



2. 다음은 2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 과학 교과에서 '미래 사회에서 에너지 문제'를 주제로 구성한 탐구 활동 자료이다.

<자 료>

**[목표]**

화석 연료의 생성 과정과 매장량 및 사용량을 조사하여 에너지가 고갈되는 시점을 예측하고 이에 대한 대안을 찾는다.

**[과정]**

① 3명으로 한 모둠을 구성하고, 각 모둠원은 다음 주제 중 하나를 선택하자.

주제 1	석탄은 어떻게 생성되었는가?
주제 2	석유와 천연가스는 어떻게 생성되었는가?
주제 3	화석 연료의 매장량과 사용량은 얼마나 되는가?

② 각 모둠에서 동일한 주제를 선택한 사람은 따로 소집단을 구성하고, 도서관이나 인터넷 등을 이용하여 조사하자.

③ 각 소집단의 구성원은 조사한 내용을 소집단 내에서 발표하고 토의한 후, 토의한 내용을 정리하자.

④ 소집단의 구성원은 원래 모둠으로 돌아가서 주제별로 조사하고 토의한 내용을 바탕으로 다음 주제 4에 대해 서로의 생각을 이해하고 존중하며 토의하자. (이때 각 모둠 내 토의 과정에서의 의견 조정과 진행을 위해 대표를 정하도록 한다.)

주제 4	미래 사회에서 에너지 문제는 어떻게 될까?
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재와 같은 비율로 화석 연료의 사용량이 증가할 경우 에너지가 고갈되는 시점은 언제인가?</li> <li>- 미래 사회의 에너지 고갈 문제를 해결하기 위한 대안은 무엇인가?</li> </ul>

**[결과]**

각 모둠의 대표는 주제 4에 대해 토의한 내용을 정리하여 발표하자.

위 <자료>에 해당하는 협동 학습 모형은 무엇인지 쓰시오. 협동 학습에서 적극적인 상호 작용을 위해 필요한 기초 탐구 과정 1가지를 쓰고, 그렇게 답한 이유를 위 <자료>를 참고하여 설명하시오. [4점]

3. 자기 쌍극자 모멘트  $m$ 인  $N$ 개의 원자가 고체의 격자점에 고정된 계가 있다. 이 계가 세기  $B$ 인 자기장 속에 놓일 때, 원자들의 자기 쌍극자 모멘트는 자기장과 상호 작용하여 자기장과 같은 방향이거나 반대 방향인 두 가지 상태만 가능하고 원자들 사이의 상호 작용은 없다고 가정한다. 온도  $T$ 인 상태에서 어떤 순간에 자기 쌍극자 모멘트가 자기장과 같은 방향인 원자 수를  $N_+$ , 자기장에 반대 방향인 원자 수를  $N_-$ 이라 하자. 이 때  $N_+ = \frac{N}{2} + s$ ,  $N_- = \frac{N}{2} - s$ 라 두면 계의 자기 에너지  $E$ 와 엔트로피  $S$ 는 변수  $s$ 의 함수로서  $N \gg 1$ ,  $N \gg s$ 인 경우 다음과 같이 표현된다.

$$E = -(N_+ - N_-)mB = -2smB$$

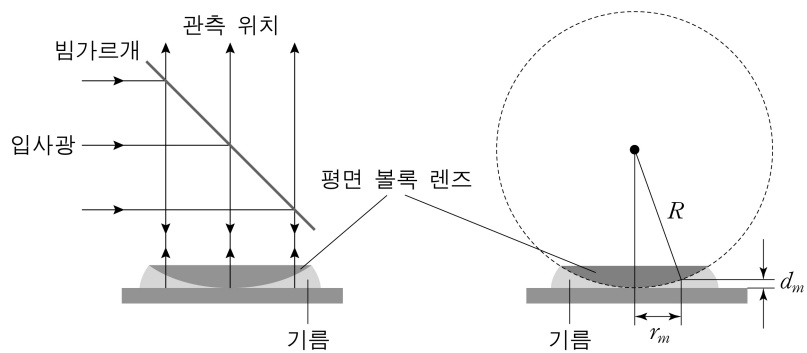
$$S = k \ln \frac{N!}{N_+! N_-!}$$

$$\approx k \left[ N \ln N - \left( \frac{N}{2} + s \right) \ln \left( \frac{N}{2} + s \right) - \left( \frac{N}{2} - s \right) \ln \left( \frac{N}{2} - s \right) \right]$$

이 계의 헬름홀츠 자유 에너지  $F$ 를  $s$ 의 함수로 나타내고,  $F$ 는 평형 상태에서 극솟값을 가짐을 이용하여 평형 상태의 자기 에너지  $E_{\text{평형}}$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $F = E - TS$ 이고,

$k$ 는 볼츠만 상수,  $\beta = \frac{1}{kT}$ 이다.) [4점]

4. 그림은 곡률반지름  $R$ 인 평면 볼록 렌즈를 평면 유리에 접촉시킨 후, 단색광의 수직 조명을 이용하여 반사에 의한 간섭무늬를 얻는 뉴턴 고리 간섭계를 나타낸 것이다. 렌즈와 평면 유리 사이에는 굴절률  $n$ 인 기름으로 채워져 있고,  $d_m$ 은 간섭 차수가  $m$ 일 때의 기름 두께이며,  $r_m$ 은 간섭무늬의 반지름이다. 빔가르개는 입사광을 수직 하방으로 향하게 하며, 공기 중에서 입사광의 파장은  $\lambda_0$ 이다.



