



3. <자료 1>은 '특수상대성 이론'에 대해 예비 교사가 작성한 교수·학습 지도안이고, <자료 2>는 <자료 1>에 대해 예비 교사와 지도 교수가 나눈 대화이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

학습 목표	특수상대성 이론의 광속 불변의 원리로부터 시간 팽창과 길이 수축 현상을 이해한다.
단계	교수·학습 활동
I	1. 교사는 특수상대성 이론의 원리와 관련된 시공간 개념을 확인한다. 2. 교사는 학생들이 사물의 길이와 시간이 절대적이라는 뉴턴 역학적 관점을 가지고 있다는 것을 확인한다.
II	1. 이전 차시에 학습했던 내용 중 특수상대성 이론의 광속 불변 원리와 상대성 원리에 관해서 간단히 복습한다. 2. 다음 2가지 주제에 대한 학생의 생각을 글로 쓰고, 발표하게 하여 학생 스스로 자신의 생각을 명확히 하게 한다. 1) 우리가 지구에서 측정하는 1분, 1초 같은 시간의 간격은 빠르게 날아가는 우주선 안에서도 같을까? 2) 정지해 있을 때 측정한 우주선의 길이는 $L$ 이다. 날아가는 우주선의 길이를 측정한 값은 $L$ 과 같을까? 우주선의 길이가 $L$ 이라고 하는 것은 불변의 사실인가?
III	1. 모듈을 구성해 학생들이 자신의 생각을 서로 비교해보고 타당한 결론을 도출하기 위한 토론을 진행하게 한다. 2. 광속 불변 원리로부터 시간 팽창, 길이 수축 현상이 도출됨을 설명하고, 시간과 공간의 개념이 절대적이라는 사전 개념과 비교하게 하여 학생들의 생각을 과학자적인 생각으로 바꾸어 준다.
IV	학생이 위성 항법 장치(GPS)의 활용에 특수상대성 이론의 시간 팽창 원리가 적용되는 방법을 조사하게 한다.

<자료 2>

예비 교사: 특수상대성 이론에 관해 작성한 수업 지도안인데, (㉠) 모형이 적절할 것 같아서 적용했어요.

지도 교수: (㉠) 모형은 학생의 개념변화에 효과적인 수업 모형인데, 특수상대성 이론 수업과 관련해서 개념변화가 필요한 학생의 선개념을 충분히 드러나게 할 필요가 있겠네요. 그런데 (㉠) 모형을 활용하더라도 지도안을 보니 과정·기능 목표도 달성할 수 있을 것 같습니다.

예비 교사: 저도 고민을 해 봤는데 특수상대성 이론에 관한 실험이 어렵기 때문에 과정·기능 목표를 정하지 않았습니다.

지도 교수: 과정·기능이 실험을 통해서만 학습되는 것은 아니죠. 특수상대성 이론의 광속 불변의 원리에서 시작해서 시간 팽창, 길이 수축 현상을 설명하는 과정에서 학생들은 (㉡) 과정을 통해 '과학적 사고에 근거하여 추론하기'라는 과정·기능을 학습할 수 있지 않을까요?

예비 교사: 아, 과학적 사고가 과정·기능의 일부라는 것을 잊고 있었어요. 저는 과정·기능이 실험을 통해서만 학습된다고 오해를 했네요.

지도 교수: 한 가지 더 고려해야 할 것이 있어요. 학습 단계 IV에서 제시한 사례는 2022 개정 과학과 교육과정의 진로선택 과목인 '역학과 에너지'를 학습해야 온전히 설명할 수 있습니다. 특수상대론적 효과에 의해 인공위성에서 시간이 느리게 가는 현상과 함께 (㉢) 현상도 고려해야 실제 GPS의 시간 보정을 설명할 수 있기 때문입니다.

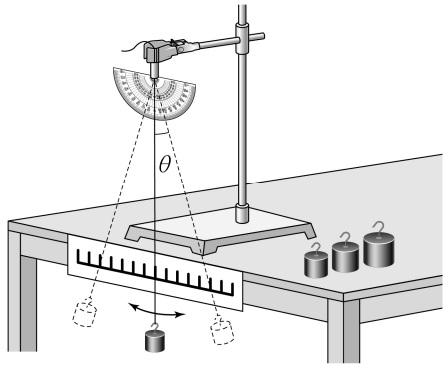
<작성 방법>

- <자료 1>을 참고하여 <자료 2>의 괄호 안의 ㉠에 공통으로 해당하는 학습 모형의 이름을 쓰고, <자료 1>의 학습 단계 IV에 대응하는 포스너(G. Posner) 등이 제안한 개념변화 조건 1가지를 제시할 것.
- <자료 2>의 괄호 안의 ㉡에 해당하는 과학적 사고 유형을 제시할 것.
- <자료 2>의 괄호 안의 ㉢에 들어갈 내용을 제시할 것.

