. [그림 1]은 물체가 비스듬하게 벽면에 탄성충돌 하기 직전과 직후의 물체의 속도를 나타낸 그림이다. 고정된 벽면에 대한 수직 방향 속도 $v_{\perp}$ 는 충돌 전후에 크기는 같고 방향은 반대이며, 수평 방향 속도 $v_{\parallel}$ 는 충돌 전후에 크기와 방향이 모두 같다. 위 내용을 이용하여 아래 질문에 답하시오.



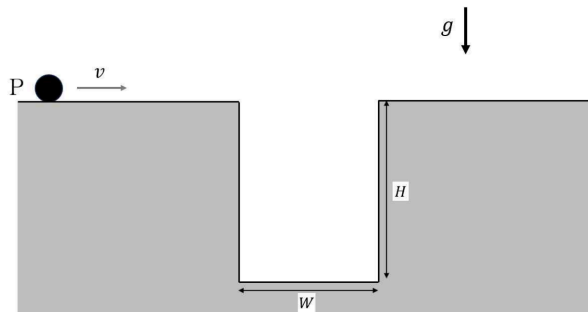
[그림 1] 벽면에 수직인 성분 $v_{\perp}$ 는 크기 보존·방향 반전, 벽면에 나란한 성분 $v_{\parallel}$ 는 그대로 유지

- (1-1) [그림 2]와 같이 각도가 45° 인 경사면 위의 A 지점으로부터 높이 h 인 지점에서 질량 m 인 공을 가만히 놓아 떨어뜨렸다. 공은 A 지점에서 경사면과 처음 충돌 후, 차례대로 B와 C 지점에서 경사면과 충돌하였다. 지점 B와 C 사이의 직선거리를 구하시오. (단, 중력가속도는 g 이고 공의 크기는 무시할 수 있다.)



[그림 2] 45° 빗면 — A 위 높이 h 에서 놓아 A $\rightarrow$ B $\rightarrow$ C 로 차례로 탄성충돌

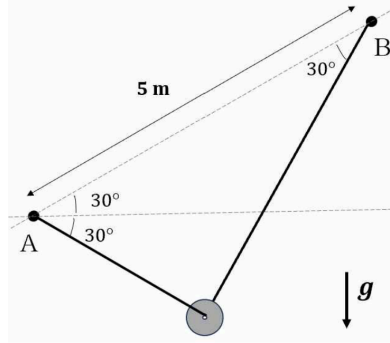
- (1-2) 다음의 [그림 3]과 같이 질량 m 인 공이 P 지점에서 v 의 속력으로 미끄러지며 이동하고 있다. 사각 우물의 바닥 면의 폭은 W 이고 깊이는 H 이다. (단, 중력가속도는 g 이고 공의 크기는 무시할 수 있다.)



[그림 3] 폭 W , 깊이 H 의 사각 우물 — 공이 왼쪽 모서리 P에서 수평 속력 v 로 진입

- 우물의 바닥 면에 1회 충돌하고 공이 P 지점으로 돌아올 수 있는가? 돌아올 수 있으면 이때 가능한 공의 속력 v 의 최솟값은 무엇인가?
- 우물의 바닥 면에 2회 충돌하고 공이 P 지점으로 돌아올 수 있는가? 돌아올 수 있으면 이때 가능한 공의 속력 v 의 최솟값은 무엇인가?
- 우물의 바닥 면에 3회 충돌하고 공이 P 지점으로 돌아올 수 있는가? 돌아올 수 있으면 이때 가능한 공의 속력 v 의 최솟값은 무엇인가?

- (1-3) 벽면에 고정된 두 점 A와 B에 대해서 AB를 연결한 선분(길이 5 m)이 수평 방향에 대해 30° 의 각을 이루고 있다. 질량 m 인 공에 매우 작은 구멍을 뚫고 길이가 L 인 줄에 꿰어 공이 줄 위에서 자유롭게 이동할 수 있게 하고, 줄의 양 끝을 점 A와 점 B에 고정하였다. 이때 공에는 고정장치가 있어 줄 위에서의 위치를 고정할 수 있다. (단, 중력가속도는 g 이며 공과 고정장치의 크기는 무시할 수 있고 고정장치와 줄의 질량도 무시한다.)



[그림 4] 선분 AB(길이 5 m)가 수평과 30° — A쪽 줄은 수평과 30° , B쪽 줄은 수평과 60°

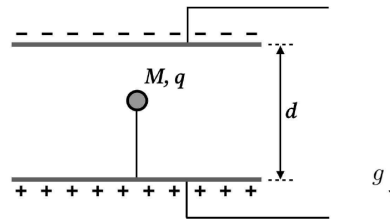
- (a) [그림 4]와 같이 줄 위의 한 정점에 공을 움직이지 못하도록 고정장치로 고정하였다. 이때 중력에 의해 줄이 그림과 같은 각도로 팽팽하게 당겨졌다고 할 때, 줄이 A점과 B점에 가하는 힘의 크기를 각각 구하시오.
 (b) (a)의 경우 고정장치를 풀어주면 공은 움직이는가? 뉴턴의 법칙을 활용하여 정성적으로 설명하시오.
 (c) 공의 고정장치를 풀고 줄을 팽팽하게 유지하며 공을 줄 위의 다른 점으로 이동시키고 정지상태로 놓았다. 이때는 고정장치로 고정하지 않아도 공이 움직이지 않았다. 이 경우 공의 높이가 (b)에서 고정장치를 풀 직 후보다 높은지 낮은지 역학적 에너지의 관점에서 설명하시오.

문제 2 전자기 — 복사압·평행판 대전·평행 도선의 자기력

소문항 4개

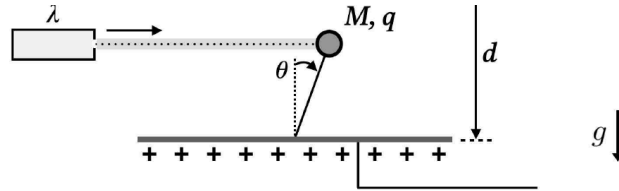
상황 ㉠

전하 q (> 0)를 가진 가벼운 금속공이, 고정되어 움직이지 않는 평행판 축전기 사이의 균일한 수직방향 전기장 속에 위치하고 있다. 평행판 사이의 거리는 d , 그 사이의 전압은 V 이므로 전기장의 크기는 V/d 이다. 질량이 M 인 금속공은, 질량을 무시할 수 있으며 전류가 흐르지 않는 실에 의해 아래쪽 평행판에 묶여 있다. [그림 6]에서와 같이 금속공을 묶어놓을 실은 평행판에 당겨진 상태이다. (단, 금속공의 크기는 매우 작아 점입자로 간주할 수 있으며, 금속공에 추가로 유도되는 정전기나 유전분극 현상은 무시한다. 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



[그림 6] 상황 ㉠ — 전하 $+q$ ·질량 M 인 금속공이 간격 d ·전압 V 인 평행판 사이에서 아래 판에 실로 묶여 있다

- (2-1) 상황 ㉠에서 묘사한 상태의 금속공에 [그림 7]과 같이 파장이 λ 인 단색광 레이저 빛을 일정한 출력(일률)으로 계속 쏘아주니, 금속공을 묶어놓은 실이 수직 방향과 각 θ 를 만들면서 평형상태를 이루었다. 광자는 아래 토막글에 설명한 것처럼 에너지와 운동량을 가지는 고전적인 입자로 간주할 수 있으며, 금속공의 표면에 충돌한 후 입사 속력과 같은 속력을 갖고 입사 방향과 정확히 반대 방향으로 튀어나온다고 가정한다. 이때, 레이저에서 단위 시간당 방출되는 광자의 개수를 주어진 다른 변수들로 표현하시오. (단, 중력가속도는 g , 플랑크 상수는 h , 빛의 속도는 c 이다. 레이저에서 방출된 후 금속공에 도달할 때까지 손실되는 광자는 없으며, 레이저 빛은 평행 판과는 평행을 이루며 금속공 표면에는 수직으로 입사하고 있다. 또한, 사용된 레이저 빛은 금속공에서 광전효과를 일으키지 않으며, 금속공 표면에서 반사된 광자들은 금속공으로 입사하는 광자들의 움직임에 영향을 주지 않는다고 가정한다.)

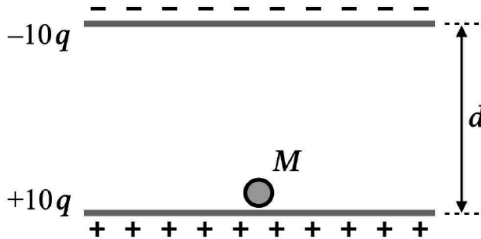


[그림 7] 수평으로 입사한 레이저(파장 λ)가 금속공에서 정반사되어 실이 연직과 각 θ 를 이룬다

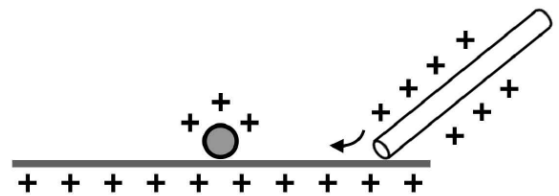
토막글 — 빛의 이중성

아인슈타인 등이 제창하고 실험을 통해 검증된 광양자 이론에 따르면 빛(파동)은 입자의 성질을 띠며, 파장이 λ 인 단색광을 구성하는 광자(빛알갱이) 1개는 hc/λ 로 기술되는 에너지와 h/λ 로 기술되는 운동량을 갖는다.

- (2-2) 이번에는 상황 ㉠에서 묘사한 실험기구를 중력을 무시할 수 있는 공간으로 옮겼다. 축전기에 가해진 전압을 조절하여 각 평행판에 대전된 전하량이 각각 $+10q$ 와 $-10q$ 가 되게 한 후, 평행판에 연결된 전선을 끊어 [그림 8]과 같은 상태를 만들었다. 이제 전하가 없는 금속공을 아래쪽 평행판에 닿도록 가만히 놓았다(초기속도는 0이다). 이후 금속공의 운동이 어떻게 될지, 특히 (a) 가속도와 (b) 속도가 어떻게 변화할지를, 아래 사전실험의 내용을 고려하여 정성적으로 설명하시오. (단, 평행판과 금속공의 충돌은 탄성충돌이고, 매우 짧은 시간 동안 일어나며, 이 시간 동안 전하 교환을 통해 정전기적 평형상태에 이른다고 가정한다. 평행판의 크기는 매우 커서 그 사이의 전기장은 항상 수직이라 가정하며, 전자기파의 방사에 의한 영향은 무시한다.)



[그림 8] 중력이 없는 공간 — 위 판 $-10q$, 아래 판 $+10q$, 전선은 끊긴 상태



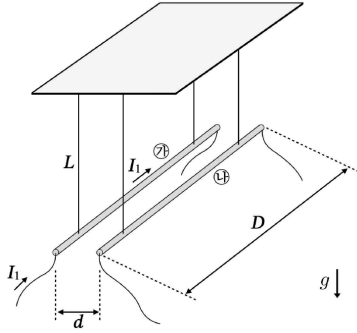
[그림 9] 사전실험 — 맞닿은 평행판과 금속공에 대전체를 접촉시킨 뒤 분리

사전실험 — 접촉 시 전하 재분배

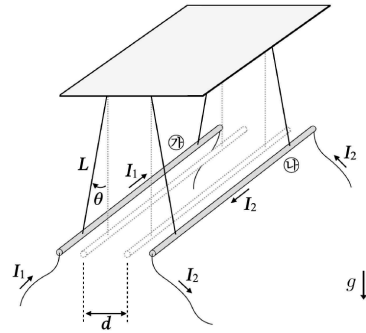
전하를 띤 두 도체가 서로 접촉하면 매우 빠른 속도로 전하를 나눠 가짐으로써 전하량들이 균일한 정전기적 평형상태에 이르게 된다. 이제 본 실험에 사용할 전하가 없는 평행판 1개와 금속공 1개를 서로 맞닿게 놓은 상태에서 [그림 9]와 같이 대전체를 가져다 대었다. 대전체를 제거하고 평행판과 금속공을 분리한 뒤, 각 물체에 대전된 전하량을 측정하여 보니 그 비율이 평행판 : 금속공 = 9 : 1 이었다.

상황 ㉔

질량이 M , 길이가 D , 반지름이 R 인 원기둥 모양의 구리막대 ㉔, ㉕ 가 길이가 L 이고 전류가 흐르지 않는 실 4개에 의해 [그림 10]과 같이 천장에 매달려 있다. 두 막대는 서로에 대해서는 평행을, 지면에 대해서는 수평을 이루고 있다. 이들 막대는 느슨한 전선과 각각 연결되어 서로 다른 전류가 흐를 수 있다. 두 막대 사이의 간격 d 에 비해 막대의 반지름 R 은 매우 작고, 길이 D 는 매우 커서, 막대 ㉔ 에 전류 I_1 이 흐르는 경우 이로부터의 거리가 r 인 지점에서 자기장의 세기는 비례상수 k 를 이용하여 $B = k(I_1/r)$ 로 나타낼 수 있다. (단, 막대 양 끝에 연결된 느슨한 전선에 의한 자기장은 무시하며 느슨한 전선과 실의 질량은 무시한다. 중력가속도는 g 이며, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



[그림 10] 상황 ㉔ — 두 구리막대 ㉔, ㉕ 가 길이 L 인 실 4개로 천장에 매달려 있고 간격은 d

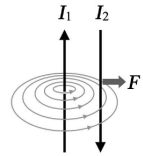


[그림 11] 전류 I_1, I_2 가 서로 반대 방향이면 척력으로 실이 연직과 각 θ 만큼 벌어진다

- (2-3) 상황 ㉔에서 묘사한 구리막대 ㉔, ㉕ 에 각각 전류 I_1, I_2 를 계속 흘려주자, [그림 11]과 같이 막대를 매단 실이 수직방향과 각 θ 를 만들면서 평형상태를 이루었다. 이때, 아래 토막글을 참고하여 두 전류의 곱 $I_1 I_2$ 를 주어진 다른 변수들로 표현하시오.

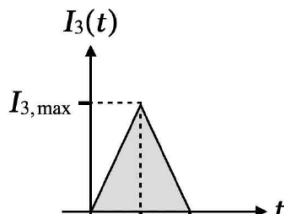
토막글 — 평행한 두 직선 도선 사이에 작용하는 힘

전류가 흐르는 평행한 두 직선 도선이 가까이 있으면, 두 도선은 각각 자기장을 형성하는 한편 상대가 만든 자기장 속에 놓이게 되므로 힘을 받게 된다. 거리 r 만큼 떨어져 있고 충분히 긴 두 직선 도선(길이 D)에 서로 다른 방향으로 전류 I_1, I_2 가 흐르는 경우, 두 도선 사이에는 [그림 12]와 같이 서로 밀어내는 힘이 작용하며 그 크기는 $F = kI_1 I_2 D/r$ 이다.

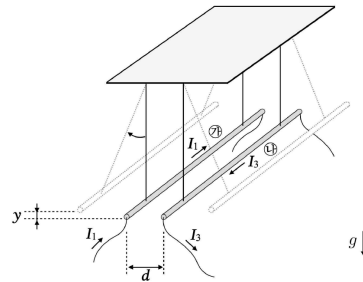


[그림 12] 반대 방향 전류 → 척력

- (2-4) 이제는 위 상황 ㉔에서 묘사한 구리막대 2개 중 ㉔ 에만 전류 I_1 이 계속 흐르고 있다. 시간 $t = 0$ 부터 아주 짧은 시간 Δt 동안 막대 ㉕ 에 전류 $I_3(t)$ 가 [그림 13]과 같은 형태로 흘렀고(최댓값 $I_{3,max}$), 그 결과 두 막대는 서로 밀려나기 시작했다. 이어진 막대의 운동은 [그림 14]에서처럼 두 막대가 처음 위치보다 수직 방향으로 y 만큼 움직인 순간 잠시 멈추었다. Δt 동안 막대가 밀려난 거리는 무시할 수 있을 만큼 작다고 할 경우, 변위 y 를 주어진 다른 변수들로 표현하시오.



