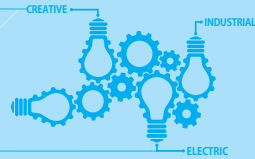


Chapter

01

전기응용

- 1장 조명공학
- 2장 전열공학
- 3장 전기철도
- 4장 전기화학 및 정전기 응용
- 5장 전력용 반도체
- 6장 전동기 응용
- 7장 자동제어



출제경향분석



제1장 조명공학에서 조명공학 계산법을 다루었으며 시험에 자주 출제가 되는 내용은 다음과 같다.

- ① 조명의 기초량 계산
- ② 광원의 발광 현상
- ③ 광원
- ④ 조명설계

1 빛의 개요

1. 방사속 Φ [W]

전자파로서 전달되는 에너지를 방사(복사)라고 하며 어떤 광원으로부터 에너지가 방사되고 있을 때, 단위 시간에 어떤 면을 통과하는 방사에너지의 양을 방사속(복사속) 이라고 한다. 그 단위는 와트[W]를 사용한다.

2. 전자파

1) 전자파의 파장이 긴 순서

우주선(小) - 감마선 - X선 - 자외선 - 가시광선 - 적외선 - 마이크로파(大)

2) 가시광선의 파장의 범위

가시광선을 사람의 눈으로 감광 할 수 있는 파장

색 상	보라색	파랑색	녹색	노랑색	주황색	빨강색
파장 [nm]	380~430	430~452	452~550	550~590	590~640	640~760

3) 파장

$$\lambda = \frac{C}{f} [\text{m}], \text{ 주파수} : f = \frac{C}{\lambda} [\text{Hz}]$$

여기서 공기(진공)중 광속도(전자파 속도) $C \approx 3 \times 10^8$ [m/s]

4) 최대 시감도

시감도란 어떤 파장의 에너지가 빛으로써 느껴지는 정도를 시감도(Luminous efficiency)라고 한다.

- ① 파장 : 555 [nm]
- ② 발광효율 : 680 [lm/W]
- ③ 색상 : 황록색

참고

파장의 단위

$$1[\text{nm}] = 1[\mu\text{m}] = 10[\text{\AA}] = 10^{-9}[\text{m}]$$

참고

$$\text{비시감도} = \frac{\text{임의의 파장의 시감도}}{\text{최대시감도}(680[\text{lm/W}])}$$

Q 포인트문제 1

파장이 가장 긴 빛은?

- ① 적색
- ② 노랑
- ③ 파랑
- ④ 보라색

A 해설

색상	파장[nm]	색상	파장[nm]
보라색	380~430	파랑색	430~452
녹색	452~550	노랑색	550~590
주황색	590~640	빨강색	640~760

정답 ①

FAQ

연색성이란 무엇인가요?

답

▶ 물체는 분광 분포가 다른 광원을 비추면 각각 다른 색으로 보이는데 조명에 의한 물체의 색깔을 결정하는 광원의 성질을 연색성이라 한다.

2 조명의 기초량 계산

1. 광속 F [lm]

광속은 광원에서 나오는 380~760 [nm]의 방사속을 시각에 기초하여 눈으로 보아 빛으로 느끼는 크기를 나타낸 것으로서 빛의 양이라고도 한다.

단위로는 루멘(lumen, 기호 : [lm])을 사용한다.

- 구광원 : $F = 4\pi I$ [lm]
- 원통광원 : $F = \pi^2 I$ [lm]
- 반구광원 : $F = 2\pi I$ [lm]
- 평판(면)광원 : $F = \pi I$ [lm]

2. 광도 I [cd]

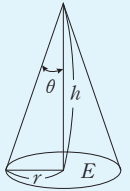
광원에서 어떤 방향의 광도(luminous intensity) 라 함은 단위 입체각당 광속을 말하며 빛의 세기라고도 하고 단위로는 칸델라(candela, 기호 : [cd])를 사용한다.

$$I = \frac{F}{\omega} \text{ [lm/sr = cd]}$$

- 입체각 ω [sr]
 - ① 점광원 둘레의 전입체각(구의 입체각) : $\omega = 4\pi$ [sr]
 - ② 평면각 : $\omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$ [sr]
- 구 광원에서 광도값 = 평균구면광도 $I = \frac{F}{4\pi}$ [cd]

FAQ
 균등점광원이 무엇인가요?
답
 ▶ 모든 방향의 광도가 균등한 광속의 점광원을 균등 점광원이라고 한다.

