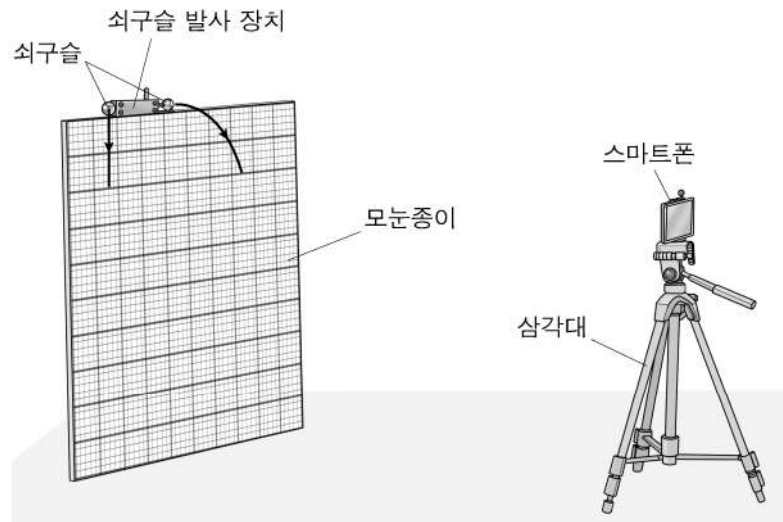




3. <자료 1>은 '통합과학' 과목의 '중력을 받는 물체의 운동'에 대한 실험 지도를 위해 예비 교사가 작성한 실험 계획이고, <자료 2>는 <자료 1>에 대해 예비 교사와 지도 교사가 나눈 대화이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

<자료 1>

- 실험 목표: 자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동을 비교하여 설명할 수 있다.
- 준비물: 쇠구슬 2개, 쇠구슬 발사 장치, 모눈종이(1m×1m), 삼각대, 스마트폰



- 실험 과정
  - 1) 쇠구슬 발사 장치와 모눈종이(1m×1m)를 테이블에 고정하고 두 쇠구슬을 발사 장치의 양쪽에 장착한다.
  - 2) 쇠구슬을 발사하고 모눈종이를 배경으로 두 쇠구슬의 운동 모습을 동영상으로 촬영한다.
  - 3) 동영상 파일을 재생한 후 0.1초마다 모눈종이에 나타난 두 쇠구슬의 위치를 측정하여 수직 방향과 수평 방향의 구간별 이동 거리를 구한다.

- 실험 결과
  - 1) 수직 방향 운동

시간(s)	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4
자유 낙하하는 쇠구슬의 구간별 수직 이동 거리(cm)				
수평으로 던진 쇠구슬의 구간별 수직 이동 거리(cm)				

... (하략) ...

<자료 2>

예비 교사: 두 쇠구슬이 동시에 운동을 시작할 때, 수평으로 던진 쇠구슬이 자유 낙하하는 쇠구슬보다 더 나중에 바닥으로 떨어진다는 생각을 많은 학생들이 가지고 있습니다. 그래서 수직 방향으로는 두 쇠구슬이 (㉠)은/는 것을 학생들이 확인하게 하고 싶습니다. ㉡그러기 위해서 실험할 때 쇠구슬 발사 장치가 수평을 이루도록 주의해야 합니다. 그런데 1m×1m 모눈종이를 구하기가 어렵습니다. 현재 확보하고 있는 40cm×40cm 모눈종이로 바꾸어 실험해도 괜찮을까요?

지도 교사: ㉢그렇다면 모눈종이를 이어 붙여서 1m×1m 이상의 모눈종이로 만드는 것이 좋습니다. 현재 0.1초마다 구간 이동 거리를 구하는데 ... (중략) ... 이 실험에서는 자료수집이나 자료해석 과정에 비해 (㉣) 과정에서 시간이 많이 소요됩니다. 이후에 '물리학 I' 또는 '물리학 II' 과목의 등가속도 운동 관련 실험들에서도 유사한 문제가 나타날 수 있습니다. MBL(Microcomputer-Based Laboratory)이나 스마트폰 내장 센서를 활용하면 (㉤) 과정에서 소요되는 시간을 줄이고 자료해석 등을 위한 시간을 더 확보할 수 있습니다.