[그림 13] 막대 ㉕ 의 전류 $I_3(t) - t = 0$ 과 $t = \Delta t$ 에서 0, 중간에 최댓값 $I_{3,max}$ 인 삼각형 펄스



[그림 14] 밀려난 두 막대가 실에 매달린 채 흔들려 처음보다 y 만큼 올라간 순간 정지한다

2023학년도 · 문제편

문제 1	전하의 평형 · 단진동 근사 · 용수철 충돌
문제 2	물질파 간섭 · 전기장 가속 · 지구 궤도

단원	역학 · 전자기 · 현대물리
핵심 개념	쿨롱 힘의 평형과 단진동 근사, 2차원 힘의 성분 분해, 운동량·역학적 에너지 보존과 용수철 충돌, 물질파(드브로이 파)와 이중 슬릿 간섭, 전기장에 의한 가속, 만유인력과 등속 원운동, 케플러 제3법칙
문항 수	2문항 (소문항 8개)

I. 문제

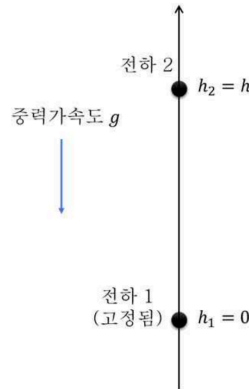
문제 1 전하의 평형 · 단진동 근사 · 용수철 충돌

물리 I · II · 소문항 4개

문제에서 별도로 언급이 없는 경우, 전하 사이의 중력과 상대론적 효과, 양자역학적 효과, 전자기파의 방출, 마찰 등으로 인한 에너지 손실 및 전하의 크기는 무시한다. (g 는 중력가속도, k 는 쿨롱 상수이다.) 풀이에서 필요한 경우, 다음의 수식을 사용할 수 있다. Δr 가 매우 작을 때, 아래 수식으로 근사한다.

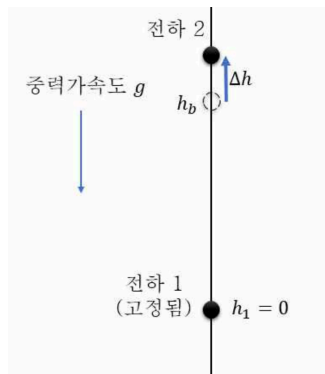
$$(1 + \Delta r)^{-1} \approx 1 - \Delta r, \quad (1 + \Delta r)^{-2} \approx 1 - 2\Delta r.$$

- (1-1) [그림 1]과 같이 전하량 $+q$ 와 질량 m_1 을 가진 전하 1이 $h_1 = 0$ 에 고정되어 있고, 전하량 $+q$ 와 질량 m_2 를 가진 전하 2는 직선 위에서 이동할 수 있다. 직선과 평행하게 아래로 작용하는 균일한 세기의 중력이 존재한다. (a) 중력과 전기력의 크기를 h 에 대한 하나의 그래프로 나타내시오. (b) 전하 2의 평형 위치 h_0 의 값을 구하고, 그래프 위에 표시하시오. (c) 전하 2의 질량을 점차 증가시키면 h_0 의 값이 어떻게 변화하는지 정성적으로 설명하고, 전하 2가 전하 1 아래로 떨어질 수 있는지 설명하시오.



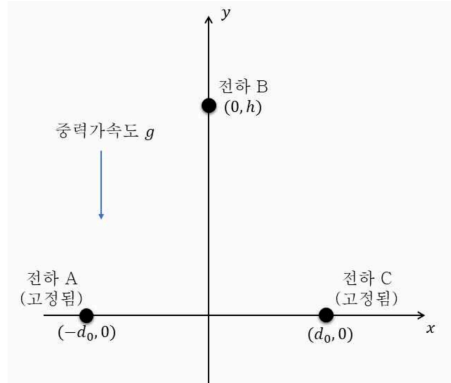
[그림 1] 전하 1($+q, m_1$)은 $h_1 = 0$ 에 고정, 전하 2($+q, m_2$)는 직선 위 높이 h 에서 자유롭게 이동한다.

- (1-2) [그림 2]와 같이 전하 2가 평형 위치 h_b 에서 매우 작은 변위 Δh 만큼 밀려나 있는 경우, 전하 2에 작용하는 알짜힘은 $F \approx -k' \Delta h$ 로 근사적으로 나타낼 수 있고, 이는 가상의 용수철이 가하는 힘으로 생각할 수 있다. (a) k' 을 구하시오. (b) 직선 위의 전하 2를 매우 작은 변위 Δh ($\neq 0$) 만큼 당긴 후 정지한 상태에서 놓았을 때, 전하 2의 운동을 정성적으로 설명하시오. (c) 마찰이 있어서 열에너지가 발생하면, (b)에서 전하 2의 운동이 어떻게 달라지는지 설명하시오. (d) 만약 k' 의 부호와 Δh 의 부호가 같다면, (b)에서 전하 2의 운동이 어떻게 달라지는지 설명하시오. (k' 는 상수이다.)



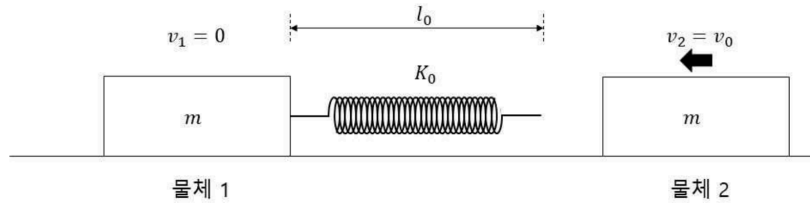
[그림 2] 전하 2가 평형 위치 h_b 에서 변위 Δh 만큼 위로 밀려난 순간. 알짜힘 $F \approx -k' \Delta h$ 가 작용한다.

- (1-3) [그림 3]과 같이, x 축과 y 축으로 이루어진 2차원 평면 위에 같은 질량 m 과 같은 전하량 $+q$ 를 가지는 3개의 전하가 존재하고, $-y$ 방향의 균일한 중력이 작용한다. (x 축으로의 이동은 고려하지 않는다.) 전하 A와 C는 각각 $(x_A, y_A) = (-d_0, 0)$ 과 $(x_C, y_C) = (d_0, 0)$ 의 위치에 움직이지 않고 고정되어 있고(d_0 는 양의 상수), 전하 B는 y 축 위에서 $(x_B, y_B) = (0, h)$ 의 위치로 $h \geq 0$ 에 따라 자유롭게 움직일 수 있다. (a) 전하 B가 전기력과 중력에 의해 가해지는 힘들이 평형을 이루는 평형 위치 $(0, h_b)$ 에 위치해 있다고 하자. 이 평형 위치에서 전하 B에 가해지는 모든 힘들을 전하 B에서 시작하는 벡터로 그려서 나타내고, 이 힘들이 평형을 이루는 이유를 (a)의 벡터를 x, y 축의 성분으로 각각 나누어 그려서 설명하시오. (b) 평형을 이룰 조건을 h_b 에 대한 식으로 나타내시오. (c) 만약 전하 B의 질량을 계속 증가시키면, 결국 전하 B는 어떤 위치에서도 평형을 유지하지 못한다. 그 이유를 설명하시오.

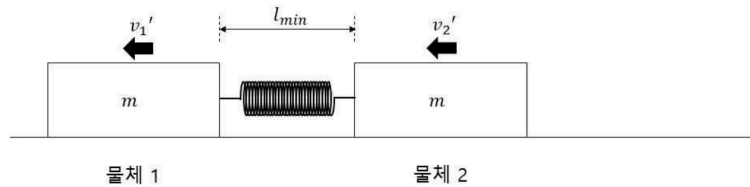


[그림 3] 고정 전하 A($-d_0, 0$), C($d_0, 0$)와 y 축 위 높이 h 에서 움직이는 전하 B($0, h$). 세 전하 모두 $+q$, 질량 m 이며 중력은 $-y$ 방향이다.

- (1-4) [그림 4]와 같이 같은 질량 m 을 가진 두 물체 1, 2가 마찰이 없는 수평면 위에 놓여 있고, 물체 1에는 용수철 상수가 K_0 인 용수철이 달려 있다. 용수철의 길이는 힘을 가하지 않았을 때 l_0 이다. 충돌 전 물체 1의 속력은 $v_1 = 0$, 물체 2의 속력은 $v_2 = v_0$ 이고, 서로 가까워지고 있으며 용수철은 힘을 받지 않고 있는 상태이다. 운동량 보존 법칙과 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 [그림 5]의 충돌 과정에서 용수철이 가장 압축된 순간의 (a) 두 물체의 속력 v_1', v_2' 과 (b) 이때의 용수철 길이 $l_{\min}$ 을 각각 구하시오. (용수철의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)



[그림 4] 충돌 전 — 물체 1($v_1 = 0$, 용수철 상수 K_0 , 자연 길이 l_0)과 물체 2($v_2 = v_0$)가 서로 가까워진다.



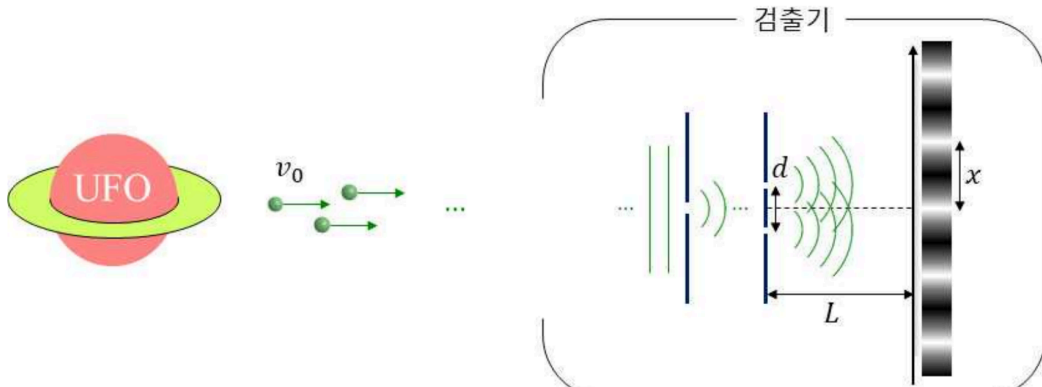
[그림 5] 가장 압축된 순간 — 두 물체가 같은 속력으로 움직이며 용수철 길이는 $l_{\min}$ 이다.

문제 2 물질파 간섭 · 전기장 가속 · 지구 궤도

물리 I · II · 소문항 4개

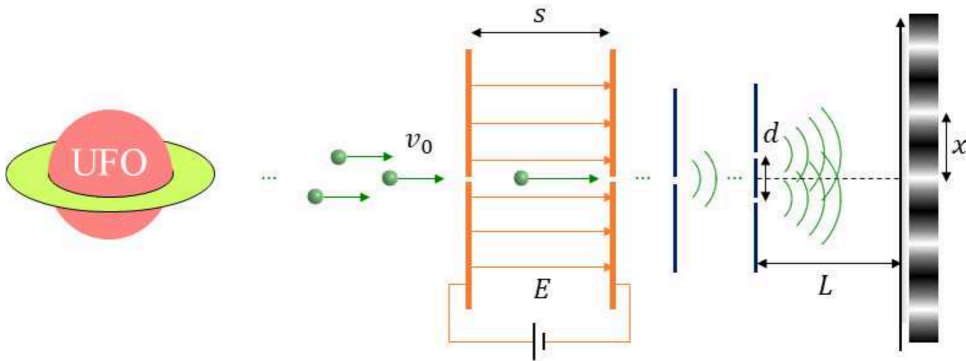
UFO(미확인 비행물체)가 정지해 있고, 질량이 m 인 미지의 입자 X 를 일정한 속력 v_0 로 지속적으로 방출하고 있다. 실험을 통해 X 의 성질을 확인하고자 한다. (UFO와 입자의 크기, 상대론적 효과, 전자기파 방사에 의한 영향은 모두 무시한다.)

- (2-1) UFO 근처에 검출기가 고정되어 있다. 검출기는 [그림 6]과 같이 이중 슬릿과 스크린으로 구성되어 있고, X 는 이중 슬릿에 수직하게 입사한다. 슬릿 사이의 간격은 d 이고, 이중 슬릿과 스크린 사이의 간격은 L 이다. (L 은 d 보다 굉장히 크다.) 입자의 파동성을 고려하였을 때 X 가 이중 슬릿을 통과한 후 전자기파와 같은 간섭무늬를 스크린에 나타낸다. 스크린 상에서 보강간섭이 일어나는 두 이웃한 지점 간의 간격을 x 라고 할 때, x 를 v_0 로 나타내시오. (플랑크 상수는 h 이고, 중력에 의한 영향은 무시한다.)



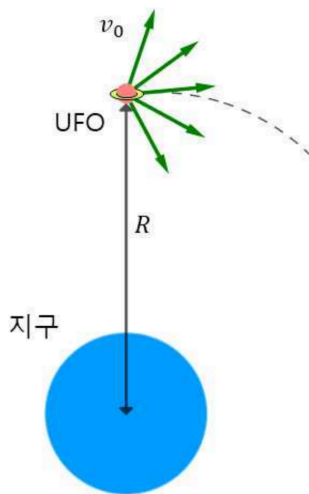
[그림 6] 정지한 UFO가 속력 v_0 로 입자 X 를 방출 → 간격 d 의 이중 슬릿 → 거리 L 의 스크린. 물질파 간섭무늬가 간격 x 로 나타난다.

- (2-2) [문제 2-1]과 같은 상황에서, 검출기 앞에 작은 구멍이 뚫린 평행판 축전기를 설치하여 X 를 통과시킨 후 검출기에 입사시키고자 한다. ([그림 7] 참고) 평행판 사이의 간격은 s 이고, 평행판 사이에는 균일한 세기 E 의 전기장이 X 의 이동 방향과 같은 방향으로 걸려 있다. X 의 전하량이 Q (> 0) 일 때, [문제 2-1]의 x 가 어떻게 변하는지 계산하시오. (중력에 의한 영향은 무시한다.)



[그림 7] 방출된 X 가 간격 s · 전기장 세기 E 인 평행판 축전기를 통과하며 가속된 뒤 이중 슬릿·스크린에 도달한다.

- (2-3) 이번에는 UFO가 지구에서 멀리 떨어진 곳에 정지해 있다. UFO가 입자 X 를 속력 v_0 로 어떤 방향으로 방출한 후 지구 중력만 받으며 지구 주위를 등속 원운동 하기 위한 조건으로, (a) 지구 중심으로부터 UFO까지의 거리 R 을 v_0 로 나타내시오. (b) 입자가 방출되는 방향을 제시하시오. 중력 상수는 G , 지구의 질량은 M_E 로 나타내시오. (X 의 입자성만을 고려하고, 지구의 중력 외에 다른 힘은 모두 무시한다.)



[그림 8] UFO가 지구 중심으로부터 거리 R 에서 입자 X 를 속력 v_0 로 방출한다(점선은 궤적). 지구는 완전한 구로 가정한다.

- (2-4) 이제 UFO에서 입자 X 를 방출하는 방향은 [문제 2-3(b)]에서와 같으나 속력이 다른 경우를 생각한다. UFO에서 방출된 입자 X 하나가 지구에 충돌하거나 통과하지 않고 UFO로 다시 돌아오는 데 걸리는 최소 시간을 구하시오. 지구 중심으로부터 UFO까지의 거리는 R , 중력 상수는 G , 지구의 반지름은 R_E , 지구의 질량은 M_E 로 나타내시오. (지구는 완벽한 구 모양임을 가정하고, 지구 중력 외에 다른 힘은 모두 무시한다.)

