

① ① **스프링클러**는 물을 약제로 사용하여 화재 초기에 화세 \*를 제어\*할 목적으로 천장에 설치되는 고정식 소화 설비로, 수원과 연결된 배관, 가압\* 송수\* 장치, 제어 장치, 헤드로 구성되어 있다. 스프링클러가 설치된 건물에서 화재가 발생하면, 정상 상태에서는 방수구를 막고 있던 헤드의 감열체가 온도를 감지하고 헤드로부터 이탈하면서 연소물과 그 주변에 물이 분사\*되어 화세를 제어할 수 있게 된다

② **스프링클러가 화세를 제어하는 원리**는 물의 **냉각 작용**을 통해 연소물로부터 열을 흡수하여 온도를 발화점\* 미만으로 떨어뜨리는 것이다. 어떤 물질 1kg의 온도를 1℃ 올리는 데 드는 열량을 비열이라 하고 액체가 기화하여 기체로 될 때 흡수하는 열을 증발 잠열이라고 하는데, 물은 끓는점이 100℃, 비열이 1 kcal/kg·℃, 증발 잠열이 539 kcal/kg로서 다른 어느 물질보다도 큰 열 흡수 능력을 가지고 있다. 20℃의 물 1kg이 완전히 증기로 변할 때, 물은 온도를 끓는점까지 올리기 위한 80 kcal의 열량에 이를 증기로 변하게 하기 위한 539 kcal의 열량을 더하여 총 619 kcal를 흡수할 수 있게 된다. 화재가 일어나 분당 6,000 kcal의 열량이 방출되고 있어 물의 냉각 작용만을 통해 화세를 제어하고자 한다면, 20℃의 물을 분당 10 kg 내보내면 물이 증발하면서 총 6,190 kcal를 흡수할 수 있으므로 연소물로부터 방출되는 열량을 흡수하여 화세를 제어하고 불을 끌 수 있게 된다.

③ **스프링클러가 화세를 제어하는 또 다른 원리**는 물의 **증기 팽창**을 통해 공기 중 물질의 농도를 희석시키거나 연소물에 얇은 막을 형성하여 산소를 차단하는 것이다. 20℃ 물의 비부피 \* 는 0.001 m³/kg이고 100℃ 증기의 비부피는 1.673 m³/kg로서 물이 증기가 되면서 부피가 약 1,600 배 이상 팽창된다. 이러한 증기 팽창은 공기 중 산소의 농도와 가연물\*이 되는 가연성 증기의 농도를 희석시켜 연소를 억제하는 효과를 준다. 증기 팽창에 의한 작용을 극대화하기 위해서는 물의 증발 효율을 높여야 하는데 이를 위해서는 물 입자의 크기를 작게 만들어 단위 부피당 표면적을 크게 하는 것이 필요하다. 그리고 물방울의 입자를 더욱 작은 미립자로 분무할 경우에는 매우 얇은 막의 형성을 뜻하는 에멀전(emulsion) 효과가 발생한다. 유류\* 화재와 같이 물이 소화제로서 적합하지 않은 상황에서도 미세한 물 입자를 이용한 분무는, 물이 유류 표면에 얇은 막을 형성할 수 있도록 해 준다. 이렇게 형성된 얇은 막은 산소를 차단하여 질식소화의 효과를 발휘하게 한다.

④ 이러한 원리를 바탕으로 스프링클러가 화재 초기에 화세를 제어하게 되면, 연소의 진행으로 인해 쌓인 가연성 가스가 폭발하여 화재 공간 전체가 화염에 휩싸이는 데 이르는 시간을 지연\*시킬 수 있다. 또한 실내 거주자가 화재에 견딜 수 있는 상황을 만들어 주기 때문에 **피난 시간을 확보**할 수 있게 된다. 그리고 스프링클러가 온도를 감지하여 자동으로 작동하는 특성은 **아간이나 유동\* 인원이 적은 공간**에서도 화재 감지 및 경보, 소화를 할 수 있게 해 준다는 점에서 **의의**를 지닌다.

\* 화세 : 불이 타오르는 기세.  
\* 비부피 : 단위 질량의 물질이 차지하는 부피.

**지문 해석에서 가장 중요한 것**

지문에 표시된 네모 칸, 굵은 글씨, 밑줄 등을 바탕으로 글의 핵심어, 논제, 중심 문장 등을 파악하십시오. 아무리 어려운 지문이라도 이것을 파악하는 것이 비문학 지문 해석의 핵심입니다.

1. 윗글의 ㉠과 <보기>의 ㉡를 비교한 설명으로 가장 적절한 것은?

**보기**

휴대가 용이하고 사용이 간편해 작은 화재에 주로 사용하는 ㉡**분말 소화기**는 용기에 탄산수소나트륨의 건조 분말을 넣고 따로 방사용의 이산화탄소 용기를 부착한 것이다. 화재 발생 시 사용자가 손잡이를 강하게 누르면 탄산수소나트륨 분말이 이산화탄소의 압력에 의해 방출되고 화열에 의해 분해되어 이산화탄소가 발생한다. 이를 통해 산소 차단과 냉각 효과가 발생하여 불을 끌 수 있게 된다.

※ **지문과 보기의 관계 - 공통점, 차이점**  
(지문에 대한 내용을 공통점과 차이점이 있는 대상에 적용)

	스프링클러	분말 소화기
공통점	산소 차단, 냉각 효과	
차이점	물 이용	탄산수소나트륨과 이산화탄소 이용
	건물에 설치	휴대 가능
	자동 제어	조작 필요

**【일반해설】**

(기술) 여용주, 『수계 소화 설비 공학』 스프링클러의 개념과 화세 제어 원리, 의의를 밝히고 있는 글이다. 스프링클러는 연소물의 온도를 떨어뜨리는 냉각 작용과 공기 중 물질의 농도를 희석시키는 증기 팽창, 그리고 에멀전 효과를 통해 화세를 제어하여 초기에 화재를 진압할 수 있도록 도와준다.

[주제] 스프링클러의 화세 제어 원리와 의의

※ 어휘 풀이

- \*제어 : 기계·설비나 화학적 반응 등을 알맞은 상태로 움직이도록 조절함.
- \*가압 : 압력을 가함.
- \*송수 : 물을 보냄.
- \*분사 : 액체나 기체 따위가 세차게 내뿜음.
- \*발화점 : 공기 중에서 물질을 가열할 때, 스스로 발화하여 연소하기 시작하는 최저 온도.
- \*가연물 : 불에 타기 쉬운 물질이나 물건. 가연체.
- \*유류 : 기름 종류의 총칭.
- \*지연 : 어떤 일을 더디게 끌거나 끌리어 나감.
- \*유동 : 한곳에 정착하지 않고 이리저리 자주 옮겨 다님.

※ **굵은 큰 글씨**

: 글 전체의 제제

※ **네모 칸**

: 중요 소재

※ **밑줄**

: 각 단락의 소주제

**기본 독해**

1단락	스프링클러와 정의와 구성
2단락	스프링클러가 화세를 제어하는 원리 1 (온도를 떨어뜨림)
3단락	스프링클러가 화세를 제어하는 원리 2 (증기 팽창을 통한 산소와 가연성 증기의 농도 희석, 연소물에 얇은 막을 형성)
4단락	스프링클러의 화세 제어 의의

★ 스프링클러의 화세(화재) 제어 원리를 설명한 글이다. 비교적 간단한 구조로 되어 있으니 부담없이 독해하면 된다.

① ① 스프링클러는 물을 약제로 사용하여 화재 초기에 화세 \*를 제어할 목적으로 천장에 설치되는 고정식 소화 설비로, 수원과 연결된 배관, 가압 송수 장치, 제어 장치, 헤드로 구성되어 있다. 1-①,④,⑤ 스프링클러가 설치된 건물에서 화재가 발생하면, 정상 상태에서는 방수구를 막고 있던 헤드의 감열체가 온도를 감지하고 헤드로부터 이탈하면서 연소물과 그 주변에 물이 분사되어 화세를 제어할 수 있게 된다

② 스프링클러가 화세를 제어하는 원리는 물의 냉각 작용을 통해 연소물로부터 열을 흡수하여 온도를 발화점 미만으로 떨어뜨리는 것이다. 어떤 물질 1 kg의 온도를 1 °C 올리는 데 드는 열량을 비열이라 하고 1-② 액체가 기화하여 기체로 될 때 흡수하는 열을 증발 잠열이라고 하는데, 물은 끓는점이 100°C, 비열이 1 kcal/kg·°C, 증발 잠열이 539 kcal/kg로서 다른 어느 물질보다도 큰 열 흡수 능력을 가지고 있다. 20°C의 물 1 kg이 완전히 증기로 변할 때, 물은 온도를 끓는점까지 올리기 위한 80 kcal의 열량에 이를 증기로 변하게 하기 위한 539 kcal의 열량을 더하여 총 619 kcal를 흡수할 수 있게 된다. 화재가 일어나 분당 6,000 kcal의 열량이 방출되고 있어 물의 냉각 작용만을 통해 화세를 제어하고자 한다면, 20 °C의 물을 분당 10 kg 내보내면 물이 증발하면서 총 6,190 kcal를 흡수할 수 있으므로 연소물로부터 방출되는 열량을 흡수하여 화세를 제어하고 불을 끌 수 있게 된다.

