



3. <자료 1>은 학생 A와 B가 계획하고 수행하여 작성한 '진폭에 따른 단진자의 주기 측정' 실험 보고서의 일부이며, <자료 2>는 이 실험에 대한 결론을 작성하기 위해 두 학생이 나눈 대화이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[탐구 목표]

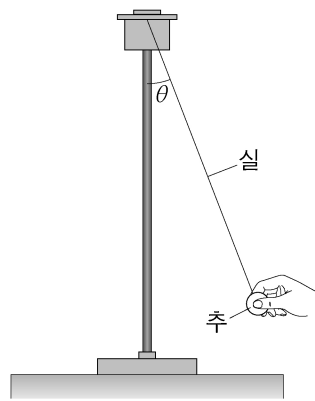
단진자의 주기와 진폭의 관계를 설명할 수 있다.

[준비물]

스탠드, 실, 자, 추(100 g), 각도기, 초시계

[탐구 과정]

(가) 그림과 같이 추를 실에 매달고 실의 길이가 1m가 되도록 하여 스탠드에 고정한다.



(나) 추를 매단 실과 연직선이 이루는 각도  $\theta$ 가  $10^\circ$ 가 되도록 당겼다가 놓은 후, ㉠ 추가 10회 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정한다. (5번 반복하여 평균 시간을 구한다.)

(다)  $\theta$ 가  $20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ 가 되도록 당겼다가 놓은 후, ㉠ 추가 10회 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정한다. (5번 반복하여 평균 시간을 구한다.)

[실험 결과]

각도 $\theta$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$
10회 왕복하는 데 걸리는 평균 시간 (초)	20.1	20.2	20.4	20.7	21.1

... (하략) ...

<자료 2>

학생 A: 지난 시간에 배운 것과 같이 진폭이 변하더라도 단진자의 주기는 달라지지 않았어. '단진자의 주기는 진폭과 상관없이 일정하다.'라고 결론을 적으면 좋을 것 같아.

학생 B: 내 생각은 달라. 실험 결과를 보면 진폭이 증가할수록 단진자의 주기가 커지고 있으니 '단진자의 주기는 진폭이 증가할수록 커진다.'라고 결론을 내리는 게 옳은 것 같아.

학생 A: 실험 결과에서 나타난 시간의 차이는 실험을 수행하면서 생긴 오차일 거야.

학생 B: 그러나 오차라고 보기에 어떤 경향이 있는 것 같아. 진폭에 따라 단진자의 주기가 변하는 이유를 확인하는 것이 좋겠어.

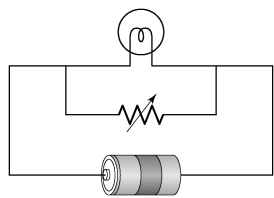
<작성 방법>

- ㉠과 같이 추가 10회 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정하는 것이 1회 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정하는 것보다 더 나은 이유를 쓸 것.
- <자료 1>의 [탐구 과정] 및 [실험 결과]를 근거로 '단진자의 주기 측정' 실험 시 주의해야 할 사항을 1가지 쓸 것.
- 2015 개정 과학과 교육과정의 내용 체계에 기술된 8가지 기능 중 <자료 2>에서 두 학생의 견해 차이와 관련된 기능을 '문제 인식', '자료의 수집·분석 및 해석', '결론 도출 및 평가', '의사소통' 이외에 1가지 쓰고, 그 근거를 설명할 것.

4. <자료 1>은 예비 교사가 학생들에게 직류 회로에서 전류 개념 이해를 확장시키기 위해 실시한 수업 사례이고, <자료 2>는 이 사례에 대하여 지도 교수와 예비 교사가 반성한 대화 장면이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

예비 교사: 다음과 같이 전구와 가변 저항을 병렬로 연결한 회로를 만들어 봅시다. 가변 저항의 값을 크게 하면 전구의 밝기는 어떻게 될까요? 왜 그렇게 생각하는지 말해 보세요.