4. <자료 1>은 학생이 작성한 실험 보고서, <자료 2>는 <자료 1>을 평가하기 위해 예비 교사가 작성한 평가표와 이에 대한 학생과 예비 교사의 평가 결과, <자료 3>은 이 실험 수행 평가에 대한 예비 교사와 지도 교수의 대화이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

- 실험 목표: 단진자의 주기를 측정할 수 있고, 단진자의 주기에 영향을 미치는 변인을 찾을 수 있다.
- 준비물: 스탠드, 실, 자, 추(50g, 100g, 150g, 200g), 각도기, 초시계
- 실험 과정
- (1) 스탠드에 50g 짜리 추를 실로 매달고 실의 길이가 50cm가 되도록 하여 스탠드에 고정하고, 각도기를 이용하여 추에 연결된 실이 연직선과 이루는 각도가 15°가 되도록 당긴다.



- (2) 추를 가만히 놓은 후 추가 1회 왕복하여 처음 위치로 되돌아올 때까지 걸린 시간을 측정한다.
- (3) 추의 질량을 50g으로 유지한 채 길이가 각각 75cm, 100cm, 125cm, 150cm인 실로 바꾸어 가며 (2)의 과정을 반복한다.
- (4) 길이가 100cm인 실을 이용하여 추의 질량만 50g, 100g, 150g, 200g으로 바꾸어 가며 (2)의 과정을 반복한다.

○ 결과 및 정리

- (1) 실험에서 측정한 추의 질량, 실의 길이, 진폭(연직선과 이루는 각), 단진자의 주기를 표로 정리한다.
- (2) 표의 내용을 가로축 실의 길이-세로축 주기의 그래프로 나타낸다.
- (3) 표의 내용을 가로축 질량-세로축 주기의 그래프로 나타낸다.

... (표와 그래프 생략) ...

- 결론 도출: 단진자의 주기는 실의 길이에 비례하고 추의 질량 및 진폭과는 무관하다.

<자료 2>

평가 요소	평가 준거	평가 결과	
		학생	교사
측정	측정값을 정확하게 구했는가?	우수	보통
변인 설정	조작변인과 종속변인을 설정하여 실험했는가?	우수	보통
자료 변환	표를 그래프로 바르게 변환했는가?	우수	보통
결론 도출	실험 결과로부터 올바른 결론을 얻었는가?	우수	미흡

<자료 3>

예비 교사: 교수님께 배운 대로 평가표를 분석적으로 작성했습니다. 그런데 이 평가표를 가지고 '우수-보통-미흡'의 3단계 평정 척도로 학생이 스스로 평가하게 했더니, 학생은 모든 요소에 '우수'라고 평가했지만 저는 '보통'이나 '미흡'으로 평가했어요.

지도 교수: 일단 평가표를 수정해 봅시다. 평가 요소에 대응하는 평가 준거를 지금보다 더 구체적으로 작성해야 평가의 타당도와 신뢰도가 높아집니다. 예를 들어, '자료 변환' 평가 요소에서 교사가 '보통'으로 평가한 이유를 구체적으로 말해 보세요.

예비 교사: 학생은 표를 그래프로 변환할 때 가로축을 실의 길이, 세로축을 주기로 나타냈습니다. 하지만 그런 그래프로는 실의 길이와 주기의 관계를 파악하기 어려우므로 가로축-실의 길이, 세로축-주기의 제곱으로 나타내는 것을 '우수'의 기준으로 삼았습니다.

지도 교수: 그렇다면 평가 준거를 '실험 결과를 가로축-실의 길이, 세로축-주기의 제곱인 그래프로 나타내었는가?'로 수정해야 합니다. 마찬가지로 다른 평가 요소에서도 왜 '우수'가 아닌 '보통'이라고 평가했는지 그 이유를 생각해서 평가 준거를 수정해 보세요.

예비 교사: 네, 알겠습니다. 그 외에도 이 실험의 수행을 평가할 때 교사가 고려해야 할 점이 있나요?

