



Physics

빛과 물질의 이중성

**Logic will get you from A to B
Imagination will take you everywhere**

Albert Einstein (1879-1955)

광전 효과

금속에 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 전자(광전자)가 방출되는 현상을 광전 효과라고 한다.

문턱(한계) 진동수

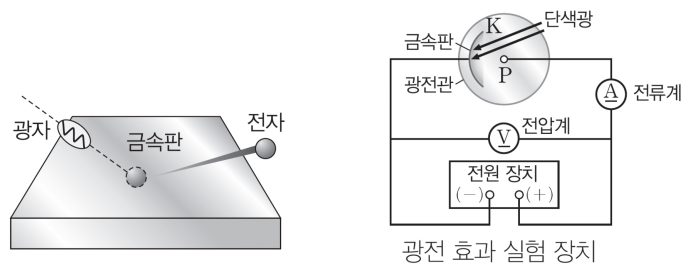
금속에서 전자가 방출되기 위한 최소한의 빛의 진동수로, 금속의 종류에 따라 다르다.

광전류

광전관의 (-)극 K에 문턱 진동수 이상의 빛을 비출때, 광전자가 방출되어 (+)극 P로 모임으로 광전류가 흐른다.

광전 효과의 이용

도난 경보기, 화재 경보기, 디지털 카메라, 자동문 등



일함수(W)

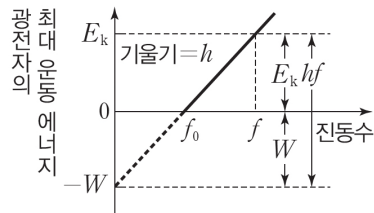
금속에서 전자를 떼어내는 데 필요한 최소한의 에너지를 일함수라고 한다.

$$W = hf_0 \quad (h \text{ 플랑크 상수, } f_0 \text{ 문턱 진동수})$$

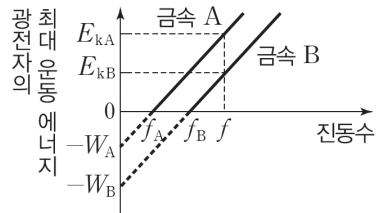
광전자의 최대 운동 에너지(E_k): 금속판에 비춘 광자 1개의 에너지에서 일함수를 뺀 값이다.

$$E_k = hf - W \quad (f \text{ 빛의 진동수})$$

금속판에서 광전자가 방출될 때, 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판에 비춘 빛의 진동수가 클수록, 금속의 일함수(또는 문턱 진동수)가 작을수록 크다.

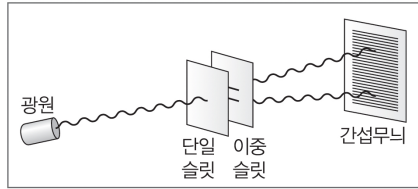


동일한 금속판에 빛을 비출 때,
빛의 진동수가 클수록
광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

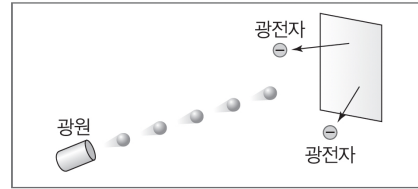


진동수가 같은 빛을 비출 때,
금속판의 일함수가 작을수록
광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

빛의 이중성

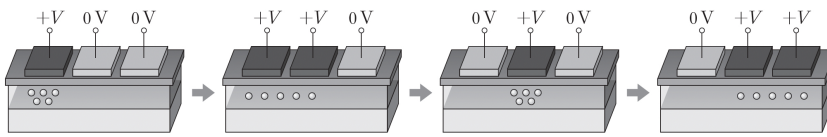


빛의 파동성



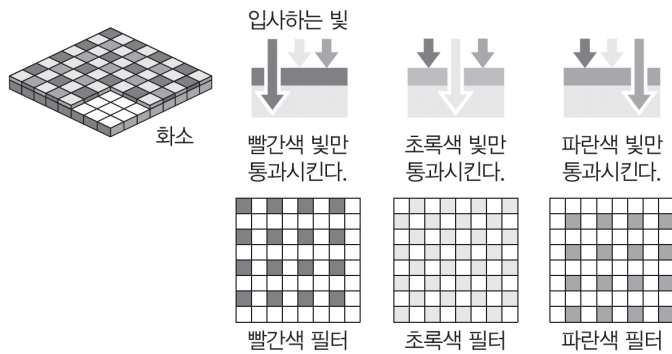
빛의 입자성

전하 결합 소자 (Charge - Coupled Device, CCD)



- ① 광전 효과에 의해 첫 번째 전극 아래에 전자가 쌓인다.
- ② 두 번째 전극에 걸린 전압에 의해 전자는 고르게 분포하게 된다.
- ③ 첫 번째 전극의 전압을 제거하면 전자는 두 번째 전극에 모인다.
- ④ 세 번째 전극에 걸린 전압에 의해 전자는 고르게 분포하게 된다.

컬러 영상을 얻는 원리

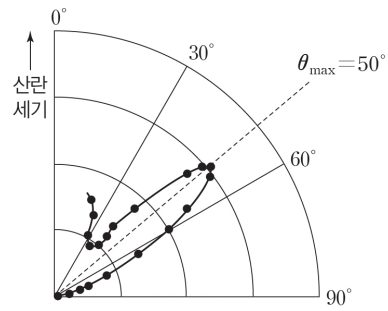
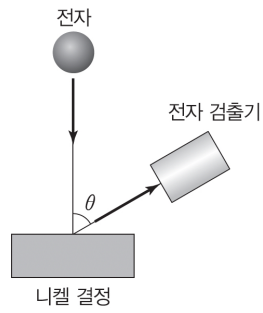


물질파

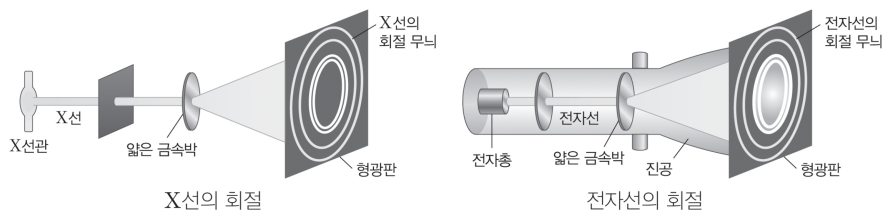
물질파 파장(드브로이 파장)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (h \text{ 플랑크 상수})$$

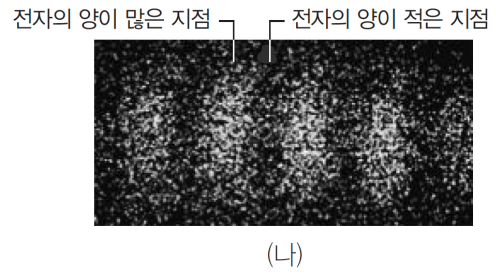
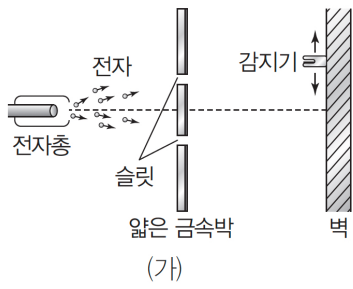
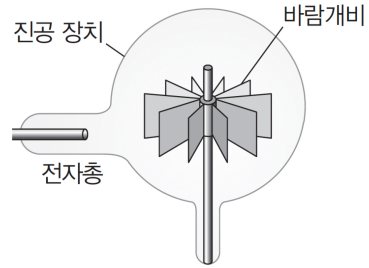
데이비슨-거머 실험



