

2012학년도 중등교사신규임용후보자선정경쟁시험

물 리

1차 시험	2 교시 (전공)	40 문항 80 점	시험 시간 120 분
-------	-----------	------------	-------------

- 문제지 전체 면수가 맞는지 확인하십시오.
- 문항의 배점이 1.5점과 2.5점인 문항에는 배점이 표시되어 있습니다. 나머지 문항은 2점입니다.
- 각 문항의 정답을 컴퓨터용 흑색 사인펜을 사용하여 답안지에 표시하십시오.

1. 다음은 수성 궤도의 근일점 이동과 관련된 과학사 사례이다.

(가) 뉴턴의 중력 이론으로 계산하였을 때, 태양 주위를 공전하는 수성 궤도의 근일점은 고정된 것이 아니라 다른 천체들의 영향에 의해서 움직이게 된다. (중략) 그러나 수성 궤도의 근일점이 이동하는 정도가 뉴턴의 이론과는 다르다는 것이 관측되었다. 뉴턴의 이론을 옹호하기 위해 몇 가지 시도가 있었다. 그 중 하나로 차이를 보정하는 ‘별컨(Vulcan)’이라는 다른 행성을 가정하였으나, 그런 행성은 발견되지 않았다. 수성 궤도의 문제는 한동안 미해결된 문제로 남게 되었다.

(나) 아인슈타인은 일반상대성 이론을 통해서 질량을 가진 물체가 중력에 끌리듯이 빛이 태양과 같은 질량이 큰 물체의 중력에 의해서 끌려야 한다고 주장했다. 에딩턴은 아인슈타인의 상대성 이론에 따라 태양 근처에서 빛이 편향된다는 것을 증명하고자 했다. 에딩턴은 낮과 밤에 태양 근처의 별들이 어떻게 보이는지를 비교하려고 했고, 실제로 개기 일식이 일어나는 동안 실시한 관측을 통해서 아인슈타인의 이론을 확증할 수 있었다. 이러한 아인슈타인의 이론은 뉴턴의 중력 법칙으로 설명할 수 없었던 수성 궤도의 문제를 정량적이고 자연스러운 설명으로 해결할 수 있었다. 또한 아인슈타인의 이론은 많은 부가적인 것들을 예측할 수 있었다.

이에 대한 과학 철학적 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [2.5점]

—<보 기>—

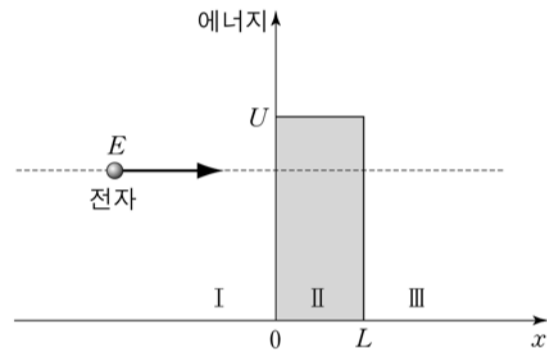
- ㄱ. (가)는 과학 이론이 변칙 사례에 의해 즉각적으로 폐기되는 것은 아니라는 것을 보여준다.
- ㄴ. 쿤(T. Kuhn)의 관점에 의하면, (가)에서 행성 ‘별컨(Vulcan)’은 패러다임을 위협하는 변칙 사례가 나타났을 때 정상과학 안에서 해결해 나가기 위해서 도입된 것이다.
- ㄷ. 라카토스(I. Lakatos)의 이론에 의하면, (나)에서 아인슈타인의 이론은 전진적(progressive) 연구 프로그램의 사례에 해당된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2. 다음은 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 수업에 대한 것이다.

[학습 과제]

에너지가 $E (< U)$ 인 전자가 영역 I에서 퍼텐셜 에너지가 U 인 장벽이 있는 x 방향으로 운동할 때, 영역 III에서 전자를 발견할 수 있을까?



[수업 과정]

1. 학습 과제에서 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 예상하게 하였다.
2. 학생들은 컴퓨터 시뮬레이션에서 E 가 U 보다 작아도 영역 III에서 전자가 발견될 확률이 있다는 것을 관찰하였다.
3. 관찰 결과를 예상과 관련지어 학생들이 설명하였다.

[학생들의 학습 과제에 대한 예상과 설명]

	예상	결과 설명
학생 A	전자는 매우 작기 때문에 퍼텐셜 장벽을 통과하여 영역 III에 모두 도달할 것이다.	전자의 크기가 모두 다르기 때문에 전자들의 일부가 발견되었다.
학생 B	전자는 입자이고, E 가 U 보다 작으므로 영역 III에 도달할 수 없을 것이다.	전자가 입자라는 것은 확실하다. E 가 U 보다 작을 때, 영역 III에서 발견된 것은 예외적인 현상이다.

이 수업에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

- ㄱ. 이 수업의 진행 순서는 POE 수업 모형의 단계와 순서가 일치한다.
- ㄴ. 학생 A는 보조 가설을 제시하여 자신의 주장을 정당화하였다.
- ㄷ. 학생 B가 올바른 개념을 갖게 하기 위해서 총알이 벽을 뚫고 통과하는 자료를 제시하는 것은 타당하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

3. 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 「과학」에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [1.5점]

—<보 기>—

ㄱ. '목표'에는 우주와 생명, 그리고 현대 문명과 사회를 이해하는 데 필요한 과학 개념을 통합적으로 이해하는 것이 포함되어 있다.

ㄴ. '내용 체계'에서는 물리 및 화학 분야와 지구 과학 및 생명 과학 분야로 나누어, 제1부 '우주와 생명'에서는 지구 과학 및 생명 과학 분야를 다루고, 제2부 '과학과 문명'에서는 물리 및 화학 분야를 다루도록 하였다.

ㄷ. '학습 지도 계획'에는 과학적 소양 함양을 위해 특정 내용이나 개념의 도입이 필요하다면 학생들의 선수 학습이 다소 부족하더라도 흥미를 느끼면서 이해할 수 있도록 이야기 형식 등으로 제시하는 것이 포함되어 있다.

ㄹ. '평가의 주안점'으로 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가하는 것이 포함되어 있다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

4. 다음은 전자기 유도에 관한 [탐구 문제]와 [학생들의 가설]이다.

[탐구 문제]

가. 솔레노이드에 전류가 흐르면 자기장이 생기며, 그 크기가 전류의 세기에 비례하는 것을 관찰하시오.

나. 솔레노이드에 자석을 넣고 뺄 때 전류가 유도되는 현상을 관찰하고, 발생한 유도 전류의 세기에 대한 가설을 세우고 그 이유를 설명하시오.

[학생들의 가설]

	가설	이유
학생 A	자석의 속력이 클수록 솔레노이드에 유도되는 전류의 세기가 커질 것이다.	솔레노이드에서 자석이 움직일 때만 전류가 흘렀다는 점에서 자석의 속력이 전류와 관련이 있을 것이다.
학생 B	자석의 세기가 셀수록 솔레노이드에 유도되는 전류의 세기가 커질 것이다.	솔레노이드에서 발생하는 자기장의 크기는 전류의 세기에 비례하였다. 자석을 넣고 뺄 때 솔레노이드에 유도되는 전류의 세기가 자기장의 크기와 관련이 있을 것이다.

학생들의 가설에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

ㄱ. 학생 A의 가설은 조작 변인과 종속 변인의 관계로 서술되어 있지 않다.

ㄴ. 학생 B는 가설을 세우는 과정에서 귀추적 추론을 사용하였다.

ㄷ. 학생 A의 가설과 학생 B의 가설은 서로 모순되므로 모두 참이 될 수는 없다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

5. 다음은 2009 개정 과학과 교육과정이 적용된 과목의 수업을 준비하는 고등학교 교사 2명의 대화 내용이다.

교사 A: ㉠ 과목 집중 이수 취지에 따라 우리 학교에서는 2012학년도 1학기 때는 「물리 I」을 개설하고, 2학기 때는 「물리 II」를 개설해요.