<작성 방법>

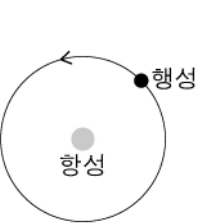
- 괄호 안의 ㉠에 들어갈 내용을 제시할 것.
- 밑줄 친 ㉡의 이유를 변인통제의 관점에서 서술할 것.
- 밑줄 친 ㉢의 과정이 필요한 이유를 서술할 것.
- 괄호 안의 ㉣에 들어갈 통합 탐구과정을 쓸 것.

4. <자료 1>은 ‘등속 원운동하는 물체에 작용하는 힘’에 대한 형성 평가 문항과 응답 결과의 일부이고, <자료 2>는 등속 원운동에 대한 오개념 중 일부를 나타낸 것이다. <자료 3>은 <자료 1>과 <자료 2>에 대해 교사들이 나눈 대화의 일부이다. 이에 대하여 <작성 방법>에 따라 서술하시오. [4점]

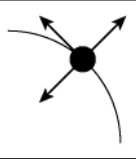
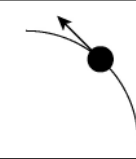
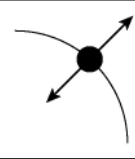
<자료 1>

**[평가 문항]**

그림은 우주 공간에서 행성이 항성을 중심으로 반시계 방향으로 등속 원운동하는 모습을 나타낸 것이다. 관성 좌표계에서 이 행성에 작용하는 모든 힘을 화살표로 나타내고 그 이유를 설명하시오.



**[응답 결과]**

A	B	C
		

<자료 2>

**[등속 원운동에 대한 오개념]**

- (  ㉠ )
- (  ㉡ )
- 등속 원운동은 속도가 일정한 운동이다.

<자료 3>

김 교사: ‘등속 원운동’ 단원 수업 후 ‘등속 원운동하는 물체에 작용하는 힘’에 대한 학생들의 개념을 분석해보니 (  ㉠ ), (  ㉡ )와/과 같은 2가지 오개념을 모두 가진 학생들은 평가 문항에 대해 A와 같이 응답했습니다.

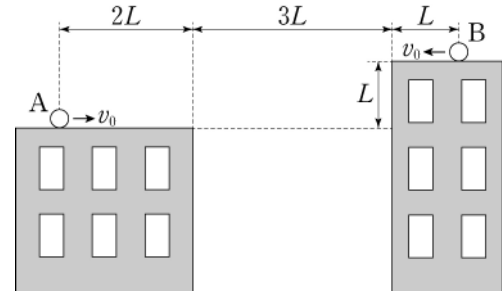
이 교사: 수업 후에도 개념변화가 잘 일어나지 않고 기존 개념을 고수하거나 수업 전과 다른 오개념을 갖게 되는 경우가 많은 것 같습니다.

김 교사: 네. 평가 문항에서 (  ㉢ )와/과 같이 응답한 학생들은 자신이 탔던 자동차가 커브 길을 돌 때 자신의 몸이 커브 길 바깥 쪽으로 밀리는 경험 때문에 원심력이 작용한다고 생각했는데, 수업 시간에는 구심력이 작용한다고 배워서 혼란스럽다고 응답 이유를 적었습니다.

<작성 방법>

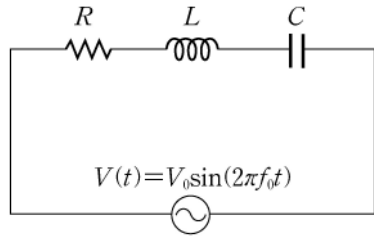
- 괄호 안의 ㉠과 ㉡에 해당되는 오개념을 각각 서술할 것.
- 괄호 안의 ㉢에 해당하는 학생 응답을 <자료 1>의 [응답 결과] A~C에서 2가지 찾고, 이렇게 응답한 학생들이 처한 상황을 파인즈와 웨스트(A. Pines & L. West)가 제안한 포도덩굴 모형의 4가지 상황 중 1가지 제시할 것.

5. 그림과 같이 물체 A와 B가 동일한 속력  $v_0$ 으로 동시에 출발하여 각각 수평면에서 등속도 운동을 한다. 이후 두 물체는 수평면을 떠나 포물선 운동을 하다가 충돌한다. A와 B의 출발점은 수평면의 끝으로부터 각각  $2L$ 과  $L$ 만큼 떨어져 있다. 두 수평면의 끝 사이의 수평거리는  $3L$ 이고, 높이차는  $L$ 이다.



