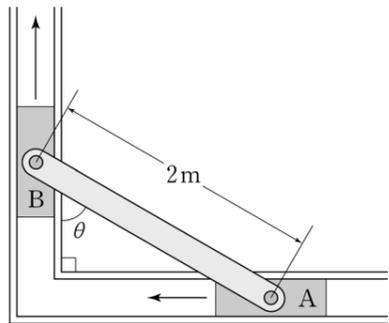


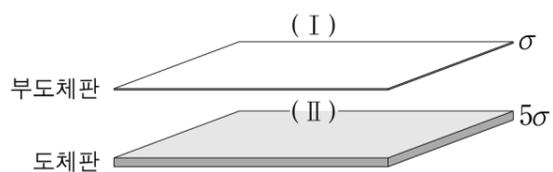


4. 그림은 막대 위의 두 점 A와 B가 고정된 홈을 따라 각각 수평과 수직으로 움직이는 것을 나타낸 것이다. A와 B 사이의 거리는 2m로 일정하고, A는 왼쪽으로 5m/s의 일정한 속력으로 움직인다.



변 AB와 수직 방향의 홈이  $\theta = 60^\circ$ 의 각도를 이루는 순간, B의 속력  $v_B$ 와 A에 대한 B의 각속도  $\omega$ 를 각각 구하시오. [2점]

5. 그림은 면전하밀도  $\sigma$ 인 얇은 부도체판과, 윗면과 아랫면의 면전하밀도의 합이  $5\sigma$ 인 도체판이 나란하게 마주 보고 있는 것을 나타낸 것이다. 두 판의 면적이 무한히 커서 도체판 각 면과 부도체판에 전하는 균일하게 분포되어 있고, 부도체판 위쪽 영역(I)의 전기장의 크기는  $E_0$ 이다.



도체판 윗면의 면전하밀도를 구하고, 부도체판과 도체판 사이 영역(II)의 전기장의 크기를  $E_0$ 으로 나타내시오. [2점]

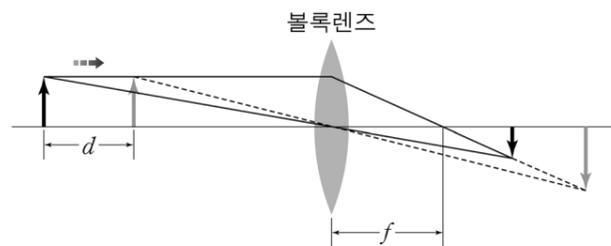
6. 질량이  $m$ 인 단위자 분자 이상기체의 속력  $v$ 에 대한 규격화된 맥스웰 분포함수는

$$D(v) = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

이다. 이 기체 분자의 평균 속력을 구하는 적분식을 쓰고, 그 값을 구하시오. (단, 필요하면  $\int_0^\infty x^{2n+1} e^{-ax^2} dx = \frac{n!}{2a^{n+1}}$ 을 활용하시오.)

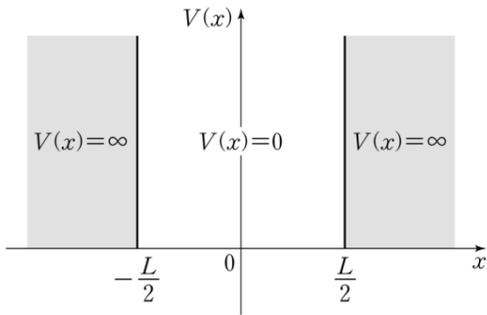
[2점]

7. 그림은 공기 중에 놓인, 초점거리가  $f$ 인 얇은 볼록렌즈 왼쪽에 세워진 선형 물체의 실상이 렌즈의 오른쪽에 맺힌 것을 나타낸 것이다. 이때 횡배율의 크기는  $m_1$ 이다. 횡배율의 크기는 상의 크기를 물체의 크기로 나눈 값이다. 이 물체를 렌즈 쪽으로 광축을 따라  $d$ 만큼 이동시켰더니 렌즈의 오른쪽에 횡배율의 크기가  $m_2$ 인 실상이 맺혔다.



이 렌즈의 초점거리  $f$ 를 구하시오. (단, 모든 광선은 근축광이고, 물체는 광축에 수직이다.) [2점]

8. 그림은 폭이  $L$ 인 1차원 퍼텐셜 상자를 나타낸 것이다. 질량  $m$ 인 입자가 이 상자 안에서 운동하고 있다.