학생 A : 더 밝아져요. 왜냐하면 가변 저항값이 커지니까 옴의 법칙에 따라 가변 저항으로 흘러가는 전류는 줄어들고, 줄어든 만큼 전구 쪽으로 더 많은 전류가 흐르기 때문이죠.

학생 B : 더 어두워져요. 왜냐하면 가변 저항값이 커짐에 따라 합성 저항값도 커지고, 따라서 옴의 법칙에 따라 회로에 흐르는 전체 전류의 세기는 작아지기 때문이죠.

예비 교사: 자, 그럼 스위치를 켜고 어떻게 되나 실제로 관찰해 봅시다.

...(중략)...

(실제로 실험해 보니, 전구의 밝기는 거의 변하지 않는다.)

...(중략)...

예비 교사: 이제 실험 결과를 여러분의 처음 생각과 비교해서 설명해 볼까요?

학생 A : 실험 결과를 보니 저의 처음 생각이 틀린 것 같아요. 저항이 크면 전류가 작게 흐른다는 저의 생각을 포기하고, 새로운 가설을 찾아봐야겠어요.

학생 B : 실험 결과는 저의 예상에서 벗어났지만, 그렇다고 옴의 법칙에 대한 제 처음 생각을 포기하진 않을 겁니다. 실험 결과를 설명할 수 있는 다른 이유를 옴의 법칙에 근거하여 찾아보겠어요.

<자료 2>

지도 교수: 계획했던 대로 수업이 잘 되었나요?

예비 교사: 네. 실험해 본 결과, 이론적으로 예측했던 대로 전구의 밝기가 변하지 않았고, 학생들의 예상과 불일치하는 사례가 되었어요. 그런데 이에 대한 학생들의 상반된 반응을 어떻게 받아들여야 할지 모르겠어요.

지도 교수: 과학철학적 관점을 빌려 와서 불일치 사례에 대한 학생들의 반응을 해석해 볼 수 있죠. 학생 A와 학생 B의 반응은 각각 포퍼(K. Popper)의 반증주의와 라카토스(I. Lakatos)의 연구프로그램 이론 관점 중 어디에 가까운지 선택하고 그 이유를 설명해 보세요.

예비 교사: 자신의 예상과 불일치하는 사례가 나타났을 때, 학생 A는 (㉠)(이)라고 할 수 있고, 학생 B는 (㉡)(이)라고 할 수 있네요.

지도 교수: 네, 잘 설명했습니다. 마지막으로, 전기회로 실험 수행과 관련하여 한 가지 중요한 점을 지적해야겠네요. 만약 건전지의 내부 저항을 무시할 수 없는 조건이었다면, 이 실험은 자칫 이론적 예측과는 다른 결과를 가져왔을 것입니다. 따라서 다음부터는 ㉢ 건전지 대신 직류 전원 장치로 바꾸어서 실험하는 것이 좋겠습니다.

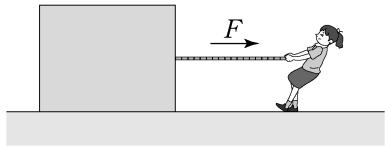
<작성 방법>

- <자료 1>을 근거로 ㉠과 ㉡에 들어갈 설명을 각각 쓸 것.
- ㉢과 같은 피드백이 필요한 이유로, '건전지의 내부 저항을 무시할 수 없는 조건에서 가변 저항의 값을 크게 할 때 전구의 밝기 변화'와 '그에 대한 과학적 설명'을 제시할 것.

5. <자료>는 교사가 학생들의 마찰력에 대한 오개념을 확인하고 이를 변화시키기 위해 비유 전략을 적용하는 과정이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자 료>

교 사: 어떤 사람이 무거운 상자를 일정한 힘  $F$ 로 당기고 있지만 상자는 움직이지 않습니다. 이때 상자에 작용하는 마찰력의 방향과 크기에 대해 말해 볼까요?