2022학년도 · 문제편

문제 1	볼록 렌즈에 의한 결상
문제 2	원자와 천체의 궤도운동 대응

단원	역학 · 파동·광학 · 현대물리
핵심 개념	렌즈 방정식과 결상, 허름원과 초점 허용 범위, 현미경의 배율, 보어의 원자모형과 각운동량 양자화, 중력 궤도운동과 대응 원리, 케플러 법칙, 도플러 효과
문항 수	2문항 (소문항 9개)

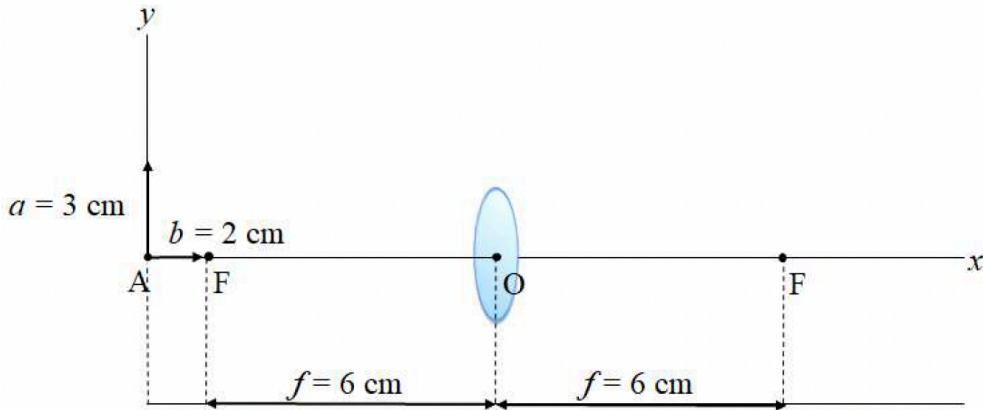
I. 문제

문제 1 볼록 렌즈에 의한 결상

소문항 4개

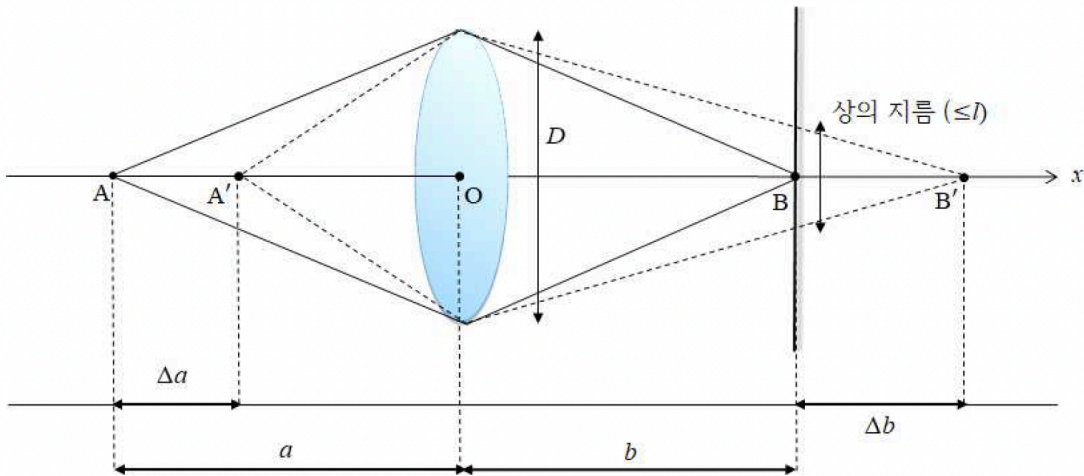
빛의 굴절 효과에 의해 물체를 확대 또는 축소하여 볼 수 있는 광학 기기들 중 대표적인 예로 볼록 렌즈가 있다. 또한, 볼록 렌즈를 이용한 물체의 상은 광선 추적을 이용해 알아볼 수 있다. 아래의 모든 문제에서 렌즈 방정식을 적용할 수 있으며, 렌즈 자체의 두께는 무시한다. 문제의 물음에 답하시오.

- (1-1) [그림 1]과 같이 두께를 무시할 수 있고 초점 거리 f 가 6 cm인 볼록 렌즈가 점 O에 놓여 있다. 또한, 점 O로부터 8 cm 떨어진 점 A에는 y 축 방향으로 3 cm, x 축 방향으로 2 cm 길이의 두 물체 a, b 의 시작점이 놓여 있다. 볼록 렌즈에 의해 생기는 물체 a, b 의 상을 광선 추적 및 렌즈 방정식을 이용하여 시작점의 위치, 상의 크기, 상의 방향을 구하시오. 또한, 각 상의 종류는 실상인지 허상인지 판명하시오.



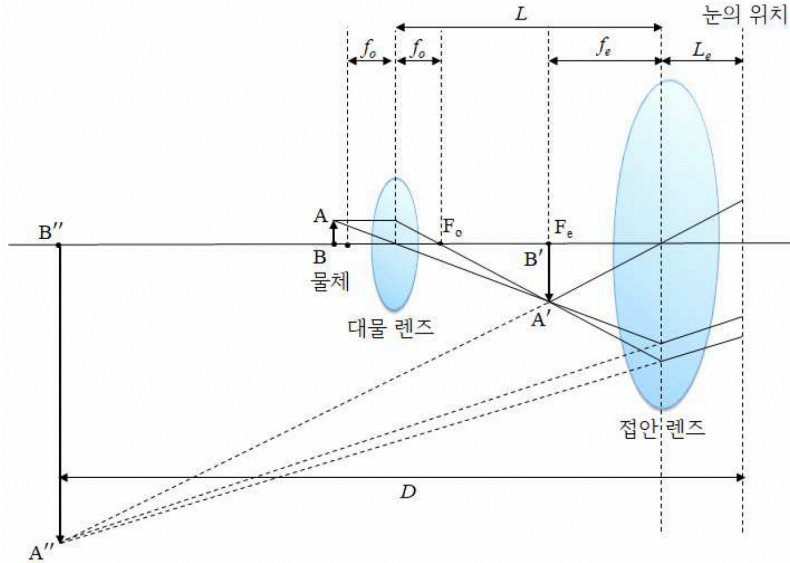
[그림 1] 물체 a, b 와 볼록 렌즈

- (1-2) [그림 2]는 물체의 위치에 따라 볼록 렌즈에 의한 상을 관찰하는 실험을 나타낸다. 물체는 크기가 매우 작은 발광 물체이다. 초점 거리가 f 이고 지름이 D 인 볼록 렌즈에 의해 스크린 위에 완벽하게 또렷한 상이 맺히도록 하는 물체의 위치는 점 A이다. 이때 볼록 렌즈와 스크린 사이의 거리는 b 이다. 물체를 점 A에서 Δa 만큼 떨어진 점 A'으로 옮기면 스크린 위에는 원형 상이 생긴다. 이 상의 지름이 l 이하일 때 우리의 눈은 이를 또렷한 상으로 인식한다. 점 O를 원점이라 하고, x 축 위에서 물체를 점 A로부터 $+x$ 방향으로 이동시킬 때 우리의 눈이 상을 여전히 또렷한 상으로 인식하는, 점 A로부터 가장 멀리 떨어진 물체의 좌표를 구하고자 한다. 이를 b, f, l, D 만을 이용하여 표현하시오 (단, $a > f, D > l$ 이다).



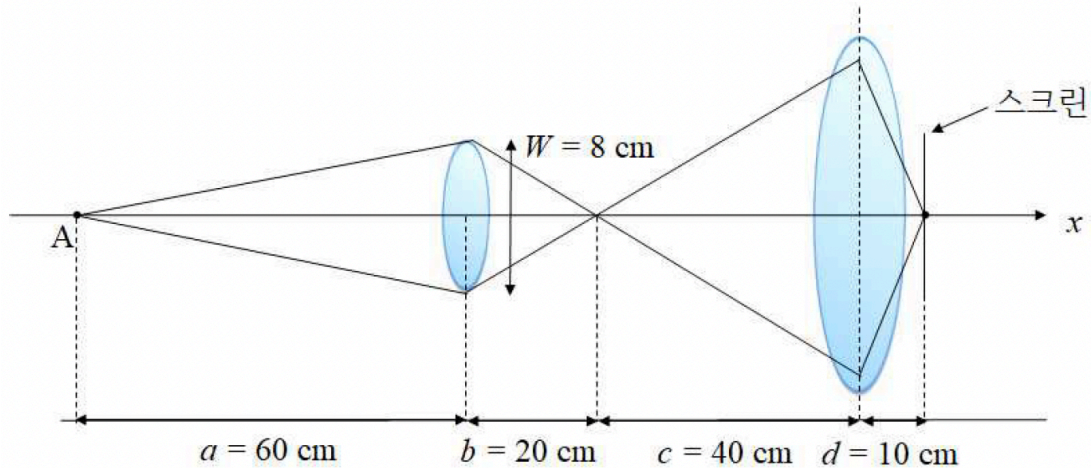
[그림 2] 물체를 점 A에서 $+x$ 방향으로 이동시킬 때 볼록 렌즈에 의한 상

- (1-3) [그림 3]처럼 두 개의 볼록 렌즈를 이용해 물체를 확대하여 보여주는 현미경 광학 장치를 만들었다. 물체 AB가 대물 렌즈의 초점 거리 f_o 바로 밖의 한 점에 있을 때 접안 렌즈의 초점 거리 f_e 바로 안쪽(오른쪽)에 첫 번째 상이 맺히며, 접안 렌즈는 이를 거리 D 만큼 떨어진 곳에 확대된 상을 만든다. 접안 렌즈의 중심과 눈 사이의 거리가 L_e 일 때, 이 광학 장치의 배율을 f_o, f_e, L, L_e, D 를 사용하여 표현하시오. (단, 볼록 렌즈가 여러 개 있을 때 최종 상의 배율은 각 볼록 렌즈의 배율의 곱으로 표현된다)



[그림 3] 현미경 광학 장치

- (1-4) 두 개의 볼록 렌즈를 이용하여 문제 1-2처럼 크기가 매우 작은 물체가 만드는 상을 관찰하는 실험을 수행하고자 한다 ([그림 4] 참고). 인간의 눈은 스크린 위에 맺히는 상의 지름이 l ($= 80\mu\text{m} = 8 \times 10^{-3} \text{ cm}$) 이하일 때 또렷한 상과 흐릿한 상을 구별하지 못한다. 즉, 상의 지름이 l 이하면 우리의 눈은 모두 또렷한 상으로 인식한다. 물체가 점 A에 있을 때 스크린 위에 또렷한 상이 맺힌다고 하자. 물체를 $-x$ 방향으로 무한히 멀리 떨어진 점으로부터 점 A를 향해 이동시킬 때, 상의 지름이 l 이 되는 순간 물체와 점 A 사이의 거리는 몇 cm인지 유효 숫자 첫째 자리까지 구하시오. (단, 첫 번째 볼록 렌즈를 통과한 모든 광선은 두 번째 볼록 렌즈를 통과한다. 또한, $|\alpha| \ll 1$ 일 경우 $1/(1 - \alpha) \approx 1 + \alpha$ 의 근사가 가능하다.)



[그림 4] 두 개의 볼록 렌즈에 의한 상의 관찰

문제 2 원자와 천체의 궤도운동 대응

소문항 5개

수소 원자, 태양 주위를 공전하는 지구, 그리고 먼 우주의 블랙홀 주위를 공전하는 별의 궤도운동을 비교해보자. 수소 원자는 전자와 양성자가 전기력으로 결합하여 있고, 나머지는 중력으로 결합하여 있다. 아래의 문제에서, 수치 계산은 [표 1]을 참고하여 유효 숫자 한 자리까지 구하여라.

[표 1] 물리 상수표

빛의 속력	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$	플랑크 상수	$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$
중력 상수	$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$	쿨롱 상수	$k = 9.0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$
전자의 전하량	$-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	양성자의 전하량	$+e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
전자의 질량	$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	양성자의 질량	$m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$
태양의 질량	$M_\odot = 2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$	지구의 질량	$M_\oplus = 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$
양성자의 반지름	$r_p = 1.0 \times 10^{-15} \text{ m}$	보어 반지름	$a_0 = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$

- (2-1) 수소 원자를 이루는 전자와 양성자의 전하량이 실제 값의 10,000 배로 커졌을 때의 전자의 궤도 반지름을 보어의 원자모형을 이용하여 계산하고, 이 상황이 물리적으로 가능한지 설명하라. (전자는 크기가 없는 점입자로 생각한다.)
- (2-2) 중력 법칙을 이용하여 기술하는 지구의 공전운동에 보어의 원자모형을 적용해보자. 보어 반지름에 해당하는 값을 구하고, 궤도 반지름이 태양과 지구 사이 거리인 $1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ 가 되는 양자수 N 을 구하여라. 또한, $N + 1$ 상태와 N 상태의 궤도 반지름의 차이를 구하여라. (원자모형의 전기력 대신에 중력, 쿨롱 상수 대신에 중력 상수, 전하량 대신에 질량을 이용하라.)
- (2-3) 수소 원자의 전자가 어느 순간 빛을 흡수하거나 방출하여 궤도운동 속력이 $\frac{1}{2}$ 배로 줄었을 때, 보어의 원자모형을 이용하여 전자의 궤도 반지름이 원래의 몇 배가 되는지 계산하라. 이때 전자가 빛을 흡수하는지 방출하는지 판단하고, 이 빛의 진동수를 구하여라. (빛의 진동수는 수치 계산 없이 물리 상수들로 표현하여도 좋다.)
- (2-4) 지구가 태양 주위를 반지름이 $r = 1 \text{ AU}$ 인 궤도로 원운동을 하다 어느 순간 궤도운동 속력이 $\frac{1}{2}$ 배로 줄었다고 하자. 케플러 법칙에 의하면 지구는 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도로 운동하며, 지구가 태양으로부터 떨어진 거리가 r_1 일 때 공전 속력이 v_1 , 떨어진 거리가 r_2 일 때 공전 속력이 v_2 라고 하면 $r_1 v_1 = r_2 v_2$ 가 성립한다. 이를 이용하여 태양으로부터 원일점과 근일점까지의 거리를 각각 구하고, 타원 궤도운동의 주기를 구하여라. (중력 퍼텐셜 에너지는 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지에서 쿨롱 상수 k 대신 중력 상수 G , 전하량 대신 질량을 이용하여 구할 수 있다. 지표면 근처에서의 중력 퍼텐셜 에너지 mgh 는 사용하지 않는다.)
- (2-5) 블랙홀을 중심으로 원운동을 하는 별을 관측하여 블랙홀을 발견하고자 한다. 블랙홀의 질량 M 은 별의 질량 m 에 비해 훨씬 크고, 별의 속력과 공전 주기는 각각 v, T 이다. 이들은 지구로부터 너무 멀어서 별의 궤도운동을 직접 관측할 수는 없지만, 지구에서 관측된 별빛의 진동수가 별의 운동에 따라 변할 것이다. 충분히 긴 시간 동안 관측했을 때, 별빛의 진동수가 시간에 따라 어떻게 변하는지 정량적으로 기술하라. 블랙홀의 존재와 질량을 어떻게 알아낼 수 있는가? (우주의 팽창이나 상대론적 효과는 무시하라. 지구와 블랙홀은 정지해 있고, 지구에서 본 별의 시선 방향은 별의 궤도평면 위에 있다고 가정하라. 빛은 속력이 c 인 음파처럼 다룰 수 있고, 필요하다면 다음 근사를 사용하라.)

$$|x| \ll 1 \text{ 이면 } (1+x)^n \approx 1+nx$$

2021학년도 · 문제편

문제 1 전기 기타의 소리 전달 — 픽업·트랜지스터·스피커
문제 2 1차원 충돌 모형으로 본 공기 저항

단원 역학 · 전자기
핵심 개념 전자기 유도와 패러데이 법칙, 강자성체와 자기 구역, p-n 접합의 정류 작용과 트랜지스터의 극성 판별, 증폭기의 동작점·포화·클리핑, 축전기의 용량 리액턴스, 1차원 탄성 충돌의 반복과 등비수열, 공기 저항의 두 극한
문항 수 2문항 (소문항 9개)

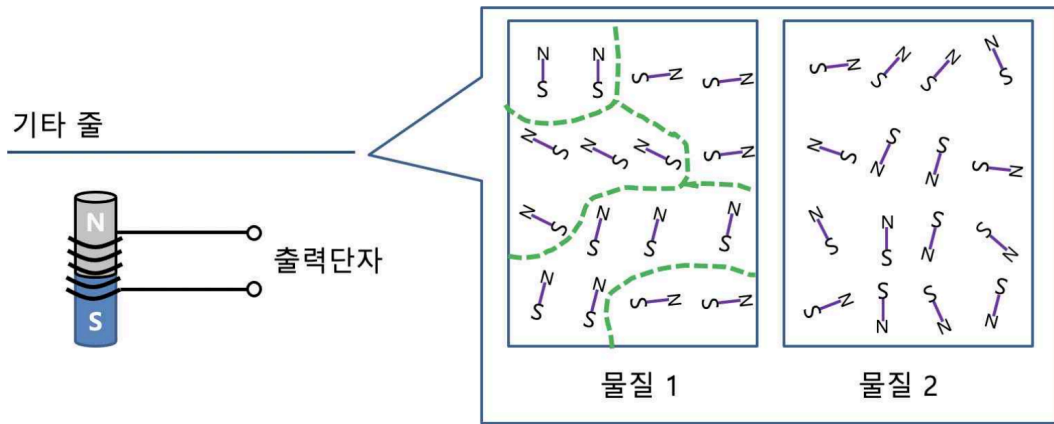
I. 문제

문제 1 전기 기타의 소리 전달 — 픽업·트랜지스터·스피커

소문항 5개

전기 기타 콘서트에서 전기 기타 연주가 청중에게 소리로 전달되는 과정의 전자기적 원리에 대해 생각해 보자. 연주자가 기타 줄을 튕기면, 줄의 진동은 픽업 앰프에서 교류 신호로 바뀐 후 트랜지스터에서 증폭된다. 그리고 스피커가 이 증폭된 교류 신호를 다시 공기의 진동으로 바꾸어 청중에게 전달한다. 이 과정의 각 단계에 관하여 다음 물음에 답하시오.

