



2. <자료>는 빛과 그림자에 대한 학생의 오개념을 지도하기 위해 발생학습 모형(generative learning model)을 적용하여 계획한 교수·학습 활동을 나타낸 것이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자 료>

**[예비 단계]**

- 사전 조사를 통해 많은 학생들이 ‘그림자 놀이’와 같은 일상 경험으로 인해 ( ㉠ ) (이)라는 오개념을 갖고 있다는 점을 확인한다.
- 이러한 오개념을 확인하고 인지갈등을 유발할 수 있는 시범 활동을 구상한다.

**[초점 단계]**

- 다음과 같이 시범 장치를 준비하고 직선 모양의 광원을 비출 때 스크린에 생기는 원형 물체의 그림자 모양을 학생들에게 예상하도록 한다.

- 같은 예상을 한 학생들끼리 모둠을 이루고 왜 그렇게 생각하는지 각자 글로 작성하도록 한다.

**[도전 단계]**                    ... (생략) ...

**[적용 단계]**

- 원형 물체 대신 원형 구멍이 뚫린 판을 놓고 직선 모양의 광원이 쬐일 때 스크린에 생기는 모양을 예상하고 관찰하도록 한다.
- 관찰한 현상을 도전 단계에서 학습한 과학적 개념으로 설명하도록 한다.

<작성 방법>

- <자료>의 내용을 반영하여 ㉠에 해당하는 학생의 오개념을 제시할 것.
- 발생학습 모형의 특징과 [초점 단계]에서 제시된 교수·학습 활동을 반영하여 [도전 단계]에서 이루어져야 할 교수·학습 활동 2가지를 구체적으로 제시할 것.
- ㉠과 같은 오개념으로도 설명이 되는 ‘그림자 놀이’ 현상을 과학적 개념으로 이해시키기 위해 교사가 설명해야 할 내용을 제시할 것.

3. 질량  $m$ 인 입자가 다음과 같은 1차원 델타 함수 퍼텐셜에 속박되어 있다.

$$V(x) = -a\delta(x)$$

$a$ 는 양의 상수이다. 이 입자의 규격화된 파동 함수는 다음과 같다.

$$\psi(x) = \begin{cases} \sqrt{\kappa} e^{\kappa x} & (x < 0) \\ \sqrt{\kappa} e^{-\kappa x} & (x \geq 0) \end{cases}$$

$\kappa = \frac{\sqrt{-2mE}}{\hbar}$ 이고,  $E$ 는 입자의 에너지이다.

<자료>를 활용하여  $E$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한 입자를  $|x| < x_0$ 에서 발견할 확률이  $\frac{1}{2}$ 이 되는  $x_0$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. [4점]

<자 료>

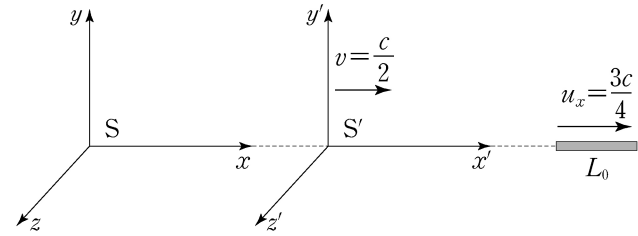
$x = 0$ 에서 파동 함수의 1차 미분  $\frac{d\psi(x)}{dx}$ 는 다음과 같은 경계 조건을 만족한다.

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \left( \frac{d\psi}{dx} \Big|_{+\epsilon} - \frac{d\psi}{dx} \Big|_{-\epsilon} \right) = -\frac{2ma}{\hbar^2} \psi(0)$$

4. 자기장이  $\vec{B} = B\hat{n}$ 으로 균일한 공간에 자기 모멘트의 크기가  $\mu$ 인 동일한 입자  $N$ 개가 1차원 격자의 서로 다른 격자점에 고정되어 있다. 계는 절대 온도가  $T$ 인 열원과 열적 평형 상태에 있고, 입자들은 서로 상호 작용을 하지 않는다. 입자 1개의 허용 가능한 에너지는 자기 모멘트가 자기장과 같은 방향일 때  $-\mu B$ , 반대 방향일 때  $+\mu B$ 이다.