참고
 점광원으로 부터 h 만큼 떨어진 지점의 광도



$$I = \frac{F}{\omega} \text{ [cd]}$$

$$\omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$$

$$I = \frac{F}{2\pi(1 - \cos\theta)} = \frac{E \cdot S}{2\pi(1 - \cos\theta)}$$

에 의해서 계산된다.

여기서, $\cos\theta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + r^2}}$
 면적 $S = \pi r^2$ [m²]

FAQ
 완전 확산면이 무엇인가요?
답
 ▶ 어떤 방향에서 바라 보아도 휘도가 동일한 면을 완전 확산면이라고 하며 광원의 경우 완전 확산성 광원이라 한다.

필수확인 O·X 문제 난이도 ★★★★★ 최근기출년도 00. 08. 17 1차 2차 3차

1. 복사속의 단위는 와트 [W]이다. ()
2. 빛의 파장이 가장 밝게 느껴지는 파장은 680 [nm]이다. ()
3. 광속의 단위는 [cd]이다. ()

상세해설

1. (○)
2. (×) ① 파장 : 555 [nm] ② 발광효율 : 680 [lm/W]
3. (×) 광속의 단위는 루멘 [lm]이고 광도의 단위는 칸델라 [cd]이다.

참고

반지름이 $r[m]$ 인 등휘도 완전 확산성 구 광원의 휘도

$$B = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{F}{4\pi \times \pi r^2} [nt]$$

$$\text{구 } F = 4\pi I [lm]$$

Q 포인트문제 2

눈부심을 일으키는 램프의 휘도의 한계는 얼마인가?

- ① $0.5 [cd/m^2]$ 이하
- ② $1.0 [cd/m^2]$ 이하
- ③ $3.0 [cd/m^2]$ 이하
- ④ $5 [cd/m^2]$ 이하

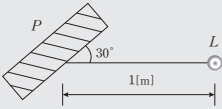
A 해설

사람이 눈부심을 느끼는 한계는 $0.5 [cd/cm^2 = sb]$
 $= 0.5 \times 10^4 [cd/m^2 = nt]$ 이다.

정답 ①

Q 포인트문제 3

그림과 같은 간판을 비추는 광원이 있다. 간판 면상 P점의 조도를 $200 [lx]$ 로 하려면 광원의 광도 $[cd]$ 는? (단, P점은 광원 L을 포함하고 간판의 직각인 면상에 있으며 또 간판의 기울기는 직선 LP와 30° 이고 LP 간은 $1[m]$ 이다.)



- ① 400 ② 200
- ③ 100 ④ 50

A 해설

간판 P점 위에 생긴 조도

$$E_p = \frac{I}{r^2} \cos\theta [lx]$$

여기서, θ 는 수직면에서의 각이므로 30° 가 아닌 $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ 이다.

$$I = \frac{E_p \cdot r^2}{\cos\theta} = \frac{200 \times 1^2}{\cos 60^\circ}$$

$$= \frac{200}{\frac{1}{2}} = 400 [cd]$$

정답 ①

3. 휘도 $B [nt]$: 단위 면적당 광도라 하며 눈부심의 정도

$$B = \frac{I}{S} [cd/m^2 = nt]$$

- $[cd/cm^2 = sb]$ 는 스틸브(stilb, 기호 : $[sb]$)
- $[cd/m^2 = nt]$ 는 니트(nit, 기호 : $[nt]$)

※ 단위 환산 $1 [nt] = 10^{-4} [sb]$, $1 [sb] = 10^4 [nt]$

여기서, $I [cd]$: 광도, $S [m^2]$: 임의의 방향에서 본 겉보기 면적

※ 사람이 눈부심을 느끼는 한계 : $0.5 [cd/cm^2 = sb] = 0.5 \times 10^4 [cd/m^2 = nt]$

4. 조도 $E [lx]$

어떤 물체에 광속이 입사하면 그 면은 밝게 빛나게 되고, 그 밝은 정도를 조도(intensity of illumination)라고 한다. 조도의 크기는 어떤 면에 입사되는 광속의 밀도를 나타내고, 단위로는 렉스(lux, 기호 : $[lx]$)를 사용한다.