- (1-1) 아래 그림 (가)처럼, 코일이 감긴 자석들로 구성된 픽업 앰프는 전자기 유도를 통해 기타 줄의 진동을 교류 신호로 변환한다. 신호를 효과적으로 바꾸려면 줄을 아래 그림 (나)에 묘사된 두 물질 중 어느 것으로 만드는 것이 더 적절한지 답하고 그 이유를 설명하시오. 단, (나)는 외부 자기장이 없는 상태에서 관찰한 것이다.

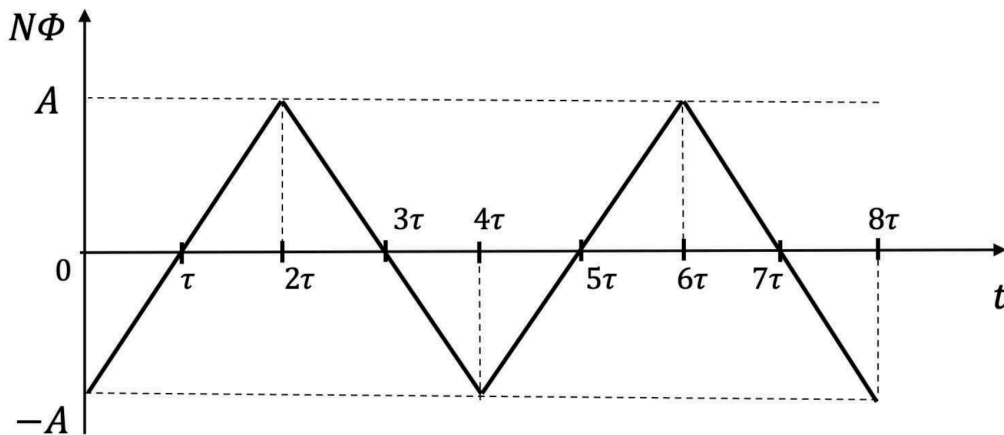


(가) 픽업 앰프의 구조

(나) 기타 줄의 구성 물질

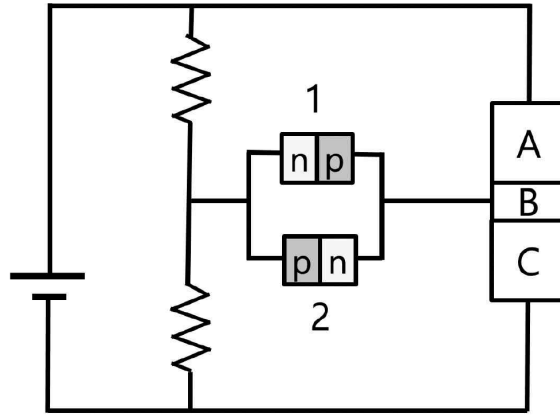
픽업 앰프와 기타 줄의 구성 물질

- (1-2) N 번 감은 코일을 통과하는 자기 선속 Φ 가 시간 t 에 따라 아래 그림처럼 변화하는 경우, 코일에 유도되는 교류 신호의 형태, 진폭 및 진동수가 어떻게 될지 답하시오. 이를 바탕으로 기타 줄의 높이와 세기가 픽업 앰프에서 유도된 교류 신호의 진동수와 진폭에 어떤 영향을 미치는지 유추하시오.



코일을 지나는 자기 선속 $N\Phi$ 의 시간 변화

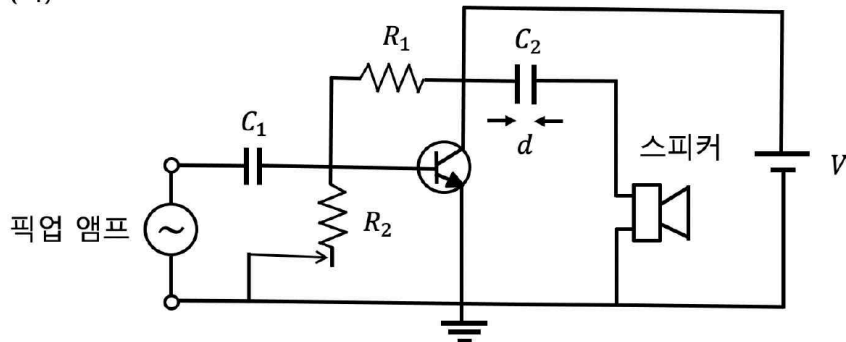
- (1-3) 증폭 회로를 만들기 위해 준비한 트랜지스터는 p-n-p형인지, n-p-n형인지 판별하고자 한다. 이를 위해 아래 그림처럼 발광 다이오드(LED)를 두 개를 사용하여 회로를 만들었다. 만약 2번 LED에만 불이 들어온다면, 이 트랜지스터는 어느 종류인지 답하고 그 이유를 트랜지스터 내부 A, B, C 영역에서의 전하 나르개의 움직임과 다이오드의 정류 작용과 연관 지어 설명하시오. 단, 이미터와 컬렉터를 서로 바꾸더라도 이 트랜지스터는 잘 작동한다고 가정한다.



LED 2개를 이용한 트랜지스터 판별 회로

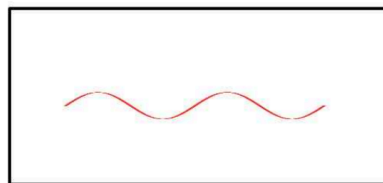
- (1-4) 트랜지스터를 이용해 아래 그림 (가)처럼 회로를 구성하여 픽업 앰프와 스피커를 연결하였다. 여기서 저항 R_1 의 값은 고정되어 있고, 저항 R_2 의 값은 전극의 접속 위치를 조절하여 바꿀 수 있다. 기타 주자가 조용한 곡을 연주할 때는 그림 (나)처럼 증폭 신호가 본래 형태를 잘 유지하였으나, 격렬한 곡을 연주할 때는 그림 (다)처럼 증폭 신호의 형태가 바뀌어 기타의 음색이 변질된다. 이러한 현상이 발생하는 것을 트랜지스터의 스위칭 작용으로 설명하고, 기타의 음색 변질을 방지하기 위해 저항 R_2 를 어떻게 바꾸어야 할지 정성적으로 설명하시오.

(가)

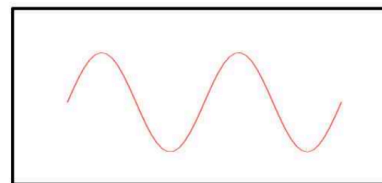


트랜지스터 증폭 회로

(나)

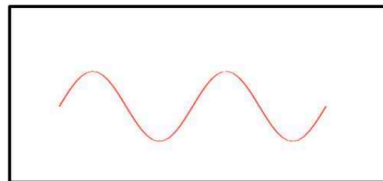


픽업 앰프

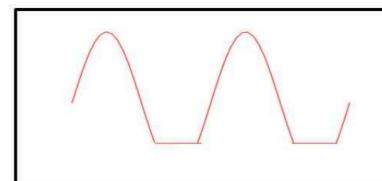


스피커

(다)



픽업 앰프



스피커

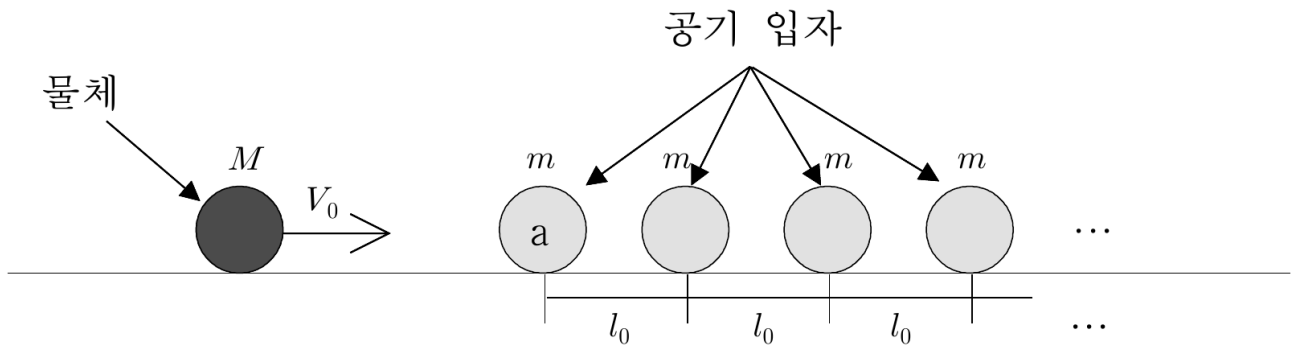
픽업 앰프와 스피커의 신호 파형

- (1-5) 위 회로에 포함된 축전기 C_1 과 C_2 는 각각 픽업 앰프와 스피커에 직류가 흐르는 것을 방지하여 부품의 손상 및 불필요한 전력 소모를 막는다. 이제 이 회로를 사용하여 전기 기타보다 낮은 음역을 연주하는 전기 베이스 기타의 소리를 스피커로 내보내는 경우를 생각해 보자. 이때 베이스 기타의 낮은 음들이 지나치게 작게 들린다면, 축전기 C_2 를 구성하는 금속판 사이의 거리 d 를 조정하여 소리가 잘 들리도록 할 수 있다. 이를 위해 거리 d 를 늘려야 할지, 줄여야 할지 답하고 그 이유를 정성적으로 설명하시오.

문제 2 1차원 충돌 모형으로 본 공기 저항

소문항 4개

공기 중 물체의 움직임에 관한 1차원 충돌 모형을 생각해 보자. 이때, 질량이 m 인 공기 입자가 정지한 상태로 l_0 의 간격을 두고 무한히 놓여 있다. 이는 평균 밀도가 $\rho = m/l_0$ 인 공기를 단순화한 1차원 모형이다(아래 그림 참조). 더 큰 질량 M 을 가진 물체가 처음 속도 V_0 로 이 공기 입자들과 충돌할 때, 물체와 공기 입자가 작용하는 평균적인 힘을 계산함으로써 공기 저항을 구할 수 있다. 모든 충돌 전후로 운동 에너지는 보존되고, 별도의 외력은 없으며, 물체와 공기 입자들의 크기는 무시할 수 있다고 가정한다. 또한 물체와 공기 입자가 오른쪽으로 움직일 때 그 속도를 양수로 표시하기로 하자. 아래 물음에 답하시오.



1차원 충돌 모형 — 질량 M 인 물체와 간격 l_0 로 놓인 질량 m 인 공기 입자들

- (2-1) 첫 번째 충돌 직후에 나타나는 물체 속도 V_1 과 공기 입자 속도 v_1 을 구하시오.
- (2-2) 위 문제에서 물체와 충돌한 공기 입자를 a_1 이라 부르자. 물체가 n 번의 충돌을 거친 직후 움직이는 속도 V_n 과 공기 입자 a_k 가 k 번의 충돌을 거친 직후 움직이는 속도 v_k 를 각각 구하시오.
- (2-3) 이제 M 이 m 보다 훨씬 크다고 가정하자. 물체의 첫 충돌 직전부터 $n+1$ 번째 충돌 직전까지 걸리는 시간을 T 라고 할 때, 이 시간 동안 물체에 가해지는 평균 힘 $\bar{F}$ 를 M, ρ, T, V_0 로 표현하시오. 이때, $B/(A+B)$ 에서 A 가 B 보다 훨씬 크다면 B/A 로 근사할 수 있다.
- (2-4) 시간 T 동안 물체가 처음 속도 V_0 그대로 움직인다면, 물체가 이동하는 구간에 있는 공기 입자의 총 질량은 $\rho V_0 T$ 이다. 이 값이 물체의 질량 M 보다 ① 매우 작은 경우와 ② 매우 큰 경우로 나누어 $\bar{F}$ 를 근사하여 구하시오. 그리고 ③ 실제 공기 중에서 $M = 1$ kg인 물체가 공기 입자로부터 받는 평균 힘을 $T = 0.001$ s 동안 측정한다면, 물체의 속도가 $V_0 = 1$ m/s인 경우에 비해 $V_0 = 2$ m/s일 때 물체가 받는 평균 힘의 크기가 몇 배로 증가할지 근사적으로 구하시오. 이때, $C/(D+E)$ 에서 D 가 E 보다 훨씬 크다면 C/D 로 근사할 수 있으며, $\rho \approx 0.01$ kg/m라고 가정한다.

2020학년도 · 문제편

문제 2 이중 슬릿과 파동성

단원	파동·광학 · 현대물리
핵심 개념	이중 슬릿 간섭과 근축 근사, 폐관의 기본 진동, 음원의 운동에 의한 도플러 효과, 전자의 드브로이 파장, 결정에 의한 전자 회절(브래그 조건)
문항 수	1문항 (문제 2, 하위문항 4개)

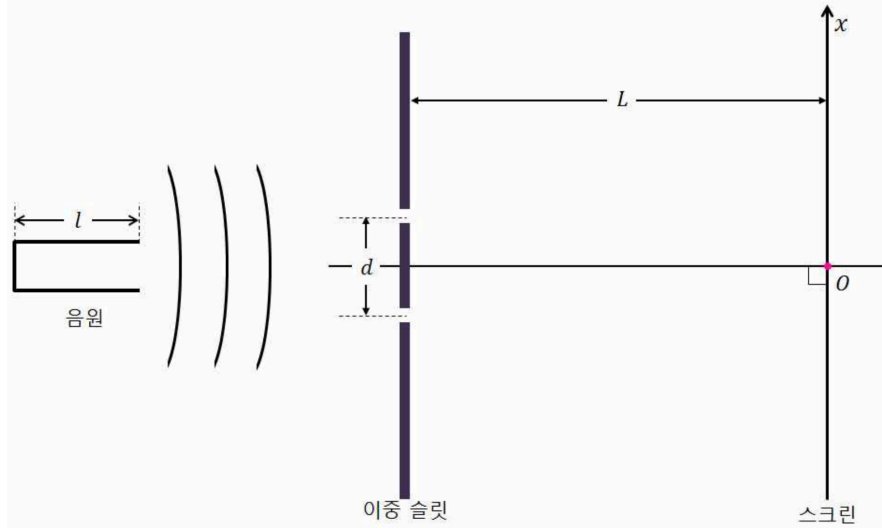
I. 문제

문제 2 이중 슬릿과 파동성

물리 I · II · 하위문항 4개

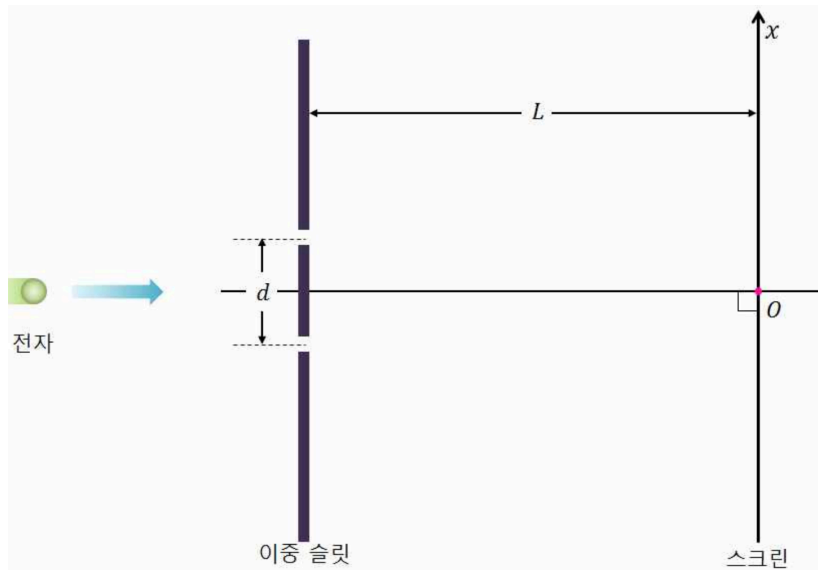
슬릿 사이의 거리가 d 인 이중 슬릿에서 L 만큼 떨어진 곳에 스크린이 있다. 단, L 이 d 보다 충분히 크다고 가정하고 각 슬릿의 폭은 무시한다.