교사 B: 「물리 I」의 내용을 보니까, 고등학교 「과학」의 내용과 중복되는 것이 여러 부분에서 발견되더라고요. ㉡ 고등학교 「과학」에 있는 에너지때 이론과 반도체의 내용이 「물리 I」에 또 나와요.

교사 A: 내용의 수준은 좀 다르지만, 초전도체 내용도 또 나오죠. ㉢ 「물리 I」에서는 마이스너 효과를 이용한 실험까지 제시하고 있어요.

교사 B: 그런데 교육과정의 적용 시기가 달라서 학생들의 입학년도에 따라 중학교 과정에서 배운 내용에 차이가 생긴다는 것 아세요?

교사 A: 네. ㉣ 2012년에 고등학교에 입학하는 학생들은 중학교 때 전류의 자기 작용에 대해서 학습하지 않았기 때문에 고등학교 「과학」을 가르칠 때 좀 더 신경을 써야 하죠.

교사 B: 그리고 이번 2009 개정 과학과 교육과정의 「물리 I」, 「물리 II」의 특징 중 하나가 첨단 과학 기술에 대한 이해를 중요하게 다루는 것이라고 하네요.

교사 A: 그렇죠. ㉤ 「물리 II」에서 주사투과현미경(STM)을 도입한 것이 첨단 과학 기술을 소개한 전형적인 예라고 볼 수 있죠.

교사의 대화 내용 ㉠~㉤ 중에서 옳지 않은 것은? [1.5점]

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉣ ⑤ ㉤

6. 다음은 현직 교사와 실습 중인 예비 교사가 물리적 차원에 대한 오개념에 관해 나눈 대화이다.

예비 교사: 선생님, 오늘은 에너지 단원을 수업했습니다. 그런데 수업을 하다 보니, 학생들이 에너지 '효율' (efficiency)이 무차원(dimensionless)이라는 것을 모르고 있었습니다. 심지어 효율의 물리적 차원이 퍼센트(%)라고 생각하고 있는 학생도 있었습니다.

현직 교사: 네. 그렇습니다. 물리학에서 ㉠ '효율'이란 에너지 전환 효율을 의미하는 것으로서 입력된 에너지와 전환된 일 사이의 비율입니다. 따라서 효율은 무차원입니다.

예비 교사: 그렇군요. 그래서 물리 문제를 풀 때 물리량들의 차원을 따져보는 것은 정말 중요합니다.

현직 교사: 그것이 ㉡ 차원 분석(dimensional analysis)입니다. 그러나 차원 분석을 할 때 주의할 것이 있습니다. 예를 들어 (㉢)은 서로 다른 물리량이지만 같은 차원으로 표현되는 경우가 있습니다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

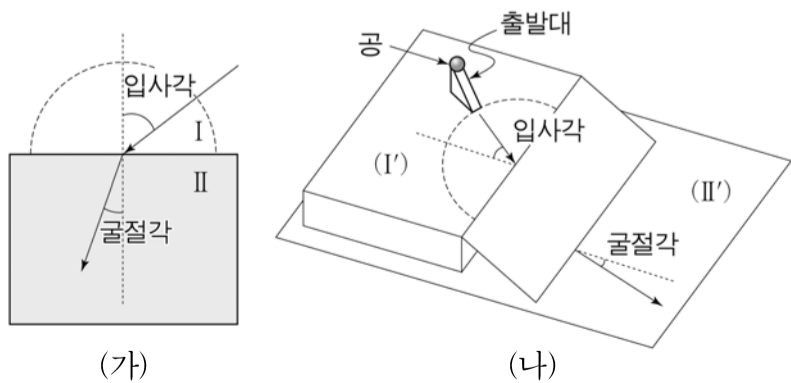
㉠. 이상적인 열기관의 경우, ㉠은 온도의 비로 표시될 수 있다.

㉡. 물리 문제에서 ㉡을 수행할 때는 단위들을 국제표준단위계(SI units)로 통일할 필요가 없다.

㉢. ㉢의 예로는 '돌림힘(torque)과 일'이 있다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

7. 그림 (가)와 같이 빛이 공기(I)에서 물(II)로 들어갈 때 굴절하는 현상을 설명하기 위해 그림 (나)와 같은 입자 모형을 사용하려고 한다. 이때 상대 굴절률은 $\frac{\sin(\text{입사각})}{\sin(\text{굴절각})}$ 이다.



모형 (나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

㉠. 빛이 공기에서 물로 들어갈 때 반사와 굴절이 동시에 일어난다는 사실을 설명할 수 없는 한계점을 갖는다.

㉡. 물속에서의 빛의 속력이 공기 중에서의 빛의 속력보다 작다는 것을 설명할 수 있다.

㉢. 상대 굴절률이 입사각과 관계없이 일정함을 보이기 위해서 입사각을 변화시키면서 실험을 할 때, 출발대에서 공을 출발시키는 높이를 같게 유지해야 한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

8. 다음은 발생 학습(generative learning) 모형을 적용한 '역학적 에너지의 전환과 보존' 수업 계획이다.

단계 (가): 물체가 운동할 때, 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 관계에 대한 학생들의 개념을 파악한다.

단계 (나): 학생들에게 간이 롤러코스터를 만들어 공을 굴러 떨어뜨리면서 구간별로 높이와 속력을 측정하는 실험을 제시한다. 이때 학생들에게 퍼텐셜 에너지가 변함에 따라 운동 에너지의 크기가 어떻게 되는지 질문한다.

단계 (다): 학생들에게 자신의 생각을 발표하게 하고, 실험 결과를 바탕으로 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 전환과 역학적 에너지 보존을 서로 논의하도록 유도한다. 이때 ㉠ 학생들이 역학적 에너지 보존에 대해 자신이 무엇을 알고 무엇을 모르는지 확인하고, 자신의 실험 과정과 결과를 검토하여 자신이 모르는 것을 알려면 어떻게 해야 하는지 생각하게 한다.

단계 (라): 학생들에게 놀이 기구 중 바이킹의 운동을 동영상으로 보여 주고, 바이킹의 운동을 역학적 에너지를 이용하여 설명해 보도록 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

㉠. (나)는 학습 동기 유발이나 사고를 자극할 수 있는 실제적이고 일상적인 현상이나 학습 활동을 제공하는 단계이다.

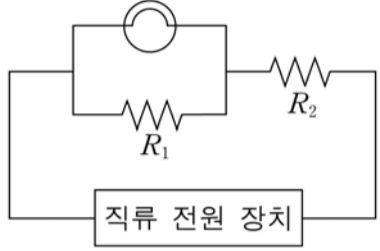
㉡. ㉠에서 초인지(metacognition) 사고 과정이 필요하다.

㉢. 오수벨(D. Ausubel)의 이론에 의하면, (라) 이후에 번지점프에서의 운동을 역학적 에너지를 이용하여 설명해 보게 하는 것은 상위적 학습에 해당된다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡
 ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

9. 다음은 중학교 교사가 작성한 [평가 문항]과 [학생의 응답 결과]이다.

[평가 문항] 다음과 같은 회로를 구성하였더니 불이 켜졌다.



(1) $R_2 = 0$ 일 때, 저항 R_1 의 크기를 크게 하면 전구의 밝기는 어떻게 될까?

- ㉠ 밝아진다 ㉡ 어두워진다 ㉢ 변화 없다

• 그렇게 생각한 이유는? _____

(2) $R_2 \neq 0$ 일 때, 저항 R_1 의 크기를 크게 하면 전구의 밝기는 어떻게 될까?