③ 스프링클러가 화세를 제어하는 또 다른 원리는 물의 증기 팽창을 통해 공기 중 물질의 농도를 희석시키거나 연소물에 얇은 막을 형성하여 산소를 차단하는 것이다. 20 °C 물의 비부피 \* 는 0.001 m³/kg이고 100 °C 증기의 비부피는 1.673 m³/kg로서 물이 증기가 되면서 부피가 약 1,600 배 이상 팽창된다. 이러한 증기 팽창은 공기 중 산소의 농도와 가연물이 되는 가연성 증기의 농도를 희석시켜 연소를 억제하는 효과를 준다. 증기 팽창에 의한 작용을 극대화하기 위해서는 물의 증발 효율을 높여야 하는데 이를 위해서는 물 입자의 크기를 작게 만들어 단위 부피당 표면적을 크게 하는 것이 필요하다. 그리고 물방울의 입자를 더욱 작은 미립자로 분무할 경우에는 매우 얇은 막의 형성을 뜻하는 에멀전(emulsion) 효과가 발생한다. 유류 화재와 같이 물이 소화제로서 적합하지 않은 상황에서도 미세한 물 입자를 이용한 분무는, 물이 유류 표면에 얇은 막을 형성할 수 있도록 해 준다. 이렇게 형성된 얇은 막은 산소를 차단하여 질식소화의 효과를 발휘하게 한다.

④ 이러한 원리를 바탕으로 스프링클러가 화재 초기에 화세를 제어하게 되면, 연소의 진행으로 인해 쌓인 가연성 가스가 폭발하여 화재 공간 전체가 화염에 휩싸이는 데 이르는 시간을 지연시킬 수 있다. 또한 1-④ 실내 거주자가 화재에 견딜 수 있는 상황을 만들어 주기 때문에 피난 시간을 확보할 수 있게 된다. 그리고 스프링클러가 온도를 감지하여 자동으로 작동하는 특성은 야간이나 유동 인원이 적은 공간에서도 화재 감지 및 경보, 소화를 할 수 있게 해 준다는 점에서 의의를 지닌다.

\* 화세 : 불이 타오르는 기세.  
\* 비부피 : 단위 질량의 물질이 차지하는 부피.

1. 앞글의 ㉠과 <보기>의 ㉡를 비교한 설명으로 가장 적절한 것은?

보기

1-⑤ 휴대가 용이하고 사용이 간편해 작은 화재에 주로 사용하는 ㉡ 분말 소화기는 용기에 탄산수소나트륨의 건조 분말을 넣고 따로 방사용의 이산화탄소 용기를 부착한 것이다. 1-① 화재 발생 시 사용자가 손잡이를 강하게 누르면 1-②,③ 탄산수소나트륨 분말이 이산화탄소의 압력에 의해 방출되고 화염에 의해 분해되어 이산화탄소가 발생한다. 이를 통해 산소 차단과 냉각 효과가 발생하여 불을 끌 수 있게 된다.

(92%) ① ㉠이 감열체가 열을 감지하고 헤드로부터 자동으로 이탈하는 것과 달리, ㉡는 사용자의 조작 과정이 요구된다.

※ 동의이항의 원리 (같은 뜻 다른 표현)

보기 : 사용자가 손잡이를 강하게 누르면

= 선지 : 사용자의 조작 과정

(2%) ② ㉠이 액체가 기체가 되는 성질을 이용하는 것과 달리, ㉡는 기체가 액체가 되는 성질을 이용한다.

※ ㉠이 기체가 되는 성질을 이용하는 것은 맞지만 ㉡는 탄산수소나트륨을 고체, 분말 형태로 저장하고 있다가 화염에 의해 분해되어 기체가 발생하는 것이다. (액화, 액체가 아닌 기체가 되는 성질을 이용한 것이다.)

(1%) ③ ㉠, ㉡ 모두 약제를 내보내기 위해 이산화탄소의 압력을 이용한다.

※ ㉡는 이산화탄소의 압력을 이용하는 것이 맞지만 ㉠은 이산화탄소를 이용한다는 언급이 없다.

(2%) ④ ㉠, ㉡ 모두 실내외의 화세를 제어하는 목적으로 설치된다.

※ ㉠은 건물에 설치되고 실내 거주자 화재에 견딜 수 있는 상황을 만들어 준다. 따라서 실내의 화재만을 제어하는 목적을 갖는다.

(0%) ⑤ ㉠, ㉡ 모두 화재에 대비하여 휴대하는 것이 가능하다.

※ 휴대가 용이한 것은 ㉡이다. ㉠은 건물에 설치되어 휴대가 불가능하다.

일반 해설

정답해설 : 보기의 소화기와 지문의 스프링클러의 차이점을 잘 정리하면 어렵지 않게 풀 수 있는 문제이다. ㉠은 헤드의 감열체가 열을 감지하여 자동으로 작동하게 되는 반면, ㉡는 사용자가 직접 손잡이를 누르는 조작 과정이 요구된다. 정답 ① [오답풀이] ② ㉠은 약제인 물이 기체가 되면서 열을 흡수하고 부피가 팽창하는 성질을 이용하지만, ㉡는 고체인 분말이라는 약제를 이용하므로, 기체가 액체가 되는 성질을 이용한다는 설명은 적절하지 않다. ③ 이산화탄소의 압력을 이용하여 약제인 탄산수소나트륨 분말을 방출하는 것은 ㉡이다. ㉠은 이에 해당되지 않는다. ④ ㉠은 실외의 화세를 제어하기 위한 목적으로 설치되지 않는다. ⑤ ㉠은 화재에 대비하여 휴대하는 것이 불가능하다.

① 광통신은 빛을 이용하기 때문에 정보의 전달은 매우 빠를 수 있지만, 광통신 케이블의 길이가 증가함에 따라 빛의 세기가 감소하기 때문에 원거리 통신의 경우 수신되는 광신호는 매우 약해질 수 있다. 빛은 광자의 흐름이므로 빛의 세기가 약하다는 것은 단위 시간당 수신기에 도달하는 광자\*의 수가 적다는 뜻이다. 따라서 광통신에서는 적어진 수의 광자를 검출\*하는 장치가 필수적이며, 약한 광신호를 측정 가능한 크기의 전기 신호로 변환해 주는 반도체 소자\*로서 **애벌랜치 광다이오드**가 널리 사용되고 있다.

② **애벌랜치 광다이오드**는 크게 흡수층, 애벌랜치 영역, 전극으로 구성되어 있다. 흡수층에 충분한 에너지를 가진 광자가 입사\*되면 전자(-)와 양공(+) 쌍이 생성될 수 있다. 이때 입사되는 광자 수 대비 생성되는 전자-양공 쌍의 개수를 **양자 효율**이라 부른다. 소자의 특성과 입사광의 파장에 따라 결정되는 양자 효율은 애벌랜치 광다이오드의 성능에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나이다.

③ 흡수층에서 생성된 전자와 양공은 각각 양의 전극과 음의 전극으로 이동하며, 이 과정에서 전자는 애벌랜치 영역을 지나게 된다. 이곳에는 소자의 전극에 걸린 역방향 전압으로 인해 강한 전기장이 존재하는데, 이 전기장은 역방향 전압이 클수록 커진다. 이 영역에서 전자는 강한 전기장 때문에 급격히 가속되어 큰 속도를 갖게 된다. 이후 충분한 속도를 얻게 된 전자는 애벌랜치 영역의 반도체 물질을 구성하는 원자들과 충돌하여 속도가 줄어들며 새로운 전자-양공 쌍을 만드는데, 이 현상을 충돌 이온화라 부른다. 새롭게 생성된 전자와 기존의 전자가 같은 원리로 전극에 도달할 때까지 애벌랜치 영역에서 다시 가속되어 충돌 이온화\*를 반복적으로 일으킨다. 그 결과 전자의 수가 크게 늘어나는 것을 '애벌랜치 증배'라고 부르며 전자의 수가 늘어나는 정도, 즉 **애벌랜치 영역으로 유입된 전자당 전극으로 방출되는 전자의 수를 **증배 계수**라고 한다.** 증배 계수는 애벌랜치 영역의 전기장의 크기가 클수록, 작동 온도가 낮을수록 커진다. 전류의 크기는 단위 시간당 흐르는 전자의 수에 비례한다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 광신호의 세기는 전류의 크기로 변환된다.

④ 한편 애벌랜치 광다이오드는 흡수층과 애벌랜치 영역을 구성하는 반도체 물질에 따라 검출이 가능한 빛의 파장\* 대역\*이 다르다. 예를 들어 실리콘은 300 ~ 1,100 nm \* , 저마늄은 800 ~ 1,600 nm 파장 대역의 빛을 검출하는 것이 가능하다. 현재 다양한 사용자의 요구와 필요를 만족시키기 위해 여러 종류의 애벌랜치 광다이오드가 제작되어 사용되고 있다.

\* nm : 나노미터. 10억 분의 1미터.

**내용정리**

이 지문은 케이블의 길이에 따라 약해지는 광신호를 강한 전류로 변환시켜 신호의 전달을 무리 없이 하는 애벌랜치 광다이오드란 기술을 설명하고 있다. 약한 광신호를 강한 전류로 변환시키는 방법은 두 가지가 있는데 하나가 양자 효율을 높이는 것이고 나머지가 증배 계수를 높이는 것이다. 양자 효율은 다이오드에 들어온 광자(빛 입자, 광 신호)가 전자-양공(전기 신호)로 바뀌는 효율이다. 당연히 양자 효율이 좋으면 (적은 광자를 많은 전자-양공으로 바꾸면) 약한 광신호가 강한 전류로 바뀌게 된다. 지문에서 주로 설명된 것은 증배 계수이다. 증배 계수란 광자에서 바뀐 전자-양공의 수가 충돌 이온화 과정을 통해 늘어나는 것을 말한다. 역시 증배 계수가 높으면 강한 전류로 변환된다.