이 입자의 규격화된 바닥상태 파동함수  $\psi(x)$ 를 쓰고, 이 상태에 대한 운동량의 불확정도  $\Delta p = \sqrt{\langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2}$ 을 구하시오. [2점]

9. 연산자  $A$ 는 다음과 같이 정의된다.

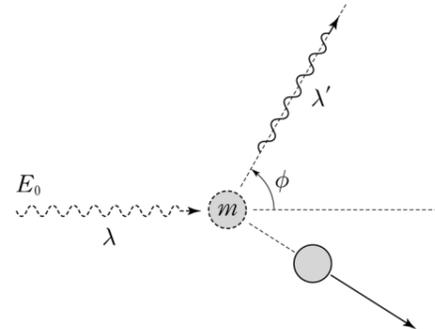
$$A\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi(x) + \psi^*(x)]$$

$A$ 에 대한  $A^2\psi(x)$ 의 고윳값 방정식

$$A(A^2\psi(x)) = \lambda(A^2\psi(x))$$

에서 고윳값  $\lambda$ 를 구하시오. (단,  $A\psi(x) \neq 0$ 이다.) [2점]

10. 그림은 정지질량이  $m$ 인 정지 상태의 전자에 의해 광자가 산란 되는 모습을 나타낸 것이다. 광자의 산란 전 에너지는  $E_0$ 이고, 전자의 정지질량 에너지는  $40E_0$ 이다. 산란 전후 광자의 파장 변화량은  $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$ 이다.



$\phi = 60^\circ$ 일 때, 충돌 직후 광자의 에너지를  $E_0$ 으로 나타내시오.

[2점]

**서술형 [1~4]**

1. <자료 1>은 '접촉면의 거칠기와 물체의 운동을 방해하는 힘의 관계'를 알아보기 위해 학생이 실험을 계획하고 수행한 결과를 기록한 실험 보고서이다. <자료 2>는 2009 개정 교육과정에 따른 과학과 교육과정에서 제시한 탐구 과정 요소의 일부와, 이 학생의 실험 보고서를 평가하고 피드백하기 위하여 교사가 작성한 [평가 점검표]이다.

—<자료 1>—

**1) 실험 목표**

접촉면의 거칠기와 물체의 운동을 방해하는 힘의 관계를 알아본다.

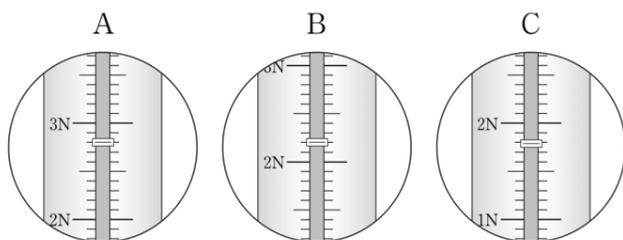
**2) 실험 절차**

- ① 크기와 모양이 같고, 거칠기와 재질이 다른 물체 A, B, C를 준비한다.
- ② A, B, C의 접촉면의 거칠기를 비교하여 기록한다.
- ③ 용수철저울의 영점 조정을 한다.
- ④ A를 용수철저울에 연결하여 실험대 바닥 위에 놓고 용수철저울을 천천히 당겨 A가 움직이기 시작할 때 용수철저울의 눈금을 읽는다.
- ⑤ B와 C도 ③과 ④의 실험 절차에 따라 같은 실험대 바닥 위에서 각각 실험한다.
- ⑥ 실험 결과를 이용하여 결론을 내린다.

**3) 실험 결과**

○ **결과 1. 접촉면의 거칠기 비교**  
A > B > C 순으로 거칠다.

○ **결과 2. 물체의 운동을 방해하는 힘**



<용수철저울의 눈금을 나타내는 사진>

물체	A	B	C
물체의 운동을 방해하는 힘(N)	2.8	2.2	1.8

**4) 결론**

- ① 접촉면이 거칠수록 운동을 방해하는 힘의 크기가 크다.
- ② 물체가 무거울수록 운동을 방해하는 힘의 크기가 크다.

—<자료 2>—

**[탐구 과정 요소]**

- 기초 탐구 과정: 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리
- 통합 탐구 과정: 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 결론 도출

**[평가 점검표]**

평가 요소	평가 관점
측정	용수철저울의 눈금을 바르게 읽고 기록하였는가?
㉠	㉡
결론 도출	실험 내용을 바탕으로 물체의 운동을 방해하는 힘의 속성에 대해 타당하게 결론을 내렸는가?

