

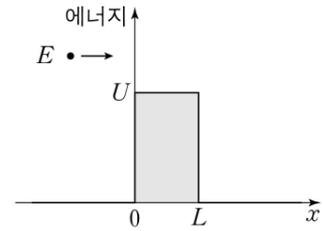
3. 수소 원자의 전자가 궤도 각운동량이 $l=2$ 인 상태에 있고 외부 자기장이 없을 때 전자의 에너지는 E_0 이다. 이 원자가 일정한 자기장 $\vec{B} = B_0 \hat{z}$ 내에 놓여 있을 때 전자가 가질 수 있는 가장 큰 에너지 E_{\max} 와 가장 작은 에너지 E_{\min} 을 각각 구하시오. (단, 전자의 스핀과 핵의 자기 모멘트에 의한 영향은 고려하지 않으며, 해밀토니언의 B_0^2 항은 무시한다. 수소 원자에서 전자의 환산 질량은 전자의 질량과 같다고 가정한다.) [2점]

<자 료>

$$H_1 = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}, \quad \vec{\mu} = -\frac{e}{2m} \vec{L}$$

H_1 은 자기장에 의한 해밀토니언, $\vec{\mu}$ 는 전자의 자기 모멘트, \vec{L} 은 궤도 각운동량, m 은 전자의 질량, e 는 전자 전하의 절댓값이다.

4. 그림은 질량 m , 에너지 E 인 입자가 높이 U , 너비 L 인 사각 퍼텐셜 장벽으로 입사하는 것을 나타낸 것이다. E 는 U 보다 크다 ($E > U$).



투과율 $T=1$ 일 때 입자가 가질 수 있는 가장 낮은 에너지 E_{\min} 을 구하시오. 또한 $0 \leq x \leq L$ 인 구간에서 에너지가 E_{\min} 인 입자의 드브로이 파장을 L 로 나타내시오. [2점]

<자 료>

$E > U$ 일 경우 투과율:

$$T = \left(1 + \frac{U^2 \sin^2(kL)}{4E(E-U)}\right)^{-1}, \quad k = \frac{\sqrt{2m(E-U)}}{\hbar}$$

5. <자료 1>은 중학교 ‘열과 우리 생활’ 단원을 수업하기 전에 학생들의 열에 관한 개념을 조사하기 위해 실시한 평가 문항과 이에 대한 학생의 응답에 관한 정보의 일부이다. <자료 2>는 <자료 1>의 결과를 바탕으로 교사가 계획한 수업의 학생 활동지이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

[문항 1] 더운 여름, 찬물을 담아 시원하게 유지하기에 적절한 컵은?

- ① 종이컵 ② 플라스틱 컵 ③ 스테인리스 컵 ④ 스티로폼 컵

[문항 2] 추운 겨울, 뜨거운 물을 담아 따뜻하게 유지하기에 적절한 컵은?

- ① 종이컵 ② 플라스틱 컵 ③ 스테인리스 컵 ④ 스티로폼 컵

[문항 3] 80℃의 물에 손이 잠깐만 닿아도 화상을 입지만, 80℃의 전식 사우나실 안에서는 화상을 입지 않는 이유는?

(답:)

응답률이 가장 높은 선택지: 문항 1 - ③; 문항 2 - ④

<자료 2>

[활동 1] 단열 효과 알아보기

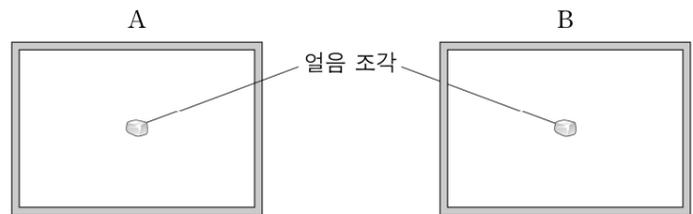
- (가) 냉장고에서 꺼낸 찬물을 종이컵, 플라스틱 컵, 스테인리스 컵, 스티로폼 컵에 각각 200 mL 씩 담는다.
 (나) 온도계를 꽂아 온도를 측정한다.
 (다) 15분 후, 각 컵에 든 물의 온도를 측정하여 온도 변화를 비교한다.