2. 윗글을 바탕으로 <보기>의 '본 실험' 결과를 예측한 것으로 적절하지 않은 것은?

**보기**

- 예비 실험 : 일정한 세기를 가지는 800 nm 파장의 빛을 길이가 1 m인 광통신 케이블의 한쪽 끝에 입사시키고, 다른 쪽 끝에 실리콘으로 만든 애벌랜치 광다이오드를 설치하여 전류를 측정하였다. 이때 100 nA의 전류가 측정되었고 증배 계수는 40이었다. 작동 온도는 0°C, 역방향 전압은 110 V였다. 제품 설명서에 따르면 750 ~ 1,000nm 파장 대역에서는 파장이 커짐에 따라 양자 효율이 작아진다.
- 본 실험: 동일한 애벌랜치 광다이오드를 가지고 작동 조건을 하나씩 달리하며 성능을 시험한다. 이때 나머지 작동 조건은 예비 실험과 동일하게 유지한다.

**※ 지문과 보기의 관계 - 동일**

(지문에 대한 이론을 구체적 사례에 적용, 지문: 이론, 보기: 사례-그림)

- 지문에 설명된 증배 계수와 전류, 자기장, 온도의 관계를 보기의 사례에 적용시키는 문제이다. 정비례, 반비례 관계를 정확히 적용해 증배 계수와 전류, 전기장, 온도의 상관관계를 파악해야 한다.

**【일반해설】**

기술, '애벌랜치 광다이오드'  
 지문해설 : 이 글은 광통신에서 사용하는 '애벌랜치 광다이오드'에 대해 설명하고 있다. 빛을 이용하여 정보를 전달하는 광통신은 케이블의 길이가 증가함에 따라 빛의 세기가 감소하기 때문에 약한 광신호를 측정 가능한 크기의 전기 신호로 변환해 주어야 하는데, 이때 사용되는 반도체 소자가 애벌랜치 광다이오드이다. 애벌랜치 광다이오드는 크게 흡수층, 애벌랜치 영역, 전극으로 구성된다. 흡수층은 충분한 에너지를 가진 광자가 입사되면 전자(-)와 양공(+) 쌍이 생성되는 곳이다. 흡수층에 입사되는 광자 수 대비 생성되는 전자-양공 쌍의 개수를 '양자 효율'이라 하는데, 양자 효율은 소자의 특성과 입사광의 파장에 따라 결정된다. 흡수층에서 형성되는 전자와 양공은 각각 양의 전극과 음의 전극으로 이동하는데 이 과정에서 전자는 애벌랜치 영역을 지나게 된다. 이 영역에서 전자가 강한 전기장에 의해 급속히 가속되어 충분한 속도를 얻게 되면 애벌랜치 영역의 반도체 물질을 구성하는 원자들과 충돌하여 새로운 전자-양공 쌍을 만들게 되는데 이를 '충돌 이온화'라 부른다. 충돌 이온화는 새롭게 생성된 전자와 기존의 전자가 전극에 도달할 때까지 반복적으로 일어나게 된다. 애벌랜치 영역으로 유입된 전자당 전극으로 방출되는 전자의 수를 '증배 계수'라고 하는데 증배 계수는 애벌랜치 영역의 전기장의 크기가 클수록, 작동 온도가 낮을수록 커진다. 한편 애벌랜치 광다이오드는 흡수층과 애벌랜치 영역을 구성하는 반도체 물질에 따라 검출이 가능한 빛의 파장 대역이 다르다.

[주제] 애벌랜치 광다이오드의 작동 과정

**※ 어휘 풀이**

- \*광자: 빛의 요소가 되는 입자.
- \*검출: 검사하여 찾아냄.
- \*소자: 전기·전자 기기나 회로에서, 중요한 기능을 갖는 개개의 구성 요소
- \*입사: 하나의 매질(媒質) 속을 지나가는 소리나 빛의 파동이 다른 매질의 경계면에 이르는 일.
- \*전기장: 대전체(帶電體)의 전기 작용이 존재하고 있는 장소.
- \*이온화: 원자 또는 분자가 전자를 얻거나 잃어서 이온으로 되는 현상.
- \*파장: 파동의 마루와 다음 마루까지의, 또는 골과 다음 골까지의 거리.
- \*대역: 어떤 폭으로써 정해진 범위. 최대 주파수에서 최저 주파수까지의 구역을 말한다.

	<b>기본 독해</b>
1단락	애벌랜치 광다이오드의 개념
2단락	애벌랜치 광다이오드의 구성과 양자 효율의 개념, 중요성
3단락	광신호의 세기가 전류의 크기로 변환되는 과정, 증배 계수, 전기장, 온도, 전류의 상관관계
4단락	빛의 파장 대역에 따른 여러 애벌랜치 광다이오드의 사용

★ 광케이블의 길이가 길어지면 광신호가 약해지는 문제를 해결하기 위해 약한 광신호를 측정 가능한 전기 신호로 바뀌는 애벌랜치 광다이오드에 대한 설명문이다. 일종의 신호 증폭 장치라고 이해하면 쉽다. 3단락의 다소 복잡한 변환 과정과 변환에 영향을 미치는 각 요소들의 상관관계를 파악하는 것이 지문이해의 핵심이다.

① 광통신은 빛을 이용하기 때문에 정보의 전달은 매우 빠를 수 있지만, 2-④ 광통신 케이블의 길이가 증가함에 따라 빛의 세기가 감소하기 때문에 원거리 통신의 경우 수신되는 광신호는 매우 약해질 수 있다. 빛은 광자의 흐름이므로 빛의 세기가 약하다는 것은 단위 시간당 수신기에 도달하는 광자의 수가 적다는 뜻이다. 따라서 광통신에서는 적어진 수의 광자를 검출하는 장치가 필수적이며, 약한 광신호를 측정 가능한 크기의 전기 신호로 변환해 주는 반도체 소자로서 애벌랜치 광다이오드가 널리 사용되고 있다.

② 애벌랜치 광다이오드는 크게 흡수층, 애벌랜치 영역, 전극으로 구성되어 있다. 흡수층에 충분한 에너지를 가진 광자가 입사되면 전자(-)와 양공(+) 쌍이 생성될 수 있다. 이때 입사되는 2-⑤ 광자 수 대비 생성되는 전자-양공 쌍의 개수를 양자 효율이라 부른다. 소자의 특성과 입사광의 파장에 따라 결정되는 양자 효율은 애벌랜치 광다이오드의 성능에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나이다.

③ 흡수층에서 생성된 전자와 양공은 각각 양의 전극과 음의 전극으로 이동하며, 이 과정에서 전자는 애벌랜치 영역을 지나게 된다. 이곳에는 소자의 전극에 걸린 역방향 전압으로 인해 강한 전기장이 존재하는데, 이 2-①,②,③ 전기장은 역방향 전압이 클수록 커진다. 이 영역에서 전자는 강한 전기장 때문에 급격히 가속되어 큰 속도를 갖게 된다. 이후 충분한 속도를 얻게 된 전자는 애벌랜치 영역의 반도체 물질을 구성하는 원자들과 충돌하여 속도가 줄어들며 새로운 전자-양공 쌍을 만드는데, 이 현상을 충돌 이온화라 부른다. 새롭게 생성된 전자와 기존의 전자가 같은 원리로 전극에 도달할 때까지 애벌랜치 영역에서 다시 가속되어 충돌 이온화를 반복적으로 일으킨다. 그 결과 전자의 수가 크게 늘어나는 것을 '애벌랜치 증배'라고 부르며 2-①,②,③,④ 전자의 수가 늘어나는 정도, 즉 애벌랜치 영역으로 유입된 전자당 전극으로 방출되는 전자의 수를 증배 계수라고 한다. 증배 계수는 애벌랜치 영역의 전기장의 크기가 클수록, 작동 온도가 낮을수록 커진다. 전류의 크기는 단위 시간당 흐르는 전자의 수에 비례한다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 광신호의 세기는 전류의 크기로 변환된다.

④ 한편 애벌랜치 광다이오드는 흡수층과 애벌랜치 영역을 구성하는 반도체 물질에 따라 검출이 가능한 빛의 파장 대역이 다르다. 예를 들어 실리콘은 300~1,100 nm \* , 저마늄은 800~1,600 nm 파장 대역의 빛을 검출하는 것이 가능하다. 현재 다양한 사용자의 요구와 필요를 만족시키기 위해 여러 종류의 애벌랜치 광다이오드가 제작되어 사용되고 있다.

\* nm : 나노미터. 10억 분의 1미터.