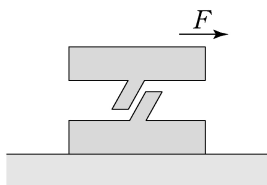


학생 A, B: 마찰력은 아래 방향으로 작용해요. 물체의 무게가 운동을 방해하기 때문이죠. 따라서 마찰력의 크기는 물체의 무게와 같아요.

교 사: 뉴턴의 운동 법칙을 적용해 보세요. 상자는 어떻게 되어야 하나요?

학생 A, B: 힘을 받으면 속력이 변해야 하는데, 상자의 속력이 0이네요. 어떻게 된 거지?

교 사: 마찰력에 대한 이해를 돕기 위해서, 아래 그림과 같은 요철을 생각해 봅시다. 아래쪽 요철은 바닥에 고정되어 있고, 위쪽 요철은 오른쪽으로  $F$ 의 힘으로 당겨지고 있습니다. 이때 위쪽 요철의 운동을 방해하는 원인은 무엇일까요?



학생 A, B: 아래쪽 요철이 위쪽 요철의 움직임을 방해해요.

교 사: 이때 운동을 방해하는 힘의 방향과 크기를 말해 볼까요?

학생 A, B: 오른쪽으로 당겨지는 걸 막고 있으니 방해하는 힘의 방향은 왼쪽입니다. 크기는 오른쪽으로 당기는 힘과 같은 크기네요.

교 사: 위쪽 요철의 움직임을 아래쪽 요철이 방해하는 상황을 상자의 움직임을 바닥이 방해하는 상황과 비교해 보세요.

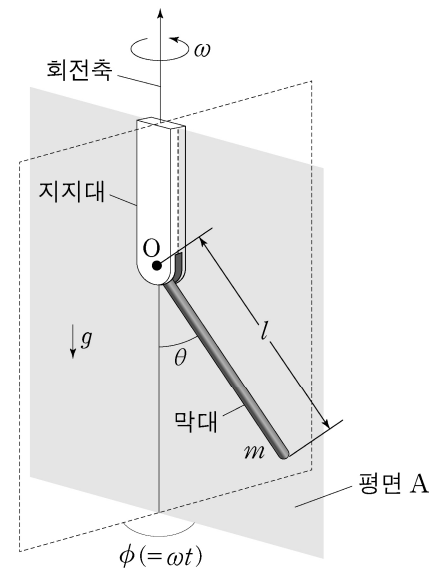
학생 A: 아하, 두 상황이 서로 닮았네요. 그렇다면, 상자가 받는 마찰력은 운동하려는 방향과 반대이고, 그 크기는 외력과 같은 거군요.

학생 B: 저는 받아들일 수 없어요. 상자가 받는 마찰력과 요철의 운동을 방해하는 힘은 다른 경우라고 생각해요. 요철의 경우는 튀어나온 부분에서만 힘을 받지만, 상자는 바닥면 전체에서 힘을 받잖아요.

<작성 방법>

- <자료>에서 교사가 사용한 정착 예(anchoring example) 또는 정착 개념이 무엇인지 쓸 것.
- 포스너(G. Posner) 등이 제안한 개념 변화 조건 중, 학생 B가 개념 변화를 일으키기 위해 교사가 제시하는 비유가 갖추어야 할 '조건'을 1가지 제시하고, 학생 A와 B의 반응을 참고하여 그 이유를 설명할 것.
- 학생 B에게 이 '조건'을 충족시키기 위해 교사가 도입할 수 있는 다리 연결 비유(bridging analogy)의 사례를 1가지 제시할 것.