툼슨 실험



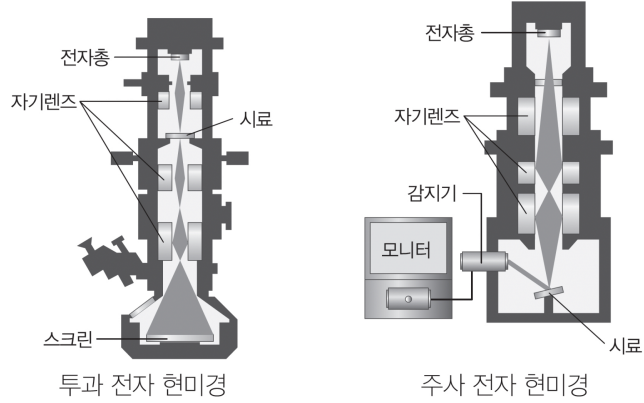
물질의 이중성



전자 현미경

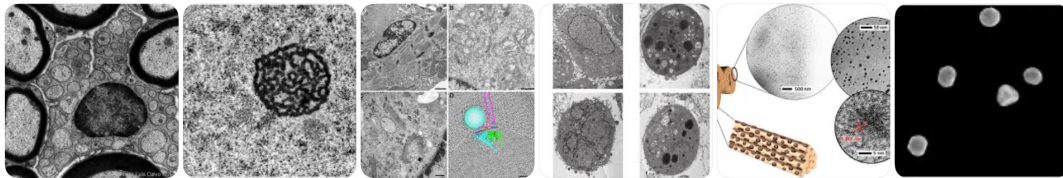
광학 현미경에서 최대 배율은 약 2000배

전자의 물질파 파장이 1nm 이하인 전자 현미경의 최대 배율은 수백만 배

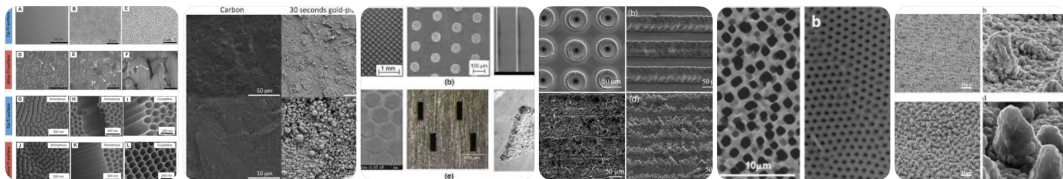


구분	투과 전자 현미경 (TEM)	주사 전자 현미경 (SEM)
원리	전자가 매우 얇은 시료를 통과하며 내부 구조에 따라 산란 정도가 달라짐	전자선을 시료 표면에 주사하며 방출되는 전자를 감지해 영상 재구성
영상 형성	통과한 전자를 필름이나 형광면에 투사하여 평면 영상 생성	표면에서 방출된 전자 신호를 감지기로 수집해 3차원적 표면 영상 생성
시료 조건	매우 얇아야 함. 두꺼우면 전자의 속도 감소 → 분해능 저하	전기 전도성이 좋아야 함. 비도전성 시료는 금·백금 등으로 코팅 필요
관찰 대상	내부 구조 (세포 내부, 결정 구조 등)	표면 구조 (입자 형태, 요철, 질감 등)
배율 및 특징	매우 높은 배율, 평면적 영상	낮은 배율, 3차원적 입체 영상
장점	내부 구조 관찰에 유리	시료의 표면 구조를 입체적으로 관찰 가능
단점	시료 준비 어려움 (얇게 절단 필요)	전도성 코팅 필요, 내부 관찰 불가

TEM 관련



SEM 관련



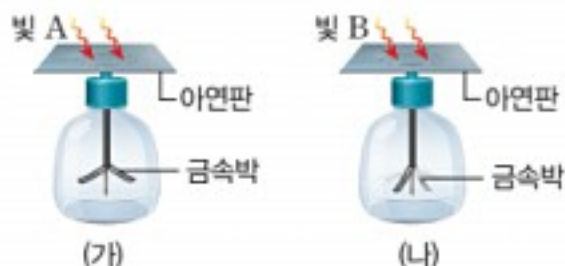
개념 기본 문제

01 광전 효과에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

- ㄱ. 금속 표면에 특정 진동수 이상의 빛을 비추었을 때 전자가 방출되는 현상이다.
- ㄴ. 금속에 비추는 빛의 세기가 셀수록 광전 효과가 더 쉽게 일어난다.
- ㄷ. 빛이 입자의 성질을 가지고 있음을 보여 준다.

02 그림 (가), (나)와 같이 음(-)전하로 대전된 검전기의 아연 판에 단색광 A, B를 각각 비추었더니 금속박이 (가)에서는 그대로 벌어져 있고, (나)에서는 오므라들었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

- ㄱ. (가)의 아연판에서 전자가 방출된다.
- ㄴ. (나)의 아연판에서 광전 효과가 일어난다.
- ㄷ. B의 진동수는 아연의 문턱 진동수보다 크다.
- ㄹ. 단색광의 진동수는 A가 B보다 크다.

03 광전 효과 실험 결과에 대하여 빛의 파동성으로 설명이 불가능한 현상만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

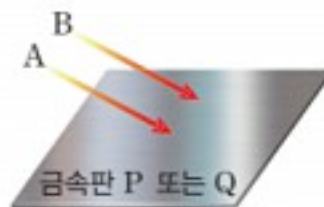
- ㄱ. 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛에서만 광전자가 방출된다.
- ㄴ. 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛은 빛의 세기가 셀수록 광전자가 많이 방출된다.
- ㄷ. 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛은 세기가 아무리 약해도 비추는 즉시 광전자가 방출된다.

04 다음은 아인슈타인의 광양자설에 대한 설명이다.

- 빛은 불연속적인 에너지 양자인 (㉠)의 흐름이다.
- 빛의 (㉡)가 클수록 (㉢) 1개가 갖는 에너지가 크며, 빛의 (㉣)가 셀수록 단위 시간당 입사하는 (㉤)의 수가 많다.

㉠, ㉡, ㉣에 알맞은 말을 각각 쓰시오.

05 그림은 진동수가 다른 단색광 A, B를 금속판 P 또는 Q에 비추는 모습을, 표는 금속판에 비춘 단색광에 따른 광전자의 방출 여부를 나타낸 것이다.



금속판	금속판에 비춘 단색광	광전자의 방출 여부
P	A	방출됨
	B	방출 안 됨
Q	B	방출됨
	A, B	㉠

- (1) 단색광 A, B의 진동수를 비교하시오.
- (2) 금속판 P, Q의 문턱 진동수를 비교하시오.
- (3) ㉠에 들어갈 알맞은 말을 쓰시오.

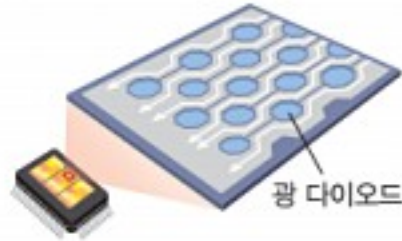
06 빛의 이중성에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

- ㄱ. 빛은 파동성과 입자성을 모두 가진다.
- ㄴ. 빛의 파동성과 입자성은 항상 동시에 나타난다.
- ㄷ. 광전 효과는 빛의 파동성을 보여 주는 현상이다.

07 다음은 디지털카메라에서 영상 정보를 기록할 때 사용하는 이미지 센서에 대한 설명이다.

- 광 다이오드로 구성된 이미지 센서에 빛을 비추면 (㉠)에 의해 전자가 발생하여 전류가 흐른다.



- 이미지 센서로 영상 정보를 저장할 수 있는 것은 빛의 (㉡)으로 설명할 수 있다.

㉠, ㉡으로 적절한 내용을 보기에서 각각 고르시오.

- 보기
- | | |
|----------|----------|
| ㄱ. 광전 효과 | ㄴ. 빛의 간섭 |
| ㄷ. 입자성 | ㄹ. 파동성 |

08 질량이 각각 $2m, 3m$ 인 입자 A, B의 속력이 서로 같을 때, 두 입자의 물질파 파장의 비 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ 를 구하시오.

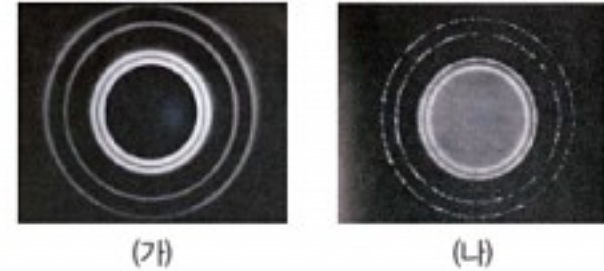
09 그림은 전자총에서 방출된 전자를 이중 슬릿에 통과시켰을 때 스크린에 간섭무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. Δx 는 이웃한 간섭무늬의 간격이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

- 보기
- ㄱ. 전자의 파동성을 확인할 수 있다.
 - ㄴ. 전자의 속력이 빠를수록 전자의 물질파 파장이 짧아진다.
 - ㄷ. 전자의 속력이 빠를수록 Δx 가 커진다.

10 그림 (가)는 알루미늄 박막에 X선을 쬐어 주었을 때 만들어진 회절 무늬를, 그림 (나)는 알루미늄 박막에 전자선을 쬐어 주었을 때 만들어진 무늬를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

- 보기
- ㄱ. X선의 입자성을 확인할 수 있다.
 - ㄴ. 전자의 파동성을 확인할 수 있다.
 - ㄷ. 전자선도 X선처럼 회절이 일어난다.

11 그림은 전자 현미경의 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

- 보기
- ㄱ. 입자의 파동성을 이용하여 시료를 관찰한다.
 - ㄴ. 자기장을 이용하여 전자선을 제어하고 초점을 맞춘다.
 - ㄷ. 전자의 물질파 파장이 길수록 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

개념 적용 문제

▶ 광전 효과

01 그림 (가), (나)는 단색광 A, B를 각각 금속판 P에 비출 때 광전자가 방출되지 않는 것, 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이다.



▶ 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 광전자가 방출된다. 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛은 세기가 아무리 약해도 광전자를 방출시킨다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 파장은 B가 A보다 작다.
 ㄴ. (가)에서 A의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다.
 ㄷ. (나)에서 B의 세기를 감소시키면 광전자가 방출되지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 광양자설을 이용한 광전 효과의 해석

02 그림은 광전 효과를 광양자설로 해석하는 모식도에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. 문턱 진동수와 같은 진동수를 갖는 광자의 에너지는 W 이다.