일반 해설

정답해설 : 증배 계수, 전자의 수, 전류의 세기, 작동 온도, 역방향 전압 등의 정비례, 반비례 관계를 정확히 파악하도록 한다. 3분단에 따르면 애벌랜치 영역으로 유입된 전자당 전극으로 방출되는 전자의 수를 '증배 계수'라고 한다. 그런데 증배 계수는 애벌랜치 영역의 전기장의 크기가 클수록, 작동 온도가 낮을수록 커진다. 따라서 예비 실험에서의 애벌랜치 광다이오드의 작동 온도 0°C를 본 실험에서 20°C로 높이면 증배 계수가 감소해 단위 시간당 전극으로 방출되는 전자의 수가 줄어들게 된다. 정답 ③ [오답피하기] ① 전기장은 역방향 전압이 클수록 커지고, 증배 계수는 전기장의 크기가 클수록 커진다. 따라서 예비 실험에서의 전압 110V를 본 실험에서 100V로 낮추면 증배 계수는 예비 실험에서의 40보다 작아진다. ② 본 실험에서 역방향 전압을 120V로 높이면 예비 실험에서보다 증배 계수가 늘어나 전극으로 방출되는 전자의 수가 증가하게 된다. 그렇게 되면 광신호의 세기가 커지므로 예비 실험에서보다 더 약한 빛을 검출하는 데 유리하다. ④ 광통신 케이블의 길이가 증가하면 빛의 세기가 감소해 수신되는 광신호는 매우 약해진다. 따라서 예비 실험에서의 광통신 케이블 1m를 본 실험에서 100m로 늘리면 측정되는 광신호, 즉 전류는 예비 실험에서의 100nA보다 작아진다. ⑤ 예비 실험을 수행할 때 제공된 제품 설명서에 따르면 750~1,000nm 파장 대역에서는 파장이 커짐에 따라 양자 효율이 작아진다고 하였다. 따라서 예비 실험에서의 800nm 파장의 빛을 본 실험에서 900nm 파장의 빛으로 바꾸면 양자 효율이 작아져 본 실험에서는 예비 실험에서의 전류 100nA보다 작아진다.

2. 윗글을 바탕으로 <보기>의 '본 실험' 결과를 예측한 것으로 적절하지 않은 것은?

보기

- 예비 실험 : 일정한 세기를 가지는 800 nm 파장의 빛을 길이가 1 m인 광통신 케이블의 한쪽 끝에 입사시키고, 다른 쪽 끝에 실리콘으로 만든 애벌랜치 광다이오드를 설치하여 전류를 측정하였다. 이때 100 nA의 전류가 측정되었고 증배 계수는 40이었다. 작동 온도는 0°C, 역방향 전압은 110 V였다. 제품 설명서에 따르면 2-⑤ 750~1,000nm 파장 대역에서는 파장이 커짐에 따라 양자 효율이 작아진다.
- 본 실험: 동일한 애벌랜치 광다이오드를 가지고 작동 조건을 하나씩 달리하며 성능을 시험한다. 이때 나머지 작동 조건은 예비 실험과 동일하게 유지한다.

※ 지문과 보기의 관계 - 동일

(지문에 대한 이론을 구체적 사례에 적용, 지문: 이론, 보기: 사례)

※ 보기와 지문의 공통된 내용을 찾아 적용시키는 것이 문제풀이의 핵심이다. 보기의 '증배 계수, 온도, 파장 대역'에 관한 내용을 지문에서 연결해 선지의 정오를 파악한다.

- (3%) ① 역방향 전압을 100 V로 바꾼다면 증배 계수는 40보다 작아지겠군.
  - ※ 역방향 전압과 전기장은 비례관계이다. 전기장과 증배 계수는 비례 관계이다. 따라서 역방향 전압이 작아지면(110V→100V) 증배 계수도 작아진다.
- (7%) ② 역방향 전압을 120 V로 바꾼다면 더 약한 빛을 검출하는 데 유리하겠군.
  - ※ 역방향 전압과 전기장은 비례관계이다. 전기장과 증배 계수는 비례 관계이다. 따라서 역방향 전압이 커지면(110V→120V) 증배 계수도 커진다. 증배 계수가 커지면 전자의 수가 광자의 수에 비해 늘어나는 정도가 커지는 것이므로 더 약한 빛을 검출하는 데 유리하다.
- (81%) ③ 작동 온도를 20°C로 바꾼다면 단위 시간당 전극으로 방출되는 전자의 수가 늘어나겠군.
  - ※ 작동 온도와 증배 계수는 반비례 관계이다. 증배 계수는 전자의 수가 늘어나는 정도이기 때문에 증배 계수가 줄어들면 전자의 수도 줄어든다. 따라서 온도가 올라가면(0°C→20°C) 전자의 수는 적어진다.
- (4%) ④ 광통신 케이블의 길이를 100 m로 바꾼다면, 측정되는 전류는 100 nA보다 작아지겠군.
  - ※ 길이가 증가하면 빛의 세기가 작아지고 광신호가 약해진다. 광신호가 약해지면 변환되는 전류 역시 약해진다.
- (3%) ⑤ 동일한 세기를 가지는 900 nm 파장의 빛이 입사된다면 측정되는 전류는 100 nA보다 작아지겠군.
  - ※ 750~1,000nm 파장 대역에서 파장이 커지면(800→900) 양자 효율은 작아진다. 양자 효율은 광자 수 대비 생성되는 전자-양공 쌍의 개수이다. 전류의 크기는 전자의 수에 비례한다. 따라서 양자 효율이 작아지면(전자의 수가 줄어들면) 전류도 약해진다.

3. ㉔에 따라 (보기)의 정보를 활용한 홍채 인식 시스템을 설계한다고 할 때, 단계별 고려 사항으로 적절하지 않은 것은?

보기

홍채는 각막과 수정체 사이에 있는 근육 막으로, 빛을 통과시키는 구멍인 동공을 둘러싸고 있다. 홍채 근육은 빛의 양을 조절하기 위해 수축하거나 이완하여 동공의 크기를 조절한다. 홍채에는 불규칙한 무늬가 있는데, 두 사람의 홍채 무늬가 같을 확률은 대략 20억분의 1 정도로 알려져 있다.

※ 지문과 보기의 관계 - 유사, 응용

(지문에 나온 이론을 이용해 사례에 적용, 지문 : 이론·사례, 보기 : 사례)

※ 보기는 지문의 지문 인식 시스템과 같은 과정을 가진 홍채의 무늬를 통한 생체 인식 시스템에 대한 내용이다. 따라서 기본적인 유사점을 확인하고 선지로 들어가기 바란다.

【일반해설】

과학, '지문 인식 시스템'

지문해설 : 이 글은 지문 인식 시스템의 원리와 종류, 그리고 그 인식 단계에 대해 설명하고 있다. 분류의 설명 방법으로 각 지문 인식 시스템들의 특징을 열거하고 있다. 지문은 손가락 표피의 융선과 골이 만들어내는 일정한 흐름의 모양을 가리키는데, 지문 인식 시스템은 등록된 지문과 조회하는 지문이 동일인지 판단함으로써 신원을 확인하는 생체 인식 시스템이다. 지문 인식 시스템에는 '광학식 지문 입력 장치', '정전형 센서식 지문 입력 장치', '초전형 센서식 지문 입력 장치' 등이 있다. 지문 인식 시스템은 일반적인 생체 인식 시스템과 마찬가지로 '생체 정보 수집', '전처리', '특징 데이터 추출', '정합'의 과정을 거쳐 사람의 신원을 판정한다.

[주제] 지문 인식 시스템의 원리와 종류, 인식 단계

※ 어휘 풀이

- \*진피 : 척추동물의 표피(表皮) 아래 있는 섬유성 결합 조직.
- \*표피 : 동물체의 표면을 덮은 세포층.
- \*융기 : 높게 일어나 들뜸. 또는 그런 부분.
- \*홍채 : 안구의 각막과 수정체의 사이에 있는 원반상의 얇은 막
- \*프리즘 : 광선의 굴절·분산 등을 일으키게 하는 유리 또는 수정의 삼각기둥 등의 광학(光學) 부품
- \*입사 : 하나의 매질(媒質) 속을 지나가는 소리나 빛의 파동이 다른 매질의 경계면에 이르는 일
- \*산란 : (물) 파동(波動)이나 입자선(粒子線) 등이 물체와 충돌하여 불규칙하게 흩어지는 현상.

※ 굵은 큰 글씨

: 글 전체의 제재

※ 네모 칸

: 중요 소재

※ 밑줄

: 각 단락의 소주제

① 지문(指紋)은 손가락의 진피\*로부터 땀샘이 표피\*로 융기\*되어 일정한 흐름 모양으로 만들어진 것으로 솟아오른 부분을 융선, 파인 부분을 골이라고 한다. 지문은 진피 부분이 손상되지 않는 한 평생 변하지 않는다. 이 때문에 홍채\*, 정맥, 목소리 등과 함께 **지문은 신원을 확인하기 위한 중요한 생체 정보**로 널리 사용되고 있다.

② **지문 인식 시스템**은 등록된 지문과 조회하는 지문이 동일인지 판단함으로써 **신원을 확인하는 생체 인식 시스템**이다. 지문을 등록하거나 조회하기 위해서는 지문 입력 장치를 통해 지문의 융선과 골이 잘 드러나 있는 지문 영상을 얻어야 한다. 지문 입력 장치는 손가락과의 접촉을 통해 정보를 얻는데, 이때 지문의 융선은 접촉면과 닿게 되고 골은 닿지 않는다. 따라서 지문 입력 장치의 융선과 골에 대응하는 빛의 세기, 전하량, 온도와 같은 물리량에 차이가 발생한다.

③ ㉑ **광학식 지문 입력 장치**는 조명 장치, 프리즘\*, 이미지 센서로 구성되어 있다. 프리즘의 반사면에 손가락을 고정시키면 융선 부분에 묻어 있는 습기나 기름이 반사면에 얇은 막을 형성한다. 조명에서 나와 얇은 막에 입사\*된 빛은 굴절되거나 산란되어 약해진 상태로 이미지 센서에 도달한다. 골 부분은 반사면에 닿아 있지 않으므로 빛이 굴절, 산란\*되지 않고 반사되어 센서에 도달한다. 이미지 센서는 빛의 세기를 디지털 신호로 변환하여 지문 영상을 만든다. 이 장치는 지문이 있는 부위에 땀이나 기름기가 적은 건성 지문인 경우에는 온전한 지문 영상을 획득하기 어렵다.