지도 교수: 학생이 실험하기 전에 실험 수행 시 유의 사항과 그 이유를 알려 주고 그 이후에 실험을 수행하도록 하여 평가하는 것이 좋습니다. 예를 들어, ㉠ '진자의 주기를 초시계로 측정할 때 오차를 최대한 작게 하려면 측정의 기준점을 추가 최고점에 있을 때가 아니라 최저점을 지날 때로 할 것'을 학생에게 미리 안내하면 좋습니다. 한편, 현재 학생의 실험 보고서를 보니 ㉡ '진자의 길이를 측정할 때 알려 주어야 할 유의 사항 1가지가 더 있습니다.'

<작성 방법>

- <자료 3>에 근거하여 <자료 2>의 '변인 설정'에 대한 평가 준거를 수정할 것.
- <자료 3>의 밑줄 친 ㉠의 이유를 측정 오차 측면에서 설명할 것.
- <자료 3>의 밑줄 친 ㉡에 해당하는 내용을 쓰고 그 이유를 <자료 1>의 실험 과정 (4)를 근거로 설명할 것.

5. <자료 1>은 2022 개정 과학과 교육과정을 토대로 예비 교사가 작성한 교수·학습 지도안의 개요이고, <자료 2>는 이 개요에 대해 예비 교사와 지도 교사가 나눈 대화이다. <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

성취기준	[9과03-02] 열은 전도, 대류, 복사로 전달됨을 알고, 열전달 과정을 모형 등을 사용하여 다양하게 표현할 수 있다.
학습목표	열전달 과정을 모형이나 비유를 사용하여 다양하게 표현할 수 있다.
단계	교수·학습 활동
도입	전도, 대류, 복사 개념을 질문법을 활용해 복습한다.
전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>열화상 카메라를 이용하여 뜨거운 물이 담긴 컵 주변의 색의 변화를 보여준다.</li> <li>학생들이 열의 이동 방식을 주변 도구나 신체를 이용해 표현하며 학습하게 한다.</li> </ul> <p style="text-align: center;">... (중략) ...</p>
정리	열의 이동 방식을 활용한 일상생활의 사례를 찾게 한다.

<자료 2>

지도 교사: 전개 단계에서 학생 활동이 중학교 1학년 학생이 스스로 하기는 힘들 것 같습니다. 좀 더 구체적인 안내가 필요하겠습니다.

예비 교사: ㉠ 학생이 혼자서 할 수 있는 수준과 교사의 도움을 통해 할 수 있는 수준의 간격을 파악해서 적절한 비유를 제시하라는 말씀이지요?

지도 교사: 맞습니다. 그리고 중학교 1학년 학생 대상 수업임을 감안할 때 비유를 ㉡ 브루너(J. Bruner)의 표현 양식에 따라 구체적으로 계획할 필요가 있습니다.

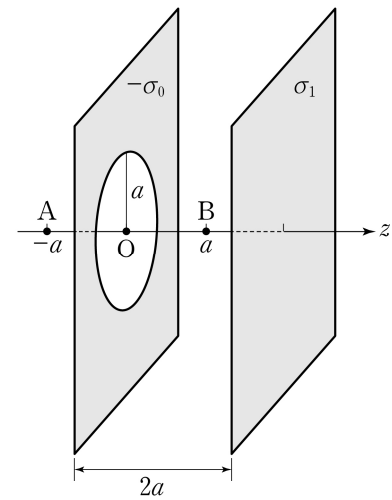
예비 교사: 그림, 학생들에게 예시를 보여 준 후 자신들만의 모형이나 비유를 만들어 보게 하고, 개별 활동이 아니라 모둠으로 활동하도록 계획을 수정해 보겠습니다.

지도 교사: 또 하나 추가할 내용이 있습니다. 모형이나 비유를 사용하여 과학 원리를 설명할 때는 학생들에게 모형이나 비유의 한계에 대해 주의를 주어야 합니다. 학생들에게 자신들이 고안한 ㉢ 비유물과 목표물 사이의 대응 관계를 기록하게 하고, 자신들이 만든 비유의 문제점을 적어보게 하는 활동을 추가하면 좋겠습니다.

<작성 방법>

- <자료 2>의 밑줄 친 ㉠에 해당하는 용어를 비고츠키(L. Vygotsky)의 학습 이론에 근거하여 제시할 것.
- <자료 2>의 밑줄 친 ㉡에 해당하는 표현 양식 중 2가지를 <자료 1>의 전개 단계에서 찾아 근거와 함께 각각 제시할 것.
- <자료 2>의 밑줄 친 ㉢과 관련하여 비유의 한계 1가지를 제시할 것.