광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례해.

W 는 전자를 금속에서 떼어 내는데 필요한 최소 에너지와 같아.

방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 광자의 에너지에서 W 를 뺀 값과 같아.

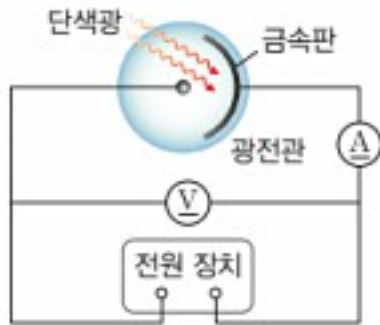
▶ 광양자설은 '빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광양자라는 입자의 흐름'이라는 것이다. 전자를 금속에서 떼어 낼 수 있을 만큼 충분한 에너지를 가진 광자와 전자가 충돌해야 전자가 금속에서 방출된다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

▶ 광전효과 실험 장치

03 그림은 문턱 진동수가 f_0 인 금속판을 이용한 광전관의 구조를 모식적으로 나타낸 것이고, 표는 단색광 A, B, C의 진동수와 세기를 나타낸 것이다.



단색광	진동수	세기
A	$0.5f_0$	$2I_0$
B	$1.5f_0$	$2I_0$
C	$2f_0$	I_0

▶ 광자의 에너지는 진동수가 클수록 크고, 빛의 세기가 셀수록 단위 시간당 입사하는 광자의 수가 많다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

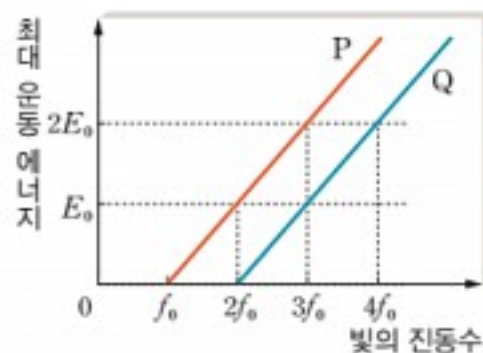
- ㄱ. 광자 1개의 에너지는 A가 가장 작다.
- ㄴ. 단위 시간당 방출되는 광전자의 수는 A일 때가 C일 때보다 크다.
- ㄷ. 회로에 흐르는 전류의 세기는 C일 때가 B일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

▶ 금속판의 문턱 진동수와 광전자의 최대 운동 에너지

04 그림은 서로 다른 금속판 P, Q에 단색광을 비추었을 때, P, Q에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 단색광의 진동수에 따라 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?



▶ 문턱 진동수는 금속에 따라 달라지며, 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛을 비추었을 때 광전 효과가 일어난다.

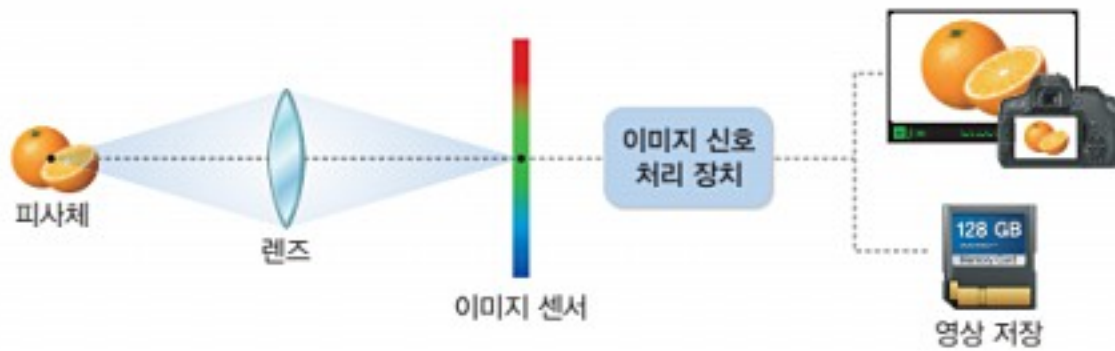
보기

- ㄱ. 문턱 진동수는 P가 Q보다 크다.
- ㄴ. 진동수가 f_0 인 단색광을 Q에 오랫동안 비추면 광전자가 방출된다.
- ㄷ. 진동수가 $5f_0$ 인 단색광을 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 P에서가 Q에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 영상정보의 저장

05 그림은 디지털카메라에서 영상을 기록하여 저장하는 과정을 나타낸 것이다.



▶ 이미지 센서에서 광전 효과에 의해 빛의 세기에 비례하는 양의 전하가 발생한다.

이미지 센서에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 광전 효과 현상이 발생한다.
 - ㄴ. 빛의 파동성을 이용하여 영상을 기록한다.
 - ㄷ. 이미지 센서의 단위 면적당 화소의 수가 많을수록 고화질의 선명한 상을 얻을 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 물질파 파장

06 표는 입자 A, B의 질량, 물질파 파장, 운동 에너지를 나타낸 것이다.

입자	질량	물질파 파장	운동 에너지
A	$2m$	2λ	E_A
B	$3m$	λ	E_B

▶ 운동하는 입자의 물질파 파장은 운동량의 크기에 반비례하고, 운동량의 크기는 질량과 속력의 곱과 같다.

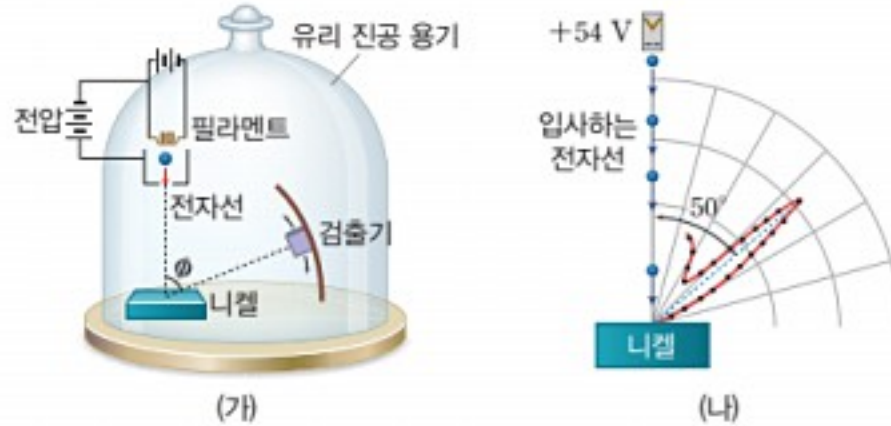
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.
 - ㄴ. 입자의 속력은 A가 B보다 작다.
 - ㄷ. $E_B = 4E_A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 데이비슨-거머 실험

07 그림 (가)는 일정한 전압으로 가속시킨 전자선이 니켈 표면에서 산란하는 실험 장치를 나타낸 것이고, (나)는 입사하는 전자선의 방향에 대해 산란되는 전자선의 세기를 나타낸 것이다.



▶ 산란된 전자가 특정한 각도에서 많이 검출되는 것은 그 각도에서 전자의 물질파가 보강 간섭을 하기 때문이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

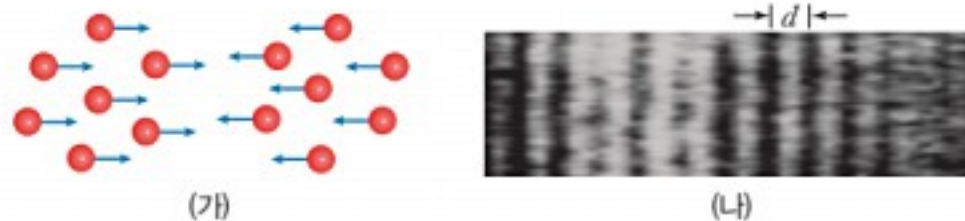
- ㄱ. 전자의 파동성으로 설명할 수 있는 현상이다.
- ㄴ. (나)에서 50°의 각으로 산란되는 전자선은 보강 간섭을 한다.
- ㄷ. (가)에서 전압을 높이면 (나)에서 50°의 각으로 산란되는 전자의 수가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 입자의 이중성

08 다음은 물질파와 관련된 기사의 일부이다.

대학의 연구자들은 원자의 속력을 매우 느리게 하여, 원자들의 물질파 파장과 위상이 모두 같아지는 보즈-아인슈타인 응축 현상을 관찰하였다. 그림 (가)는 보즈-아인슈타인 응축된 원자들이 서로 반대 방향으로 운동하는 것을 모식적으로 나타낸 것이고, 그림 (나)는 이 원자들이 겹쳐졌을 때 원자의 분포를 찍은 사진이다. 이때 d 는 이웃한 어두운 무늬 사이의 간격이다.