6. 그림과 같이 고정된 회전축을 중심으로 회전하는 지지대의 O점에 가느다란 막대의 한쪽 끝이 연결되어 있다. 지지대와 막대가 만드는 평면 A는 회전축을 중심으로 일정한 각속력  $\omega$ 로 회전하며, 막대는 평면 A상에서 O점을 중심으로  $\theta$  방향으로 운동한다. 막대의 질량은  $m$ , 길이는  $l$ 이고,  $\theta = \frac{\pi}{2}$ 에서 막대의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 0이다.

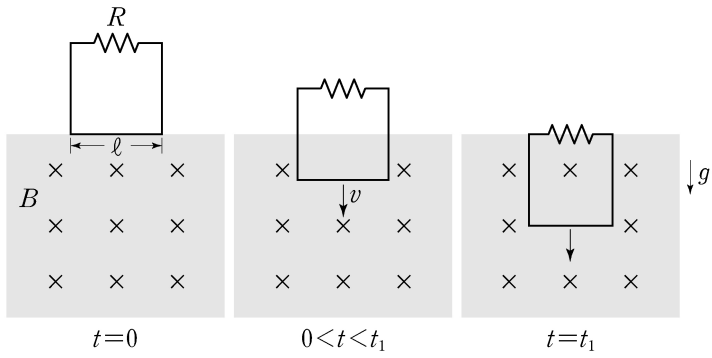


평면 A상에서 운동하는 막대의 라그랑지안  $L(\theta, \dot{\theta})$ 을 쓰고,  $\theta$ 에 대한 운동 방정식을 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한  $\omega > \sqrt{\frac{3g}{2l}}$  일 때, 평형점  $\theta_0 (0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2})$ 을 구하시오 (단, 회전축은 연직 방향이며, 막대는 균일하고, 모든 마찰은 무시한다. 중력 가속도의 크기는  $g$ 이다.) [4점]

<자 료>

- 회전축에 대한 막대의 관성 모멘트:  $I_{\phi} = \frac{1}{3}ml^2 \sin^2\theta$
- O를 지나고 평면 A에 수직인 축에 대한 막대의 관성 모멘트:  $I_{\theta} = \frac{1}{3}ml^2$

7. 그림은 저항이  $R$ 인 정사각형 모양의 도체 고리가 균일한 중력장과 자기장 영역에서 운동하는 모습을 시간에 따라 나타낸 것이다.  $t=0$ 일 때 자기장 영역 밖에서 고리를 가만히 놓았더니,  $t=t_1$ 일 때 고리가 완전히 자기장 영역으로 들어갔다. 자기장의 크기는  $B$ 이고, 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 고리의 질량은  $m$ , 한 변의 길이는  $\ell$ 이다.



$0 < t < t_1$ 일 때, 고리에 작용하는 자기력의 방향을 쓰고, 자기력의 크기를 고리의 속력  $v$ 로 나타내시오. 이때 시간에 따른 유도 전류의 크기를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 중력 가속도의 크기는  $g$ 이고, 공기 저항과 고리의 자체 유도는 무시하며, 고리는 연직면상에서 운동한다.) [4점]

8. 질량이  $m$ 으로 서로 같고, 상호작용하지 않는 두 개의 동일한 입자가 다음과 같은 1차원 무한 퍼텐셜  $V(x)$  안에 놓여 있다.

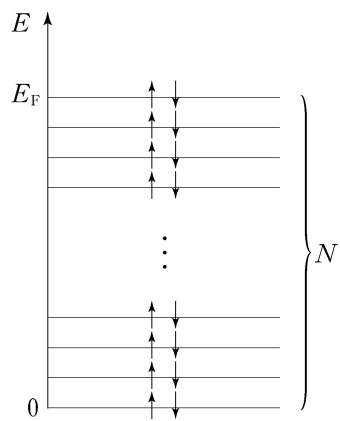
$$V(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq a \\ \infty, & x < 0, x > a \end{cases}$$