- (2-1) 길이가 l 이고 한쪽 끝이 닫힌 관 속에서 공기가 진동하는 음원이 있다. 이 음원이 기본 진동수의 음을 낼 때 그 진동수를 구하고 스크린 위에서 소리가 크게 들리는 극대점 사이의 거리를 구하시오. 단, 음속은 v 로 한다.



한쪽이 닫힌 관 음원 — 이중 슬릿(간격 d) — 스크린(거리 $L, L \gg d$)

- (2-2) 문제 2-1에서 음원이 v_s 의 속력으로 스크린을 향해 움직일 때 스크린 위에서 소리가 크게 들리는 극대점 사이의 거리는 어떻게 변하는지 구하시오. (단, $v_s < v$ 이고 음원은 d 에 비해 충분히 먼 곳에서 접근한다고 가정한다.)
- (2-3) 정지 상태에서 전압 V 로 가속된 전자를 하나씩 이중 슬릿에 통과시키는 실험을 무수히 반복할 때 스크린 위에서 전자가 많이 분포하는 극대점 사이의 거리를 구하시오. 전자의 질량은 m , 기본 전하량은 e , 플랑크 상수는 h 이다.



전압 V 로 가속된 전자 — 이중 슬릿(간격 d) — 스크린(거리 L)

- (2-4) 동일한 에너지를 가지는 전자선을 결정에 쏘는 실험을 생각해 보자. 결정에서 튀어 나온 전자의 각도에 따른 분포를 통해 어떻게 전자의 파동성을 증명할 수 있는지 서명하시오.

2019학년도 · 문제편

문제 1 자기장 속 하전입자의 원운동과 벽면과의 반복 충돌
문제 2 무한 퍼텐셜 우물 · 광전효과 · 이중 슬릿 간섭

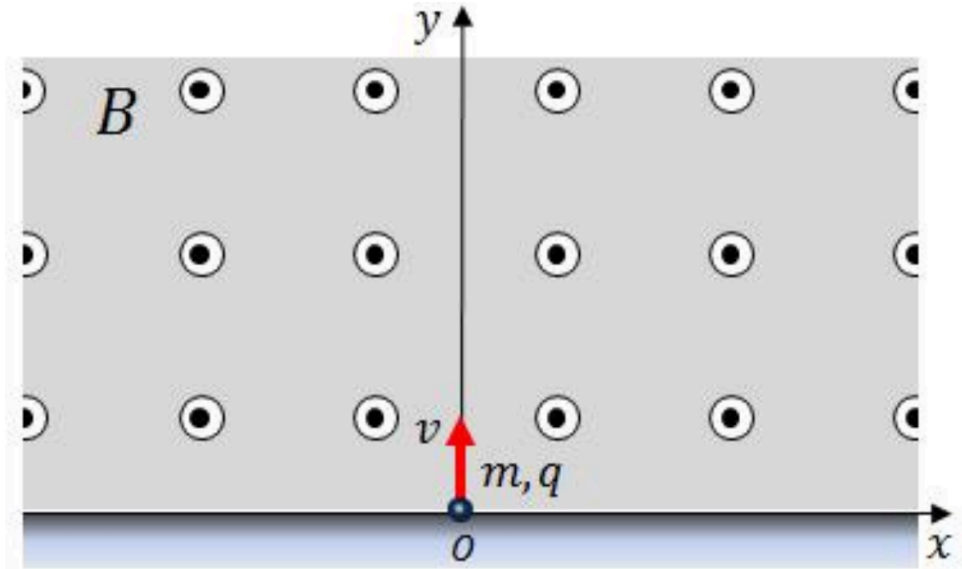
단원 역학 · 전자기 · 파동·광학 · 현대물리
핵심 개념 로런츠 힘과 등속 원운동, 전기장·자기장의 힘의 평형, 반발계수와 등비급수의 극한, 무한 퍼텐셜 우물의 에너지 양자화, 파울리 배타 원리, 광전효과, 전자의 이중 슬릿 간섭
문항 수 2문항 (소문항 8개)

I. 문제

문제 1 자기장 속 하전입자의 원운동과 벽면과의 반복 충돌

물리 I · II · 소문항 4개

아래 그림과 같이 지면에서 나오는 z 축 방향의 균일한 자기장 B 가 있는 공간이 있다. 이 공간에 질량이 m 이고 전하가 q 인 입자가 원점 O 에서 y 축 방향으로 초기 속도 v 로 출발하였다. $y < 0$ 인 공간은 벽으로 막혀 있다.



지면 밖(+ z)으로 나오는 자기장 B 안에서 원점 O 를 $+y$ 로 출발하는 입자

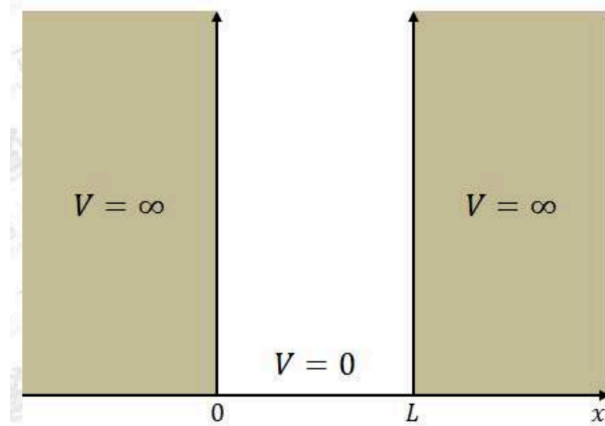
- (1-1) 입자가 y 축 방향으로 초기 속도 v 를 계속 유지하며 직진하도록 전기장을 가한다면 어떤 방향으로 얼마만큼 가해야 하는가? $q > 0$ 인 경우와 $q < 0$ 인 경우로 나누어 설명하시오.
- (1-2) 지금부터는 전기장이 없고 전하가 $q > 0$ 인 경우를 생각해 보자. 입자가 $y = 0$ 에서 벽면과 충돌할 때까지 x 축 방향으로 이동한 거리 L_1 과 걸린 시간 T_1 을 구하시오. 초기 속도를 두 배로 하거나 질량을 두 배로 하는 각각의 경우 L_1 과 T_1 은 어떻게 변하는가?
- (1-3) 입자가 $y = 0$ 에서 벽면과 충돌할 때 충돌 전과 충돌 후 x 축 방향의 속도는 변하지 않는 반면, y 축 방향의 속도 크기는 e ($0 < e < 1$) 의 비율로 줄어든다고 가정하자. 입자가 N 번 충돌할 때까지 x 축 방향으로 이동한 거리와 그때까지 걸린 시간을 구하시오. N 이 한없이 커졌을 때 입자가 x 축 방향으로 이동한 거리의 극한값을 구하고 이를 e ($0 < e < 1$) 에 대한 그래프로 그려 보시오. 이 그래프가 $e \rightarrow 0$ 과 $e \rightarrow 1$ 에서 가지는 값의 의미를 입자의 운동 관점에서 설명하시오.
- (1-4) 입자가 원점에서 출발하여 $x = L$, $y = 0$ 인 지점에 정확히 도달하기 위한 자기장의 조건을 구하시오. 또한 $e = 1$ 인 경우 이 자기장의 조건은 어떻게 되는가?

문제 2 무한 퍼텐셜 우물 · 광전효과 · 이중 슬릿 간섭

물리 I · II · 소문항 4개

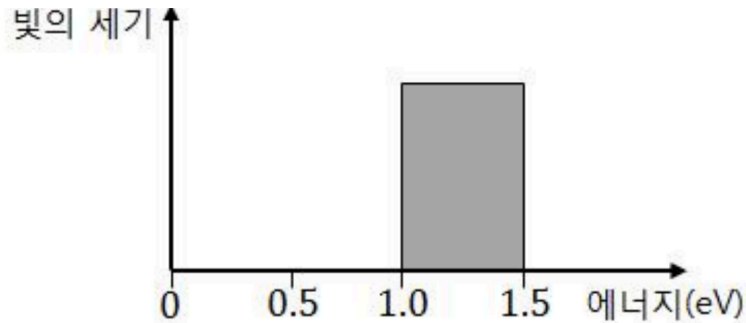
- (2-1) 아래 그림과 같이 퍼텐셜 에너지 V 가 $0 < x < L$ 인 영역은 $V = 0$ 이고 나머지 영역은 $V = \infty$ 인 1차원 상자가 있다. 이 상자에 전자 11개를 다음과 같은 조건으로 차곡차곡 채울 때, 마지막 전자가 들어가는 에너지 준위는 얼마인가?

1. 상자 내부는 에너지가 양자화 되어 있으며 바닥상태 에너지 E_0 는 0.1 eV이다.
2. 전자의 스핀 양자수는 $\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$ 이다.
3. 전자 사이의 전기적 상호작용 또는 중력과 같은 외부 힘은 무시한다.
4. 전체 에너지가 최소가 되도록 전자를 채운다.



$0 < x < L$ 에서 $V = 0$, 그 밖은 $V = \infty$ 인 1차원 무한 퍼텐셜 우물

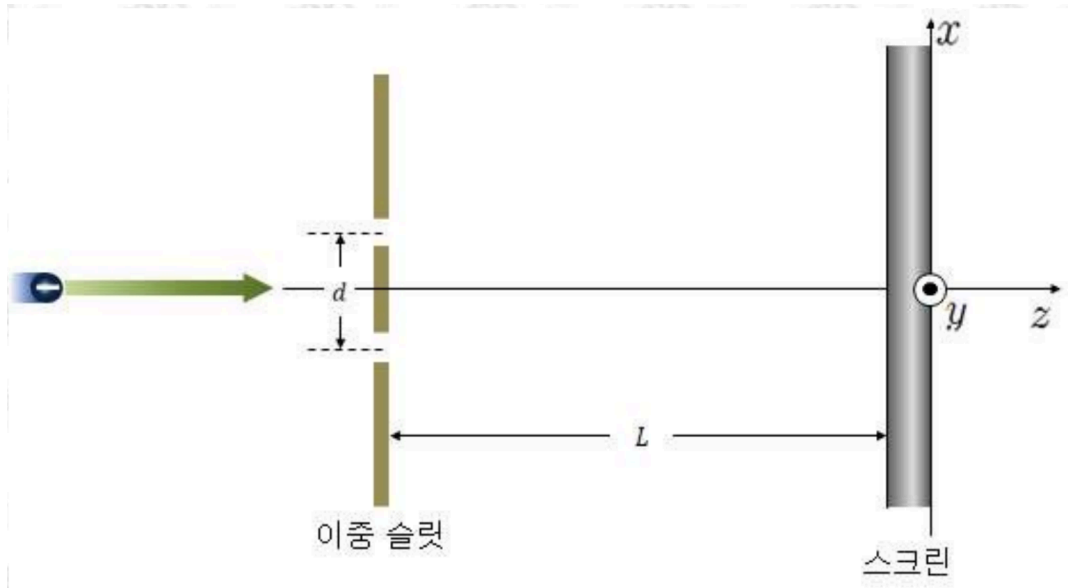
- (2-2) 이 상자에 아래 그림과 같은 에너지 분포를 갖는 빛을 쏘여주었다. 빛에 의해 들뜬상태로 올라간 전자는 자발 방출을 통해 빛을 내보낸다. 이때 상자에서 나올 수 있는 빛의 에너지는 얼마인가? (단, 하나의 전자가 한 번 들뜬상태로 전이한 후 원래의 에너지 준위로 돌아오며 빛을 내보내는 경우만 생각한다.)



입사광의 에너지 분포 — 1.0 ~ 1.5 eV 영역에 균일한 세기

- (2-3) 문제 2-2의 과정을 통하여 상자에서 나온 빛을 일함수가 1.2 eV인 물질의 표면에 쏘여주었다. 표면에서 방출된 광전자의 운동 에너지는 얼마인가?

- (2-4) 양자물리에 의하면 전자는 입자와 파동의 이중성을 가진다. 문제 2-3의 결과로 나온 전자를 아래 그림과 같이 한 번에 하나씩 이중 슬릿을 통과시키는 실험을 한다. 다음 각각의 경우에 대하여 그 결과를 개략적으로 설명하시오. (a) 하나의 전자가 이중 슬릿을 지나 스크린의 xy 평면에서 발견될 수 있는 확률분포, (b) 전자 한 개가 스크린에 도달한 후 스크린의 xy 평면에 나타나는 결과, (c) 이러한 실험을 무수히 많이 반복하였을 때 스크린의 xy 평면에 나타나는 결과. (단, L 은 d 보다 충분히 크다고 가정한다.)



간격 d 의 이중 슬릿과 거리 L 떨어진 스크린 ($L \gg d$)

2018학년도 · 문제편

문제 1 무온과 표준모형 · 2차원 탄성충돌에 의한 에너지 손실
문제 2 유전체가 이동하는 축전기를 포함한 RLC 직렬회로

단원 역학 · 전자기 · 현대물리
핵심 개념 표준모형의 기본입자와 기본 상호작용, 무온의 붕괴, 2차원 탄성충돌과 최대 에너지 전달, 중성자 감속재, 평행판 축전기의 유전율, RLC 직렬회로의 공진, 변압기와 다이오드 정류·평활 회로
문항 수 2문항 (소문항 10개)

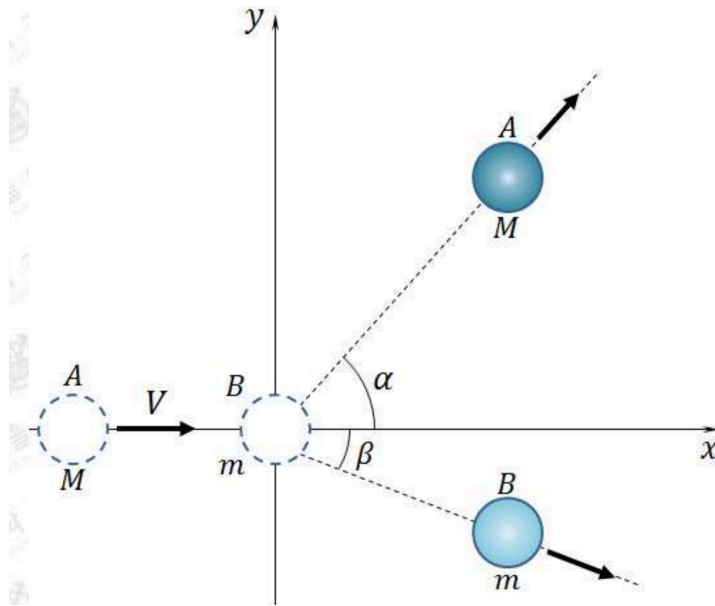
I. 문제

문제 1 뮤온과 표준모형 · 2차원 탄성충돌에 의한 에너지 손실

물리 I · II · 소문항 5개

우주선(cosmic ray)이 지구 대기권에 도달하여 공기와 충돌하면 뮤온을 만든다. 이때 생긴 뮤온은 질량이 전자 질량의 약 200배이며 광속의 약 99%로 이동한다. 뮤온이 가진 에너지는 물질 속을 지나면서 물질에 흡수된다.