▶ 원자들이 겹쳐졌을 때 밝고 어두운 무늬가 나타나는 것은 간섭에 의한 현상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

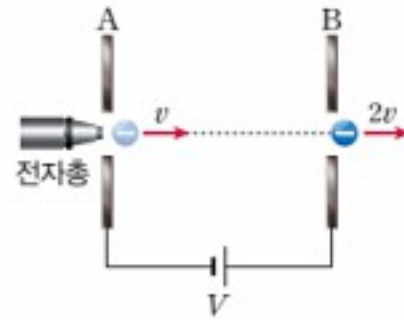
보기

- ㄱ. (나)의 무늬는 원자가 파동성을 가지고 있기 때문에 나타난다.
- ㄴ. 원자의 운동량이 작아지면 물질파 파장은 짧아진다.
- ㄷ. 운동량이 더 작은 원자들이 겹쳐지면 d 가 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

▶ 전자현미경의 원리

09 그림은 전자총에서 방출된 전자가 V 의 전압으로 가속되어 대전된 금속판 A, B를 각각 $v, 2v$ 의 속력으로 통과하는 것을 나타낸 것이다. 전자의 질량은 m , 전하량은 e 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)



▶ 질량이 m 인 입자의 운동량과 운동 에너지를 각각 p, E 라고 할 때, $E = \frac{p^2}{2m}$ 이므로 $p = \sqrt{2mE}$ 이다.

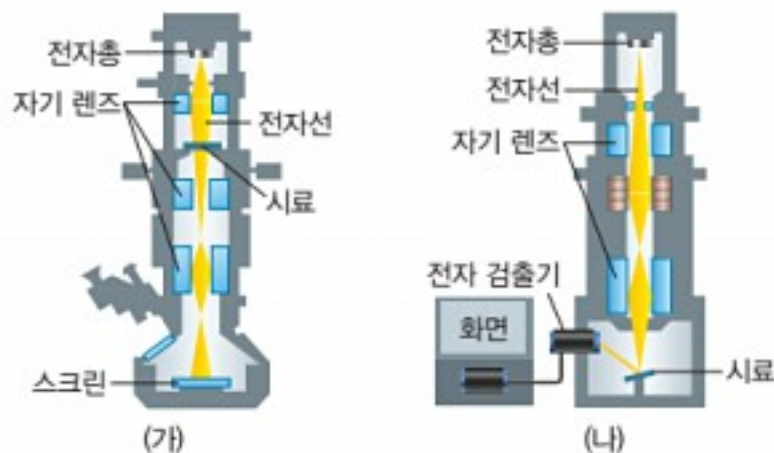
보기

- ㄱ. 전자가 A에서 B까지 이동하는 동안 운동 에너지가 eV 만큼 증가한다.
- ㄴ. 전자의 물질파 파장은 A를 지날 때가 B를 지날 때의 2배이다.
- ㄷ. A를 지날 때 전자의 물질파 파장은 $\frac{\sqrt{3}h}{\sqrt{2meV}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 전자현미경의 종류와 특징

10 그림 (가), (나)는 각각 투과 전자 현미경, 주사 전자 현미경을 나타낸 것이다. 현미경의 분해능은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.



▶ 파장이 짧을수록 회절이 잘 일어나지 않는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자 현미경에서 사용하는 전자의 물질파 파장은 가시광선보다 길다.
- ㄴ. 사용하는 전자의 물질파 파장은 (가)가 (나)보다 짧다.
- ㄷ. (가)는 시료의 3차원 구조를 관찰할 수 있다.

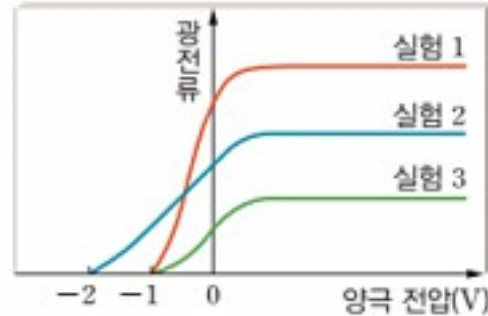
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1도전 문제

▶ 광전 효과 실험 결과 해석

11 표는 광전관을 이용한 광전 효과 실험에서 사용한 단색광의 파장과 금속판의 종류를 나타낸 것이고, 그림은 표와 같이 실험하여 얻은 광전류의 세기와 양극 전압의 관계를 나타낸 것이다.

구분	실험 1	실험 2	실험 3
단색광의 파장	λ_1	λ_1	λ_2
금속판의 종류	A	B	B



▶ 빛의 파장이 짧을수록 광자의 에너지가 크고, 비추는 빛의 파장이 같을 때 문턱 진동수가 클수록 광전자의 운동 에너지가 작다.

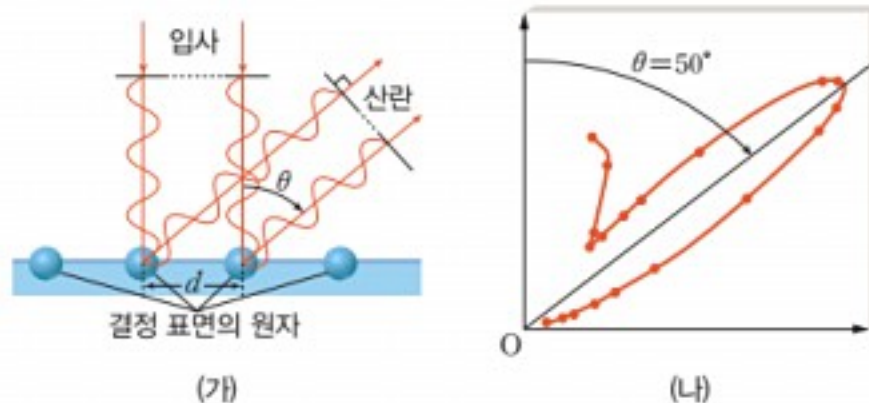
파장 λ_1, λ_2 와 A, B의 문턱 진동수의 크기를 옳게 비교한 것은?

- | 파장 | 문턱 진동수 |
|---------------------------|--------|
| ① $\lambda_1 = \lambda_2$ | A = B |
| ② $\lambda_1 > \lambda_2$ | A > B |
| ③ $\lambda_1 > \lambda_2$ | A < B |
| ④ $\lambda_1 < \lambda_2$ | A > B |
| ⑤ $\lambda_1 < \lambda_2$ | A < B |

▶ 입자의 파동성

12 그림 (가)는 원자 간격이 d 인 결정 표면에 전자선이 입사하였을 때 결정 표면의 원자에 의하여 산란된 전자선이 입사 방향과 θ 의 각을 이루며 진행하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 산란된 전자선의 세기를 입사 방향과의 각도에 따라 나타낸 것이다.

▶ 산란된 전자선이 특정 각도에서 세기가 증가하는 것은 전자의 물질파가 간섭하기 때문이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)는 전자가 파동성을 가지고 있기 때문에 나타나는 현상이다.
 - ㄴ. (가)에서 이웃한 원자에서 산란된 전자의 경로차는 $d \sin \theta$ 이다.
 - ㄷ. 전자선의 물질파 파장은 $d \sin 50^\circ$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 빛의 중첩과 간섭

1 파동

▶ 10쪽

1. 파동 공간의 한 부분에서 발생한 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상
2. 파동의 속력 파장 λ , 주기 T , 진동수 f 인 파동의 속력은 $v = \frac{\lambda}{T} = ()$ 이다.

2 파동의 중첩과 간섭

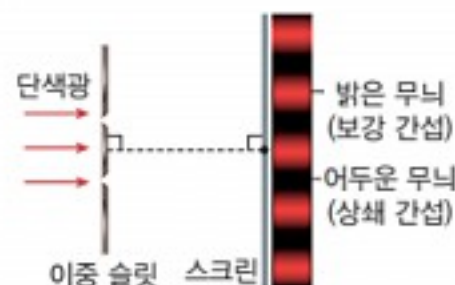
▶ 13쪽

1. 파동의 중첩과 독립성
 - (1) 중첩과 합성파: 여러 파동이 동시에 한 지점에 존재하여 겹치는 현상을 중첩이라고 하며, 중첩되면서 새로 만들어지는 파동을 합성파라고 한다.
 - (2) 중첩 원리: 합성파에서 각 지점의 변위는 그 점을 지나는 각각의 파동의 변위의 합이다.
 - (3) 파동이 중첩 후에 원래의 파형을 그대로 유지하면서 진행되는 성질을 파동의 ()이라고 한다.
2. 파동의 간섭 둘 이상의 파동이 중첩되어 진폭이 변하는 현상
 - () 간섭: 두 파동이 같은 위상으로 중첩되어 합성파의 진폭이 커지는 간섭
 - () 간섭: 두 파동이 반대 위상으로 중첩되어 합성파의 진폭이 작아지는 간섭

3 빛의 중첩과 간섭

▶ 15쪽

1. 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬 이중 슬릿을 통과한 빛이 스크린의 한 점에서 중첩될 때, 스크린에 밝고 어두운 간섭무늬가 생긴다. → 이중 슬릿으로부터의 경로차가 반파장의 짝수 배일 때 () 간섭이 일어나 밝은 무늬가 나타나고, 경로차가 반파장의 홀수 배일 때 () 간섭이 일어나 어두운 무늬가 나타난다.