- ㉠ 밝아진다 ㉡ 어두워진다 ㉢ 변화 없다

• 그렇게 생각한 이유는? _____

[학생의 응답 결과]

문항	(1)	(2)
A	<ul style="list-style-type: none"> • 답: ㉠ • 이유: 저항 R_1 쪽에서 감소한 전류의 양만큼 전구 쪽으로 전류가 더 흘렀다. 	(생략)
B	<ul style="list-style-type: none"> • 답: ㉢ • 이유: (생략) 	<ul style="list-style-type: none"> • 답: ㉠ • 이유: (생략)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 이 문항의 내용은 2007년 개정 과학과 교육과정에서 9학년 '전기'에 해당된다.
- ㄴ. 학생 A에게 저항 R_1 에 흐르는 전류의 변화 자료를 제공하면 옳은 답을 찾을 수 있다.
- ㄷ. 학생 B에게 실제 실험 결과를 제시하는 것은 파인즈와 웨스트(A. Pines & L. West)의 포도 덩굴 모형의 네 가지 상황 중 '갈등 상황'이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10. 다음은 「물리 II」 수업에서 숨은열의 효과를 실험으로 확인하는 과정이다.

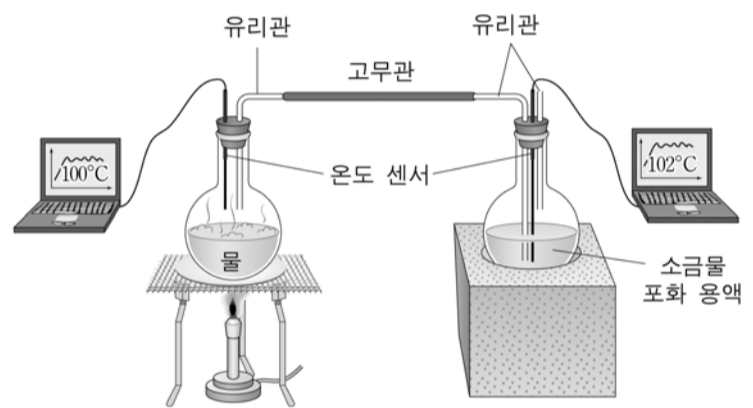
교사: ㉠ 지난 시간에는 물의 상태 변화와 숨은열에 대해 배웠습니다. 오늘은 이와 관련된 흥미로운 실험을 해 보겠습니다. 여러분은 100°C 의 수증기를 이용하여 소금물을 100°C 이상으로 가열하는 것이 가능하다고 생각하나요?

학생 A: ㉡ 열평형 이론에 의하면 접촉한 두 물체의 온도가 서로 같아져야 합니다. 따라서 100°C 의 물체가 다른 물체를 100°C 이상으로 올리는 것은 불가능합니다.

학생 B: 글썄요? 가능할 것도 같은데…….

교사: 그럼, 우리 한번 실험해 볼까요?

[실험 장치]



[실험 과정] (생략)

학생 A: 어? 소금물의 온도가 100°C 보다 높네.
 알았어! 이 현상은 ㉢ 수증기가 원래 100°C 였지만, 플라스크 안에서 계속 가열되었기 때문에 수증기 온도가 100°C 이상으로 올라가게 된 거야.

학생 B: 아니야, 나는 숨은열의 의미를 이해했어.

이 실험에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [2.5점]

<보 기>

- ㄱ. ㉠과 관련하여 이 실험에서 숨은열의 개념을 적용하기 위해서는 연역적 추론 과정이 필요하다.
- ㄴ. ㉡은 수증기가 상태 변화를 할 때, 숨은열이 소금물의 온도를 변화시킬 수 있다는 점을 고려하지 않은 것이다.
- ㄷ. 포퍼(K. Popper)의 관점에 의하면, 열평형 이론에 관한 학생 A의 주장 ㉡은 실험에 의해 반박되어 새로운 이론 ㉢으로 완전히 대체된 것이다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11. 다음은 관성 개념의 지도에 관한 교사 A와 B의 대화이다.

A: 뉴턴이 “모든 물체는 그 물체의 상태를 변화시키는 힘이 작용하지 않는 한, 정지한 상태나 일정하게 직선으로 움직이는 상태를 계속 유지한다.”라고 말했어요. 관성의 법칙이 이렇게 간단하긴 해도, 수업에서는 설명하기가 쉽지 않아요. 흔히 마찰을 제거한 갈릴레이의 ㉠ 사고 실험 (thought experiment)을 도입하기도 하지만, ㉡ 갈릴레이의 관성도 완전한 개념은 아니에요.

B: 맞아요. 마찰이 없는 우주 공간에서도 뉴턴적 의미의 관성을 관찰할 수 없어요. 왜냐하면 ㉢ 중력으로부터 자유로운 공간은 존재하지 않기 때문이에요. 따라서 하늘이나 땅에서도 완전한 관성은 결코 관찰될 수 없어요.

A: 간단한 법칙이지만, 생각할수록 간단한 법칙이 아니군요.

B: 그렇습니다. 역사적으로 보면 완전한 관성의 개념을 얻기 까지 천년 이상이 소요되었어요. 갈릴레이 시기까지만 해도 운동하는 물체에는 인간처럼 지쳐서 ‘스스로 정지하려는 속성’이 내재해 있기 때문에 자발적으로 정지하게 된다는 관점과 ‘운동을 지속하려는 의지’가 외부의 방해에 의해 정지한다는 관점이 경쟁하고 있었어요. 그런데 ㉣ 어린 시기의 아이들은 물체의 운동을 전자의 관점에서 생각하는 경향이 있어요. 반면 관성의 개념은 후자의 관점에서 유래되었지요.

A: 하지만 중학생이 되면 이미 관성의 법칙을 암기하고 있기 때문에 관성 개념을 어떻게 지도해야 할지 모르겠어요.

B: 학생들이 숙고하여 스스로 알게 된 것이 아니기 때문에 현상과 개념이 서로 연결되지 않는 경우가 많아요. 그래서 중학교 수준에서는 먼저 ㉤ 마찰이 작을수록 물체가 점점 더 멀리 갈 수 있다는 것을 관찰하게 한 다음, 마찰이 없을 때 어떻게 될 지를 생각하게 합니다. (이하 생략)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

ㄱ. ㉠은 순수하게 논리적으로 이루어지는 실험이기 때문에 형식적 조작기에 도달한 학생들에게 적용할 수 없다.

ㄴ. ㉡의 이유는 갈릴레이가 ㉢의 상황을 고려하지 않았기 때문이다.

ㄷ. ㉣로부터 자연에 대한 아동들의 개념 발달 과정과 과학 개념의 역사적 발달 과정이 서로 똑같다는 결론을 내리는 것이 타당하다.

ㄹ. ㉤의 활동에는 귀납적 추론과 외삽(extrapolation)이 필요하다.

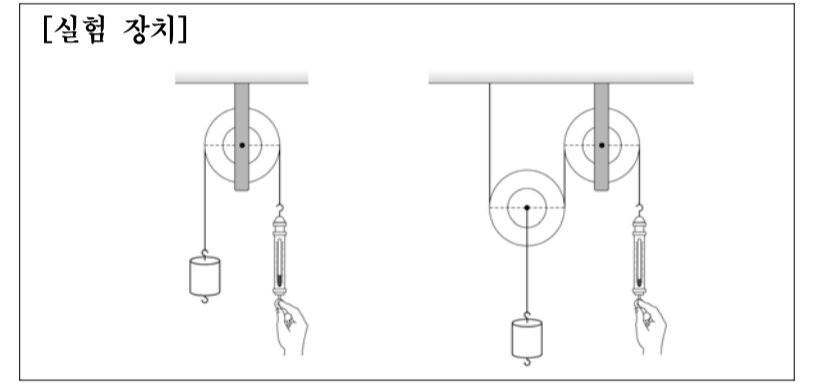
- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ
 ④ ㄷ, ㄹ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12. 다음은 탐구 활동 중 교사와 학생의 대화이다.

교사: 지레의 원리가 무엇인가요?
 학생: 물체에 작용하는 돌림힘이 평형일 때 힘에서 이득을 볼 수 있다는 원리예요.
 교사: 지레의 원리를 이용해 도르래를 설명하면 고정 도르래는 받침점에서 거리의 비가 1:1인 경우이고, 움직 도르래는 1:2인 경우에 해당하게 돼요. 주어진 준비물로 실험을 할 때 결과를 예상하고 확인해 봅시다.