④ ㉒ **정전형 센서식 지문 입력 장치**는 미세한 정전형 센서들을 촘촘하게 배치한 판을 사용한다. 이 판에는 전기가 흐르고 각 센서마다 전하가 일정하게 충전되어 있다. 판에 손가락이 닿으면 전하가 방전되어 센서의 전하량이 줄어든다. 이때 융선이 접촉된 센서와 그렇지 않은 센서는 전하량에 차이가 생기는데, 각 센서의 전하량을 변환해 지문 영상을 얻는다.

⑤ ㉓ **초전형 센서식 지문 입력 장치**는 인체의 온도 변화를 감지하는 여러 개의 작은 초전형 센서를 손가락의 폭에 해당하는 길이만큼 일렬로 배치해서 사용한다. 이 센서는 온도가 변할 때에만 신호가 발생하는 특성이 있다. 센서가 늘어선 방향과 직각 방향으로 손가락을 접촉시킨 채 이동시키면, 접촉면과 지문의 융선 사이에 마찰열이 발생하여 융선과 골에 따라 센서의 온도가 달라진다. 이때 발생하는 미세한 온도 변화를 센서가 감지하고 이에 해당하는 신호를 변환하여 연속적으로 저장해 지문 영상을 얻는다. 이 장치는 다른 지문 입력 장치보다 소형화할 수 있어 스마트폰과 같은 작은 기기에 장착할 수 있다.

⑥ ㉔ 일반적으로 생체 인식 시스템에서는 **‘생체 정보 수집’, ‘전처리’, ‘특징 데이터 추출’, ‘정합’의 과정**을 거치는데 지문 인식 시스템도 이를 따른다. 생체 정보 수집 단계는 지문 입력 장치를 사용하여 지문 영상을 얻는 과정에 해당한다. 전처리 단계에서는 지문 형태와 무관한 영상 정보를 제거하고 지문 형태의 특징이 부각되도록 지문 영상을 보정한다. 특징 데이터 추출 단계에서는 전처리 단계에서 보정된 영상으로부터 각 지문이 가진 고유한 특징 데이터를 추출한다. 특징 데이터로는 융선의 분포 유형, 융선의 위치와 연결 상태 등이 사용된다. 정합 단계에서는 사전에 등록되어 있는 특징 데이터와 지문 조회를 위해 추출된 특징 데이터를 비교하여 유사도를 계산한다. 이 값이 기준치보다 크면 동일한 사람의 지문으로 판정한다.

기본 독해

1단락	지문의 특징
2단락	지문 인식 시스템의 개념과 기본 원리
3단락	광학식 지문 입력 장치의 구성과 원리, 특징
4단락	정전형 지문 입력 장치의 구성과 원리, 특징
5단락	초전형 지문 입력 장치의 구성과 원리, 특징
6단락	지문 인식의 과정

★ 지문 인식 시스템을 종류별로 설명한 글이다.

① 지문(指紋)은 손가락의 진피로부터 땀샘이 표피로 용기되어 일정한 흐름 모양으로 만들어진 것으로 솟아오른 부분을 융선, 파인 부분을 골이라고 한다. 지문은 진피 부분이 손상되지 않는 한 평생 변하지 않는다. 이 때문에 홍채, 정맥, 목소리 등과 함께 지문은 신원을 확인하기 위한 중요한 생체 정보로 널리 사용되고 있다.

② 지문 인식 시스템은 등록된 지문과 조회하는 지문이 동일하지 판단함으로써 신원을 확인하는 생체 인식 시스템이다. 지문을 등록하거나 조회하기 위해서는 지문 입력 장치를 통해 지문의 융선과 골이 잘 드러나 있는 지문 영상을 얻어야 한다. 지문 입력 장치는 손가락과의 접촉을 통해 정보를 얻는데, 이때 지문의 융선은 접촉면과 닿게 되고 골은 닿지 않는다. 따라서 지문 입력 장치의 융선과 골에 대응하는 빛의 세기, 전하량, 온도와 같은 물리량에 차이가 발생한다.

③ ① 광학식 지문 입력 장치는 조명 장치, 프리즘, 이미지 센서로 구성되어 있다. 프리즘의 반사면에 손가락을 고정시키면 융선 부분에 묻어 있는 습기나 기름이 반사면에 얇은 막을 형성한다. 조명에서 나와 얇은 막에 입사된 빛은 굴절되거나 산란되어 약해진 상태로 이미지 센서에 도달한다. 골 부분은 반사면에 닿아 있지 않으므로 빛이 굴절, 산란되지 않고 반사되어 센서에 도달한다. 이미지 센서는 빛의 세기를 디지털 신호로 변환하여 지문 영상을 만든다. 이 장치는 지문이 있는 부위에 땀이나 기름기가 적은 건성 지문인 경우에는 온전한 지문 영상을 획득하기 어렵다.

④ ① 정전형 센서식 지문 입력 장치는 미세한 정전형 센서들을 촘촘하게 배치한 판을 사용한다. 이 판에는 전기가 흐르고 각 센서마다 전하가 일정하게 충전되어 있다. 판에 손가락이 닿으면 전하가 방전되어 센서의 전하량이 줄어든다. 이때 융선이 접촉된 센서와 그렇지 않은 센서는 전하량에 차이가 생기는데, 각 센서의 전하량을 변환해 지문 영상을 얻는다.

⑤ ① 초전형 센서식 지문 입력 장치는 인체의 온도 변화를 감지하는 여러 개의 작은 초전형 센서를 손가락의 폭에 해당하는 길이만큼 일렬로 배치해서 사용한다. 이 센서는 온도가 변할 때에만 신호가 발생하는 특성이 있다. 센서가 늘어난 방향과 직각 방향으로 손가락을 접촉시킨 채 이동시키면, 접촉면과 지문의 융선 사이에 마찰열이 발생하여 융선과 골에 따라 센서의 온도가 달라진다. 이때 발생하는 미세한 온도 변화를 센서가 감지하고 이에 해당하는 신호를 변환하여 연속적으로 저장해 지문 영상을 얻는다. 이 장치는 다른 지문 입력 장치보다 소형화할 수 있어 스마트폰과 같은 작은 기기에 장착할 수 있다.

⑥ ① 일반적으로 생체 인식 시스템에서는 '생체 정보 수집', '전처리', '특징 데이터 추출', '정합'의 과정을 거치는데 지문 인식 시스템도 이를 따른다. 생체 정보 수집 단계는 지문 입력 장치를 사용하여 지문 영상을 얻는 과정에 해당한다. 3-②, ③ 전처리 단계에서는 지문 형태와 무관한 영상 정보를 제거하고 지문 형태의 특징이 부각되도록 지문 영상을 보정한다. 특징 데이터 추출 단계에서는 전처리 단계에서 보정된 영상으로부터 각 지문이 가진 고유한 특징 데이터를 추출한다. 특징 데이터로는 융선의 분포 유형, 융선의 위치와 연결 상태 등이 사용된다. 3-⑤ 정합 단계에서는 사전에 등록되어 있는 특징 데이터와 지문 조회를 위해 추출된 특징 데이터를 비교하여 유사도를 계산한다. 이 값이 기준치보다 크면 동일한 사람의 지문으로 판정한다.

3. ㉠에 따라 <보기>의 정보를 활용한 홍채 인식 시스템을 설계한다고 할 때, 단계별 고려 사항으로 적절하지 않은 것은?

보기

홍채는 각막과 수정체 사이에 있는 근육 막으로, 빛을 통과시키는 구멍인 동공을 둘러싸고 있다. 홍채 근육은 빛의 양을 조절하기 위해 수축하거나 이완하여 동공의 크기를 조절한다. 3-④ 홍채에는 불규칙한 무늬가 있는데, 두 사람의 홍채 무늬가 같을 확률은 대략 20억분의 1 정도로 알려져 있다.

(5%) ① [생체 정보 수집] 홍채의 바깥에 각막이 있으므로 홍채 정보를 수집할 때에는 지문 입력 장치와 달리, 홍채 입력 장치와 홍채가 직접 닿지 않게 하는 방식을 고려해야겠군.

※ 일반적 논리(일반적 논리 : 지문이나 보기의 내용이 아닌 일반적 상식에 의거하여 지문의 정오를 판단하는 방법)로 접근해야 하는 선지이다. 각막은 접촉이 어렵다는 기본적 상식으로 선지가 옳은 내용임을 파악한다.

(8%) ② [전처리] 생체 정보 수집 단계에서 얻은 영상에서 홍채의 불규칙한 무늬가 나타난 부분만을 분리하는 과정이 필요하겠군.

※ 동의이형의 원리 (같은 뜻 다른 표현)

지문 : 형태와 무관한 영상 정보를 제거

=보기 : 무늬가 나타난 부분만을 분리

(4%) ③ [전처리] 홍채의 불규칙한 무늬가 선명하게 드러날 수 있도록 생체 정보 수집 단계에서 얻은 영상을 보정해야겠군.

※ 3-③ 참고

(80%) ④ [특징 데이터 추출] 홍채 근육에 의해 동공의 크기가 달라진다는 점을 고려하여 홍채에서 동공이 차지하는 비율을 특징 데이터로 추출해야 하겠군.