관찰 결과	물의 온도 변화가 가장 작은 컵은?
결론	(1) 물의 온도 변화 과정에서 열은 어디에서 어디로 이동하는가? (2) 단열이 가장 잘 되는 컵은?

[활동 2] 열과 입자의 운동 생각해 보기

- (가) 그림과 같이 부피가 같은 두 개의 밀폐된 단열 상자 중 A에는 80℃의 물이, B에는 80℃의 공기가 채워져 있고, 얼음 조각이 하나씩 들어 있다고 하자.
 (나) A 내부의 얼음 조각 주위에 물 입자를, B 내부의 얼음 조각 주위에 공기 입자를 그려 넣어 보자.
 (다) A, B 내부에 있는 물 입자와 공기 입자의 무엇을 다르게 그려야 할까? (답: ㉠)



- 논의
 (1) 얼음이 녹는 과정에서 열은 어디에서 어디로 이동하는가?
 (2) ㉠ 뜨거운 물에 손이 닿으면 화상을 입는 경우와 달리, 사우나실 안에서는 화상을 입지 않는 이유는?

<작성 방법>

- <자료 1>에 제시된 [문항 1]과 [문항 2]의 응답 결과를 통해 알 수 있는 단열에 관한 학생의 오개념을 제시할 것.
- <자료 1>에 나타난 오개념을 수정하기 위한 <자료 2>의 [활동 1]이 개념 변화에 효과적이지 않을 수도 있다. 이를 라카토스(I. Lakatos)의 긍정적 발견법 관점으로 설명할 것.
- <자료 1>의 [문항 3]에 관한 내용을 이해시키기 위한 <자료 2>의 [활동 2]에서 ㉠에 해당하는 내용을 쓰고, 입자 그리기 활동이 밀줄 친 ㉡을 학습하는 데 효과적인 이유 1가지를 쓸 것.

6. <자료 1>은 압력에 관한 탐구 수업의 학생 활동지이고 <자료 2>는 빛의 본질에 관한 과학사를 간략하게 서술한 것이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<div style="text-align: center;"><자료 1></div>		
활동 1	방법	A4 용지를 반으로 접어 종이 텐트를 만들어 탁자 위에 세운 후, 빨대를 이용해 종이 텐트의 내부로 바람을 세계 불어 보자. 
	관찰 내용	종이 텐트에 무슨 일이 일어나는가? ()
활동 2	방법	하나의 빨대를 컵에 담긴 물의 수면에 수직으로 세워 넣고 한 손으로 잡는다. 다른 빨대를 물에 담긴 빨대에 수직으로 배치한 후 입으로 세계 불어 보자. 
	관찰 내용	물에 담긴 빨대에서 무슨 일이 일어나는가? ()
활동 3	방법	A4 용지의 짧은 모서리의 양쪽 끝을 그림처럼 양손의 엄지와 집게 손가락으로 잡아 아랫입술에 대고 입으로 세계 불어 보자. 
	관찰 내용	A4 용지에 무슨 일이 일어나는가? ()
활동 4	방법	컵 안에 탁구공을 넣은 후, 컵의 입구에 입을 가까이하고 수평으로 세계 불어 보자. 
	관찰 내용	탁구공에 무슨 일이 일어나는가? ()
결과 정리	활동 1~4에서 관찰한 결과로부터 파악한 ㉠ 규칙성을 바탕으로 '압력'의 변화에 대한 일반화된 결론을 서술하시오. ()	

<자료 2>

17세기에 빛의 입자설과 파동설은 서로 경쟁하였다. 뉴턴(I. Newton)은 ㉡ 프리즘을 통과한 백색광이 만드는 스펙트럼을 관찰하고, 그 현상에 대한 설명으로 빛이 여러 색의 수많은 작은 입자로 만들어졌다는 빛의 입자설을 제안하였다. 그 증거로 물결파가 장애물을 만나면 휘어져 진행하지만, 빛은 휘지 않는 대신 그림자를 만드는 현상을 제시하였다. 네덜란드의 물리학자 하위헌스(C. Huygens)는 뉴턴의 입자설을 비판하며 두 광원에서 나온 빛이 물결과와 같이 중첩되는 현상을 근거로 빛의 파동설을 주장하였다. 18세기에는 뉴턴의 명성에 힘입어 빛의 입자설이 보다 많은 지지를 받았으나, 1802년 영(T. Young)의 이중슬릿 실험 결과로 파동설이 지지를 얻기 시작했고, 1850년 피조(H. Fizeau)와 푸코(J. Foucault)가 파동설이 예측한 대로 빛이 공기보다 물에서 더 느리게 진행된다는 실험 결과를 발표하면서, ㉢ 빛의 파동설은 20세기 초까지 지지되었다.