○ 준비물
 1N 추 10개, 0.2N 움직 도르래 1개, 0.2N 고정 도르래 1개, 실 50cm, 용수철 저울 1개

학생: 지레의 원리에 따라 고정 도르래는 힘의 이득이 없고, 움직 도르래의 경우는 도르래에 걸린 무게의 1/2의 힘만 들어요. 고정 도르래 실험에서 용수철 저울에 걸린 힘은 추의 무게와 같고, 움직 도르래 실험에서는 추의 무게의 1/2과 같을 것으로 예상이 돼요.



— 실험 수행 후 —

학생: ㉠ 고정 도르래에서 용수철 저울에 걸린 힘의 크기는 예상과 일치해요. 따라서 고정 도르래는 힘의 이득이 없어요. ㉡ 움직 도르래에서 용수철 저울에 걸린 힘의 크기는 예상값과 0.1N의 차이가 생겼어요. 움직 도르래의 경우, 힘의 이득은 있지만 오차가 생긴 이유를 알아봐야겠어요.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

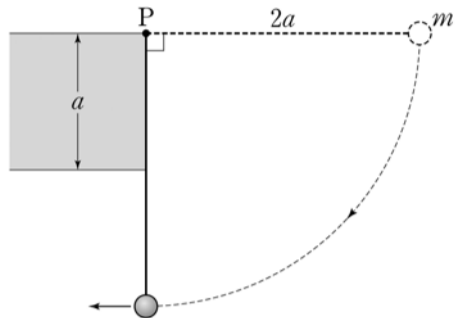
ㄱ. 이 수업에서 지레의 원리는 선행 조직자로 사용된 것이다.

ㄴ. 학생이 실험을 통해 ㉠을 알아내는 과정은 클로퍼(L. Klopfer)의 과학 교육 목표 분류 범주 중 ‘자료의 해석 및 일반화’에 해당한다.

ㄷ. 교사가 ㉡에 대해 “0점 조정을 한 용수철 저울로 다시 실험을 하면 예상값과 일치하는 결과를 얻을 수 있을 것이다.”라고 지도해야 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

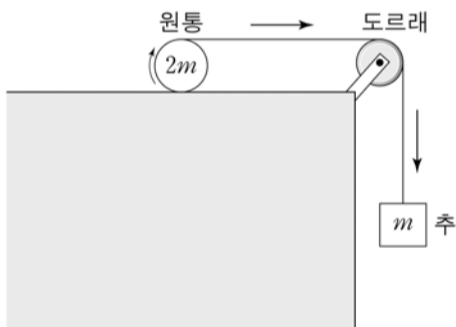
13. 그림은 점 P에 한쪽 끝이 고정된, 길이 $2a$ 인 실의 다른 쪽 끝에 질량 m 인 물체가 매달려 연직면상에서 운동하는 것을 나타낸 것이다. 물체는 P와 같은 높이에서 가만히 놓아졌다. 실이 P로부터 길이 a 인 연직 모서리에 걸리기 직전의 장력 크기는 T_1 이고, 걸린 직후의 장력 크기는 T_2 이다.



장력 크기의 차($T_2 - T_1$)는? (단, 중력가속도는 g 이고, 물체의 크기와 실의 질량 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① 0 ② mg ③ $2mg$
 ④ $3mg$ ⑤ $4mg$

14. 그림은 수평인 탁자에 놓인, 속이 차고 밀도가 균일한 원통이 가느다란 실로 도르래를 통해 추와 연결되어 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 원통과 추의 질량은 각각 $2m$, m 이다. 추가 연직 아래로 운동하는 동안 원통에 감긴 실이 수평면과 평행하게 풀리면서 원통은 수평면을 따라 오른쪽으로 미끄러짐 없이 구른다. 두 물체가 운동하는 동안 실의 장력의 크기는 $T = \frac{3}{7}mg$ 이다.

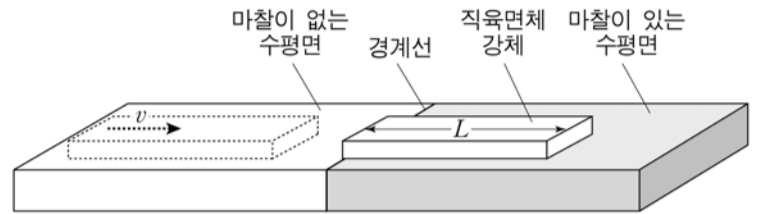


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량 및 도르래와 실 사이의 마찰은 무시한다. 실과 원통 중심축은 수직이며, 중력가속도는 g 이다.) [2.5점]

- <보 기>
- ㄱ. 추의 이동 거리는 원통 질량중심의 이동 거리의 2배이다.
 ㄴ. 수평면이 원통에 작용하는 마찰력의 방향은 오른쪽이다.
 ㄷ. 원통 질량중심의 가속도의 크기는 $\frac{2}{7}g$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

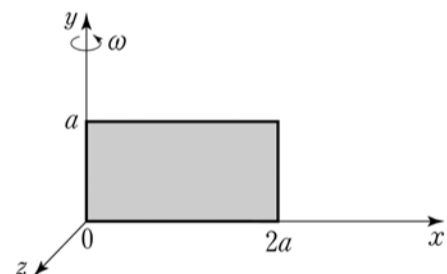
15. 그림은 길이가 L 이고 밀도가 균일한 직육면체 강체가 마찰이 없는 수평면에서 일정한 속력 v 로 오른쪽으로 미끄러지다가, 마찰이 있는 수평면에서 정지한 것을 나타낸 것이다. 마찰이 있는 수평면과 강체 사이의 운동마찰계수는 μ_k 이다. 강체의 왼쪽 모서리는 두 수평면의 경계선과 일치하였다.



μ_k 는? (단, 중력가속도는 g 이고, 공기 저항은 무시하며, 두 수평면의 높이는 같고, 강체는 직선운동을 한다.)

- ① $\frac{v^2}{gL}$ ② $\frac{v^2}{2gL}$ ③ $\frac{v^2}{3gL}$
 ④ $\frac{v^2}{4gL}$ ⑤ $\frac{v^2}{5gL}$

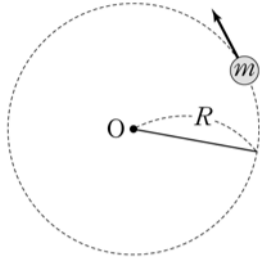
16. 그림은 질량이 m , 각 변의 길이가 a 와 $2a$ 이고 밀도가 균일한 직사각형 강체 판이 y 축에 대해 일정한 각속도 $\vec{\omega} = \omega \hat{y}$ 로 회전하는 것을 나타낸 것이다. 회전하는 동안 길이가 a 인 변은 y 축 상에, $2a$ 인 변은 xz 평면상에 있다.



그림과 같이 강체 판이 xy 평면(1사분면)에 있는 순간, 원점에 대한 강체 판의 각운동량 \vec{L} 은? (단, 강체 판의 두께는 무시한다.)

- ① $ma^2\omega\left(-\frac{1}{2}\hat{x} + \frac{4}{3}\hat{y}\right)$ ② $ma^2\omega\left(-\frac{1}{3}\hat{x} + \frac{4}{3}\hat{y}\right)$
 ③ $\frac{4}{3}ma^2\omega\hat{y}$ ④ $ma^2\omega\left(\frac{1}{3}\hat{x} + \frac{4}{3}\hat{y}\right)$
 ⑤ $ma^2\omega\left(\frac{1}{2}\hat{x} + \frac{4}{3}\hat{y}\right)$

17. 그림은 질량 m 인 입자가 원점 O 로부터 거리 r 에 따른 중심 퍼텐셜 에너지(central potential energy) $V(r) = kr^3$ ($k > 0$)에 의한 중심력을 받고 반지름 R 인 원궤도를 따라 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다.