- 간섭무늬의 간격: 빛의 파장이 길수록, 슬릿 사이의 간격이 좁을수록 크다.
2. 빛의 간섭 현상과 활용 비누막에 나타나는 무지갯빛 무늬, 모르포 나비 날개와 같은 표면 구조에 의한 빛의 간섭, 렌즈의 반사 방지막 코팅, 지폐의 색 변환 잉크 등

02 빛의 굴절

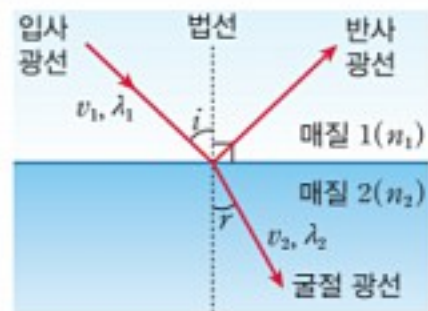
1 빛의 굴절

▶ 30쪽

1. 빛의 굴절 빛이 굴절할 때 진동수나 주기는 변하지 않고, 입사각과 굴절각의 ()의 비는 일정한 값을 가진다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = \text{일정} \rightarrow \text{굴절 법칙}$$

2. 빛의 굴절에 의한 현상 물속의 물체가 실제와 다른 위치에 있는 것으로 보이는 현상, 더운 여름날 도로에 생기는 신기루 현상 등



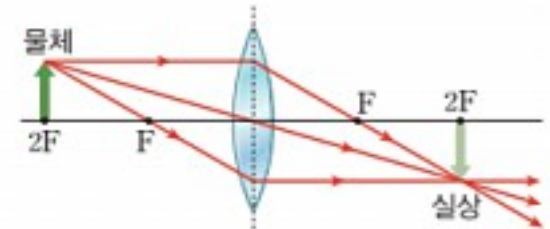
2 볼록 렌즈에 의한 상

▶ 33쪽

1. 볼록 렌즈의 초점 볼록 렌즈의 광축에 나란하게 입사한 빛이 굴절 후 모이는 광축상의 한 점을 초점이라 하고, 렌즈의 중심에서 ()까지의 거리를 초점 거리라고 한다.

2. 볼록 렌즈에 의한 상

(1) (): 물체의 한 점에서 나온 빛이 렌즈를 지나며 굴절하는 경로를 작도하여 교차점을 찾아 상을 찾는 법



(2) 볼록 렌즈에 의한 상: 물체의 위치에 따라 실제 크기와 같거나 다른 실상 또는 실제 크기보다 큰 허상이 나타난다.

3 볼록 렌즈의 이용

▶ 37쪽

1. 돋보기와 현미경 가까이 있는 작은 물체를 확대하여 볼 수 있는 광학 기기
2. 망원경 멀리 있는 물체를 확대하여 볼 수 있는 광학 기기
3. 디지털카메라 물체의 ()을 이미지 센서에 맺히게 하는 광학 기기
4. () 공정 볼록 렌즈를 이용하여 회로 도면의 축소된 실상을 만들어 미세 회로를 새기는 광학 기술로, 반도체나 디스플레이 제작에 이용된다.

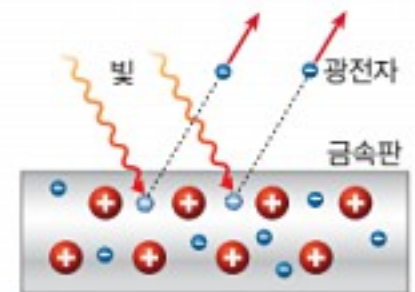
03 빛과 물질의 이중성

1 빛의 이중성

▶ 52쪽

1. 광전 효과 금속 표면에 ()보다 큰 진동수의 빛을 비추었을 때 전자가 튀어나오는 현상

2. 광양자설 빛은 불연속적인 에너지 양자인 광자의 흐름이며, 광자가 가지는 에너지는 진동수에 비례한다. → 빛의 진동수가 f 인 광자 1개의 에너지: $E = () = \frac{hc}{\lambda}$ (h : 플랑크 상수)



3. 광양자설을 이용한 광전 효과의 해석

- (1) 일함수: 전자가 금속에서 튀어나오는데 필요한 최소한의 에너지를 일함수라고 하며, 문턱 진동수가 f_0 일 때 일함수 $W = hf_0$ 이다.
- (2) 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 작은 경우에는 빛의 세기가 아무리 세더라도 광전 효과가 일어나지 않으며, 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 큰 경우에는 빛의 세기가 아무리 약해도 광전 효과가 일어나고 이때 빛의 세기가 ()하면 광전자의 수가 증가한다.

4. 빛의 이중성 빛은 입자성과 파동성을 모두 가진다.

2 물질의 이중성

▶ 58쪽

1. 물질파 운동하는 입자가 파동성을 나타낼 때의 파동으로, 질량 m , 속력 v 인 입자의 물질파 파장은 $\lambda = ()$ 이다.

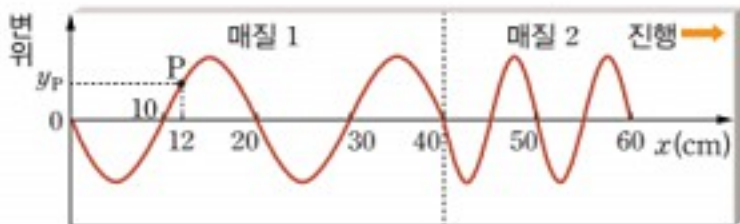
2. 물질의 이중성 물질은 입자성과 파동성을 모두 가진다.

3. 전자 현미경 전자의 () 파장을 가시광선 파장보다 짧게 하여 광학 현미경보다 분해능이 좋다.

통합 실전 문제

파동의 표현 + 파동의 굴절

01 그림은 진동수가 10 Hz인 파동이 x축과 나란하게 매질 1에서 매질 2로 진행할 때, 시간 $t=0$ 인 순간 파동의 변위를 위치 x 에 따라 나타낸 것이다. 이때 $x=12$ cm인 지점 P에서 변위는 y_p 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

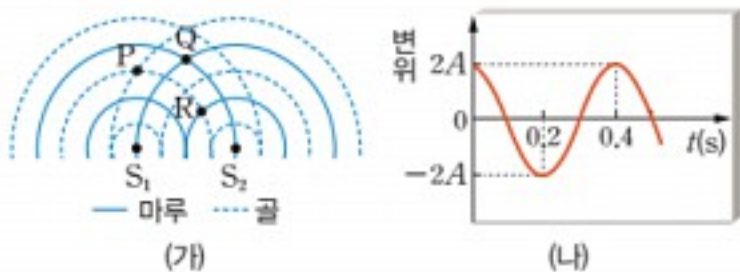
보기

- ㄱ. 매질 2에서 파동의 속력은 2 m/s이다.
- ㄴ. $t=0.05$ 초일 때 P에서 변위의 크기는 y_p 보다 작다.
- ㄷ. 굴절률은 매질 2에서가 매질 1에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

시간에 따른 변위 그래프 + 파동의 중첩

02 그림 (가)는 두 점 S_1, S_2 에서 파장, 진폭, 진동수가 같고 서로 같은 위상으로 발생시킨 두 파동의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 평면상에 나타낸 것이다. 점 P, Q, R는 평면상의 고정된 지점이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 P, Q, R 중 한 점에서 중첩된 파동의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이고, 각 파동의 진폭은 A 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)는 Q에서의 변위를 나타낸 것이다.
- ㄴ. $t=0.1$ 초일 때 P에서 합성파의 변위는 0이다.
- ㄷ. $t=0.4$ 초일 때 P와 R에서 합성파의 변위의 크기는 $2A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

파동의 중첩과 간섭

03 그림은 두 점 S_1, S_2 에서 진동수가 f , 진폭인 A 인 물결파를 같은 위상으로 발생시켰을 때, 두 물결파의 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다.



한 가지 변인만 바꾸었을 때에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

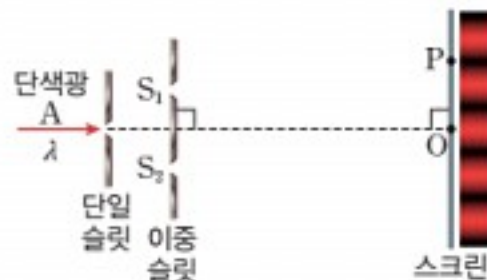
보기

- ㄱ. 두 물결파의 진동수가 $2f$ 가 되면 P에서 상쇄 간섭한다.
- ㄴ. S_2 에서 발생하는 파동의 진폭만 $2A$ 가 되면 Q에서의 진폭도 2배가 된다.
- ㄷ. S_1 에서 발생하는 파동의 위상을 S_2 에서와 반대로 바꾸면 R에서 보강 간섭한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

04 그림과 같이 파장이 λ 인 단색광 A를 이중 슬릿 S_1, S_2 에 비추었더니 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 스크린상의 점 O는 가장 밝은 무늬의 중심, 점 P는 두 번째 어두운 무늬의 중심이다.