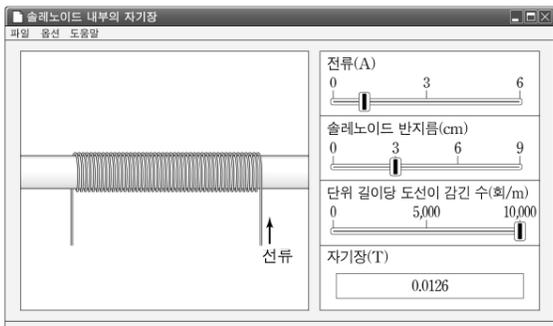
<작성 방법>

- <자료 1>의 밑줄 친 ㉠을 도출하는 과정에서 학생들에게 요구되는 과학적 사고와 <자료 2>의 밑줄 친 ㉡에서 적용된 과학적 사고를 순서대로 적고, 그 차이점을 서술할 것.
- <자료 2>의 밑줄 친 ㉢에서 파동설이 지지되는 이유를 포퍼(K. Popper)의 관점에서 서술할 것.

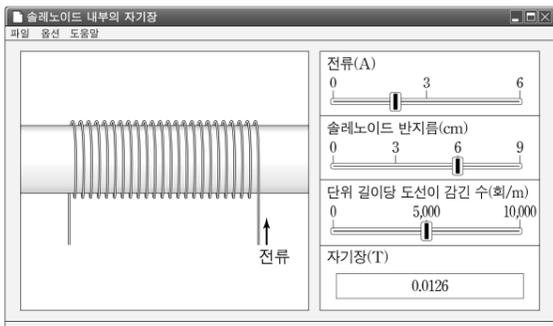
7. <자료 1>은 예비 교사가 ‘솔레노이드가 만드는 자기장’에 대한 실험 수업을 진행하고 있는 장면의 일부이며, <자료 2>는 예비 교사의 수업을 평가하기 위해 지도 교사가 작성한 관찰 체크리스트의 일부이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

예비 교사: 지난 수업에서 솔레노이드 내부에 생기는 자기장의 세기는 전류에 비례한다는 것을 배웠어요. 그런데 두 시뮬레이션(모의 실험) 결과를 비교해 보면, 전류가 차이가 나는데도 자기장의 세기는 같아요. 왜 그럴까요?



[솔레노이드 A]



[솔레노이드 B]

학 생 A: 솔레노이드의 반지름, 단위 길이당 도선이 감긴 수가 서로 달라서 자기장의 세기가 같은 것 같아요.

예비 교사: 맞아요. 그럼 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 반지름, 단위 길이당 도선이 감긴 수와는 어떤 관계가 있을까요?

학 생 A: 자기장의 세기는 반지름과는 관계가 없을 것 같아요.

학 생 B: 제 생각에는 자기장의 세기는 단위 길이당 도선이 감긴 수에 비례할 것 같아요.

예비 교사: 그럼 여러분이 예측한 변인들이 솔레노이드 내부의 자기장에 어떤 영향을 미치는지 시뮬레이션을 통해 확인해 봅시다. 예측한 결과가 맞는지 확인하기 위해서는 ㉠ 변인을 일정하게 유지하거나 변화시켜야 해요. 시뮬레이션 결과를 활동지의 표에 적고, ㉡ 표의 내용을 그래프로 그려 보세요. 그리고 예측 내용과 결과가 일치하는지 활동지에 기록하세요.