1) 거리의 역제곱 법칙

일정 광도의 점광원으로부터 떨어져 있는 여러 곳의 조도는 거리에 따라 달라진다. 광도 $I [cd]$ 인 균등 점광원을 반지름 $r [m]$ 인 구의 중심에 놓을 경우, 구면 위의 모든 점의 조도 $E [lx]$ 는 다음과 같다.

$$E = \frac{F}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2} [lm/m^2 = lx]$$

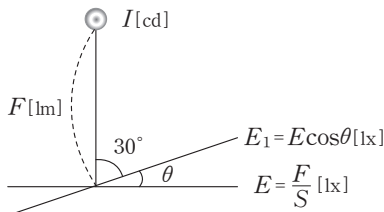
- $1 [lm/m^2] = 1 [lx]$ 렉스
- $1 [lm/cm^2] = 10^4 [lx] = 1 [ph]$ 포토
- ※ 단위 환산 $1 [nt] = 10^{-4} [sb]$, $1 [sb] = 10^4 [nt]$

여기서, $I [cd]$: 광도, $S [m^2]$: 피조면의 면적

여기서, 구면 위의 조도 E 는 광원의 광도 I 에 비례하고 거리 r 의 제곱에 반비례한다.

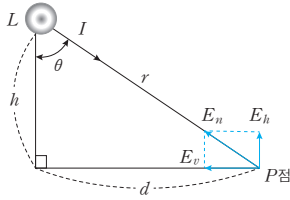
2) 입사각의 코사인 법칙

물체의 어떤 면에 평행 광속이 입사될 경우, 조도는 입사되는 평행 광속에 대해 그 피조면이 얼마나 기울어져 있는지의 그 입사각에 따라 달라진다.



$$E_1 = \frac{I}{r^2} \cos\theta [lx]$$

3) 조도의 분류



- 법선 조도 : $E_n = \frac{I}{r^2} [\text{lx}]$
 - 수평면 조도 : $E_h = E_n \cos\theta = \frac{I}{r^2} \cos\theta = \frac{I}{h^2} \cos^3\theta [\text{lx}]$
 - 수직면 조도 : $E_v = E_n \sin\theta = \frac{I}{r^2} \sin\theta = \frac{I}{d^2} \sin^3\theta [\text{lx}]$
- 여기서, $r = \sqrt{h^2 + d^2} [\text{m}]$, $\cos\theta = \frac{h}{r}$, $\sin\theta = \frac{d}{r}$

4) 수평면 조도가 최대가 되기 위한 광원의 높이 h와 거리 d

- ① 높이 h가 일정 시 수평거리 $d = \frac{h}{\sqrt{3}}$
- ② 수평거리 d가 일정 시 높이 $h = \frac{d}{\sqrt{2}}$

5) 수평면조도와 수직면조도가 같게 되는 조건

$\cos\theta = \sin\theta$ 즉 $\theta = 45^\circ$ 가 되므로 $h = d$ 일 때 수평면조도와 수직면 조도가 같게 된다.

5. 빛의 원리[반사율·투과율·흡수율]

- 반사율 $\rho = \frac{\text{반사광속}}{\text{입사광속}} \times 100 [\%]$
 - 투과율 $\tau = \frac{\text{투과광속}}{\text{입사광속}} \times 100 [\%]$
 - 흡수율 $\delta(\alpha) = \frac{\text{흡수광속}}{\text{입사광속}} \times 100 [\%]$
- ※ $\rho + \tau + \delta = 1$

필수확인 O·X 문제

난이도 ★★☆☆

최근기출년도 00. 08. 17

1차 2차 3차

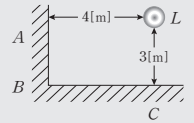
1. 휘도란 눈부심의 정도를 나타낸다. ()
2. 점광원으로부터 떨어져 있는 곳의 조도는 거리에 항상 반비례한다. ()
3. 조도는 분류시 조도의 종류는 법선 조도, 수평면 조도, 수직면 조도가 있다. ()

상세해설

1. (○)
2. (×) 거리 역제곱 법칙으로 $E = \frac{I}{r^2} [\text{lx}]$ 이므로 거리에 제곱에 반비례한다.
3. (○)

Q 포인트문제 4

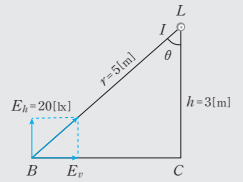
그림과 같이 바닥 BC에서 높이 3[m], 벽 AB에서 거리 4[m] 되는 곳에 있는 광원 L에 의하여 모서리 B의 바닥에 생긴 조도가 20[lx]일 때 B로 향하는 방향의 광도[cd]는 약 얼마인가?



- ① 780
- ② 833
- ③ 900
- ④ 950

A 해설

B 모서리 바닥위에 생긴 조도는 수평면 조도 $E_h = \frac{I}{r^2} \cos\theta [\text{lx}]$ 를 이용 $20 = \frac{I}{5^2} \times \frac{3}{5}$
 광도 $I = \frac{20 \times 5^3}{3} = 833 [\text{cd}]$



정답 ②

Q 포인트문제 5

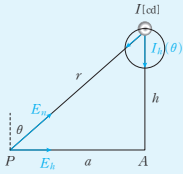
어떤 유리판에 1000[lm]을 조사하여 750[lm]이 반사되고 250[lm]이 투과하였다. 이 유리의 흡수율[%]은?