다른 조건은 동일하게 하고 파장이 $\frac{3}{2}\lambda$ 인 단색광 B를 사용할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

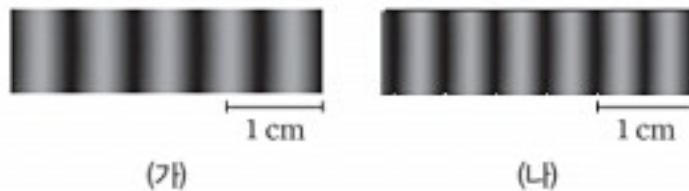
보기

- ㄱ. S_1 과 S_2 로부터 P까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$ 이다.
- ㄴ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄷ. O와 P 사이에 생기는 어두운 무늬의 수는 1개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

05 그림 (가), (나)는 각각 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 실험의 결과로, 빛의 파장 λ , 이중 슬릿 사이 간격 d , 슬릿과 스크린 사이 거리 L 중에서 다른 조건은 같게 하고 한 가지 조건만 바꾸었을 때 스크린에 생기는 간섭무늬를 나타낸 것이다.

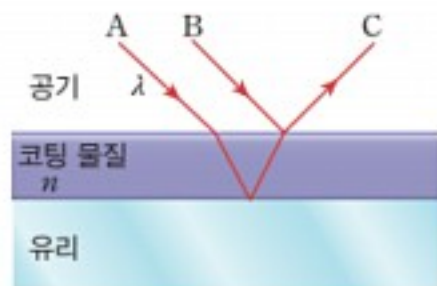


(가), (나)에서 λ, d, L 의 크기를 옳게 비교한 것은?

- | | λ | d | L |
|---|-----------|-----------|-----------|
| ① | (가) > (나) | (가) > (나) | (가) > (나) |
| ② | (가) > (나) | (가) > (나) | (가) < (나) |
| ③ | (가) > (나) | (가) < (나) | (가) > (나) |
| ④ | (가) < (나) | (가) > (나) | (가) < (나) |
| ⑤ | (가) < (나) | (가) < (나) | (가) < (나) |

얇은 막에 의한 간섭

06 그림은 공기에 대한 굴절률이 n 인 물질을 얇게 코팅한 유리 표면에서 반사되는 빛의 경로를 나타낸 것이다. 공기에서 코팅 물질로 입사하는 빛 A, B는 코팅 물질의 아래, 위에서 각각 반사하여 C의 경로로 진행한다. 공기 중에서 빛의 파장은 λ 이다.



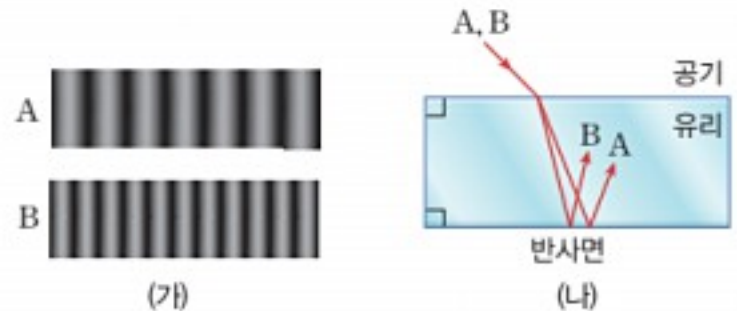
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

- 보기
- ㄱ. 코팅 물질 속에서 빛의 파장은 $n\lambda$ 이다.
 - ㄴ. 빛의 속력은 공기에서가 코팅 물질에서보다 빠르다.
 - ㄷ. A, B가 C의 경로로 진행할 때 서로 반대 위상으로 중첩되면 반사광이 사라진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빛의 굴절 + 빛의 간섭

07 그림 (가)는 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 실험에서 다른 조건은 같게 하고 단색광 A, B를 각각 비추었을 때 스크린에 생긴 간섭무늬를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B가 동일한 입사각으로 공기 중에서 유리로 입사할 때의 진행 경로를 나타낸 것이다.



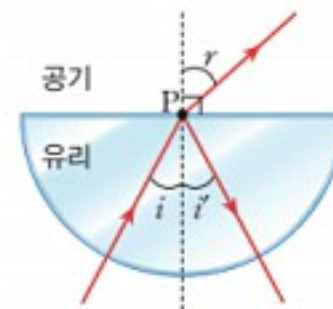
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 공기에서의 파장은 A가 B보다 길다.
 - ㄴ. 유리에서의 속력은 A가 B보다 느리다.
 - ㄷ. (나)에서 A, B는 공기 중으로 굴절되어 나온 후 서로 평행하게 진행한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빛의 굴절

08 그림은 공기 중에서 균일한 반원통 유리의 P점을 향해 단색광을 입사시켰을 때 빛이 지나간 경로를 나타낸 것이다. i, i', r 는 각각 입사각, 반사각, 굴절각이다.



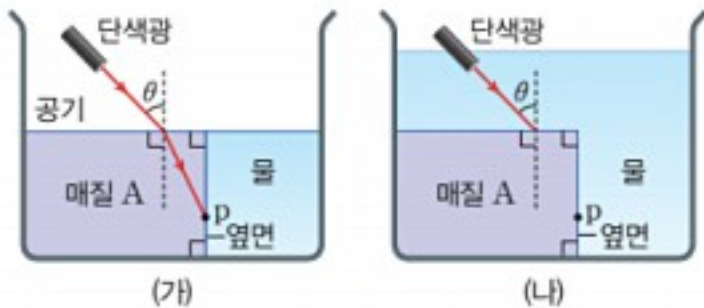
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. i 와 i' 은 항상 같다.
 - ㄴ. 공기에 대한 유리의 굴절률은 1보다 작다.
 - ㄷ. i 가 커지면 r 가 90° 보다 커질 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빛의 굴절에 의한 현상

09 그림 (가)와 같이 단색광을 공기에서 매질 A로 입사각 θ 로 입사시켰더니 굴절하여 매질 A의 옆면 p점에 도달하였다. 그림 (나)는 (가)에 물을 더 넣고 동일한 입사각 θ 로 입사시킨 모습을 나타낸 것이다. 단색광의 속력은 공기에서 물속에서보다 빠르다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

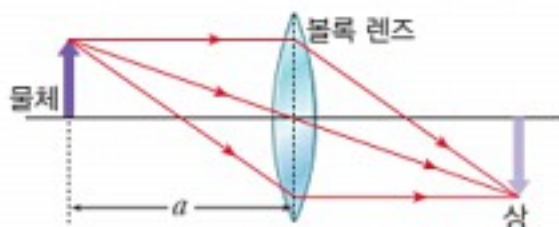
보기

- ㄱ. 단색광의 파장은 공기에서 물속에서보다 길다.
- ㄴ. 굴절률은 공기에서 매질 A에서보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 단색광은 p보다 위쪽에 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

볼록 렌즈에 의한 상

10 그림은 볼록 렌즈 앞 거리 a 인 곳에 물체를 놓았을 때 물체와 같은 크기의 상이 생기는 것을 광선 추적법으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 상의 위치에 스크린을 놓으면 선명한 상이 생긴다.
- ㄴ. 렌즈에서 상까지의 거리는 a 이다.
- ㄷ. 렌즈의 초점 거리는 $\frac{a}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

볼록 렌즈에 의한 상

11 다음은 볼록 렌즈에 의한 상을 관찰하는 실험이다.

실험 과정

(가) 그림과 같이 광학대 위에 광원, 화살표 모양의 구멍이 뚫린 물체, 초점 거리가 f_1 인 볼록 렌즈 A, 스크린을 설치한다.



(나) 물체와 A 사이의 거리를 25 cm로 고정하고 스크린을 움직여 스크린에 가장 선명한 상이 생겼을 때의 위치를 찾아 상의 모습을 관찰한다.

(다) 물체와 A 사이의 거리를 40 cm로 고정하고, 스크린을 움직여 스크린에 가장 선명한 상이 생겼을 때의 위치를 찾아 상의 모습을 관찰한다.

(라) A를 초점 거리가 f_2 인 볼록 렌즈 B로 바꾸고 과정 (나)와 (다)를 반복한다.

실험 결과

물체와 렌즈 사이의 거리와 A, B에 따른 상의 종류는 다음과 같다.