※ 홍채를 통한 생체 인식 장치의 판별은 동공의 크기가 아닌 홍채 무늬로 이루어진다. 동공 크기가 사람마다 다르다는 정보는 지문과 보기에 없기 때문이다.

(1%) ⑤ [정합] 등록된 홍채의 특징 데이터와 조회하려는 홍채의 특징 데이터 사이의 유사도를 판정하는 단계이므로 유사도의 기준치가 정해져 있어야 하겠군.

※ 3-⑤ 참고

일반 해설

정답해설 : 보기에서 홍채 무늬가 다른 사람과 구별되는 차이를 가진다는 내용으로 답을 골라야 하는 문제이다. 다소 당연한 '일반적 논리' (일반적 논리 : 지문이나 보기의 내용이 아닌 일반적 상식에 의거하여 지문의 정오를 판단하는 방법)가 적용되는 문제이다. 지문 인식 시스템에서의 '특징 데이터'가 각 지문이 가진 고유한 특징 데이터라면 (6문단 참조), <보기>의 홍채 인식 시스템에서의 '특징 데이터'는 홍채의 불규칙한 무늬로 볼 수 있다. 홍채 근육에 의해 동공의 크기가 달라지기는 하나, 이러한 변화로 두 사람의 차이를 알아낼 수 있는 것은 아니다. 따라서 홍채에서 동공이 차지하는 비율을 두 사람의 차이를 드러내는 특징 데이터로 보기 어렵다.

정답 ④ [오답피하기] ① 지문 입력 장치에서는 손가락을 장치에 직접 갖다 대지만, 홍채는 각막에 둘러싸여 있으므로 장치와 홍채가 직접 닿지 않도록 유의하여야 할 것이다.

③ 지문 인식 시스템에서의 '전처리'는 지문 형태와 무관한 정보를 제거하거나 지문 형태의 특징이 부각되도록 영상을 보정하는 단계인데, '홍채 인식 시스템'에서의 '전처리' 때도 (사람마다 다르게 나타나는) 홍채의 불규칙한 무늬를 분리하거나 무늬를 선명하게 보정하는 일을 할 수 있다. ⑤ 지문 인식 시스템에서는 등록되어 있는 특징 데이터와 추출된 특징 데이터를 비교하여 유사도를 계산하고 이 값을 기준치와 비교해 본다고 하였는데, 홍채 인식 시스템에서도 유사도를 판정하는 단계에서 기준치가 필요할 것임을 알 수 있다.

4. 뒷글을 바탕으로 할 때, <보기>의 '원판'의 회전 운동에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

보기

돌고 있는 원판 위의 두 점 A, B는 그 원판의 중심 O를 수직으로 통과하는 회전축에서 각각 0.5R, R만큼 떨어져 O, A, B의 순서로 한 직선 위에 있다. A, B에는 각각 OA, OB와 직각 방향으로 표면과 평행하게 같은 크기의 힘이 작용하여 원판을 각각 시계 방향과 시계 반대 방향으로 밀어 준다. 현재 이 원판은 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. 단, 원판에는 다른 힘이 작용하지 않고 회전축은 고정되어 있다.

※ 지문과 보기의 관계 - 동일 (지문 : 이론·사례, 보기 : 사례)

- 지문 5단락과 거의 같은 사례를 제시하고 지문의 알짜 돌림힘과 양의 일, 음의 일 개념을 적용해야 풀 수 있는 문제이다. 어렵지 않은 계산이 필요하니 당황하지 말고 문제에 접근하기 바란다.

※ 보기 분석

- 현재의 원판 : 시계 반대방향으로 운동
- A에 가한 힘 : 0.5R, 시계 방향      - B에 가한 힘 : 1R, 시계 반대 방향
- 먼저 돌림힘을 구하려면 거리와 힘을 곱해야 한다.
- A의 돌림힘 :  $0.5R \times N = 0.5RN \cdot m$
- B의 돌림힘 :  $R \times N = RN \cdot m$
- ∴ 알짜 돌림힘 :  $RN \cdot m - 0.5RN \cdot m = 0.5RN \cdot m$
- 알짜 돌림힘이 한 일 → B의 방향으로 회전 ( $0.5RN \cdot m \times$  회전각도 )

【일반해설】

과학 - '지레의 원리에 담긴 돌림힘'  
지문해설 : 이 글은 지레의 원리에 담긴 돌림힘을 다루고 있다. 돌림힘이란 물체의 회전 상태에 변화를 일으키는 힘의 효과이다. 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 물체까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현할 수 있다. 즉, 지레나 회전하는 물체에 힘을 주었을 경우에는 그 힘이 그대로 들어가는 것이 아니라 지레의 받침점과 회전축에서 힘점까지의 거리를, 가해준 힘에 곱해야 한다는 것이다. 한편 동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라고 하는데, 알짜 돌림힘은 돌림힘의 방향과 크기에 따라 달라질 수 있다. 일상 생활에서 돌림힘은 항상 두 개 이상이다. 마찰이 있기 때문이다. 이때, 물체가 한 일을 구하려면 마찰에 관여된 힘을 빼고 회전하는 물체가 움직인 각도를 곱해야 한다. 다시 말해, 물체의 회전 속도 변화는 알짜 돌림힘이 물체에 일을 해 주었을 때에만 일어나는데, 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱으로 나타낼 수 있다. 알짜 돌림힘이 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하면 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 하는데, 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고, 음의 일을 하면 물체의 회전 운동 에너지는 감소한다. 이때 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다.

[주제] 알짜 돌림힘의 작용에 따른 물체의 회전 속도 및 회전 운동 에너지의 변화

※ 5단락 분석

- 5단락은 2단락, 4단락과 연계하여 독해를 해야 한다.
- 먼저 돌림힘을 구하려면 거리와 힘을 곱해야 한다.
- 갑의 돌림힘 :  $1m \times 300N = 300N \cdot m$
- 을의 돌림힘 :  $2m \times 200N = 400N \cdot m$
- ∴ 알짜 돌림힘 :  $400N \cdot m - 300N \cdot m = 100N \cdot m$
- 알짜 돌림힘이 한 일 → 을의 방향으로 회전
- $100N \cdot m \times 0.5\pi$ 라디안 =  $50\pi J$

※ 어휘 풀이

- \*양상: 생김새. 모습. 모양.
- \*알짜: 여럿 중에서 가장 중요하거나 훌륭한 물건. 알짜.
- \*라디안 : 각도의 이론상의 단위. 원의 반지름의 길이와 같은 호(弧)의 길이가 원의 중심에서 이루는 각

① 지레는 받침과 지렛대를 이용하여 물체를 쉽게 움직일 수 있는 도구이다. 지레에서 힘을 주는 곳을 힘점, 지렛대를 받치는 곳을 받침점, 물체에 힘이 작용하는 곳을 작용점이라 한다. 받침점에서 힘점까지의 거리가 받침점에서 작용점까지의 거리에 비해 멀수록 힘점에 작은 힘을 주어 작용점에서 물체에 큰 힘을 가할 수 있다. 이러한 지레의 원리에는 돌림힘의 개념이 숨어 있다.

② 물체의 회전 상태에 변화를 일으키는 힘의 효과를 돌림힘이라고 한다. 물체에 회전 운동을 일으키거나 물체의 회전 속도를 변화시키려면 물체에 힘을 가해야 한다. 같은 힘이라도 회전축으로부터 얼마나 멀리 떨어진 곳에 가해 주느냐에 따라 회전 상태의 변화 양상이 달라진다. 물체에 속한 점 X와 회전축을 최단 거리로 잇는 직선과 직각을 이루는 동시에 회전축과 직각을 이루도록 힘을 X에 가한다고 하자. 이때 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 X까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현되고 그 단위는 Nm(뉴턴미터)이다.

③ 동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라 한다. 두 돌림힘의 방향이 같으면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 합이 되고 그 방향은 두 돌림힘의 방향과 같다. 두 돌림힘의 방향이 서로 반대이면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 차가 되고 그 방향은 더 큰 돌림힘의 방향과 같다. 지레의 힘점에 힘을 주지만 물체가 지레의 회전을 방해하는 힘을 작용점에 주어 지레가 움직이지 않는 상황처럼, 두 돌림힘의 크기가 같고 방향이 반대이면 알짜 돌림힘은 0이 되고 이때를 돌림힘의 평형이라고 한다.

④ 회전 속도의 변화는 물체에 알짜 돌림힘이 일을 해 주었을 때에만 일어난다. 돌고 있는 팽이에 마찰력이 일으키는 돌림힘을 포함하여 어떤 돌림힘도 작용하지 않으면 팽이는 영원히 돈다. 일정한 형태의 물체에 일정한 크기와 방향의 알짜 돌림힘을 가하여 물체를 회전시키면, 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱이고 그 단위는 J(줄)이다.

⑤ 가령, 마찰이 없는 여단이문이 정지해 있다고 하자. 갑은 지면에 대하여 수직으로 서 있는 문의 회전축에서 1m 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 300N의 힘으로 밀고, 을은 문을 [가]사이에 두고 갑의 반대쪽에서 회전축에서 2m만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200N의 힘으로 미는 상태에서 문이 90° 즉, 0.5π라디안을 돌면, 알짜 돌림힘이 문에 해 준 일은 50πJ이다.

⑥ 알짜 돌림힘이 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하면 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 한다. 어떤 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 그만큼 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고 음의 일을 하면 그만큼 회전 운동 에너지는 감소한다. 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다. 그러므로 형태가 일정한 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가하고, 음의 일을 하면 회전 속도가 감소한다.