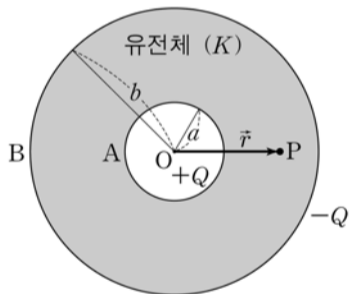


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [2.5점]

- <보 기>
- ㄱ. 입자에 작용하는 중심력의 크기는 $3kR^2$ 이다.
 - ㄴ. 입자의 회전주기는 $2\pi\sqrt{\frac{m}{kR}}$ 이다.
 - ㄷ. 입자의 유효 퍼텐셜 에너지(effective potential energy)는 $\frac{3}{2}kR^3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

18. 그림은 반지름이 각각 a, b 인 도체 구 껍질 A, B 사이에 유전상수 K 인 유전체가 채워져 있는 것을 나타낸 것이며, 점 O 는 두 구 껍질의 중심점이다. A, B는 각각 전하량 $+Q, -Q$ 로 대전되어 있고, 점 P는 O 로부터 위치 벡터 \vec{r} ($a < r < b$)인 지점이다.

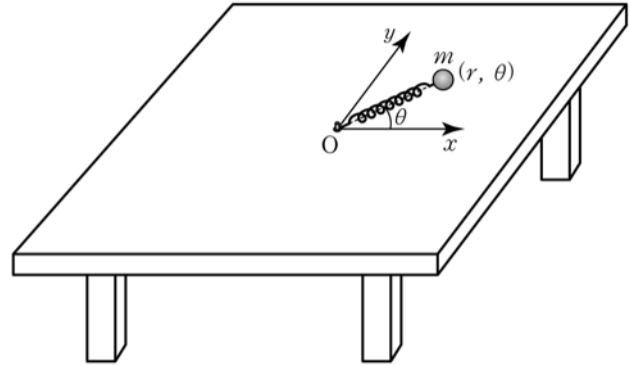


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 유전체는 균일하고 등방적이며 선형적이다. 유전체의 유전율은 $\epsilon = K\epsilon_0$ 이고, ϵ_0 은 진공의 유전율이다.) [2.5점]

- <보 기>
- ㄱ. P점에서의 편극(polarization)은 $\frac{(K-1)Q}{4\pi K r^3} \vec{r}$ 이다.
 - ㄴ. A와 B 사이의 전기장에 저장된 에너지는 $\frac{Q^2}{8\pi K \epsilon_0} \left(\frac{b-a}{ab}\right)$ 이다.
 - ㄷ. 반지름 r 인 구면 내의 총 전하량은 $(K-1)Q$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19. 그림은 xy 수평면에서 질량이 m 인 질점이 용수철의 한쪽 끝에 연결되어 원점 O 를 중심으로 회전운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. 용수철 상수는 k 이며, (r, θ) 는 질점 위치의 극좌표이다.

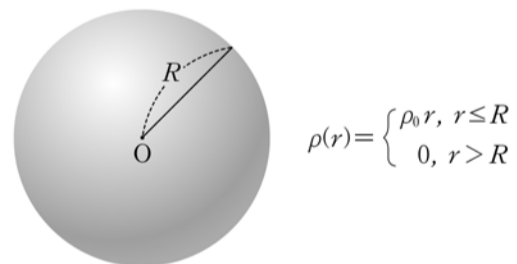


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량과 모든 마찰은 무시하고, 질점을 매달지 않았을 때 용수철의 길이는 a 이다. xy 수평면에서 질점의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.) [1.5점]

- <보 기>
- ㄱ. 라그랑지안 $L = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{1}{2}mr^2\dot{\theta}^2 - \frac{1}{2}k(r-a)^2$ 이다.
 - ㄴ. θ 에 대한 일반화 운동량은 시간에 따라 변하지 않는다.
 - ㄷ. r 에 대한 운동 방정식은 $m\ddot{r} = -k(r-a) + \frac{l^2}{mr^3}$ 이다. (l 은 θ 에 대한 일반화 운동량이다.)

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

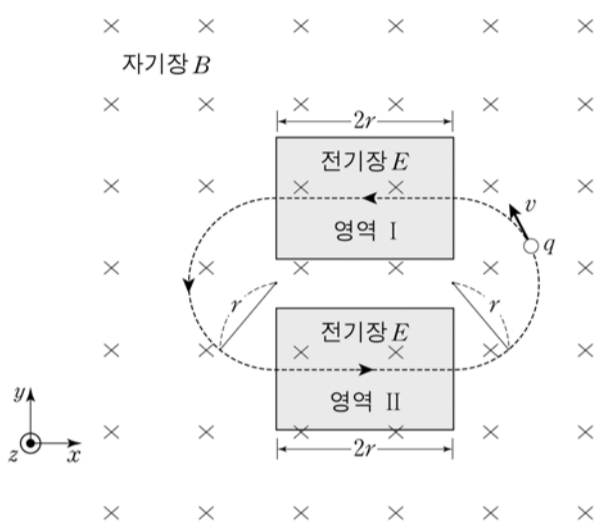
20. 그림은 총 전하량 Q 로 대전된 반지름이 R 인 구를 나타낸 것이다. 구의 중심 O 로부터의 거리 r 에 따른 전하밀도 $\rho(r)$ 는 $r \leq R$ 일 때 $\rho(r) = \rho_0 r$ 이고, $r > R$ 일 때 $\rho(r) = 0$ 이다. ρ_0 은 양의 상수이다.



구의 내부에서 거리 r 에 따른 전위 $V(r)$ 는? (단, $V(\infty) = 0$ 이다. $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ 이고, ϵ_0 은 진공의 유전율이다.) [1.5점]

- ① $\frac{kQ}{3R^4}(4R^3 - r^3)$ ② $\frac{kQ}{2R^4}(3R^3 - r^3)$
- ③ $\frac{kQ}{R^4}(2R^3 - r^3)$ ④ $\frac{kQ}{3R^3}(4R^2 - r^2)$
- ⑤ $\frac{kQ}{2R^3}(3R^2 - r^2)$

21. 그림과 같이 질량 m , 전하량 q 인 양(+)전하가 xy 평면상에서 점선 궤도를 따라 일정한 속력 v 로 운동하고 있다. 크기가 B 로 균일한 자기장은 전 공간에 존재하며 방향은 $-z$ 방향이다. 영역 I 과 II에서는 크기가 E 로 균일한 전기장도 존재하여 전하는 x 축과 평행하게 움직이며, I 과 II 밖에서는 반원 궤도를 따라 움직인다. 두 반원 궤도의 반지름은 r 로 서로 같고, 두 직선 궤도 길이는 $2r$ 로 서로 같다.



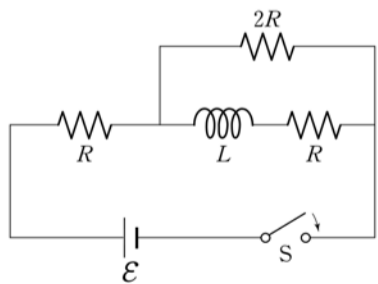
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [1.5점]

<보 기>

ㄱ. 영역 I에서 전기장의 방향은 $+y$ 방향이다.
 ㄴ. $v = \frac{E}{B}$ 이다.
 ㄷ. 전하가 점선 궤도를 따라 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간은 $\frac{2m}{qB}(\pi+2)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

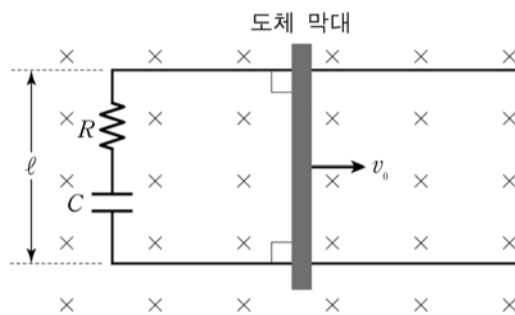
22. 그림은 기전력 \mathcal{E} 인 직류전원, 인덕턴스 L 인 인덕터, 저항값이 각각 $R, R, 2R$ 인 세 개의 저항으로 구성된 회로를 나타낸 것이다. 시간 $t=0$ 에 스위치 S를 닫고 난 직후 직류전원이 공급하는 전력은 P_0 이고, S를 닫고 나서 $t=\infty$ 에서 직류전원이 공급하는 전력은 P_∞ 이다.