물체와 렌즈 사이의 거리	볼록 렌즈	
	A	B
25 cm	허상	실상
40 cm	실상	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

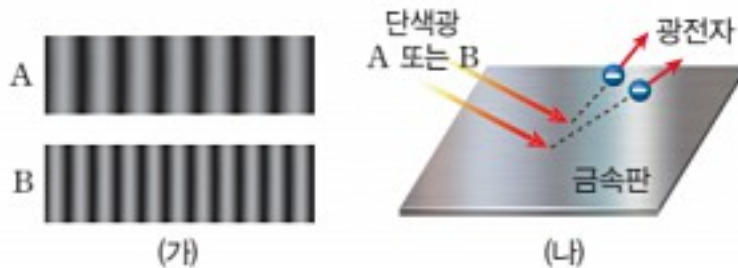
보기

- ㄱ. $f_1 > f_2$ 이다.
- ㄴ. ㉠은 실상이다.
- ㄷ. 물체와 렌즈 사이의 거리가 40 cm일 때 A에 의한 상의 크기는 B에 의한 상의 크기보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빛의 간섭+광전 효과

- 12 그림 (가)는 동일한 이중 슬릿 간섭 실험 장치에 단색광 A, B를 각각 비추었을 때 스크린에 생긴 간섭무늬를, 그림 (나)는 A 또는 B를 금속판에 비추는 모습을 나타낸 것으로, 광전자는 A, B 중 하나에 의해서만 방출된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

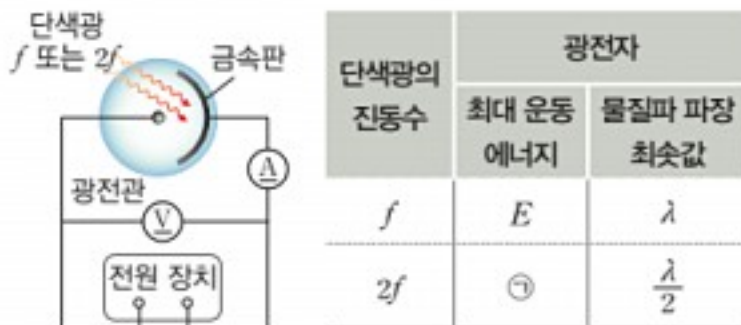
보기

- ㉠. A를 비출 때 광전자가 방출된다.
- ㉡. 광자 1개의 에너지는 A가 B보다 작다.
- ㉢. 금속판의 문턱 진동수는 B의 진동수보다 작다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

광전 효과+물질파

- 13 그림은 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이고, 표는 금속판에 진동수가 f , $2f$ 인 단색광을 각각 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지와 물질파 파장의 최솟값을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. ㉠은 $2E$ 이다.
- ㉡. 금속판의 문턱 진동수는 $\frac{2}{3}f$ 이다.
- ㉢. 금속판에 진동수가 f , $2f$ 인 단색광을 함께 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $5E$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

물질파

- 14 그림은 전자총에서 발사된 전자들이 간격이 d 인 이중 슬릿을 지나 스크린의 각 지점에 도달하는 전자의 수를 나타낸 것이다. Δx 는 전자의 수가 최대인 이웃한 두 지점 사이의 거리이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

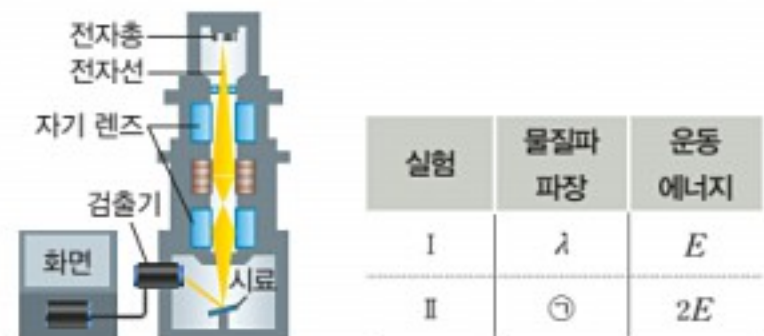
보기

- ㉠. 전자의 파동성을 알 수 있다.
- ㉡. d 만 감소하면 Δx 가 감소한다.
- ㉢. 전자의 운동 에너지만 증가하면 Δx 가 증가한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

전자현미경

- 15 그림은 전자 현미경의 구조를 나타낸 것이고, 표는 이 전자 현미경에서 사용하는 전자의 물질파 파장과 운동 에너지를 나타낸 것이다.



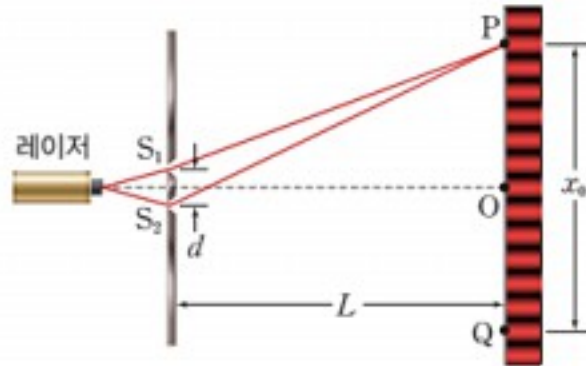
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 전기장을 이용하여 전자선을 제어하고 초점을 맞춘다.
- ㉡. ㉠은 $\sqrt{2}\lambda$ 이다.
- ㉢. II에서 I에서보다 더 작은 크기를 구분하여 관찰할 수 있다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

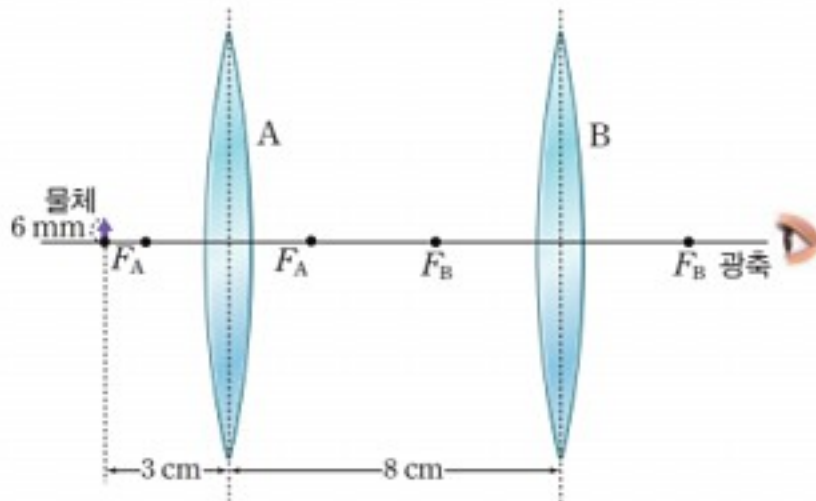
- 1 그림은 간격이 d 인 이중 슬릿에 레이저 빛을 비추었더니 슬릿 S_1, S_2 를 통과한 빛이 슬릿에서 L 만큼 떨어진 스크린에 간섭무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 스크린 위의 점 O, P, Q 는 각각 밝은 무늬의 중심이고, O 는 슬릿 S_1, S_2 로부터 같은 거리만큼 떨어진 점이다. P 와 Q 사이의 거리는 x_0 이며, L 은 d, x_0 에 비해 매우 크다.



레이저 빛의 파장은?

- ① $\frac{dx_0}{12L}$ ② $\frac{dx_0}{6L}$ ③ $\frac{dx_0}{3L}$ ④ $\frac{dx_0}{2L}$ ⑤ $\frac{dx_0}{L}$

- 2 그림과 같이 초점 거리가 각각 2 cm, 3 cm인 볼록 렌즈 A, B의 중심 사이 거리가 8 cm이고, A의 중심으로부터 3 cm 떨어진 지점에 위치한 크기 6 mm인 물체를 A와 B를 통하여 B 쪽에서 바라보고 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에 의해 생기는 상의 크기는 1.2 cm이다.
 ㄴ. B에 의해 생기는 상은 허상이다.
 ㄷ. A와 B에 의해 최종적으로 생기는 상의 크기는 3.6 cm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

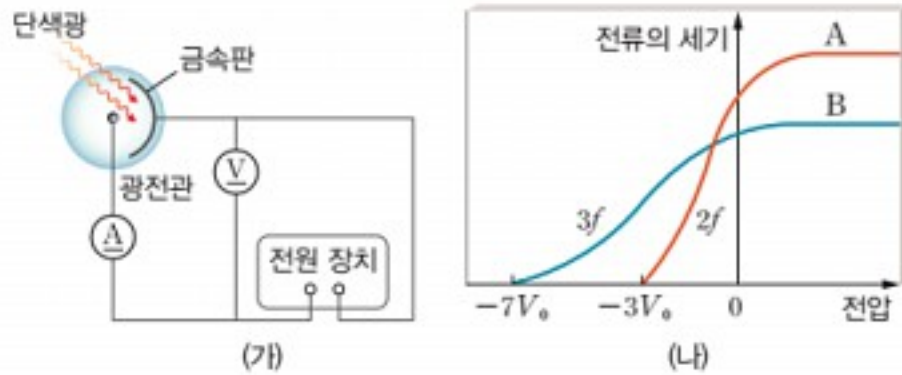
Solution Tip

간섭무늬의 중심으로부터 첫 번째 밝은 무늬에서 두 슬릿까지의 경로차는 한 파장이다.