6. 그림은 균일한 면전하 밀도  $-\sigma_0$ 로 대전된 무한 평면에 반지름  $a$ 인 원형 구멍을 뚫은 평면과 균일한 면전하 밀도  $\sigma_1$ 로 대전된 무한 평면이 나란히 놓여 있는 것을 나타낸 것이다. 공간의 유전율은  $\epsilon_0$ 이고, 두 평면은  $2a$ 만큼 떨어져 있다. 지점 A에서 전기장과 전위가 모두 0일 때,  $\frac{\sigma_1}{\sigma_0}$ 과 지점 B에서 전기장의 크기를 구하고, B에서 전위를 풀이 과정과 함께 구하시오. [4점]



<자 료>

- 반지름  $R$ 인 원판에 전하가  $\sigma$ 로 균일하게 대전되어 있을 때, 원판의 중심을 원점으로 하고 원판에 수직인  $z$ 축 상의 점에서 전기장은 아래와 같다.

$$\vec{E}(z) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left( 1 - \frac{|z|}{\sqrt{z^2 + R^2}} \right) \frac{z}{|z|} \hat{z}$$

- $\int \frac{x}{\sqrt{x^2 + \alpha^2}} dx = \sqrt{x^2 + \alpha^2} + C$

7. 스핀  $\frac{1}{2}$ 인 입자의 스핀 상태가 다음과 같은 스피너로 주어져 있다.

$$\chi = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} -3i \\ 4 \end{pmatrix}$$

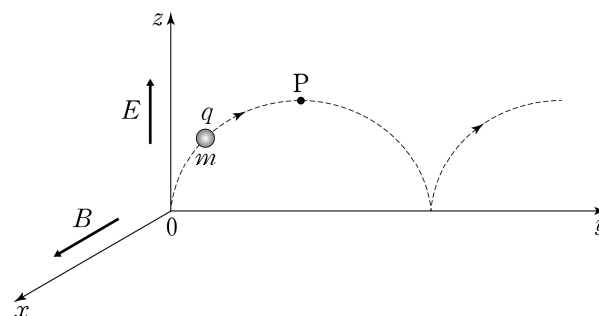
<자료>를 이용하여  $S^2$ 과  $[S_y, S_z]$ 의 기댓값을 각각 구하고,  $S_x$ 의 측정값이  $\frac{\hbar}{2}$ 일 확률을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $\hbar$ 는 플랑크 상수이다.) [4점]

<자 료>

- 두 연산자  $A, B$ 의 교환관계식은  $[A, B] = AB - BA$ 이다.
- 스핀 연산자  $\vec{S} = (S_x, S_y, S_z)$ 에 대해
 
$$S_x = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, S_y = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, S_z = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$
이다.
- $S^2 = S_x^2 + S_y^2 + S_z^2$ 이다.

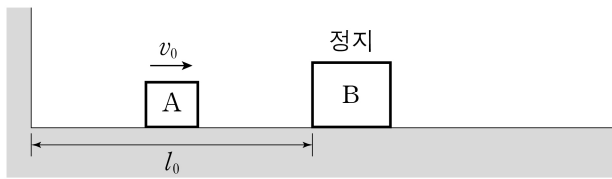
8. 그림은 질량  $m$ , 전하량  $q$ 인 입자를 균일한 전기장  $\vec{E} = E\hat{z}$  과 균일한 자기장  $\vec{B} = B\hat{x}$  영역의 원점에 가만히 두었을 때, 각진동수  $\omega = \frac{qB}{m}$ 인 사이클로이드 운동하는 것을 나타낸 것이다.

입자의 위치는  $y(t) = \left(\frac{E}{B}\right)t - C\sin\omega t$ ,  $z(t) = C(1 - \cos\omega t)$ 이다.

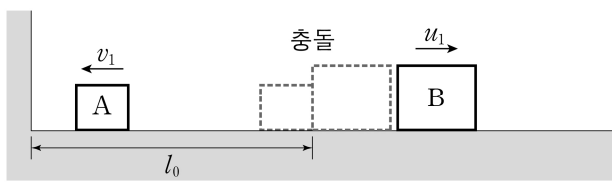


$t=0$ 에서 원점에 놓인 입자의 속력이 0이 되기 위한 상수  $C$ 를 구하고, 입자가 사이클로이드 곡선의 최고점 P에 도달하는 시간을 구하시오. P에서 입자가 받는 전기력의 크기를  $F_E$ , 자기력의 크기를  $F_M$ 이라 할 때,  $\frac{F_E}{F_M}$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 입자의 크기와 중력은 무시한다.) [4점]