⑦ 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 한다. 어떤 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 그만큼 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고 음의 일을 하면 그만큼 회전 운동 에너지는 감소한다. 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다. 그러므로 형태가 일정한 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가하고, 음의 일을 하면 회전 속도가 감소한다.

기본 독해	
1단락	지레의 원리에 숨어있는 돌림힘의 개념
2단락	돌림힘의 공식
3단락	알짜 돌림힘의 개념
4단락	알짜 돌림힘의 일을 구하는 공식
5단락	알짜 돌림힘의 일을 구하는 공식의 예
6단락	알짜 돌림힘의 일과 회전 속도의 관계

★ 돌림힘과 알짜 돌림힘을 통한 회전체의 회전 속도 변화를 설명하기 위한 글이군.

심층적 독해  
복잡해 보이지만 두 가지만 기억하자. 지레나 회전체에 힘을 가하면 그 힘이 그대로 작용하는 것이 아니라 받침점과 회전축에서 힘점까지의 거리를 최초로 가한 힘에 곱한 값이 작용한다는 것이다. 이것이 돌림힘이다. 또한 마찰이나 다른 돌림힘을 감안한 힘을 알짜 돌림힘이라고 하는데 알짜 돌림힘이 한 일은 마찰이나 다른 돌림힘을 빼거나 더한 힘에서 물체가 회전한 회전각을 곱해서 구해야 한다.

4. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 '원판'의 회전 운동에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

보기
돌고 있는 원판 위의 두 점 A, B는 그 원판의 중심 O를 수직으로 통과하는 회전축에서 각각 0.5R, R만큼 떨어져 O, A, B의 순서로 한 직선 위에 있다. A, B에는 각각 OA, OB와 직각 방향으로 표면과 평행하게 같은 크기의 힘이 작용하여 원판을 각각 시계 방향과 시계 반대 방향으로 밀어 준다. 현재 이 원판은 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. 단, 15-② 원판에는 다른 힘이 작용하지 않고 회전축은 고정되어 있다.

- (6%) ① 두 힘을 계속 가해 주는 상태에서 원판의 회전 속도는 증가한다.
※ 두 힘은 B방향으로 양의 일을 하고 있다.
(6%) ② A, B에 가해 주는 힘을 모두 제거하면 원판은 일정한 회전 속도를 유지한다.
※ 동의이형의 원리 (같은 뜻 다른 표현)
지문 : 돌림힘을 포함하여 어떤 힘도 작용하지 않으면 팽이는 영원히 돈다. 돌림힘이 일을 해 주었을 때만 속도 변화가 일어난다. (=돌림힘이 없으면 속도 변화가 없다. =일정한 속도를 유지한다.)
<보기, 선지 : A, B에 가해 주는 힘을 제거하고 다른 힘이 작용하지 않으면 일정한 회전 속도를 유지한다.
(5%) ③ A에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 속도는 증가한다.
※ B에 가해 주는 힘이 더 커서 원래 양의 일을 하고 있었기 때문에 A를 제거하지 않아도 속도는 증가한다. 하지만 A를 제거하면 1번 선지의 경우보다 더 빨리 속도가 증가할 것이다.
(70%) ④ A에 가해 주는 힘만을 제거한 상태에서 원판이 두 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일은 한 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일의 4배이다.
※ A에 가해 주는 힘을 제거한 후 두 바퀴 회전하는 동안(720°) 알짜 돌림힘이 한 일
-> B에 가해준 힘(N) \* R \* 720 = 720NR(J)
@ A에 가해 주는 힘을 제거한 후 한 바퀴(360°) 회전하는 동안 한 일
-> B에 가해준 힘(N) \* R \* 360 = 360NR(J)
∴ 두 바퀴 회전할 때의 일(720NR(J))은 한 바퀴 회전할 때의 일(360NR(J))에 두 배이지 네 배가 아니다.
- 알짜 돌림힘의 일은 돌림힘과 회전 각도의 곱이다. 회전 각도는 한 바퀴, 두 바퀴를 각각 360°, 720°로 계산한다.
(10%) ⑤ B에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 운동 에너지는 점차 감소하여 0이 되었다가 다시 증가한다.
※ 원래 B의 방향으로 회전하고 있었기 때문에 B에 가하는 힘이 사라지면 A의 방향으로 가하는 힘만 남게 되고 음의 일을 하게 된다. 음의 일을 계속하게 되면 운동 에너지가 감소하다가 0이 되고 다시 A의 방향으로 운동 에너지가 증가하게 된다. 근거문장을 바탕으로 이해하는 것이 복잡하다면 '일반적 논리' (상식적으로 타당하게 추론하는 것)를 적용하여 이해해 보자. 마치 전진했던 차가 갑자기 후진으로 바꾸면 정지했다가 뒤로 가는 이치와 같은 것이다.

- ① 지레는 받침과 지렛대를 이용하여 물체를 쉽게 움직일 수 있는 도구이다. 지레에서 힘을 주는 곳을 힘점, 지렛대를 받치는 곳을 받침점, 물체에 힘이 작용하는 곳을 작용점이라 한다. 받침점에서 힘점까지의 거리가 받침점에서 작용점까지의 거리에 비해 멀수록 힘점에 작은 힘을 주어 작용점에서 물체에 큰 힘을 가할 수 있다. 이러한 지레의 원리에는 돌림힘의 개념이 숨어 있다.
② 물체의 회전 상태에 변화를 일으키는 힘의 효과를 돌림힘이라고 한다. 물체에 회전 운동을 일으키거나 물체의 회전 속도를 변화시키려면 물체에 힘을 가해야 한다. 같은 힘이라도 회전축으로부터 얼마나 멀리 떨어진 곳에 가해 주느냐에 따라 회전 상태의 변화 양상이 달라진다. 물체에 속한 점 X와 회전축을 최단 거리로 잇는 직선과 직각을 이루는 동시에 회전축과 직각을 이루도록 힘을 X에 가한다고 하자. 이때 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 X까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현되고 그 단위는 N·m(뉴턴미터)이다.
③ 동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라한다. 두 돌림힘의 방향이 같으면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 합이 되고 그 방향은 두 돌림힘의 방향과 같다. 두 돌림힘의 방향이 서로 반대이면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 차가 되고 그 방향은 더 큰 돌림힘의 방향과 같다. 지레의 힘점에 힘을 주지만 물체가 지레의 회전을 방해하는 힘을 작용점에 주어 지레가 움직이지 않는 상황처럼, 4-⑤ 두 돌림힘의 크기가 같고 방향이 반대이면 알짜 돌림힘은 0이 되고 이때를 돌림힘의 평형이라고 한다.
④ 4-② 회전 속도의 변화는 물체에 알짜 돌림힘이 일을 해 주었을 때에만 일어난다. 돌고 있는 팽이에 마찰력이 일으키는 돌림힘을 포함하여 어떤 돌림힘도 작용하지 않으면 팽이는 영원히 돈다. 일정한 형태의 물체에 일정한 크기와 방향의 알짜 돌림힘을 가하여 물체를 회전시키면, 4-④ 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱이고 그 단위는 J(줄)이다.
⑤ 가령, 마찰이 없는 여닫이문이 정지해 있다고 하자. 갑은 지면에 대하여 수직으로 서 있는 문의 회전축에서 1m 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 300N의 힘으로 밀고, 을은 문을 사이에 두고 갑의 반대 쪽에서 회전축에서 2m만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200N의 힘으로 미는 상태에서 문이 90° 즉, 0.5π라디안을 돌면, 알짜 돌림힘이 문에 해 준 일은 50πJ이다.
⑥ 4-⑤ 알짜 돌림힘이 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하면 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 한다. 어떤 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 그만큼 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고 음의 일을 하면 그만큼 회전 운동 에너지는 감소한다. 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다. 그러므로 형태가 일정한 물체에 4-①, ③, ⑤ 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가하고, 음의 일을 하면 회전 속도가 감소한다.

일반 해설

정답해설 : 근거문장을 바탕으로 약간의 계산을 해야 하고(한 바퀴와 두 바퀴를 각각 360°, 720°로 계산) 정답인 4번을 이해할 수 있다. 5번 선지를 가려내기 위해서는 '일반적 논리'까지 적용해야 쉽게 이해가 되는 문제이다. <보기>의 OA는 OB의 절반에 해당하며, A, B에는 각각 OA, OB와 직각 방향으로 표면과 평행하게 같은 크기의 힘이 작용하여 원판을 각각 시계 방향과 시계 반대 방향으로 밀어 준다고 하였으므로 두 돌림힘은 서로 다른 방향으로 작용하며, 그 힘은 2배의 차이를 보이게 된다. 왜냐하면 2문단에서 제시된 바와 같이 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 X까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현되기 때문이다. 한편 <보기>의 원판은 시계 반대 방향으로 회전하고 있으므로 A에 가해 주는 힘만을 제거한 상태에서는 시계 반대 방향으로 밀어 주는 알짜 돌림힘만 존재한다. 이때 원판이 두 바퀴 회전한다면, 4문단에 언급된 바와 같이 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱에 해당하므로, 원판이 두 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일은 한 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일의 4배가 아니라 2배이다. 정답 ④