- ① 5
- ② 10
- ③ 15
- ④ 20

A 해설

빛의 원리는 $\rho + \tau + \delta = 1$ 이므로 흡수된 광속은 $F = 1000 - 700 - 250 = 50 [\text{lm}]$
 흡수율 = $\frac{\text{흡수된 광속}}{\text{총발생 광속}} = \frac{50}{1000} = 0.05 \times 100 [\%] = 5 [\%]$

정답 ①

참고
수평면 조도의 최대 조건


① 수평면 조도가 최대인 점을 P라 하고 A점으로부터 a[m]의 거리에 있다고 한다.

점 P에 대하여 그 방향의 형광등의 광도 I는 $I = I_h \sin \theta$

P점의 $I_h(\theta)$ 방향의 조도

$$E_n = \frac{I_h}{r^2} \cos \theta [\text{lx}], \cos \theta = \frac{h}{r} \text{이므로}$$

$$E_n = \frac{I_h}{h^2} \cos^3 \theta [\text{lx}]$$

P점의 수평면 조도 E_h 는

$$E_h = E_n \sin \theta = \frac{I_h}{h^2} \cos^2 \theta \sin \theta [\text{lx}]$$

수평면 조도의 최대값은

$$\frac{dE_h}{d\theta} = \frac{I_h (\cos^4 \theta - 3 \sin^2 \theta \cos^2 \theta)}{h^2}$$

가 0이 되는 점이므로 이를 정리하면

$$\cos^4 \theta - 3 \sin^2 \theta \cos^2 \theta (\cos^2 \theta - 3 \sin^2 \theta) = 0, \cos^2 \theta - 3 \sin^2 \theta = 0,$$

$$\cos^2 \theta - 3(1 - \cos^2 \theta) = 0,$$

$$4 \cos^2 \theta = 3, 4 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\theta \right) = 3,$$

$$\cos 2\theta = \frac{1}{2}, \text{ 이때 } \tan \theta = \frac{1}{\sqrt{3}},$$

$$\tan \theta = \frac{a}{h} \text{이므로 } a = \frac{h}{\sqrt{3}} [\text{m}]$$

② 점 P의 수평면 조도

$$E_h = \frac{I_h}{(h^2 + a^2)^{3/2}} [\text{lx}],$$

$$\frac{d}{dh} E_h = \frac{d}{dh} \left\{ \frac{I_h}{(h^2 + a^2)^{3/2}} \right\} = 0$$

$$E_h \text{가 최대가 되는 } h \text{의 값은 } \frac{dE_h}{dh} = 0$$

이 되는 곳이다.

$$I \left\{ (h^2 + a^2)^{-3/2} - h \cdot \frac{3}{2} (h^2 + a^2)^{-5/2} \right.$$

$$\left. \cdot 2h \right\} = 0$$

$$h^2 + a^2 - 3h^2 = 0, h = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

참고

완전 확산 면에서의 광속 발산도

구 광원 일때

$$R = \frac{F}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{4\pi B \cdot S}{4\pi r^2} = \frac{B\pi r^2}{r^2}$$

= πB 이다.

6. 광속 발산도 R [rlx]

1) 광속 발산도

발광면의 단위 면적으로부터 발산되는 광속으로 발산 광속의 밀도를 광속 발산도 (luminous emittance)라 하고, 단위로는 래드럭스(radlux, 기호 : [rlx])를 사용한다.

$$R = \frac{F}{S} [\text{rlx}]$$

여기서, F [lm] : S [m²]에서 발산되는 광속, S [m²] : 발산면적

구광원 : $S = 4\pi r^2$ [m²], 반구광원 : $S = 2\pi r^2$ [m²]