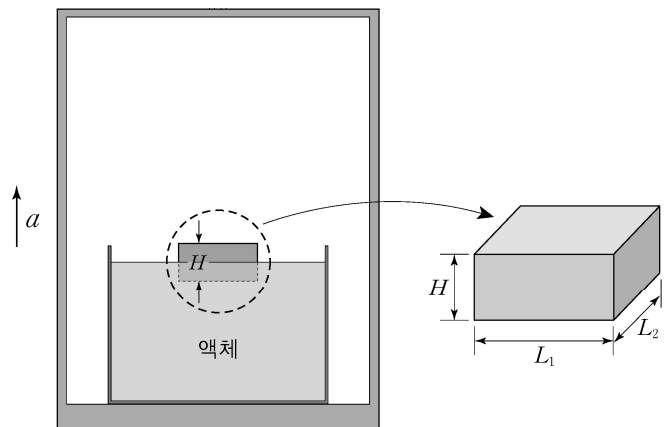
보강 간섭이 일어날 조건을 쓰고,  $r_m^2 = 2Rd_m - d_m^2 \approx 2Rd_m$  ( $R \gg d_m$ )을 사용하여 간섭 차수가  $m$ 일 때 보강 간섭무늬의 반지름  $r_m$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 기름의 굴절률  $n$ 은 평면 볼록 렌즈 및 평면 유리의 굴절률보다 작다.) [4점]

5. 질량  $m$ 인 입자가 다음과 같은 2차원 직사각형 퍼텐셜 우물에 갇혀 있다.

$$V(x, y) = \begin{cases} 0 & (0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b) \\ \infty & (\text{그 외 영역}) \end{cases}$$

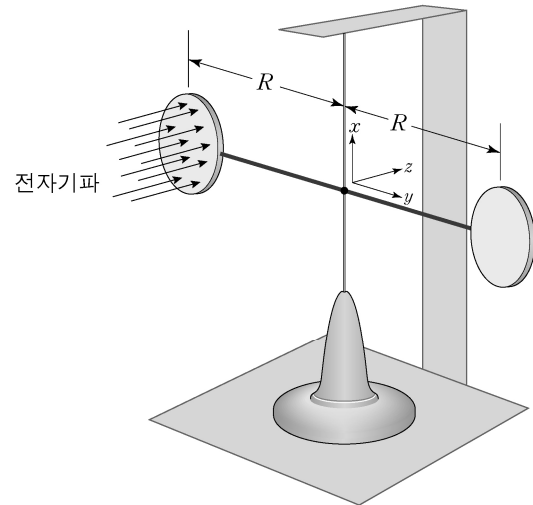
이 입자의 바닥상태 에너지  $E_0$ 과 첫째 들뜬상태 에너지  $E_1$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. 또 불확정성 원리  $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$ ,  $\Delta y \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2}$ 를 이용하여 이 입자의 최소 에너지  $E_u$ 를 구하시오. (단,  $a < b$ 이다.) [4점]

6. 그림은 일정한 가속도  $a$ 로 올라가는 승강기 내의 수조에 밀도  $\rho_l$ 인 액체가 담겨 있고, 밀도  $\rho_r$ 인 직육면체 물체의 일부가 잠겨 있는 것을 나타낸 것이다. 물체의 밑변 길이는 각각  $L_1, L_2$ 이고 높이는  $H$ 이다.



평형 상태에서 물체의 잠긴 깊이  $d_0$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. 물체를 살짝 눌렀다 놓았더니 윗면이 수평을 유지하며 상하 진동하였다. 평형 위치로부터 물체의 변위를  $h$ 라 두고 이 물체의 운동 방정식과 각진동수  $\omega$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $a > 0$ , 중력 가속도는  $g$ 이다. 또 액체는 이상 유체여서 점성에 의한 저항이 없으며, 수조가 충분히 커서 물체의 진동에 의한 액체면의 높이 변화는 무시할 수 있다고 가정한다.) [5점]