<자료 2>

[관찰 체크리스트]

평가 항목	충족 여부
학생의 모의 실험과 관련된 상황의 제시가 있는가?	㉢ <u>충족</u>
학생에 의한 예측의 과정이 있는가?	㉣ <u>충족</u>

<작성 방법>

- <자료 1>의 밑줄 친 ㉠, ㉡에 해당하는 ‘통합 탐구과정’ 요소를 순서대로 쓸 것.
- <자료 2>의 밑줄 친 ㉢, ㉣과 같이 지도 교사가 평가한 이유를 <자료 1>을 근거로 각각 설명할 것.

8. 질량 m 인 입자의 위치 벡터는

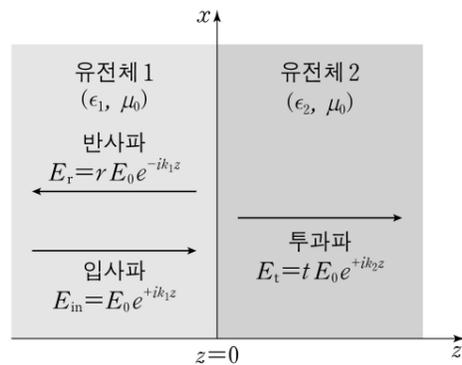
$$\vec{r}(t) = \sin\omega t \hat{x} + 2\cos\omega t \hat{y} + \sin(\omega t + \phi) \hat{z}$$

로 주어진다(ω , ϕ 는 상수). 이 입자에 작용하는 힘을 구하고, 원점을 기준으로 하는 토크(torque)를 구하시오. 또한 원점을 기준으로 하는 각운동량의 x 성분이 0이 되는 $\phi(0 \leq \phi \leq \pi)$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. [4점]

<자 료>

$$\begin{aligned} \cos(\alpha \pm \beta) &= \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta \\ \sin(\alpha \pm \beta) &= \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta \end{aligned}$$

9. 그림과 같이 유전율이 각각 ϵ_1, ϵ_2 인 유전체 1, 유전체 2가 있다. 유전체 내의 전기장은 경계면($z=0$)에 수직으로 진행한다. E_0 은 상수이고, $k_j = k_0 \sqrt{\epsilon_j/\epsilon_0}$ 는 유전체 $j(=1, 2)$ 에서의 파수이며, k_0, ϵ_0, μ_0 은 각각 진공에서의 파수, 유전율, 투자율이다.



반사 계수 r 와 투과 계수 t 를 <자료>의 경계 조건들을 사용하여 풀이 과정과 함께 k_1 과 k_2 로 구하시오. 투과율 $T = I_t/I_{in}$ 를 k_1 과 k_2 로 나타내시오(I_t : 투과파의 세기, I_{in} : 입사파의 세기). (단, ϵ_1, ϵ_2 는 양의 실수이며, 유전체는 균일하고 등방적이고 선형적이다.) [4점]

<자 료>

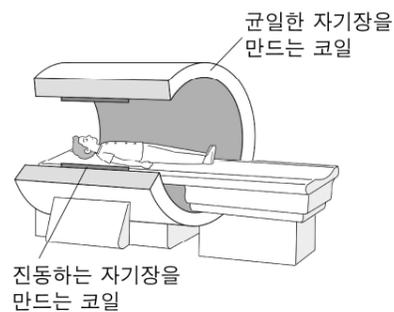
○ 경계 조건:

$$E_1(z)|_{z=0} = E_2(z)|_{z=0}, \quad \left. \frac{dE_1(z)}{dz} \right|_{z=0} = \left. \frac{dE_2(z)}{dz} \right|_{z=0}$$

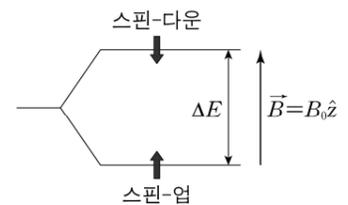
$E_j(z)$ 는 유전체 $j(=1, 2)$ 영역의 전체 전기장이다.

○ 유전율 ϵ 인 유전체에서 전기장의 세기(intensity) I 는 $\sqrt{\epsilon} |E(z)|^2$ 에 비례한다.