<자료 2>의 [탐구 과정 요소]를 이용하여 <자료 1>에서 학생이 수행한 내용 중 제대로 하지 못한 통합 탐구 과정을 찾아 [평가 점검표]의 ㉠, ㉡을 순서대로 쓰시오. 그리고 완성된 [평가 점검표]를 근거로 교사가 학생에게 피드백해야 할 내용을 평가 요소별로 실험 내용과 관련지어 각각 서술하시오. [5점]

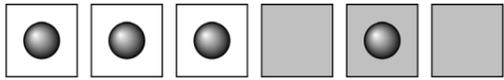
2. <보기>는 열과 온도에 대해 교사와 영희가 나눈 대화의 일부이다.

—<보 기>—

영희: 선생님, 물질마다 고유한 온도가 있다고 생각해요. 예를 들면, 철과 솜은 온도가 다르잖아요.  
 교사: 물질의 속성에 따라 온도가 결정된다고 생각하는구나. 왜 그렇게 생각하니?  
 영희: 철을 만져 보면 차고, 솜을 만지면 따뜻한 느낌이 들어요.  
 교사: 그러면, 온도계를 이용하여 철과 솜의 온도를 측정해 볼까? (철과 솜의 온도를 각각 측정한다.)  
 영희: 어, 이상하네요. 온도계를 이용하여 철과 솜의 온도를 측정해 보니 철과 솜의 온도가 같아요. 왜 그렇죠?  
 교사: 두 물체가 접촉해 있으면 온도가 같아질 때까지 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 열이 이동하는 거지. 같은 장소에 오래 둔 철과 솜은 각각 주위의 공기와 온도가 같게 되어 열평형 상태가 되지. 따라서 철과 솜의 온도는 같아.  
 영희: 아하! 공기와 철, 공기와 솜 사이의 열 이동에 의해 열평형 상태가 되어 철과 솜의 온도가 같아지는 거군요. 그런데, 손으로 만졌을 때 왜 철이 더 차게 느껴지죠?  
 교사: (            ㉠            )

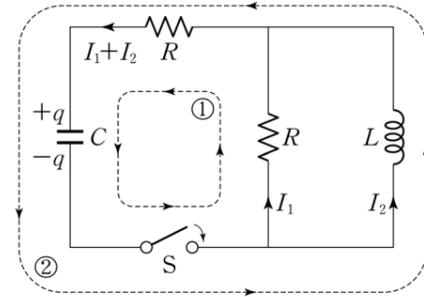
인지갈등 모형에 따르면 영희에게 두 유형의 인지갈등이 일어나고 있다. 두 유형의 인지갈등에 대해 <보기>의 대화를 근거로 각각 설명하시오. 그리고 괄호 안의 ㉠에서 교사가 설명해야 할 핵심 과학 개념 하나를 쓰시오. [5점]

3. 그림과 같이 흰 상자 3개와 검은 상자 3개가 있고 상자에 들어갈 수 있는 입자가 4개 있다. 각 상자에는 입자가 하나씩만 들어갈 수 있고, 모든 입자는 반드시 상자에 들어가야 한다. 입자가 흰 상자에 들어가면  $J$ 의 에너지를 갖고, 검은 상자에 들어가면  $2J$ 의 에너지를 갖는다. 각 상자는 구별되지만, 입자는 구별되지 않는다.



계가 가질 수 있는 에너지값을 모두 쓰고, 에너지값 각각에 대해 미시 상태의 겹침수(축퇴도)를 쓰시오. 또한 계의 엔트로피가 가장 클 때의 에너지값을 쓰고, 그 값에서 엔트로피가 가장 큰 이유를 설명하시오. [5점]

4. 그림은 축전기, 저항, 인덕터가 연결된 회로를 나타낸 것이다. 스위치 S를 닫기 전 모든 도선에 흐르는 전류는 0이고, 시간  $t=0$  일 때 S를 닫았더니 축전기 전하  $q$ 가 시간에 따라 변하였다.



$I_1$ ,  $I_2$ ,  $q$  사이의 관계식을 쓰고, 루프(loop) ①과 루프 ② 각각에 대해 키르히호프의 전압 법칙을 쓰시오. 이로부터 축전기 전하  $q$ 에 대한 2차 미분방정식을 유도하여 제시하시오. (단, 회로에 있는  $L$  이외의 자체유도 효과는 무시한다.) [5점]

<수고하셨습니다.>