A와 B가 출발해서 충돌할 때까지 A가 이동한 수평거리를 구하고, A가 출발한 후 B와 충돌할 때까지 걸린 시간  $\Delta t$ 를 풀이 과정과 함께  $L, g$ 로 구하시오. 또한 수평면에서의 속력  $v_0$ 을  $L, g$ 로 나타내시오. (단, 중력 가속도의 크기는  $g$ 이고, A와 B의 크기는 무시한다. A와 B는 동일 연직면에서 운동한다.) [4점]

6. 그림은 저항  $R$ 인 저항기, 인덕턴스  $L$ 인 인덕터, 전기 용량  $C$ 인 축전기, 전압  $V(t) = V_0 \sin(2\pi f_0 t)$ 인 교류 전원이 직렬로 연결된 회로를 나타낸 것이다.  $f_0$ 은 공명 진동수이다.



$f_0$ 을  $L, C$ 로 나타내고, 전원이 공급하는 전력  $P(t)$ 를 구하시오. 또한 축전기의 리액턴스가  $X_C = 5R$ 일 때, 인덕터에 걸린 전압  $V_L(t)$ 을 풀이 과정과 함께 구하시오. [4점]

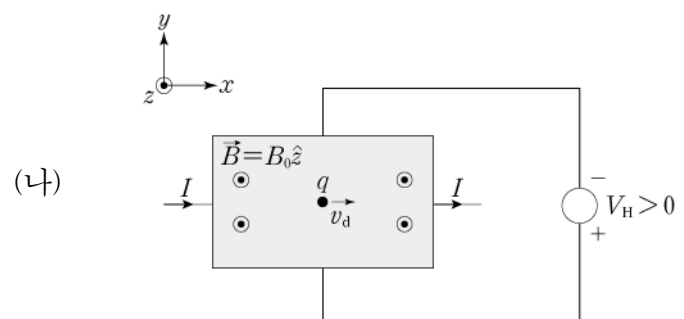
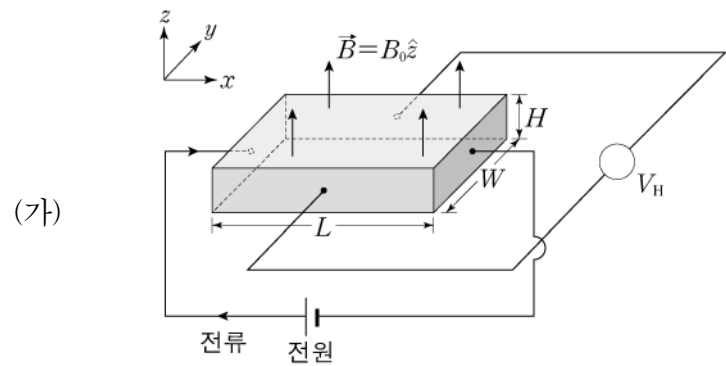
7. 수소 원자에서 어떤 상태에 있는 전자의 지름 파동 함수(radial wave function)는  $R(r) = A r e^{-\frac{r}{2a}}$ 이다. 이 전자를 핵으로부터 거리  $r$ 와  $r+dr$  사이의 구 껍질 영역에서 발견할 확률은  $P(r)dr$ 이다.

$P(r)$ 가 최대인  $r$  값과  $\frac{P(2a)}{P(3a)}$ 를 각각 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $A$ 와  $a$ 는 상수이다.) [4점]

8. 2차원 평면에서 질량  $m$ 인 입자가  $\vec{F} = -k\frac{1}{r^4}\hat{r}$ 인 중심력을 받아 운동하고 있다. 입자의 각운동량의 크기는  $L$ 이고,  $r = \infty$ 에서 퍼텐셜 에너지는 0이다.

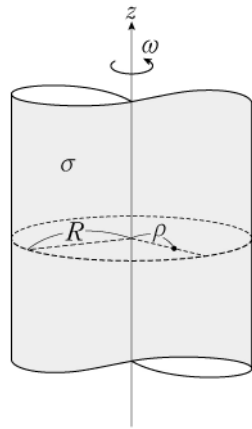
입자의 유효 퍼텐셜 에너지  $U_{\text{eff}}(r)$ 를 구하시오. 또한 입자가 원운동을 할 때, 회전 반지름  $r_0$ 을 풀이 과정과 함께 구하고, 운동 에너지를  $m, k, L$ 로 쓰시오. (단,  $k$ 는 양의 상수이다.) [4점]