- (1-1) 뮤온은 표준모형의 기본입자 가운데 하나로 경입자(렙톤)의 한 종류이다. 표준모형을 구성하는 기본입자들과 기본 상호작용을 설명하시오.
- (1-2) 뮤온은 수명이 다하면 다른 경입자(들)로 바뀐다. 뮤온을 다른 경입자(들)로 바뀌게 하는 상호작용은 어떤 상호작용인지 설명하시오.
- (1-3) 입자가 물질 속을 통과할 때 에너지를 잃어 가는 과정 가운데 하나는 물질 속의 다른 입자들과의 탄성 충돌이다. [그림 1]과 같이 2차원 평면상에서 속력 V 로 움직이는 질량 M 인 물체 A 가 정지해 있는 질량 m 인 물체 B 와 충돌하는 과정을 생각해 보자. 충돌 후 물체 A 는 원래의 진행 방향에서 어떤 각도 α ($0 \leq \alpha \leq \pi$) 로 꺾여 진행하면서 물체 B 를 각도 β (≥ 0) 로 튕겨낸다. 이 때 물체 A 가 잃어버리는 운동에너지($\Delta K \geq 0$)를 그림에서 주어진 변수들을 이용하여 나타내고 질량 m 과 각도 α 를 변화시킬 때 ΔK 의 최댓값을 구하시오. (많은 기본입자들은 거의 빛의 속도로 움직이고 있어서 특수 상대성 이론의 효과를 고려해야 하지만 본 문제에서는 무시한다.)



[그림 1] 정지한 B 와 충돌한 뒤 각각 α, β 로 갈라지는 두 물체

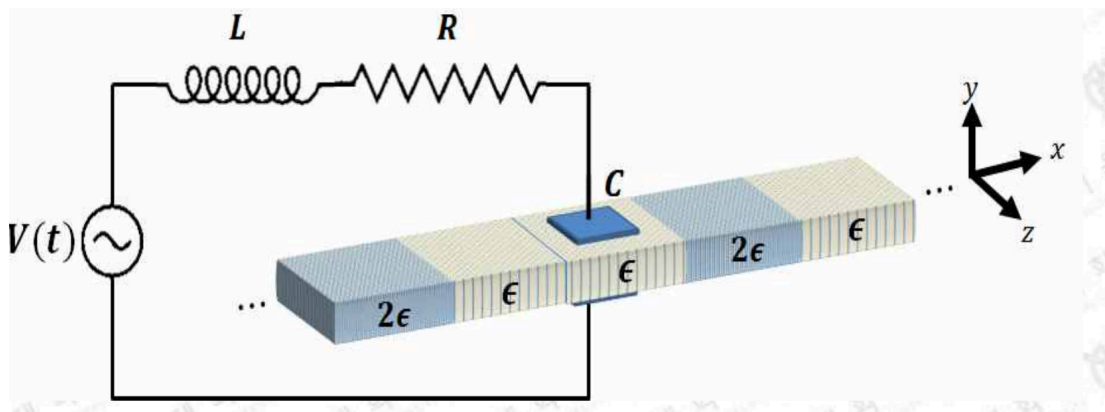
- (1-4) 뮤온은 물질 속을 통과할 때 주로 물질 속의 전자와 탄성 충돌을 일으키면서 자신의 에너지를 잃어간다. 뮤온의 속력에 비하면 물질 속의 전자는 정지해 있다고 보아도 무방하다. 그렇다면 뮤온이 전자와 한 번의 탄성 충돌에서 최대 몇 %정도의 운동에너지를 잃어버리는지 설명하시오.
- (1-5) 원자로에서는 원자핵의 분열에서 나오는 고속 중성자를 느리게 하여 연쇄 반응을 일으킨다. 이 때 중성자를 느리게 하는 데는 감속재를 사용한다. 감속재 속에서 고속 중성자가 어떤 과정을 거쳐서 느려지는지 설명하고 중성자 감속에 효율적인 물질을 생각해 보시오.

문제 2 유전체가 이동하는 축전기를 포함한 RLC 직렬회로

물리 I · II · 소문항 5개

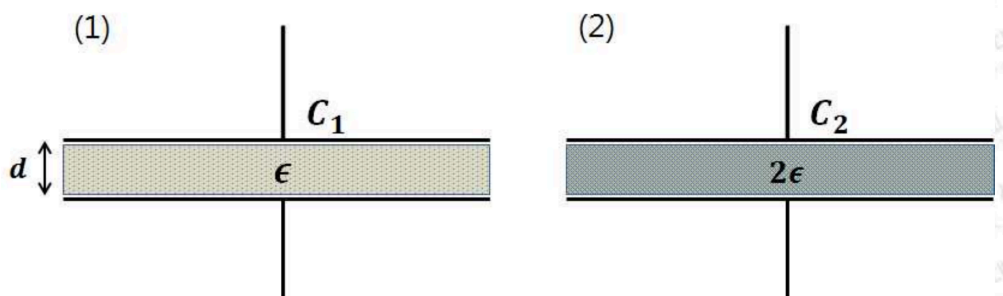
문제 2. [2-1 ~ 2-3]

다음 그림은 저항 R , 코일 L , 축전기 C 가 교류 전원 장치 $V(t)$ 에 직렬로 연결되어 있는 전기회로를 나타낸다. 축전기의 두 극판은 넓이가 A 이고 극판 사이의 거리는 d 이다. 또한, 축전기 극판 사이를 긴 유전체의 일부분이 채우고 있다. 이 유전체는 길이가 일정한 마디의 배열로 이루어져 있고 각 마디의 유전율은 ϵ 또는 2ϵ 이다.

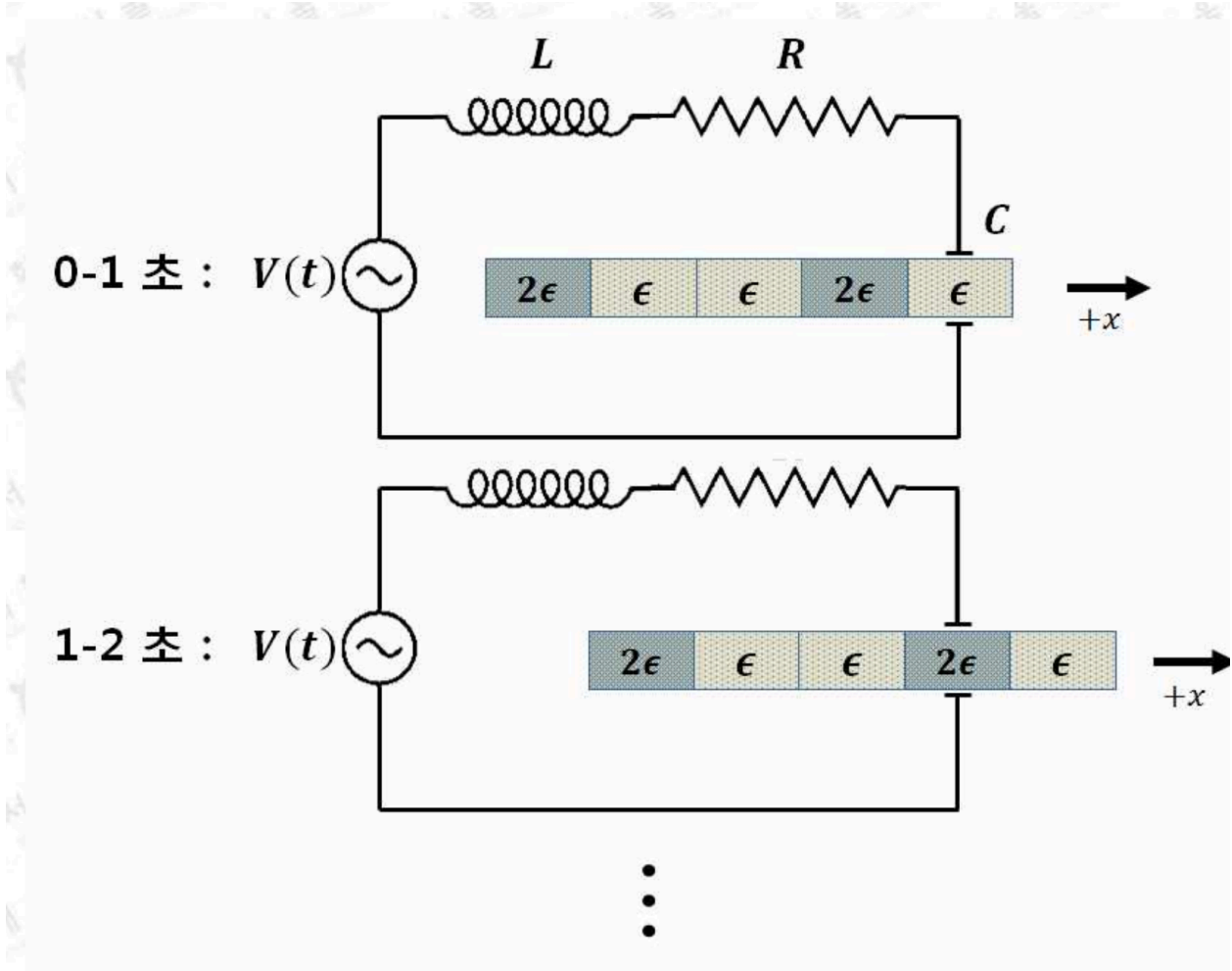


[그림 2] 유전체 마디 배열이 극판 사이를 지나가는 RLC 직렬회로

- (2-1) 유전체의 유전율에 따라 다음의 두 경우가 가능하다. 유전율 ϵ 과 2ϵ 인 마디가 극판 사이에 위치할 때의 전기용량을 각각 C_1, C_2 라고 할 때, C_1 과 C_2 를 구하시오. 두 유전체 마디의 경계가 극판 사이에 위치하는 경우는 무시한다.

[그림 3] 극판 사이를 유전율 ϵ (좌) 또는 2ϵ (우) 인 마디가 채운 경우

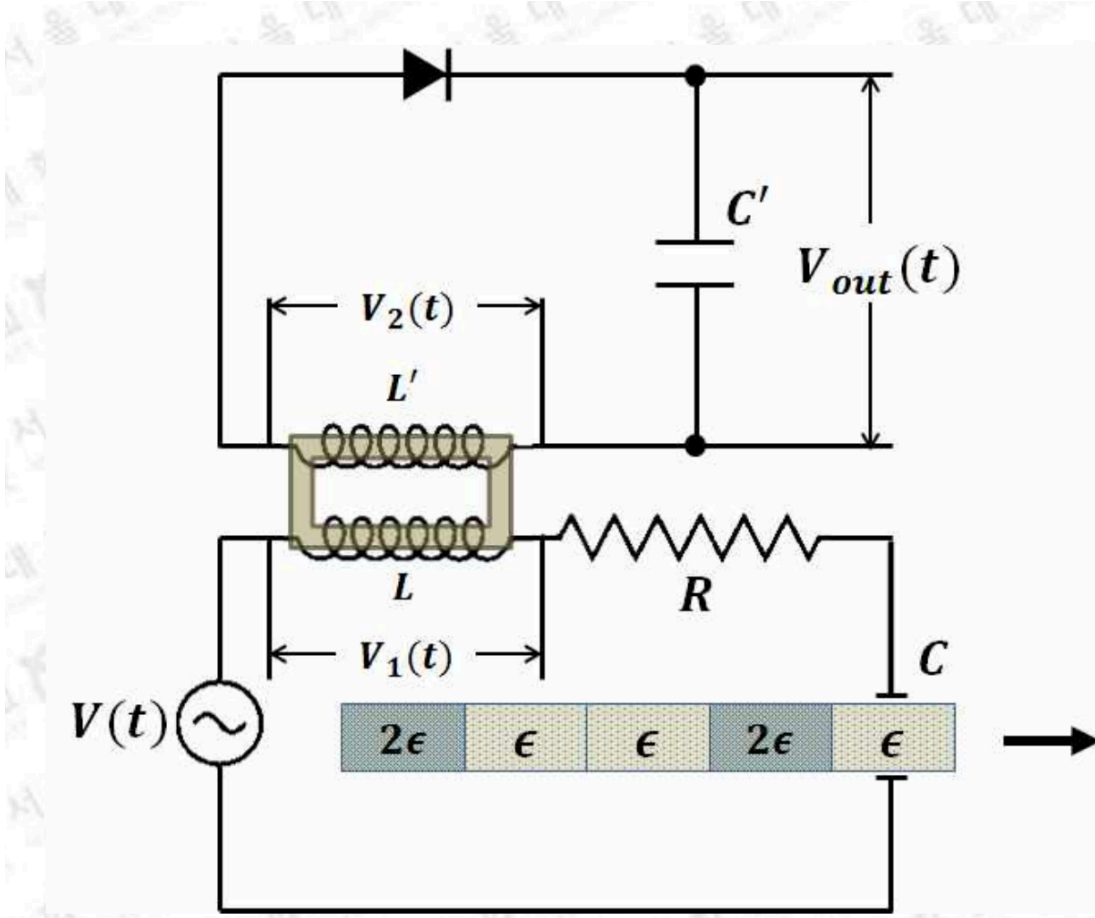
- (2-2) 위 회로의 전원장치는 $V(t) = V_0 \sin(2\pi ft)$ 의 교류전압을 회로에 걸어주고 있다. $C = C_1, C = C_2$ 인 각각의 경우에 대하여 주파수 f 에 대한 교류전류의 진폭 I_0 의 변화를 개략적으로 그리고 공진 주파수와 I_0 의 최댓값을 구하시오.
- (2-3) 아래 그림과 같이 유전체가 x 방향으로 1초에 한 마디씩 움직이는 경우를 생각해 보자. 각 마디는 축전기 극판 사이에 1초간 머무르다가 다음 마디로 즉시 넘어가며, 두 마디의 경계가 축전기에 위치하는 경우는 무시하기로 한다. $C = C_2$ 일 때 **문제 2-2**에서 구한 공진 주파수를 f_2 라고 하자. 또한 교류전원의 주파수 f 를 f_2 로 고정시키면 회로에는 $I(t) = I_0 \sin(2\pi f_2 t)$ 의 교류전류가 흐른다고 한다. 이때 $I(t)$ 의 그래프를 0초에서 5초까지 개략적으로 그리고 설명하시오. 단, f_2 는 1 Hz보다 충분히 크다고 가정한다.



[그림 4] 1초마다 한 마디씩 $+x$ 로 이동하는 유전체

문제 2. [2-4 ~ 2-5]

아래 그림과 같이 원래 전기회로의 코일 L 에 연철심을 넣고 2차 코일 L' 을 L 의 감은 수와 같게 감았다. 또한 2차 코일과 직렬로 다이오드와 축전기 C' 이 달려있다.