$\frac{P_\infty}{P_0}$ 는? (단, 스위치를 닫기 전 회로에 흐르는 전류는 0이고, 인덕터에 의한 자체유도 이외의 자체유도 효과는 무시한다.)

- ① 1 ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{3}{2}$ ④ $\frac{9}{5}$ ⑤ 2

23. 그림은 수평면상에 놓인 폭이 ℓ 인 \square 자 모양의 도선 위에서 저항이 없는 도체 막대가 외력에 의하여 일정한 속력 v_0 으로 폐회로를 이루며 오른쪽으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. \square 자 모양 도선에는 저항값이 R 인 저항과 전기용량이 C 인 축전기가 연결되어 있으며, 크기가 B 인 균일한 자기장이 수평면에 수직인 방향으로 들어가고 있다. 막대가 등속운동을 시작하는 순간 ($t=0$)에 축전기에 충전된 전하량은 0이다.



$t \geq 0$ 일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자체유도 효과와 모든 마찰은 무시한다.)

<보 기>

ㄱ. 도체 막대에 작용하는 자기력의 크기는 일정하다.
 ㄴ. $t = \infty$ 일 때, 축전기에 저장되는 전기에너지는 $\frac{1}{2}CB^2\ell^2v_0^2$ 이다.
 ㄷ. $t=0$ 부터 $t=\infty$ 까지 외력이 도체 막대에 해준 일은 $2CB^2\ell^2v_0^2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

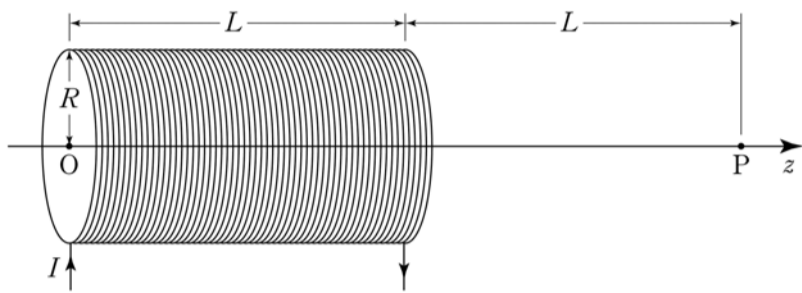
24. 고체의 비열 C 에 대한 데바이(Debye) 모형과 자유전자 페르미(Fermi) 기체 모형의 결과를 종합하면, 온도 T 가 데바이 온도 Θ_D 와 페르미 온도 T_F 보다 매우 낮은 경우 금속 고체의 비열은 $C = \gamma T + AT^3$ 으로 표현된다. 여기서 γ 와 A 는 양의 상수로 물질의 고유 값이다. 이 비열식에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자유전자 페르미 기체는 페르미-디랙(Fermi-Dirac) 분포를 따른다.) [2.5점]

<보 기>

ㄱ. C 의 두 번째 항(AT^3)은 격자 진동에 기인한다.
 ㄴ. 페르미 에너지가 커지면 γ 도 커진다.
 ㄷ. $\gamma = 6.5 \times 10^{-4} \text{ J/mol}\cdot\text{K}^2$ 이고 $A = 1.7 \times 10^{-4} \text{ J/mol}\cdot\text{K}^4$ 인 경우, 온도 범위 $0\text{K} < T \leq 1\text{K}$ 에서는 전자에 의한 비열이 격자 진동에 의한 비열보다 C 에 더 크게 기여한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25. 그림은 길이 L , 반지름 R 인 원형 솔레노이드에 일정한 전류 I 가 흐르는 것을 나타낸 것이다. 솔레노이드는 가는 코일로 균일하게 감겨 있으며, 단위 길이 당 코일의 감은 횟수는 n 이다. 원점 O 는 솔레노이드의 왼쪽 끝의 중심축상에 있고, 점 P 는 O 로부터 오른쪽으로 $z=2L$ 인 중심축상의 지점이다.

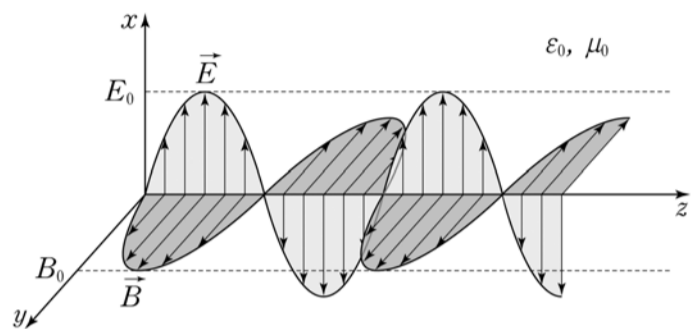


P 에서 자기장의 크기는? (단, xy 평면에 놓인 반지름 R 인 원형 고리에 전류 I 가 흐를 때, 고리의 중심축인 z 축을 따라 고리의 중심에서 거리 z_0 인 점에서 자기장의 크기는 $\frac{\mu_0 I R^2}{2(z_0^2 + R^2)^{3/2}}$ 이다.

μ_0 은 진공의 투자율이며, $\int \frac{dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{x}{R^2 \sqrt{x^2 + R^2}}$ 이다.)

- ① $\mu_0 n I L \left(\frac{1}{\sqrt{4L^2 + R^2}} - \frac{1}{2\sqrt{L^2 + 4R^2}} \right)$
- ② $\mu_0 n I L \left(\frac{1}{\sqrt{4L^2 + R^2}} - \frac{1}{2\sqrt{L^2 + R^2}} \right)$
- ③ $\mu_0 n I L \left(\frac{2}{\sqrt{4L^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{L^2 + 4R^2}} \right)$
- ④ $\mu_0 n I L \left(\frac{2}{\sqrt{4L^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{L^2 + R^2}} \right)$
- ⑤ $\mu_0 n I L \left(\frac{1}{\sqrt{L^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{L^2 + 4R^2}} \right)$

26. 그림은 유전율 ϵ_0 과 투자율 μ_0 인 진공 속에서 z 방향으로 진행하는 전자기파를 나타낸 것이다. 전기장 \vec{E} 의 진폭은 E_0 이고 자기장 \vec{B} 의 진폭은 B_0 이다. 이 전자기파는 단색평면파이며, 파동 벡터(wave vector)는 \vec{k} 이다. 포인팅 벡터는 $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$ 이며, 전자기파의 세기 I 는 \vec{S} 의 크기의 시간평균이다.

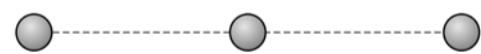


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [1.5점]

- <보 기>
- ㄱ. $\vec{k} \times \vec{S} = 0$ 이다.
- ㄴ. $\frac{E_0}{B_0} = \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$ 이다.
- ㄷ. $I = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_0^2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

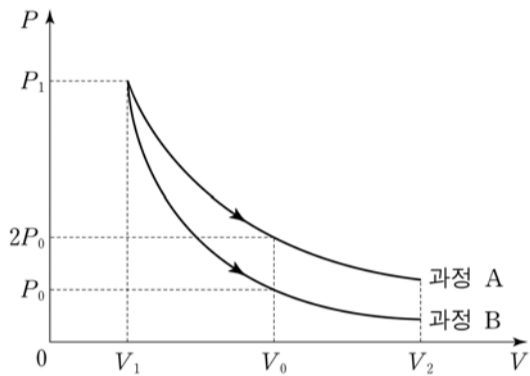
27. 그림은 스핀이 $\frac{1}{2}$ 인 세 입자가 일차원상에 배열되어 있는 계를 나타낸 것이다. 가장 가까이 이웃한 두 입자들끼리만 상호작용을 하며, 상호작용 에너지는 그 둘의 스핀이 같은 방향일 때 U 이고 반대 방향일 때 $-U$ 이다.