9. 그림 (가)는 홀 효과(Hall effect)를 이용하여 반도체에서 다수 전하 운반자(majority charge carrier)의 종류와 단위 부피당 개수  $n$ 을 측정하기 위한 구조를 나타낸 것이다. 반도체는 길이  $L$ , 폭  $W$ , 높이  $H$ 인 직육면체 모양이다. 균일한 자기장  $\vec{B} = B_0\hat{z}$  내에서  $x$ 축 방향으로 전류가 흐르면 반도체 내의 전하 운반자가  $y$ 축 방향으로 이동하여 홀 전위차  $V_H$ 가 형성된다. 그림 (나)는  $V_H$ 가 형성된 후, 반도체 내에서 전하량이  $q$ 인 전하 운반자가 일정한 유동 속도  $v_d$ 로 움직이는 정상 상태를 나타낸 것이다. 이때 전류의 크기는  $I$ 이다.



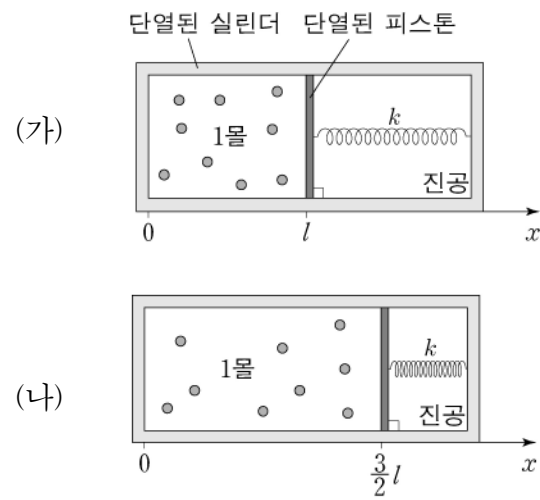
(나)에서  $V_H > 0$ 인 경우, 이 반도체의 다수 전하 운반자가 무엇인지 쓰고,  $v_d$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오. 또한  $n$ 을  $B_0, I, q, H, V_H$ 로 나타내시오. (단, 소수 전하 운반자에 의한 전류는 무시한다.) [4점]

10. 그림은 전하가 표면에만 균일하게 분포되어 있는 무한히 긴 원통이  $z$  축을 회전축으로 하여 회전하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 표면 전하 밀도는  $\sigma$ 이고, 원통의 반지름은  $R$ 이며, 원통의 중심축은  $z$  축과 일치한다. 원통의 각속력은  $\omega(t) = \beta t$  ( $\beta$ 는 상수)로 시간에 따라 변한다. 원통 내부의 투자율은  $\mu_0$ 이다.



$t = t_0$ 일 때, 원통 표면에 생성된 표면 전류 밀도(단위 길이당 전류)의 크기와 원통 내부( $\rho < R$ )에서 자기장의 크기를 각각 구하시오. 또한 원통 내부에서 유도 전기장의 크기를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단,  $\mu_0$ 은 진공의 투자율이고, 전자기파의 발생은 무시한다.) [4점]

11. 그림 (가)는 1몰의 단원자 이상 기체를 실린더에 넣어 용수철이 원래 길이에서  $l$ 만큼 줄어들어 피스톤이 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 실린더와 피스톤은 단열되어 있다. 그림 (나)는 (가)에서 기체에 열을 서서히 가했다니 용수철이  $\frac{l}{2}$ 만큼 더 줄어서 힘의 평형을 이루어 피스톤이 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 용수철 상수는  $k$ 이고, 용수철이 있는 부분은 진공이다.



용수철이 원래 길이에서  $x$  ( $l \leq x \leq \frac{3}{2}l$ )만큼 줄어들었을 때, 기체의 절대 온도  $T$ 를  $x$ ,  $k$ ,  $R$ 로 나타내시오. (가)의 상태에서 (나)의 상태에 도달하는 동안 기체에 공급한 열량  $Q$ 를 풀이 과정과 함께  $k$ 와  $l$ 로 구하시오. 또한 (가)의 상태와 (나)의 상태에서 기체의 엔트로피의 차  $\Delta S$ 를 구하시오. (단,  $R$ 는 기체 상수이고, 실린더와 피스톤의 마찰은 무시한다.) [4점]

<자 료>

○ 용수철이 원래 길이에서  $x$ 만큼 줄어들었을 때, 이상 기체의 압력은  $P = \frac{kx}{A}$ 이고, 이상 기체의 부피는  $V = Ax$ 이다.  $A$ 는 피스톤의 단면적이다.

<수고하셨습니다.>