입자 1개의 분배 함수  $Z_1$ 과 입자 1개의 자기 모멘트가 자기장과 같은 방향일 확률  $P$ 를 구하시오. 또한 입자  $N$ 개로 이루어진 계의 평균 자기 모멘트  $\vec{m}$ 을 구하고,  $\mu B \ll k_B T$ 일 때 근사값  $\vec{m}_{\text{고온}}$ 을 구하시오. (단,  $k_B$ 는 볼츠만 상수,  $\beta = \frac{1}{k_B T}$ 이다.  $x \ll 1$ 일 때  $e^x \approx 1+x$ 를 이용하시오.) [4점]

5. 그림과 같이 관성계  $S'$ 은 관성계  $S$ 에 대해  $x$ 축 방향으로  $v = \frac{c}{2}$ 의 속력으로 운동한다. 고유 길이  $L_0$ 인 막대는  $S$ 에 대해  $x$ 축 방향으로  $u_x = \frac{3c}{4}$ 의 속력으로 운동한다.  $S'$ 에서 측정된 막대 속도의  $x$ 성분은  $u_{x'}$ 이고, 막대의 길이는  $L_{S'}$ 이다.



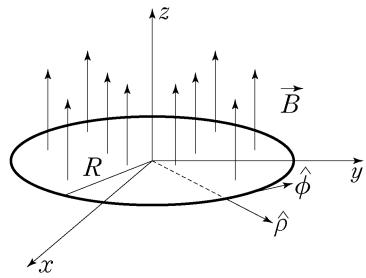
<자료>를 참고하여  $u_{x'}$ 과  $L_{S'}$ 을 각각 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $c$ 는 진공에서 빛의 속력이다.) [4점]

<자 료>

관성계  $S'$ 이 관성계  $S$ 에 대하여  $x$ 축을 따라 속력  $v$ 로 운동하며,  $t = t' = 0$ 일 때 두 관성계의 원점이 일치한다. 이 경우 어떤 사건의  $S$ 에서의 좌표는  $(t, x, y, z)$ 이고,  $S'$ 에서의 좌표는  $(t', x', y', z')$ 일 때, 두 좌표 사이의 로렌츠 변환식은 다음과 같다.

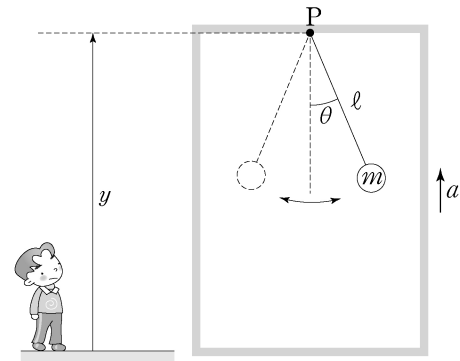
$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

6. 그림과 같이 반지름이  $R$ 인 도체 원형 고리가  $z=0$ 인  $xy$  평면에 놓여 있고, 고리 내부 영역( $\rho \leq R$ )에만 자기장  $\vec{B}(t) = \beta t \hat{z}$ 가 걸려 있다.  $\beta$ 는 양의 상수이다.  $\hat{\rho}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{z}$ 는 각각 원통 좌표계의 단위 벡터이다.



고리 내부 영역( $\rho \leq R$ )과 고리 외부 영역( $\rho > R$ )에서 유도 전기장의 크기를 풀이 과정과 함께 각각 구하시오. 또한 고리에 유도되는 유도 기전력의 크기와 유도 전류의 방향을 각각 구하시오. (단, 고리의 굵기는 무시하고 모양은 변형되지 않으며, 자기장은 충분히 천천히 변한다.) [5점]

7. 그림과 같이 크기가  $a$ 인 등가속도로 연직 위로 운동하는 엘리베이터 천장의 점 P에 실로 매달려 진동하는 추를 엘리베이터 밖에 정지한 학생이 관찰한다.  $\theta$ 는 연직선과 실이 이루는 각이고, 실의 길이는  $\ell$ , 추의 질량은  $m$ 이다. 추의 운동에 대한 구속 조건은  $f(y, t) = y - \frac{1}{2}at^2 = 0$ 이다.  $y=0$ 이고  $\theta=0$ 일 때, 추의 퍼텐셜 에너지는  $-mgl$ 이다.



학생이 관찰한 추의 라그랑지안  $L(\theta, \dot{\theta}, y, \dot{y})$ 을 쓰고, 라그랑주 방정식을 이용하여  $\theta$ 에 대한 운동 방정식을 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한 실의 장력의  $y$ 성분  $Q_y(\theta, \dot{\theta})$ 를 구하시오. (단, 중력 가속도의 크기는  $g$ 이다.) [5점]

8. <자료 1>은 물리 교수·학습 상황을, <자료 2>는 20세기 초 물리학 발전사의 일부를 요약한 것이다. 물리 교수·학습 상황과 물리학자들이 새로운 지식을 구성하는 과정의 유사성에 대해 <작성 방법>에 따라 논하시오. [10점]

<자료 1>

(가)

교사: 냄비에서 물이 끓을 때 뚜껑이 움직이는 모습을 볼 수 있죠? 이것은 뜨거워진 수증기가 뚜껑을 밀어 올리기 때문이에요. 그래서 수증기가 힘을 주어 뚜껑을 움직였으니 수증기가 일을 했다고 할 수 있어요. 눈에 보이지 않는 기체의 일을 어떻게 표현하고 설명하면 좋을까요?