10. 그림 (가)는 환자가 MRI(자기 공명 영상) 장치 안에 누워 있는 것을 모식적으로 나타낸 것이고, 그림 (나)는 수소 원자핵 하나가 균일한 자기장 $\vec{B} = B_0 \hat{z}$ 에 놓여 있을 때, 수소 원자핵의 양자 상태를 나타낸 것이다. ΔE 는 두 양자 상태의 에너지 차이이고, $\vec{\mu}$ 는 핵의 자기 모멘트이다. 특정 진동수 f 로 진동하는 자기장을 z 방향에 대해 수직으로 원자핵에 가하면 자기 공명 현상이 일어난다.



(가)



(나)

f 를 풀이 과정과 함께 μ_z ($\vec{\mu}$ 의 z 성분), B_0, h 로 구하시오. <자료>를 이용하여 z 방향으로 1.0T의 균일한 자기장에 놓인 수소 원자핵의 공명 진동수를 구하시오. 또한 진동수 8.8×10^{18} Hz인 광자를 사용하는 다른 의료 영상 장비에서의 광자의 에너지 E 가 ΔE 의 몇 배인지 구하시오. (단, h 는 플랑크 상수이다.) [4점]

<자 료>

$$h \approx 4.0 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

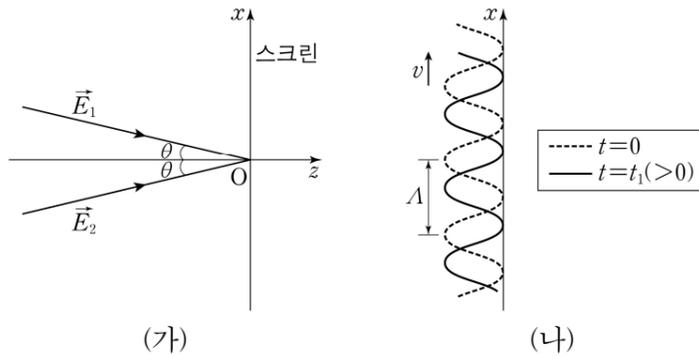
$$\mu_z \approx 8.8 \times 10^{-8} \text{ eV/T}$$

11. 그림 (가)와 같이 결맞은 두 평면 조화파 전기장

$$\vec{E}_1 = E_0 e^{ik(-x \sin\theta + z \cos\theta)} e^{-i\omega t} \hat{y}$$

$$\vec{E}_2 = E_0 e^{ik'(x \sin\theta + z \cos\theta)} e^{-i(\omega + \delta\omega)t} \hat{y}$$

가 스크린($z=0$)에 입사하고 있다. 그림 (나)는 간섭 무늬가 x 축 방향으로 시간에 따라 이동하는 것을 나타낸 것이다.



근사 조건 $k' \simeq k$ 를 사용하여 두 파동의 간섭 항이 $\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 + \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2^* = 2E_0^2 \cos(Kx - \Omega t)$ 가 되는 K 를 풀이 과정과 함께 구하시오. 간섭 무늬의 인접한 극대와 극대 사이의 거리 Λ 와 이동 속력 v 를 $k, \theta, \delta\omega$ 로 나타내시오. (단, E_0 은 상수, k, k' 은 파수이고, ω 와 $\omega + \delta\omega$ 는 각진동수이며, $\delta\omega \ll \omega$ 이다.) [4점]

12. 구별 가능하고 상호 작용하지 않는 가상의 입자들로 구성된 계가 온도 T 인 열저장체(heat reservoir)와 접촉하여 열적 평형 상태에 있다. 각 입자는 4개의 에너지 상태($E_n = n\epsilon, n=0, 1, 2, 3$)를 가지며, 각 에너지 상태는 겹침(degeneracy)이 없다.

입자 하나의 분배 함수 Z 와 평균 에너지 \bar{E} 를 ϵ 과 β 로 각각 나타내시오. 입자가 $n=1$ 인 상태에 있을 확률이 $n=3$ 인 상태에 있을 확률보다 4배 클 때의 온도 T_0 을 ϵ 과 볼츠만 상수 k_B 로 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 계는 볼츠만 통계를 따르며, $\beta = \frac{1}{k_B T}$ 이다.) [4점]

<수고하셨습니다.>