[그림 5] 2차 코일 L' 에 다이오드와 축전기 C' 을 연결한 회로

- (2-4) 1차 코일 L 에 걸리는 전압을 $V_1(t)$, 2차 코일 L' 에 걸리는 전압을 $V_2(t)$ 라고 하자. 교류전원의 주파수 f 를 f_2 로 고정시키면 $V_1(t) = 2\pi f_2 L I_0 \sin(2\pi f_2 t)$ 이다. 문제 2-3과 같은 방식으로 유전체 마디가 축전기 극판 사이를 1초에 한 마디씩 지나갈 때 $V_2(t) = V_2 \sin(2\pi f_2 t)$ 의 그래프를 시간 0초에서 5초까지 개략적으로 그리고 설명하시오. 단, f_2 는 1 Hz보다 충분히 크다고 가정한다.
- (2-5) 다이오드와 축전기를 지난 출력 전압을 $V_{out}(t)$ 라고 했을 때, $V_{out}(t)$ 의 시간에 대한 그래프를 시간 0초에서 5초까지 개략적으로 그리고 설명하시오.

2017학년도 · 문제편

- 문제 1** 원형 루프에 꿰어진 두 전하의 평형과 단진동
문제 2 편광판을 넣은 영의 이중슬릿 간섭과 광자의 경로 정보

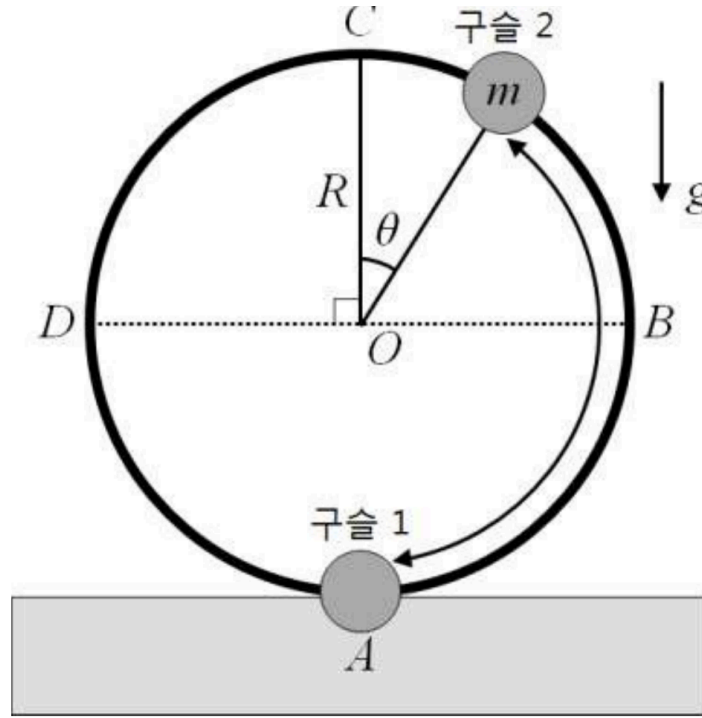
-
- 단원** 역학 · 전자기 · 파동·광학 · 현대물리
핵심 개념 쿨롱 법칙과 구속된 물체의 역학적 평형, 단진동의 주기, 영의 이중슬릿 간섭, 빛의 편광과 말뤼스 법칙, 광자의 파동성·입자성, 경로 정보와 양자 지우개
문항 수 2문항 (소문항 8개)

I. 문제

문제 1 원형 루프에 꿰어진 두 전하의 평형과 단진동

물리 I · II · 소문항 3개

반경 R 의 원형 루프($ABCD$)가 수직으로 세워져 있고, 이 루프에 동일한 전하량을 갖는 구슬 두 개가 꿰어져 있다. 구슬 1은 최하점(A)에 고정되어 있고, 구슬 2는 루프를 따라 마찰 없이 움직일 수 있다. 전기력과 중력에 의해 구슬 2는 루프의 어느 위치에서 평형을 이루게 될 것이다. 구슬 2의 질량은 m , 중력가속도는 g 이며, 쿨롱 법칙의 비례 상수는 k 이다.



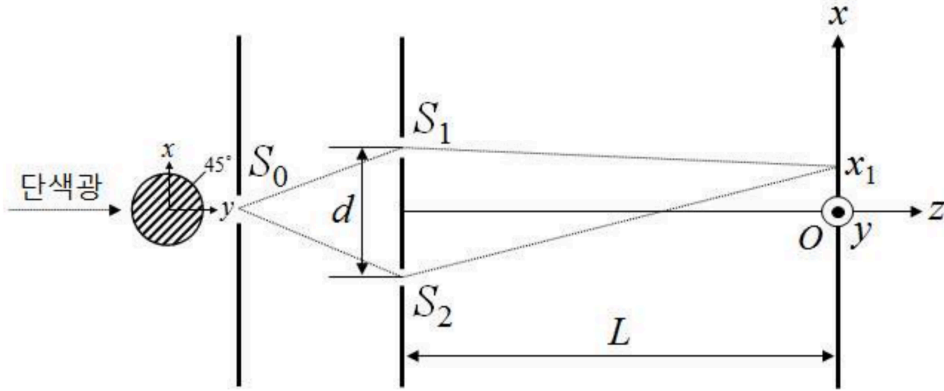
최고점 C 로부터 잰 각 θ 위치에서 평형을 이루는 구슬 2

- (1-1) 구슬 2가 루프의 중간점 B ($\theta = \pi/2$)에서 평형을 이루기 위한 전하량(Q_1)을 구하시오.
- (1-2) 문제 1-1의 상태에서 두 구슬의 전하량을 서서히 증가시켜서 구슬 2의 위치를 중간점 B 에서 최고점 C 까지 점진적으로 올리는 상황을 생각해보자. 이때 구슬 2가 루프의 최고점 C 에서 평형을 이루기 위해 필요한 최소의 전하량(Q_2)을 구하시오. 이때 구슬 2에 작용하는 전기력과 중력 사이의 크기 비는 얼마인가?
(참고) $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$
- (1-3) 두 구슬의 전하량을 문제 1-2에서 구한 Q_2 값의 두 배로 늘렸다. 이때 C 점 근방에서 루프를 따라 구슬 2를 약하게 밀어주면(θ 가 충분히 작으면) 단진동을 하게 된다. 이 단진동의 주기를 m, g, R 의 함수로 구하시오.

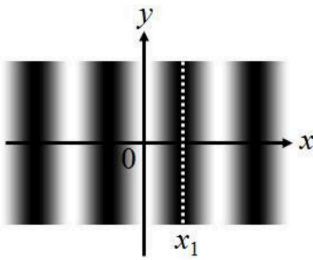
문제 2 편광판을 넣은 영의 이중슬릿 간섭과 광자의 경로 정보

물리 II · 소문항 5개

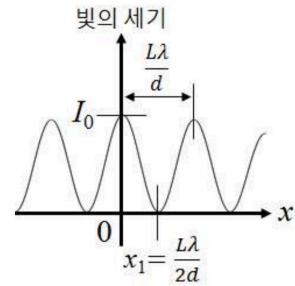
[그림 2-1]과 같이 영의 이중슬릿 실험을 생각하여 보자. 45° 편광판과 슬릿 S_0 를 통과한 단일 파장 λ 인 편광된 빛은 이중슬릿 S_1 과 S_2 를 동시에 지나 스크린에 도달한다. 편의상, 슬릿 S_0 에서 스크린의 중심 O 의 방향을 z 축으로, 종이면에 수직인 방향을 y 축으로 생각하자. 이때 스크린에는 [그림 2-2]와 같은 밝고 어두운 무늬가 반복되는 빛의 간섭무늬가 나타난다. [그림 2-3]은 스크린에서의 위치 x 에 따라 변화하는 빛의 세기를 개략적으로 보여준다.



[그림 2-1] 45° 편광된 단색광이 이중슬릿 S_1, S_2 를 지나 스크린에 도달하는 배치

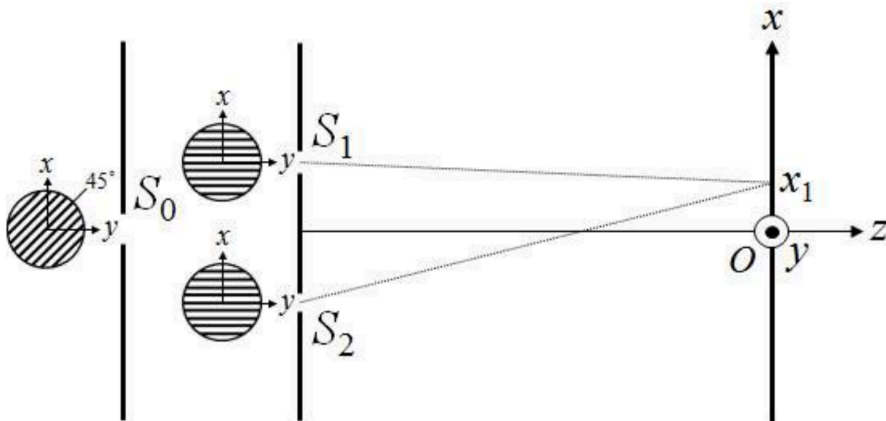


[그림 2-2] 스크린에 나타나는 간섭무늬



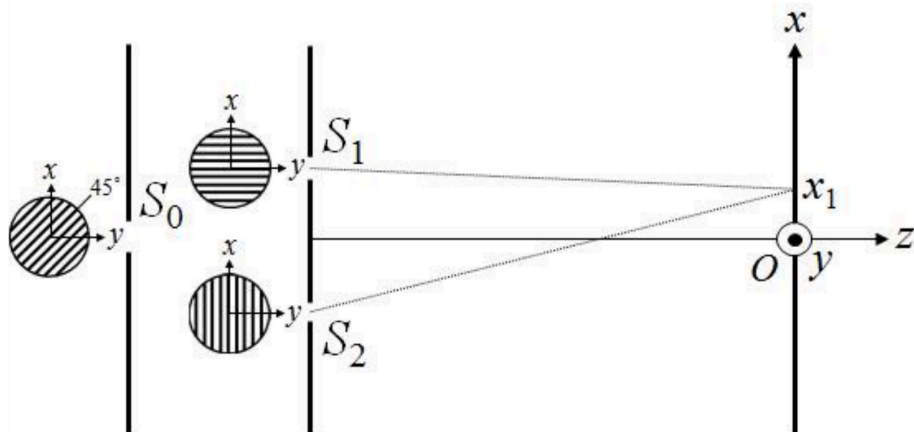
[그림 2-3] 위치 x 에 따른 빛의 세기

- (2-1) 아래의 그림과 같이 슬릿 S_1 과 S_2 앞면에 편광축이 y 방향인 편광판을 각각 놓았다. 이때 스크린에서의 위치 x 에 따라 변화하는 빛의 세기를 개략적인 그림으로 나타내고 이유를 설명하시오.



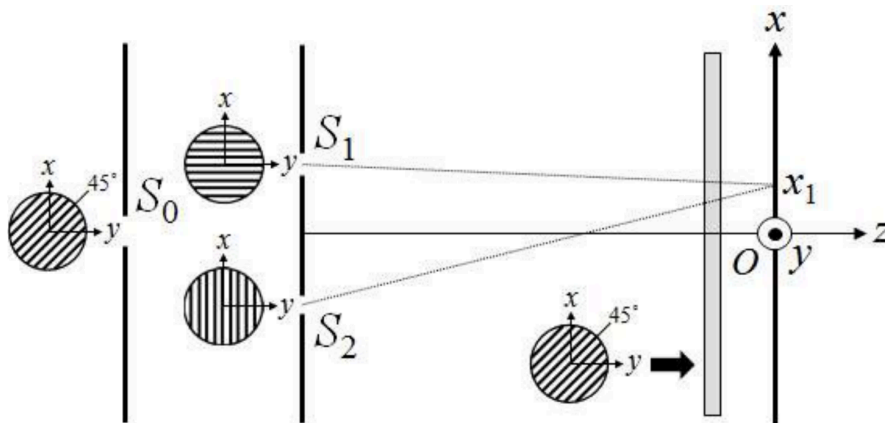
S_1, S_2 앞면에 모두 y 방향 편광판을 놓은 경우

- (2-2) 문제 2-1의 경우와 달리 아래의 그림처럼 슬릿 S_1 앞면의 편광축은 y 방향을 유지한 채, S_2 앞면의 편광축을 x 방향으로 돌려놓았다. 이때 스크린에서의 위치 x 에 따라 변화하는 빛의 세기를 개략적인 그림으로 나타내고 이유를 설명하시오.



S_1 은 y 방향, S_2 는 x 방향 편광판을 놓은 경우

- (2-3) 문제 2-2에서처럼 이중슬릿 바로 앞면에 y 방향 및 x 방향의 편광판을 각각 놓은 상태에서 편광축이 x 축과 45° 인 편광판으로 스크린을 덮었을 때 스크린에서의 위치 x 에 따라 변화하는 빛의 세기를 개략적인 그림으로 나타내고 이유를 설명하시오.



스크린 앞을 x 축과 45° 를 이루는 편광판으로 덮은 경우

- (2-4) 양자물리에 의하면 빛(또는 광자)은 파동성과 입자성의 이중성을 가지고 있다. 문제 2-2의 실험 장치를 이용하여 광자를 한 개씩 보내면서 실험을 진행한다고 하자. 이때 스크린에 위치한 관찰자는 스크린에 도착하는 광자가 이중슬릿 가운데 어느 쪽을 통과하였는지 알아낼 수 있는가? 그 이유를 설명하시오.
- (2-5) 이번에는 문제 2-3의 실험 장치를 이용하여 광자를 한 개씩 보내면서 실험을 진행한다고 하자. 이때 스크린에 위치한 관찰자는 스크린에 도착하는 광자가 이중슬릿 가운데 어느 쪽을 통과하였는지 알아낼 수 있는가? 그 이유를 설명하시오.

2016학년도 · 문제편

- 문제 1** 그네의 단진동과 진공터널 열차
문제 2 자기장 속을 움직이는 반원 도체판
-

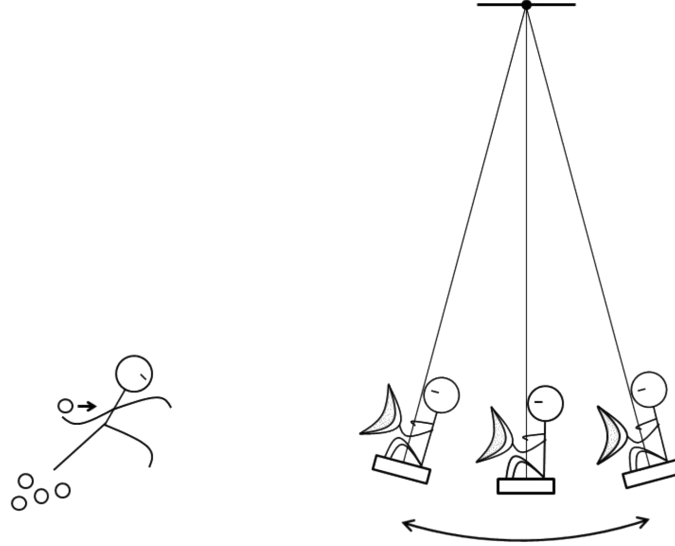
- 단원** 역학 · 전자기
핵심 개념 단진자의 복원력·장력·주기, 비탄성 충돌로 진폭 키우기, 지구 내부의 중력과 진공 터널의 단진동, 운동하는 도체에 생기는 기전력, 평행판 축전기, 정전기 인력과 용수철 평형, 접지된 회로의 정상 전류
문항 수 2문항 (소문항 7개)

I. 문제

문제 1 그네의 단진동과 진공터널 열차

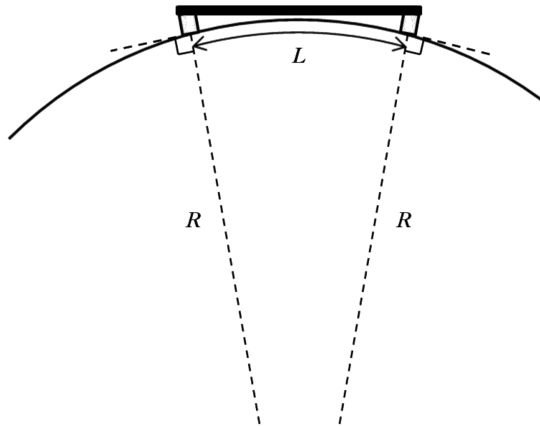
물리 I · II · 소문항 3개

다음 그림과 같이 길이 10 m의 그네가 놓여 있다. 그네의 질량은 무시할 수 있고, 그네를 타는 사람의 질량은 50 kg 이다. 그네를 타는 사람의 질량중심은 그네 발판에 있다. 지구의 중력가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항은 고려하지 않는다. (모든 계산은 유효숫자 두 자리로 답하시오.)