온도 T 에서 이 계의 분배함수는? (단, $\beta = \frac{1}{k_B T}$ 이고 k_B 는 볼츠만 상수이며, 스핀에 의한 상호작용 에너지만 고려한다.)

- ① $2[3 + \cosh(2\beta U)]$
- ② $2[1 + 3 \cosh(2\beta U)]$
- ③ $5 + 3 \cosh(2\beta U)$
- ④ $4[1 + \cosh(2\beta U)]$
- ⑤ $8 \cosh(2\beta U)$

28. 그림은 비열비가 $\frac{c_P}{c_V} = \gamma$ 인 같은 종류의 단원자 이상기체가 각각 1몰(mol)씩 들어 있는 두 실린더에 대해, 부피 V 에 따른 압력 P 를 나타낸 것이다. 기체의 부피가 V_1 일 때 압력은 P_1 로 서로 같고, 각 실린더의 기체는 과정 A 혹은 과정 B를 통해 V_1 에서 V_2 로 증가한다. A와 B 중 하나는 단열과정이고 다른 하나는 등온과정이다. A, B에서 부피가 V_0 일 때, 압력은 각각 $2P_0, P_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

ㄱ. A는 등온과정이다.
 ㄴ. B에서 기체의 내부에너지는 감소한다.
 ㄷ. V_0 에서 접선의 기울기의 크기는 B가 A의 $\frac{\gamma}{2}$ 배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

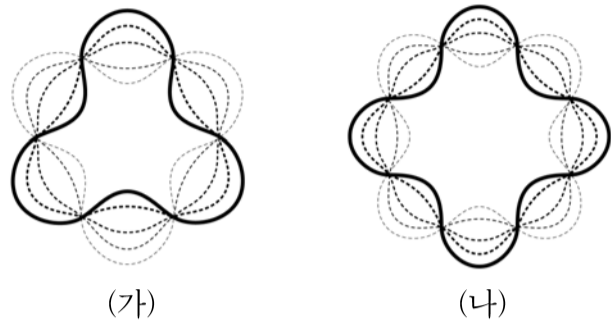
29. 세 연산자 A, B, C 가 있다. $A = CB$ 이고 함수 ψ_n 은 고유값 방정식 $A\psi_n = n\psi_n$ ($n = 1, 2, \dots$)을 만족한다. B 와 C 는 교환자 관계식 $[B, C] = 1$ 을 만족한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [1.5점]

<보기>

ㄱ. $[B, A] = B$ 이다.
 ㄴ. $B\psi_n$ 은 A 의 고유함수이다.
 ㄷ. $AB\psi_1 = 0$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

30. 그림 (가)와 (나)는 보어의 수소원자 모형에서 반지름이 각각 a_A 와 a_B 인 보어 궤도에서 원자핵을 중심으로 등속 원운동하는 전자의 드브로이 파가 정상파를 형성하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [2.5점]

<보기>

ㄱ. $\frac{a_A}{a_B} = \frac{3}{4}$ 이다.
 ㄴ. (가)와 (나)에서 수소원자의 총 에너지가 각각 E_A, E_B 일 때, $\frac{E_A}{E_B} = \frac{16}{9}$ 이다.
 ㄷ. (가)와 (나)에서 전자의 원운동에 의한 자기 쌍극자 모멘트의 크기가 각각 m_A, m_B 일 때, $\frac{m_A}{m_B} = \frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

31. 폭이 L 인 1차원 무한 퍼텐셜 우물

$$V(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq L \\ \infty, & x < 0, x > L \end{cases}$$

에서 운동하는 질량 m 인 입자의 초기 파동함수는 다음과 같다.

$$\psi(x) = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{L}}, & \frac{L}{4} \leq x \leq \frac{L}{2} \\ 0, & x < \frac{L}{4}, x > \frac{L}{2} \end{cases}$$

이 입자의 에너지가 $\frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$ 으로 측정될 확률을 구하는 식으로 옳은 것은? (단, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 이고, h 는 플랑크 상수이다.)

- ① $\left| \frac{\sqrt{2}}{L} \int_{L/4}^{L/2} \sin\left(\frac{\pi x}{2L}\right) dx \right|^2$ ② $\left| \frac{2\sqrt{2}}{L} \int_{L/4}^{L/2} \sin\left(\frac{\pi x}{2L}\right) dx \right|^2$
 ③ $\left| \frac{\sqrt{2}}{L} \int_{L/4}^{L/2} \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) dx \right|^2$ ④ $\left| \frac{2\sqrt{2}}{L} \int_{L/4}^{L/2} \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) dx \right|^2$
 ⑤ $\left| \frac{2\sqrt{2}}{L} \int_{L/4}^{L/2} \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) dx \right|^2$

32. 질량 m 인 입자가 2차원 퍼텐셜

$$V(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{2}m\omega^2(x^2 + y^2), & x > 0 \\ \infty, & x \leq 0 \end{cases}$$

안에서 운동하며 ω 는 양의 상수이다. 이 입자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 이고, h 는 플랑크 상수이다.) [2.5점]

<보 기>

ㄱ. 바닥상태의 에너지는 $2\hbar\omega$ 이다.
 ㄴ. 첫 번째 들뜬상태의 에너지 고유함수는 $\psi(x, -y) = -\psi(x, y)$ 를 만족한다.
 ㄷ. 고유 에너지 $4\hbar\omega$ 의 축퇴도(degeneracy)는 3이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

33. 수소원자 해밀토니안 H 의 규격화된 고유함수와 고유값은 각각 ψ_{nlm} 과 E_n 이다. ψ_{nlm} 은 또한 L^2 과 L_z 의 고유함수이며, \vec{L} 은 궤도 각운동량 연산자이고, n, l, m 은 각각 주양자수, 궤도 양자수, 자기 양자수이다. 수소원자의 초기 파동함수는

$$\Psi = \sqrt{\frac{1}{3}}\psi_{200} + \sqrt{\frac{2}{3}}\psi_{211}$$

이다. 이 수소원자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 이고, h 는 플랑크 상수이다.)

<보 기>

ㄱ. H 의 기댓값은 E_2 이다.
 ㄴ. L^2 이 $2\hbar^2$ 으로 측정될 확률은 $\sqrt{\frac{2}{3}}$ 이다.
 ㄷ. Ψ 는 L_z 의 고유함수이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

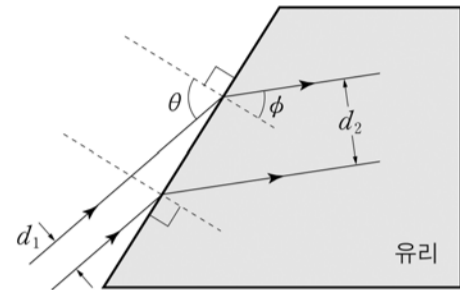
34. 어떤 원자 내의 두 전자 중 한 전자는 $|l_1 m_1\rangle = |1 1\rangle$ 상태에 있고, 다른 전자는 $|l_2 m_2\rangle = |2 1\rangle$ 상태에 있다. 자기 양자수도 함께 고려하여, 두 전자의 궤도 각운동량의 합 $\vec{L} (= \vec{L}_1 + \vec{L}_2)$ 이 가질 수 있는 각운동량의 크기($|\vec{L}|$)로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, l 은 궤도 양자수이고, m 은 자기 양자수이다. $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 이고, h 는 플랑크 상수이다.)

<보 기>

ㄱ. $\sqrt{2}\hbar$ ㄴ. $\sqrt{6}\hbar$ ㄷ. $\sqrt{12}\hbar$

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

35. 그림은 간격이 d_1 인 평행한 두 광선이 공기(굴절률 1)에서 유리(굴절률 n)로 입사각 θ 로 입사하여 굴절각 ϕ 로 굴절한 후, 간격이 d_2 인 평행광선이 된 것을 나타낸 것이다.