학생: 기체 분자를 작은 알갱이로 표현하면 어떨까요? 플라스틱 알갱이들이 들어 있는 통을 흔들면 알갱이들이 벽을 때리듯이, 기체 분자들이 열을 받아 움직이면 벽과 충돌하여 일을 한다고 설명할 수 있을 것 같아요.

(나)

교사: 솔레노이드에 자석을 넣거나 뺄 때 유도 전류가 발생한다는 것을 실험을 통해서 관찰했어요.

학생: 자석과 유도 전류 사이에는 어떤 관계가 있을까요?

교사: 이것과 유사한 상황을 생각해 보세요.

학생: 앙페르 법칙에서 도선에 흐르는 전류의 세기가 클수록 더 큰 자기장이 생기는 것을 알았어요. 그럼 자석의 세기가 클수록 더 큰 유도 전류가 생기지 않을까요?

(다)

교사: 다음 장치에서 구리 막대 대신 유리 막대로 바꾸면 정전기 유도가 일어날까요? 예측을 해 보고, 왜 그렇게 생각하는지 말해 보세요.



학생: 정전기 유도는 일어나지 않을 것 같아요. 정전기 유도가 일어나려면 전기가 통하는 도체여야 하는데, 유리 막대는 전기가 통하지 않는 부도체이기 때문이에요.

교사: 실제로 관찰해 보세요. (시범 실험 후) 생각이 바뀌었나요?

학생: 유리도 전기가 통하는 도체인가 봐요.

<자료 2>

19세기 말경 과학자들은 물질이 원자와 분자로 구성되어 있다는 것에 대해 많은 증거를 가지고 있었지만 원자 자체에 대해서는 거의 모르고 있었다. 러더퍼드(E. Rutherford) 연구팀은  $\alpha$ 입자의 속성에 대해 연구를 하던 중 원자에 입사된  $\alpha$ 입자가 90도 이상의 둔각으로 산란되는 것을 발견하였다. 이 현상을 설명하기 위해 러더퍼드는 원자의 질량 대부분이 좁은 공간에 집중된, 양전하를 띤 무거운 핵의 존재를 제안하였다. 무거운 핵과 가벼운 전자로 이루어진 원자 구조가 가능한가에 대한 문제는 무거운 태양 주위를 중력에 의해 공전하는 행성들로 이루어진 태양계처럼 원자도 무거운 핵 주위를 전기력에 의해 공전하는 전자들로 구성된다고 가정하면 설명되었다.

원자에 대한 태양계 모형은 가속하는 전자가 에너지를 방출하기 때문에 결국 원자가 붕괴된다는 문제가 있었다. 1913년 보어(N. Bohr)는 원자에서 전자가 허용된 궤도에 있을 때는 전자기 복사를 하지 않고 허용된 궤도 사이를 전이할 때만 복사선을 방출하거나 흡수한다는 모형을 제시하였다. 보어의 모형은 당시 알려진 수소 선스펙트럼 관찰 사실을 적절히 설명할 수 있었기에 즉각적이고 광범위하게 그것을 일반화하려는 노력이 이어졌다. 이러한 과정에서 보어의 초기 모형으로 설명할 수 없는 관찰 사례들도 발견되었다. 그럼에도 불구하고 보어의 모형은 폐기되지 않고 환산 질량과 상대론적 효과를 반영하면서 정교화되었다.

<작성 방법>

- <자료 1>의 (가)에서 학생이 사용한 기능을 2015 개정 과학과 교육과정의 '내용 체계'에 제시된 '기능' 중에서 쓰고, 과학자가 이 기능을 사용하는 사례를 <자료 2>에서 찾아 해당 사례에서 드러나는 이 기능의 역할을 제시할 것.
- <자료 1>의 (나)에서 학생이 사용한 과학적 사고의 유형과 사고의 과정을 쓰고, 유사한 사례를 <자료 2>에서 찾아 제시할 것.
- <자료 1>의 (다)에서 교사가 학생의 개념 변화를 위해 사용한 전략의 한계를 라카토스(I. Lakatos)의 연구 프로그램 이론에 기초하여 쓰고, 이때 적용된 라카토스의 이론이 드러난 사례를 <자료 2>에서 찾아 제시할 것.
- 근거에 기반하여 체계적으로 논술할 것.

<수고하셨습니다.>