[오답피하기] ① <보기>의 A와 B에 작용하는 돌림힘은 서로 다른 방향으로 작용하는데, 시계 반대 방향으로 밀어 주는 돌림힘이 시계 방향으로 밀어 주는 돌림힘의 2배에 해당한다. 따라서 두 힘을 계속 가해 주는 상태에서는 시계 반대 방향으로 밀어 주는 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하는데, 6문단에서 언급된 바와 같이 형태가 일정한 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가한다. 따라서 <보기>와 같이 두 힘을 계속 가해 주는 상태에서는 원판의 회전 속도가 증가한다고 할 수 있다. ② 4문단에서 회전 속도의 변화는 물체에 알짜 돌림힘이 일을 해 주었을 때에만 일어난다고 언급하고 있다. <보기>의 A, B에 가해 주는 힘을 모두 제거하면 알짜 돌림힘은 0이 되어 어떤 돌림힘도 작용하지 않았으므로 원판은 일정한 회전 속도를 유지한다고 할 수 있다. ③ <보기>의 상황에서 A에 가해 주는 힘만을 제거하면 B에 가해지는 시계 반대 방향의 알짜 돌림힘만 일을 하게 되는데, 이때의 알짜 돌림힘은 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하므로 양(+)의 일을 하면서 원판의 회전 속도를 증가시킨다고 할 수 있다. ⑤ <보기>의 상황에서 B에 가해 주는 힘만을 제거하면 시계 방향으로 밀어 주는 알짜 돌림힘만 작용한다. 이때 알짜 돌림힘은 음(-)의 일을 하고, 음의 일을 하면 원판의 회전 속도 에너지가 감소한다. 그런데 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱으로 나타낼 수 있으므로, 알짜 돌림힘이 계속 작용하게 되면 시계 방향으로 작용하는 돌림힘에 의해 돌림힘의 평형 상태에 이르는 순간에 도달하여 시계 반대 방향으로 회전하고 있던 원판의 회전 운동 에너지가 0이 되었다가 원판이 시계 방향으로 회전할 것이다. 따라서 B에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 운동 에너지는 점차 감소하여 0이 되었다가 다시 증가한다고 할 수 있다.



① ㉠ 스프링클러는 물을 약제로 사용하여 화재 초기에 화세 \*를 제어할 목적으로 천장에 설치되는 고정식 소화 설비로, 수원과 연결된 배관, 가압 송수 장치, 제어 장치, 헤드로 구성되어 있다. 스프링클러가 설치된 건물에서 화재가 발생하면, 정상 상태에서는 방수구를 막고 있던 헤드의 감열체가 온도를 감지하고 헤드로부터 이탈하면서 연소물과 그 주변에 물이 분사되어 화세를 제어할 수 있게 된다

② 스프링클러가 화세를 제어하는 원리는 물의 가,다) **냉각 작용을 통해 연소물로부터 열을 흡수하여 온도를 발화점 미만으로 떨어뜨리는 것**이다. 어떤 물질 1 kg의 온도를 1 °C 올리는 데 드는 열량을 비열이라고 하고 액체가 기화하여 기체로 될 때 흡수하는 열을 증발 잠열이라고 하는데, 물은 끓는점이 100°C, 비열이 1 kcal/kg·°C, 증발 잠열이 539 kcal/kg로서 다른 어느 물질보다도 큰 열 흡수 능력을 가지고 있다. 20°C의 물 1 kg이 완전히 증기로 변할 때, 물은 온도를 끓는점까지 올리기 위한 80 kcal의 열량에 이를 증기로 변하게 하기 위한 539 kcal의 열량을 더하여 총 619 kcal를 흡수할 수 있게 된다. 화재가 일어나 분당 6,000 kcal의 열량이 방출되고 있어 물의 냉각 작용만을 통해 화세를 제어하고자 한다면, 20 °C의 물을 분당 10 kg 내보내면 물이 증발하면서 총 6,190 kcal를 흡수할 수 있으므로 연소물로부터 방출되는 열량을 흡수하여 화세를 제어하고 불을 끌 수 있게 된다.

③ 스프링클러가 화세를 제어하는 또 다른 원리는 물의 다,라) **증기 팽창을 통해 공기 중 물질의 농도를 희석시키거나 연소물에 얇은 막을 형성하여 산소를 차단하는 것이다.** 20 °C 물의 비부피 \*는 0.001 m<sup>3</sup>/kg이고 100 °C 증기의 비부피는 1.673 m<sup>3</sup>/kg로서 물이 증기가 되면서 부피가 약 1,600 배 이상 팽창된다. 이러한 나) **증기 팽창은 공기 중 산소의 농도와 가연물이 되는 가연성 증기의 농도를 희석시켜 연소를 억제하는 효과**를 준다. 증기 팽창에 의한 작용을 극대화하기 위해서는 물의 증발 효율을 높여야 하는데 이를 위해서는 물 입자의 크기를 작게 만들어 단위 부피당 표면적을 크게 하는 것이 필요하다. 그리고 물방울의 입자를 더욱 작은 미립자로 분무할 경우에는 매우 라) **얇은 막의 형성을 뜻하는 에멀전(emulsion) 효과**가 발생한다. 유류 화재와 같이 물이 소화제로서 적합하지 않은 상황에서도 미세한 물 입자를 이용한 분무는, 물이 유류 표면에 얇은 막을 형성할 수 있도록 해 준다. 이렇게 형성된 얇은 막은 산소를 차단하여 질식소화의 효과를 발휘하게 한다.

④ 이러한 원리를 바탕으로 스프링클러가 화재 초기에 화세를 제어하게 되면, 연소의 진행으로 인해 쌓인 가연성 가스가 폭발하여 화재 공간 전체가 화염에 휩싸이는 데 이르는 시간을 지연시킬 수 있다. 또한 실내 거주자가 화재에 견딜 수 있는 상황을 만들어 주기 때문에 피난 시간을 확보할 수 있게 된다. 그리고 스프링클러가 온도를 감지하여 자동으로 작동하는 특성은 야간이나 유동 인원이 적은 공간에서도 화재 감지 및 경보, 소화를 할 수 있게 해 준다는 점에서 의의를 지닌다.

\* 화세 : 불이 타오르는 기세.  
\* 비부피 : 단위 질량의 물질이 차지하는 부피.

5. <보기>를 참고하여 윗글을 이해한 반응으로 적절한 것을 모두 고른 것은?

보기

연소가 계속 유지하려면 세 가지 조건이 충족되어야 한다. 이를 연소의 3요소라 하는데 ㉠가연물, ㉡산소, ㉢발화점 이상의 온도가 그것이다. 이 중 어느 하나라도 충족되지 못 하면 연소는 이루어질 수 없다. 이미 연소가 이루어지고 있는 상황이라면 이들 조건을 약화시켜 연소를 억제할 수 있고, 조건 중 일부를 없애거나 조건 간의 결합을 차단시킴으로써 연소가 더 이상 유지되지 않도록 할 수 있다.

- 가-라를 그대로 선지라고 생각하여 문제에 접근하면 된다.

- 가. 스프링클러의 물에 의해 ㉢ 조건을 약화시키는 냉각 작용이 일어난다면 연소가 억제될 수 있겠군.
- 나. 스프링클러의 물에 의해 ㉠ 조건과 ㉡ 조건을 약화시키는 증기 팽창이 일어난다면 연소가 억제될 수 있겠군.
- 다. 스프링클러의 물에 의해 ㉢ 조건을 제거하는 냉각 작용이 일어난다면 연소가 유지되지 않을 수 있겠군.
- 라. 스프링클러의 물에 의해 ㉠ 조건과 ㉡ 조건의 결합을 차단하는 에멀전 효과가 일어난다면 연소가 유지되지 않을 수 있겠군.

(12%) ① 가, 나      (9%) ② 가, 라      (3%) ③ 나, 라  
(71%) ④ 가, 나, 라      (2%) ⑤ 나, 다, 라

가) ※ 동의이형의 원리 (같은 뜻 다른 표현)  
지문 : 냉각 작용 - 발화점 미만으로 떨어뜨리는 것  
= 선지 : 냉각 작용 - ㉢ 조건(발화점 이상의 온도)을 약화

나) ※ 동의이형의 원리 (같은 뜻 다른 표현)  
지문 : 증기 팽창 - 산소의 농도와 가연물이 되는 가연성 증기의 농도를 희석  
= 선지 : 증기 팽창 - ㉠(가연물) 조건과 ㉡(산소) 조건을 약화

다) ※ 산소에 관한 것은 증기 팽창이다. 냉각 작용이 아니다.

라) ※ 동의이형의 원리 (같은 뜻 다른 표현)  
지문 : 연소물에 얇은 막을 형성하여 산소를 차단→에멀전 효과  
= 선지 : ㉠(가연물)조건과 ㉡(산소)조건의 결합을 차단하는 에멀전 효과

일반 해설

정답해설 : 가. 냉각 작용이 일어나면 연소물로부터 열량을 흡수하여 온도를 낮추게 되므로 ㉢조건을 약화시켜 이를 통해 연소가 억제될 수 있다. 나. 증기 팽창이 일어나면 공기 중 산소의 농도를 희석시켜 ㉠조건을 약화시키고, 가연성 증기의 농도를 희석시켜 ㉡조건을 약화시키므로 연소가 억제될 수 있다. 라. 에멀전 효과가 일어나면 가연물인 유류와 산소, 즉 ㉠조건과 ㉡조건의 결합이 차단되므로 연소가 유지되지 않을 수 있다. 정답 ④ [오답풀이] 다. 냉각 작용은 산소를 차단하는 작용이 아니라 온도를 낮추는 작용이므로 적절하지 않은 반응이다.