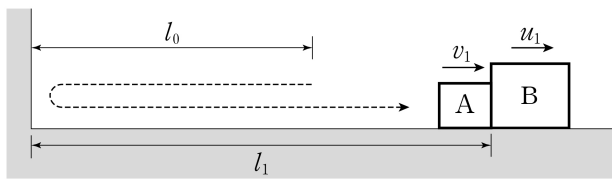
9. 그림 (가)는 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 속력  $v_0$ 으로 수평면 상에서 운동하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)와 같이 A와 B는 벽으로부터의 거리가  $l_0$ 인 지점에서 충돌한 후, A가  $v_1$ , B가  $u_1$ 의 속력으로 서로 반대 방향으로 운동한다. 그림 (다)와 같이 A는 벽과 충돌하여 되돌아와 벽으로부터 거리가  $l_1$ 인 지점에서 B와 충돌한다. A와 B의 질량은 각각  $m$ ,  $5m$ 이다.



(가)



(나)



(다)

$u_1$ 을  $v_0$ ,  $v_1$ 로 나타내고,  $\frac{v_1}{v_0}$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오.  $\frac{l_1}{l_0}$ 을 구하시오. (단, 모든 충돌은 탄성충돌이고, 물체의 크기, 물체와 바닥 면 사이의 마찰은 무시한다.) [4점]

10. 부피가  $V$ 인 공간에 광자  $N$ 개가 있는 계가 있다. 계는 절대 온도  $T$ 인 열원과 접촉하여 열평형 상태에 있고, 계의 총에너지는  $U$ 이다. 광자의 양자상태 에너지를  $\epsilon$ 이라 할 때, <자료>를 이용하여  $\frac{dN}{d\epsilon}$ 을 풀이 과정과 함께 구하고,  $\frac{dU}{d\epsilon}$ 과  $U$ 를 구하시오. (단, 광자는 보즈-아인슈타인 통계를 따른다.) [4점]

<자 료>

○ 광자에 대한 보즈-아인슈타인 분포함수는  $\bar{n}_{BE} = \frac{1}{e^{E/kT} - 1}$

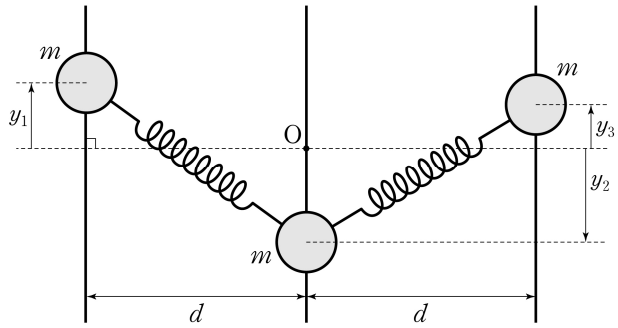
이고,  $k$ 는 볼츠만 상수이다.

○ 광자의 에너지  $E=pc$ 이고, 운동량의 크기가  $p$ 와  $p+dp$  사이의 값을 가지는 광자의 양자상태 수는  $\frac{8\pi V p^2 dp}{h^3}$ 이다.

$c$ 는 빛의 속력이고,  $h$ 는 플랑크 상수이다.

○  $\int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}$

11. 그림은 용수철로 연결된 세 물체가 가는 막대를 따라 진동 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 물체의 질량은  $m$ 으로 모두 같고, 막대는 한 면에 간격  $d$ 로 서로 평행하게 고정되어 놓여 있다.  $y_1, y_2, y_3$ 은 세 물체의 질량 중심  $O$ 를 지나며 막대에 수직인 선에 대한 물체의 변위이고  $y_1 + y_2 + y_3 = 0$ 이다. 이 계의 퍼텐셜 에너지는  $\frac{\alpha}{2}(y_2 - y_1)^2 + \frac{\alpha}{2}(y_2 - y_3)^2$ 이고,  $\alpha$ 는 양의 상수이다.



이 계의 라그랑지안  $L(y_1, y_3, \dot{y}_1, \dot{y}_3)$ 를 쓰고,  $y_1$ 에 대한 운동 방정식을 풀이 과정과 함께 구하시오.  $y_3 = y_1$ 일 때,  $y_1$  운동의 고유 진동수를 구하시오. (단, 물체의 크기, 용수철의 질량, 마찰, 중력은 무시한다.) [4점]

<수고하셨습니다.>