야구공을 던지는 친구와, 좌우로 흔들리는 그네를 타는 사람

- 1-1. 그네타기를 하는 경우 진폭이 50 cm일 때, 최대 진폭에서의 복원력과 그네 줄에 작용하는 장력을 구하고, 그네 타기 운동의 주기를 구하시오.
- 1-2. 그네 앞에서 친구가 5개의 야구공을 던지고 그네에 있는 사람이 야구공을 받는다고 할 때, 언제 받으면 가장 효율적으로 그네의 진폭을 키울 수 있을까? 이 조건에서 5개의 야구공을 모두 받은 후의 최대 진폭은 얼마인지 설명하시오. (야구공 하나의 질량은 200 g이고, 야구공을 받을 때 야구공의 속도는 90 km/h이다.)
- 1-3. 아래 그림과 같이 서울과 부산에 각각 큰 탑을 세우고, 그 사이를 직선경로의 진공터널로 연결하여 진공열차를 건설하려고 한다. 공기저항과 마찰을 무시하고 중력에 의해 진공열차가 서울에서 부산까지 도달하는데 걸리는 시간이 몇 분인지 계산하시오. 서울-부산 간의 거리($L = 500 \text{ km}$)는 지구 반지름의 길이($R = 6,400 \text{ km}$)에 비해 충분히 작다. 지구는 완전한 구형으로 생각하고, 자전 효과는 무시한다.

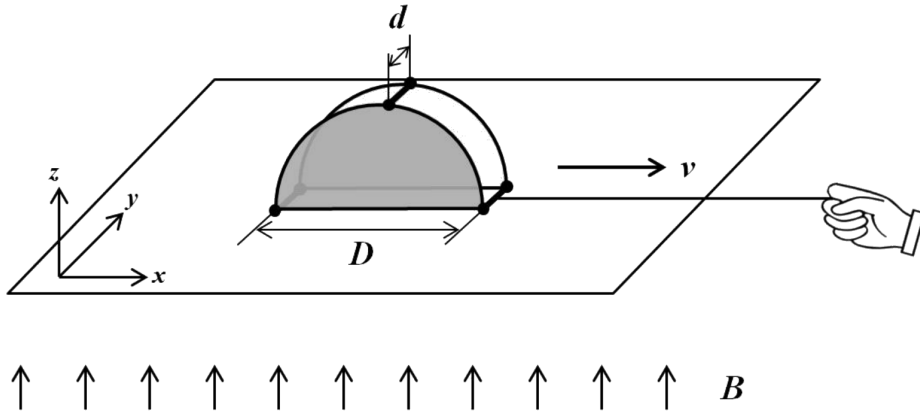


지구 표면의 두 지점을 잇는 직선경로의 진공터널

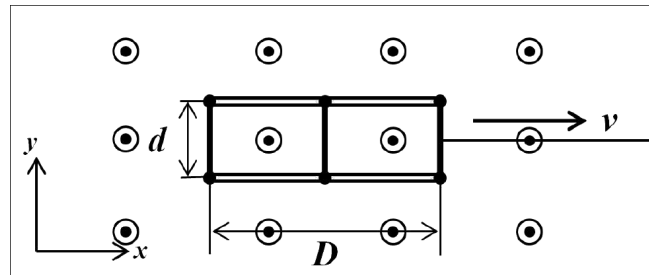
문제 2 자기장 속을 움직이는 반원 도체판

물리 II · 소문항 4개

다음 그림과 같이 지름의 길이가 D 인 반원 모양의 동일한 도체판 두 개가 마찰이 없고 수평한 절연판 위에 수직하게 놓여있다. 두 도체판은 아래 양 꼭짓점과 가장 위 부분에 가늘고 딱딱한 금속 막대로 서로 연결되어 있다. 각 금속 막대의 길이는 d 이며, 그 저항은 R 이다. 두 도체판 사이의 거리는 금속 막대의 길이로 항상 유지되며, 금속 막대 길이 d 는 도체판의 지름의 길이 D 보다 매우 작다고 하자. 절연판에 수직인 위쪽 방향($+z$ 방향)으로 자기장이 B 의 크기로 주어진 상황에서, 물체가 $+x$ 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 하고 있는 경우를 생각해보자. 초기에 물체는 전기적으로 중성이었고, 물체의 움직임은 절연된 실을 이용하여 조절하였다.



〈문제 2〉의 상황



〈문제 2〉의 상황을 위에서 본 모습

- 2-1. 물체가 움직이기 시작할 때, 두 도체판을 연결하는 금속 막대에 전류가 흐르게 된다. 전류가 발생하는 이유를 설명하고, 각 금속 막대에 흐르는 초기 전류의 크기와 그 방향을 구하시오.
- 2-2. 충분히 오랜 시간이 지난 후, 금속 막대에 흐르는 전류의 크기와 각각의 도체판에 대전된 전하량을 구하시오. 이 경우, 물체의 등속도 운동을 유지하기 위해 필요한 외부 힘의 크기를 구하시오.
- 2-3. 두 도체판을 연결하는 가는 금속 막대가 딱딱하지 않고 탄성계수 k 를 갖는 경우를 고려하자. 물체가 등속도 운동을 충분히 오래하여 평형 상태에 도달하였을 때, 두 도체판 사이의 거리와 각각의 도체판에 대전된 전하량을 구하시오.
- 2-4. 절연판의 절연 기능이 손상되어 두 개의 도체판이 지면과 전기적으로 연결되었다. 이 상태로 물체가 오랜 시간 동안 등속도 운동을 하게 되었다고 하자. 각각의 도체판에 대전된 전하량과 각 금속 막대에 흐르는 전류의 크기를 구하시오. 등속 운동을 유지하기 위해 필요한 외부 힘의 크기를 구하시오.

2015학년도 · 문제편

문제 1	자기장 속 도체 막대의 감쇠 진동
문제 2	감쇠 진동에서 주기당 에너지 손실률
문제 3	고무줄의 엔트로피와 용수철 상수의 온도 의존성
문제 4	고무줄 카르노 기관

단원	역학 · 전자기 · 열역학
핵심 개념	전자기 유도와 감쇠 진동, 유도 기전력에 의한 제동력, 감쇠 진동의 주기당 에너지 손실률, 고무줄의 엔트로피 탄성과 용수철 상수의 온도 의존성, 고무줄 카르노 기관의 $F-L$ 선도와 열효율
문항 수	4문항

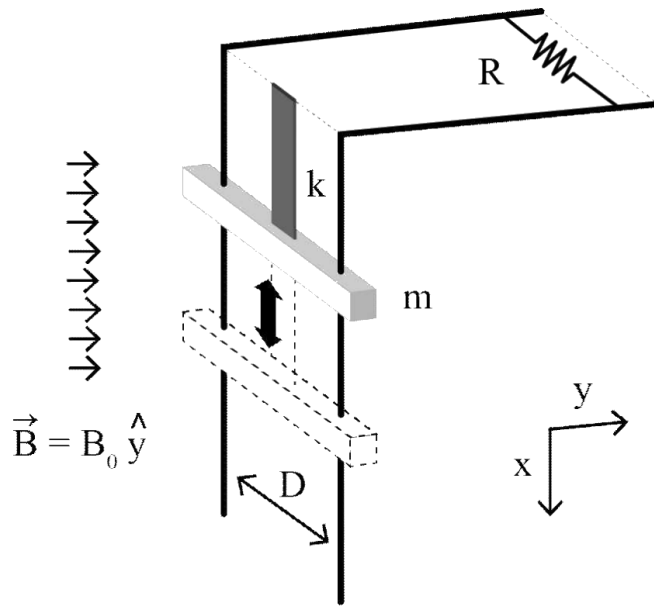
I. 문제

문제 1 자기장 속 도체 막대의 감쇠 진동

물리 II · 전자기 유도

그림과 같이 전기가 통하는 두 레일이 폭 D 로 놓여 있고, 이 두 레일과 항상 접촉한 상태에서 그 위를 질량 m 인 도체 막대가 수직 방향(x 축)으로 마찰 없이 움직일 수 있다. 또한 도체 막대는 용수철 상수(탄성계수) k 인 고무줄로 연결되어 있고 이 고무줄의 다른 끝은 모서리의 중앙에 고정되어 있다. 두 레일과 도체 막대를 포함하는 평면에는 $+y$ 방향으로 균일한 자기장 $\vec{B} = B_0 \hat{y}$ 이 걸려 있으며, 평행한 두 레일의 끝에는 저항 R 이 연결되어 있다.

(중력과 탄성력이 평형이 되는 위치를 $x = 0$ 이라고 하고 도체 막대가 움직이는 범위는 항상 $|x| < (mg)/k$ 을 만족한다. 여기서 g 는 중력 가속도이다.)



폭 D 의 두 레일 위를 x 축 방향으로 미끄러지는 도체 막대와 고무줄, 저항 R

[문제 1] 도체 막대가 어느 순간 x 의 위치에서 v_x 의 속도로 움직일 때, 도체 막대에 작용하는 알짜힘은 다음과 같이 주어짐을 설명하시오.

$$F = -kx - bv_x, \quad b = \frac{B_0^2 D^2}{R}$$

문제 2 감쇠 진동에서 주기당 에너지 손실률

물리 II · 단진동과 에너지

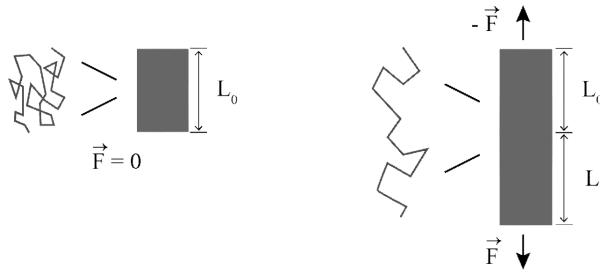
[문제 2] 도체 막대를 평형위치에서 A ($0 < A < (mg)/k$) 만큼 이동시킨 후 놓았을 때 도체 막대가 진동하는 진폭은 시간이 지나며 줄어든다. 이제 위에서 구한 b 가 충분히 작을 때 어느 한 시점에서 진동주기 τ 동안 도체 막대의 운동을 진폭 A 가 변하지 않는 단진동 $x(t) = A \cos \omega t$ 로 근사할 수 있다. 이 때 총 역학에너지를 E 라고 한다면, 한 주기가 지나는 동안 줄어드는 역학에너지 ΔE 와 총 역학에너지 E 의 비율 $\Delta E/E$ 는 일정함을 설명하시오.

문제 3 고무줄의 엔트로피와 용수철 상수의 온도 의존성

물리 II · 열역학 제1·2법칙

[문제 3] 고무줄은 여러 가닥의 중합체(polymer) 다발이다. 각 중합체는 상호작용하지 않으며, 하나의 중합체는 아래 그림과 같이 무작위 방향을 갖는 단위체 고리들이 연결된 체인으로 근사하여 생각할 수 있다. 이 모델에 따르면 고무줄의 내부에너지 U 는 고무줄의 늘어난 길이(L)와 온도(T)에 무관($U(T, L) = U_0$)하며, 엔트로피 S 는 늘어난 고무줄의 길이 L 만의 함수($S(T, L) = S(L)$)가 된다.

열역학 제 1 법칙과, 가역과정의 엔트로피 변화(ΔS)와 흡수된 열(Q)에 대한 관계식($\Delta S = Q/T$)을 이용하여, 고무줄이 가지는 엔트로피를 늘어난 길이 L 의 함수로 구하고, 고무줄의 용수철 상수 k 가 온도에 비례하여 증가함($k = \alpha T$)을 보이시오.

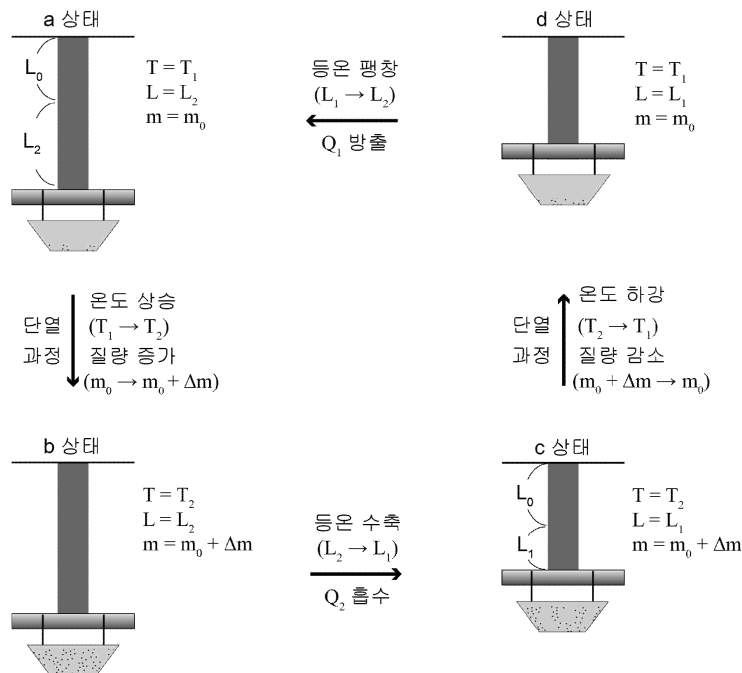


힘이 걸리지 않은 상태(왼쪽)와 힘 $\vec{F}$ 로 늘어난 상태(오른쪽)의 중합체 체인

문제 4 고무줄 카르노 기관

물리 II · 열역학 과정과 열효율

[문제 4] 열을 흡수할 때 기체의 부피가 늘어난다는 점을 이용하여 증기기관이 만들어졌다. 열을 흡수할 때 고무줄의 길이가 줄어든다는 사실을 이용하여 아래 그림과 같이 작동하는 고무줄 카르노 기관을 만들어 보자. 도체 막대에는 무게를 조정할 수 있도록 모래 접시를 달아 두었다. 단, 자기장 및 레일은 무시한다.



$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 로 순환하는 고무줄 카르노 기관의 네 상태

($a \rightarrow b$ 과정에서는 용수철 상수가 늘어나기 때문에 일정한 길이를 유지하기 위해 접시에 모래를 조금씩 올려야 하며, 마찬가지로 $c \rightarrow d$ 과정에서는 접시의 모래를 조금씩 떨어내야 한다.)

외부에서 주어진 힘-늘어난 길이($F-L$) 그래프를 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 과정에 대해 그리고, 이 열기관의 열효율이 $1 - T_1/T_2$ 임을 보이시오. 단, 앞의 모든 과정은 가역적으로 일어난다고 가정하자.

써봄 AI 논술 자동 첨삭

쓴 글을 올리면, 바로 채점과 피드백이 돌아옵니다.

무료

3회 무료 분석

회원가입만 하면 3회까지 무료로 분석해 드립니다.

결제 정보 없이 바로 시작할 수 있습니다. 첨삭 결과는 PDF 리포트로 내려받을 수 있습니다.

네 가지 영역을 점수로 보여 줍니다

- 논리 구조
- 근거 타당성
- 주장 명확성
- 언어 표현

받아 보는 것

영역별 점수와 함께 **강점, 개선점, 구체적 제안사항**이 담긴 상세 피드백이 나옵니다.

이런 분께

혼자 쓴 답안을 바로 점검하고 싶은 **수험생**, 여러 학생 글을 한 번에 채점해야 하는 **논술 교사·강사·학원**.

이용 방법

1

회원가입

이메일로 가입하면 곧바로 무료 분석 3회가 주어집니다.

2

답안 올리기

PDF · DOCX · TXT 파일을 올립니다. 한 번에 최대 10편까지 일괄 처리됩니다.

3

첨삭 받기

영역별 점수와 상세 피드백을 확인하고 PDF 리포트로 내려받습니다.



writegrow.net

QR 을 찍으면 바로 열립니다