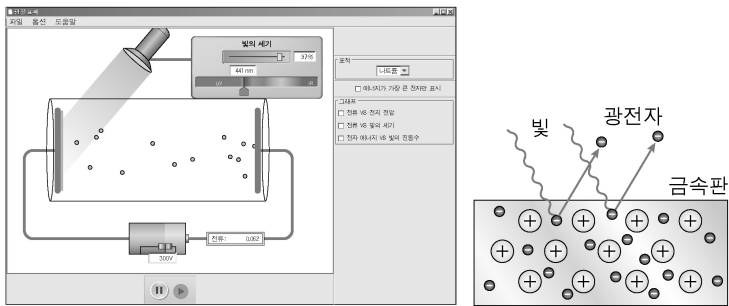
7. 그림은 진공 속에서 동일한 두 원형 완전 반사체로 만들어진 비틀림 장치의 한 쪽 날개면 전체에 전자기파를 쬐어 주어 평형 상태에 있는 것을 나타낸 것이다. 이 때 전자기파의 진행 방향과 반사체 면은 수직이며, 전자기파의 전기장은  $\vec{E}(z, t) = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{x}$ 이고, 면적  $A$ 인 완전 반사체 중심과 축 사이의 거리는  $R$ 이다.



단위부피당 전자기파에 실린 평균 운동량(평균 운동량 밀도)  $\langle \vec{g} \rangle = \langle \epsilon_0 (\vec{E} \times \vec{B}) \rangle$ 와 단위시간 동안 날개에 전달된 평균 운동량(평균 힘)을 구하시오. 또 이 장치에 전자기파가 작용하는 평균 돌림힘(평균 토크)의 크기  $\tau$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 자기장은  $\vec{B} = \frac{1}{c} \hat{k} \times \vec{E}$ 이고,  $E_0$ 은 상수,  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ 은 광속,  $\epsilon_0$ 과  $\mu_0$ 은 각각 진공의 유전율과 투자율이다.) [5점]

8. 다음은 광전 효과에 대한 수업의 일부이다. [교사의 설명 ㉠]에서 사용하고 있는 교수·학습 전략에 대해 <작성 방법>에 따라 논하시오. [10점]

교사: 오늘은 광전 효과에 대해 알아보도록 합시다. 광전 효과가 무엇이고 광전 효과 실험을 통해 무엇을 알 수 있는지 모의실험을 통해 구체적으로 살펴보기로 하죠.



... (중략) ...

[교사의 설명 ㉡]

모의실험을 통해 빛의 세기와는 무관하게 특정 진동수 이상에서 전자가 금속에서 튀어 나온다는 사실을 알 수 있었습니다. 그런데 전자가 튀어 나오려면 금속에서 전자를 자유롭게 해주는 최소한의 에너지인 일함수와 운동 에너지로 전환되는 에너지가 필요하기 때문에 일함수보다 큰 에너지가 필요합니다. 이때 일함수만큼의 에너지를 갖는 빛의 특정 진동수를 임계 진동수라고 합니다. 따라서 임계 진동수보다 큰 진동수에서 전자가 금속에서 튀어 나오고, 빛의 세기가 세더라도 진동수가 임계 진동수보다 작으면 전자는 튀어 나오지 못하게 됩니다.

[교사의 설명 ㉢]

다르게 설명하면, 바구니 안에 검은색 구슬이 담겨 있을 때 흰색 구슬로 바구니 안의 검은색 구슬을 맞혀서 바구니 밖으로 검은색 구슬이 튀어 나오게 하는 상황을 생각해 봅시다. 바구니 안에 담긴 검은색 구슬들의 표면으로부터 바구니 테두리까지의 높이를 일함수, 흰색 구슬이 부딪혀서 검은색 구슬이 바구니 밖으로 가까스로 튕겨 나올 수 있는 속력인 임계 속력을 임계 진동수라고 가정해 봅시다. 임계 속력보다 큰 속력의 흰색 구슬로 바구니 안의 검은색 구슬을 맞히면 흰색 구슬의 운동 에너지가 커서 맞은 검은색 구슬은 바구니 밖으로 튀어 나올 수 있습니다. 그러나 임계 속력보다 작은 속력의 흰색 구슬로 맞히었을 때는 운동 에너지가 작아서 맞은 검은색 구슬은 바구니 높이를 뛰어 넘지 못하여 밖으로 튀어 나올 수 없게 되는 것입니다. 그리고 맞히는 흰색 구슬의 수가 많더라도 임계 속력보다 작은 속력이라면, 흰색 구슬에 맞은 검은색 구슬들은 바구니 높이를 뛰어 넘지 못하게 되겠지요.

<작성 방법>

- [교사의 설명 ㉠]에서 사용하고 있는 교수·학습 전략이 무엇인지 쓰고, 그에 대해 간단히 설명할 것. (단, 강의법은 제외)
- [교사의 설명 ㉡]과 [교사의 설명 ㉢]의 내용을 활용하여 이 교수·학습 전략의 장점과 한계점을 각각 1가지씩 설명할 것.
- 이 교수·학습 전략이 학습에 효과적으로 사용되기 위한 조건을 2가지 제시할 것.
- 글을 짜임새 있게 구성하여 논술할 것.

<수고하셨습니다.>