Solution Tip

광선 추적법을 이용하여 상을 작도하거나 렌즈의 공식을 사용하여 A, B 각각에 의한 상을 찾는다. 이때 물체와 렌즈 사이의 거리와 렌즈와 상 사이의 거리의 비는 물체의 크기와 상의 크기의 비와 같다.

3 그림 (가)는 광전 효과 실험 장치에 단색광을 비추는 모습을, 그림 (나)는 (가)에서 진동수가 $2f$, $3f$ 인 단색광 A, B를 동일한 금속판에 각각 비추었을 때, 광전류의 세기를 광전관에 걸린 전압에 따라 나타낸 것이다. 단색광 A, B를 비추면서 전압의 크기를 조절할 때 전류계에 흐르는 전류의 세기가 0일 때의 역방향 전압의 크기는 각각 $3V_0$, $7V_0$ 이고, 전자의 질량은 m , 전하량은 e , 플랑크 상수는 h 이다.



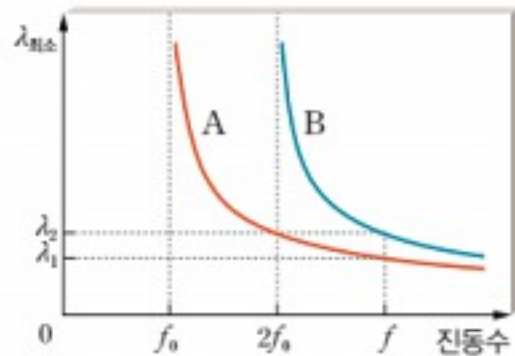
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A를 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 $4eV_0$ 이다.
- ㄴ. 금속판의 문턱 진동수는 $\frac{5}{4}f$ 이다.
- ㄷ. B를 비추었을 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 $\frac{h}{\sqrt{6meV_0}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

4 그림은 두 금속판 A, B에 빛을 비추었을 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값 $\lambda_{\text{최소}}$ 를 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다. A, B의 문턱 진동수는 각각 f_0 , $2f_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 일함수는 B가 A의 2배이다.
- ㄴ. $f=3f_0$ 이다.
- ㄷ. $\lambda_2=2\lambda_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Solution Tip

빛의 진동수가 f , 문턱 진동수가 f_0 일 때 광전자의 최대 운동 에너지는

$$\frac{1}{2}mv^2 = hf - hf_0$$

이다. 운동 에너지와 운동량은

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$$

의 관계가 성립한다.

Solution Tip

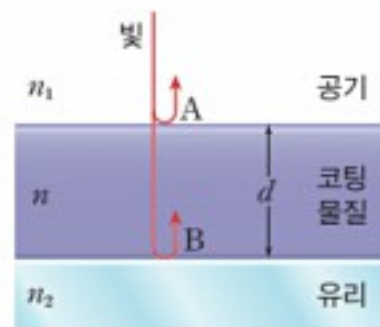
문턱 진동수는 광자 1개의 에너지가 금속의 일함수와 같은 진동수를 말한다. 또한 광양자 설에 따라 광전자의 최대 운동 에너지와 일함수 W 의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}mv^2 = hf - W$$

시고력 확장 문제

1 다음은 광학 기기에서 이용하는 반사 방지막 코팅의 원리에 대한 설명이다.

광학 기기의 렌즈는 코팅을 하여 빛이 반사되는 것을 방지한다. 빛이 반사되지 않게 하려면 그림과 같이 코팅의 윗부분에서 반사되는 빛 A와 코팅과 렌즈(유리)의 경계면에서 반사되는 빛 B가 상쇄 간섭을 일으키게 하면 된다. 공기의 굴절률 $n_1=1$, 코팅 물질의 굴절률 $n=1.36$, 유리의 굴절률 $n_2=1.43$ 이다. 코팅 물질의 위와 아래 면에서 반사할 때 빛의 위상 변화는 같다.



(1) 공기 중에서 파장이 λ 인 빛이 진행할 때 코팅 물질 속에서 빛의 파장 λ' 을 구하시오.

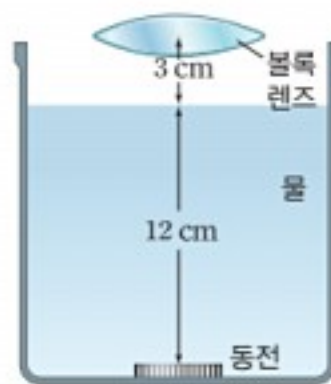
.....

(2) 햇빛 중에서 세기가 가장 강한 빛의 파장을 580 nm라고 할 때, 햇빛이 반사하지 않는 코팅 두께의 최솟값은 몇 μm 인지 풀이 과정과 함께 구하시오.

.....

.....

2 그림은 물의 깊이가 12 cm인 물통의 바닥에 동전이 놓여 있고, 이 동전의 바로 위의 수면에서 3 cm 되는 곳에 초점 거리가 8 cm인 볼록 렌즈가 수평으로 놓여 있는 것을 나타낸 것이다. 물의 굴절률은 $\frac{4}{3}$ 이다.



(1) 물 표면에서 보았을 때 동전의 겉보기 깊이를 풀이 과정과 함께 구하시오.

.....

.....

(2) 볼록 렌즈에 의한 동전의 상과 수면 사이의 거리를 풀이 과정과 함께 구하시오.

.....

.....

Keyword

- 굴절률
- 상쇄 간섭 조건
- 경로차

Solution Tip

두 파동의 경로차가 반파장의 홀수 배일 때 상쇄 간섭한다.

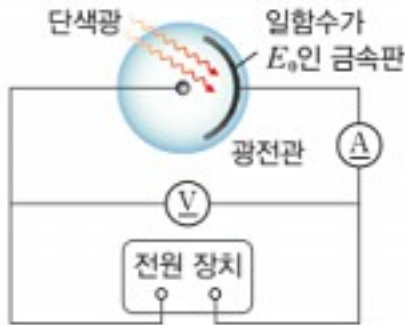
Keyword

- 겉보기 깊이
- 광선 추적법
- 상까지의 거리

Solution Tip

광선 추적법으로 직도해 보면 볼록 렌즈의 초점으로부터 물체까지의 거리와 렌즈까지의 거리 비가 물체와 상의 크기 비와 같다.

3 그림은 일함수가 E_0 인 금속판이 있는 광전관에 단색광을 비추는 것을 나타낸 것이고, 표는 단색광 A, B, C를 금속판에 각각 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 자료이다. A, B, C의 진동수는 각각 f_A, f_B, f_C 이고 h 는 플랑크 상수이다.



단색광	단색광의 세기	광전자의 최대 운동 에너지
A	I	$5E_0$
B	$2I$	$5E_0$
C	$3I$	$3E_0$

(1) 눈에 보이지 않는 광전자의 최대 운동 에너지를 구하는 방법을 서술하시오.

.....

.....

(2) A와 B를 금속판에 각각 비추었을 때 일어나는 결과는 어떤 차이가 있는지 근거를 들어 서술하시오.

.....

.....

(3) A의 진동수는 C의 진동수의 몇 배인지를 풀이 과정과 함께 서술하시오.

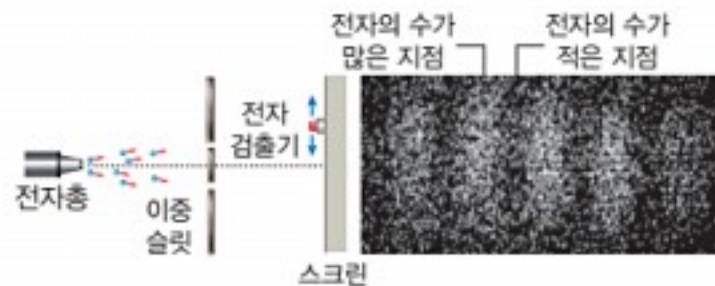
.....

.....

4 그림 (가)는 바람개비에 전자들을 쏘아 주었을 때 바람개비가 회전하는 것을 확인할 수 있는 실험 장치이고, 그림 (나)는 이중 슬릿에 전자를 통과시켰을 때 스크린에 도달한 전자의 위치를 점으로 나타낸 실험 결과이다.



(가)



(나)

(1) (가)와 (나)에서 알 수 있는 전자의 성질을 각각 근거를 들어 서술하시오.

.....

.....

(2) (가)와 (나)로부터 결론지을 수 있는 전자의 성질에 대해 서술하시오.

.....

.....

Keyword

- 양극 전압
- 광전자의 수
- 광전자의 최대 운동 에너지

Solution Tip

정지 전압을 측정하여 광전자의 최대 운동 에너지를 알 수 있다. 광자의 에너지에서 일함수를 뺀 것이 광전자의 최대 운동 에너지이다.

Keyword

- 운동량 또는 충격량
- 입자
- 이중성

Solution Tip

바람개비가 회전하는 것은 충돌에 의해 힘이 전달된 것이고, 전자의 수가 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 나타나는 것은 간섭이 일어난 것으로 볼 수 있다.