입자가 보손(boson)인 경우, 이 계의 첫 번째 들뜬 상태와 바닥 상태의 에너지 차를 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한 입자가 스핀  $\frac{1}{2}$ 인 페르미온(fermion)인 경우, 스핀 삼중항(triplet) 상태에 있는 계의 가장 낮은 에너지와 이때의 공간 파동함수  $\psi(x_1, x_2)$ 를 각각 쓰시오. [4점]

— <자 료> —

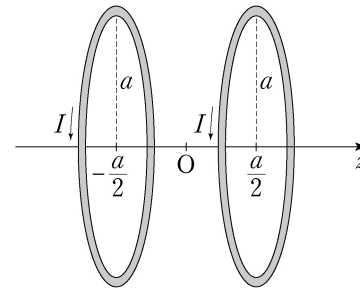
폭이  $a$  ( $0 \leq x \leq a$ )인 1차원 무한 퍼텐셜에 놓인 질량  $m$ 인 입자 하나의 공간 파동함수는  $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)$ , 에너지는  $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2} n^2$  이고,  $n = 1, 2, 3, \dots$  이다.

9. 그림은 자유전자기체 모형에서  $N$ 개의 자유전자가 페르미 에너지  $E_F$ 까지 채워진 모습을 나타낸 것이다. 질량  $m$ 인 자유전자  $N$ 개가 한 변의 길이가  $L$ 인 2차원 정사각형 도체 안에 갇혀 있는 계에서  $N = \frac{L^2}{2\pi} k_F^2$  이고,  $k_F$ 는 페르미 파수이다.



$E_F$ 를  $k_F$ 로 나타내고, 상태 밀도  $D(E) = \frac{dN}{dE}$ 를 구하시오. 또한 절대 온도 0K에서 이 계의 평균에너지를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 자유전자기체는 페르미-디랙 통계를 따른다.) [4점]

10. 그림과 같이 반지름이  $a$ 이고 전류  $I$ 가 서로 같은 방향으로 흐르는 두 개의 원형 코일이 거리  $a$ 만큼 떨어져  $z$ 축상에 놓여 있다.

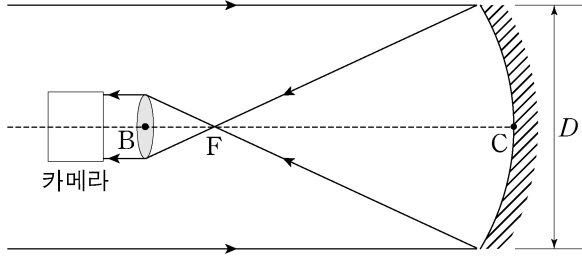


$z$ 축상의 원점 0에서 자기장의 크기를 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한 자기 쌍극자 모멘트  $\vec{m} = m\hat{z}$ 을 갖는 입자를 0에 놓을 때, 입자의 자기 퍼텐셜 에너지를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 공간의 투자율은  $\mu_0$ 이고, 코일의 굵기는 무시하며, 코일 면은  $z$ 축과 수직이다.) [4점]

<자료>

전류  $I$ 가 흐르는 도선의 일부분  $d\vec{l}$ 로부터  $r\hat{r}$ 만큼 떨어진 위치에서  $I d\vec{l}$ 에 의한 자기장은  $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$  이다.

11. 그림은 구면거울, 볼록렌즈, 카메라로 이루어진 천체망원경을 나타낸 것이다. 구면거울의 지름은  $D=50\text{cm}$ , 곡률반지름은  $R=200\text{cm}$ 이고, 망원경의 각배율의 크기는  $M_\theta=50$  이다.



볼록렌즈의 초점거리( $\overline{BF}$ ), 볼록렌즈와 거울 사이의 거리( $\overline{BC}$ )를 각각 구하시오. 또한  $500\text{nm}$  파장의 빛에 대한 망원경의 각해상도를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 각해상도는 구분 가능한 두 물체 사이의 최소 각거리이며, 모든 광선은 근축광선이다.) [4점]

<수고하셨습니다.>