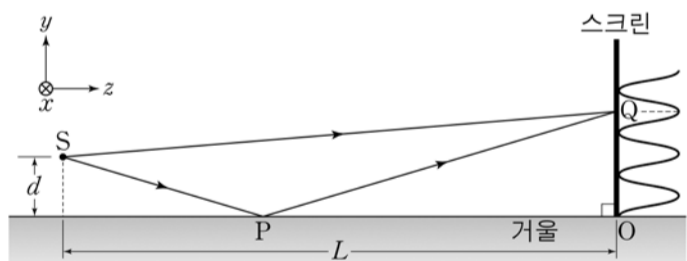
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 두 광선은 동일 입사면에 있고 단색광이다.) [2.5점]

<보 기>

ㄱ. $\sin\theta = n \sin\phi$ 이다.
 ㄴ. $\frac{d_2}{d_1} = \frac{\cos\phi}{\cos\theta}$ 이다.
 ㄷ. θ 가 브루스터(Brewster) 각이면, $\frac{d_2}{d_1} = n$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

36. 그림은 xz 평면에 놓인 거울로부터 거리 d 만큼 떨어진 점광원 S에서 나온 파장 λ 인 빛이, S로부터 거리 L 만큼 떨어진 스크린 상에 형성한 간섭무늬에 대한 빛의 세기 분포를 나타낸 것이다. S에서 나온 빛이 공기(굴절률 1) 중에서 S→Q 경로와 S→P→Q 경로를 각각 지나서 스크린 상에 3번째 밝은 간섭무늬를 형성하였다. 점 P는 거울면에 있고, 점 Q는 3번째 밝은 간섭무늬의 가장 밝은 지점이다. S, P, Q는 yz 평면상의 점들이다. 점 O는 yz 평면에서 거울과 스크린이 만나는 지점이다.



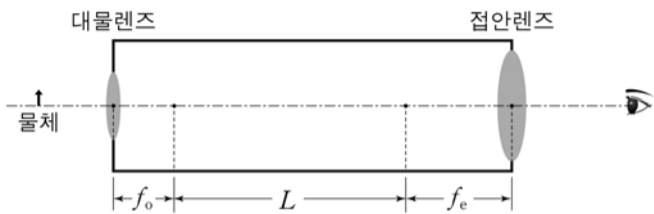
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $L \gg d \gg \lambda$ 이고, 스크린은 xy 평면에 평행하다.)

<보 기>

ㄱ. 두 경로 S→Q와 S→P→Q의 경로차는 3λ 이다.
 ㄴ. 다른 조건은 그대로 두고, d 만 증가시키면 Q는 O에서 멀어진다.
 ㄷ. 다른 조건은 그대로 두고, λ 만 증가시키면 Q는 O에서 멀어진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

37. 그림은 경통 길이가 L 인 복합현미경으로 물체를 볼 때, 현미경에 의해 확대된 허상을 눈으로 보는 것을 나타낸 것이다. 대물렌즈와 접안렌즈의 초점거리는 각각 f_o 와 f_e 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $L > f_o$, $L > f_e$ 이고, 두 렌즈는 모두 볼록렌즈이다.)

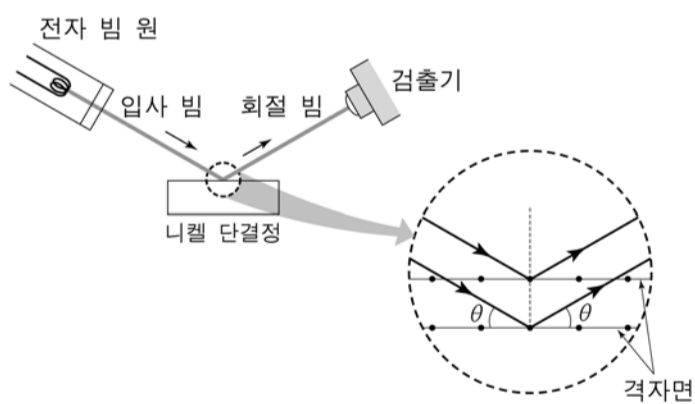
[1.5점]

<보 기>

ㄱ. 대물렌즈로부터 물체까지의 거리는 f_o 보다 길다.
 ㄴ. 대물렌즈에 의한 물체의 상으로부터 접안렌즈까지의 거리는 f_e 보다 길다.
 ㄷ. 현미경에 의해 확대된 물체의 허상은 정립상이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

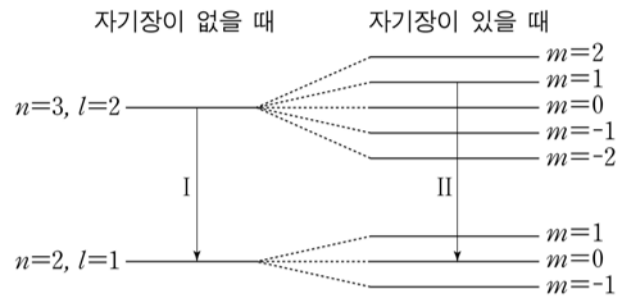
38. 그림은 니켈 단결정에 전자 빔을 조사(irradiation)하여 회절된 빔을 측정하는 것을 나타낸 것이다. 전자의 운동에너지가 49eV 일 때, 회절각 $\theta = 30^\circ$ 에서 회절 피크(peak)가 관측되었다. 전자 빔 원을 중성자 빔 원으로 교체하고 중성자 검출기를 사용하여 이전과 동일한 시편을 같은 배치로 놓고 실험을 반복하였더니 회절각 $\theta = 45^\circ$ 에서 회절 피크가 관측되었다. 격자면과 입사 빔 사이의 각과 격자면과 회절 빔 사이의 각(회절각)은 θ 로 서로 같다.



중성자의 운동에너지에 가장 가까운 것은? (단, 1차 보강 간섭만을 고려하고 중성자의 질량은 전자 질량의 2,000배로 가정한다. 실험 중 전자와 중성자의 에너지는 변하지 않는다.) [1.5점]

- ① 0.00081eV ② 0.012eV ③ 0.57eV
 ④ 25eV ⑤ 49eV

39. 그림은 원자의 상태 (n, l) 이 $(2, 1)$ 인 경우와 $(3, 2)$ 인 경우에, 외부 자기장이 없을 때의 에너지 준위와 외부 자기장이 있을 때의 에너지 준위들을 모식적으로 나타낸 것이다. I은 자기장이 없을 때의 전이이고, II는 자기장이 있을 때 선택규칙에 의해 허용되는 전이 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, n, l, m 은 각각 전자의 주양자수, 궤도 양자수, 자기 양자수이고, 전자의 스핀은 고려하지 않는다. 선택규칙은 전기 쌍극자에 의한 것만 고려한다.)

<보 기>

ㄱ. 전자의 궤도운동으로 생기는 자기 모멘트와 외부 자기장과의 상호작용으로 $l \neq 0$ 인 에너지 준위들이 분리된다.
 ㄴ. $(l, m) = (2, 0)$ 에서 $(l, m) = (1, 0)$ 으로의 전이는 선택규칙에 의해 허용되지 않는다.
 ㄷ. 전이 I에 해당되는 한 개의 스펙트럼선이 외부 자기장에 의해 3개의 스펙트럼선으로 분리되어 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

40. 정지질량 에너지가 각각 E_0 과 $3E_0$ 인 두 자유입자 A와 B가 있다. A와 B의 총 에너지는 각각 $2E_0$ 과 $4E_0$ 이다. B의 물리량이 A의 물리량보다 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 로렌츠 인자 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ 이며, v 와 c 는 각각 입자와 빛의 속력이다.)

<보 기>

ㄱ. 운동 에너지 ㄴ. 운동량 ㄷ. 로렌츠 인자

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 수 고 하 셴 습 니 다 -