2) 광속발산도와 조도와의 관계

$$R = \frac{F}{S} \eta = \eta E = \rho E = \tau E = \pi B [\text{rlx}]$$

- $\eta = \frac{\tau}{1 - \rho} \times 100 [\%]$: 글로브 효율

- $R = \eta E = \eta \frac{I}{r^2} [\text{rlx}]$: 글로브에서의 광속 발산도

- $R = \rho E [\text{rlx}]$: 반사면을 기준으로 한 광속 발산도

- $R = \tau E [\text{rlx}]$: 투과면을 기준으로 한 광속 발산도

- $R = \pi B [\text{rlx}]$: 완전 확산 면에서의 광속 발산도

7. 조명효율의 종류

1) 글로브의 효율

$$\eta = \frac{\tau}{1 - \rho} \times 100 [\%]$$

2) 전등(램프) 효율 : 소비전력 P [W]에 대한 전 광속 F [lm]의 비

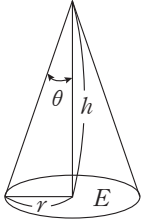
$$\eta = \frac{F}{P} [\text{lm/W}]$$

3) 발광 효율 : 방사속 Φ [W]에 대한 전 광속 F [lm]의 비

$$\varepsilon = \frac{F}{\Phi} [\text{lm/W}]$$

8. 조도 계산의 응용

1) 점광원으로부터 h 만큼 떨어진 반지름 r 의 원형면의 조도



$$E = \frac{F}{S} = \frac{2\pi(1-\cos\theta)I}{\pi r^2} [\text{lx}]$$

여기서, 광도 $I = \frac{F}{\omega} [\text{cd}]$

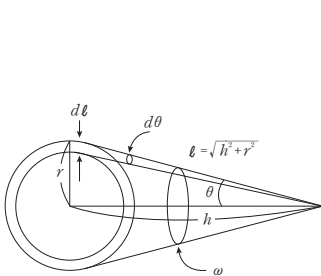
$$\text{입체각 } \omega = 2\pi(1-\cos\theta) = 2\pi\left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2+r^2}}\right) [\text{cd}]$$

$$I = \frac{F}{2\pi(1-\cos\theta)} = \frac{E \cdot S}{2\pi(1-\cos\theta)} [\text{cd}]$$

2) 단위 구법

$$E = \pi B \sin^2\theta [\text{lx}]$$

참고 입체각의 크기



$\sin\theta = \frac{r}{l}$ 이고 $r = l\sin\theta$ 이다.

이때 $d\theta = \frac{dl}{l}$ 이고, $dl = l d\theta$ 이며

$$\begin{aligned} \text{면적 } dS &= 2\pi r dl = 2\pi(l\sin\theta)l d\theta \\ &= 2\pi l^2 \sin\theta d\theta \end{aligned}$$

이를 적분하면

$$\begin{aligned} S &= \int_0^\theta 2\pi l^2 \sin\theta d\theta = 2\pi l^2 [-\cos\theta]_0^\theta \\ &= 2\pi l^2 \{-\cos\theta - (-\cos 0)\} \\ &= 2\pi l^2 (1 - \cos\theta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{입체각 } \omega &= \frac{S}{l^2} = \frac{1}{l^2} \times 2\pi l^2 (1 - \cos\theta) \\ &= 2\pi (1 - \cos\theta) \end{aligned}$$

필수확인 O·X 문제

난이도 ★★☆☆☆

최근기출년도 00. 08. 17

1차 2차 3차

- 발광면의 단위 면적으로부터 발산되는 광속으로 발산 광속의 밀도를 광속 발산도라고 한다. ()
- 발광 효율이란 방사속 $\Phi [W]$ 에 대한 전 광속 $F [lm]$ 의 비를 말한다. ()
- 완전 확산면이란 어떤 방향에서 바라보아도 휘도가 동일한 면을 말한다. ()

상세해설

- (○)
- (○)
- (○)

Q 포인트문제 6

지름 40[cm]인 완전 확산성 구형 글로브의 중심에 모든 방향의 광도가 균일하게 120[cd]되는 전구를 넣고 탁상 2[m]의 높이에서 점등하였다. 탁상 위의 조도는 [lx]는? (단, 글로브 내면의 반사율 40[%], 투과율은 50[%]이다.)

- ① 약 30 ② 약 25
③ 약 20 ④ 약 15

A 해설

글로브 아래 직하조도이므로

$$E = \frac{I}{r^2} \eta [\text{lx}] \text{이고}$$

여기서 글로브의 효율

$$\eta = \frac{\tau}{1-\rho} \text{이므로}$$

$$E = \frac{120}{2^2} \times \frac{0.6}{1-0.4} = 25 [\text{lx}]$$

정답 ①

Q 포인트문제 7

모든 방향으로 860[cd]의 광도를 갖는 전등을 직경 4[m]의 원형 탁자 중심에서 수직으로 3[m] 위에 점등 하였다. 이 원형 탁자의 평균 조도는 얼마인가?

- ① 72[lx] ② 126[lx]
③ 144[lx] ④ 180[lx]

A 해설

높이 $h=3[m]$,

$$\text{피조면의 반지름 } r = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2[m],$$

광도 $I=860[\text{cd}]$

$$E = \frac{F}{S} = \frac{\omega I}{S}$$

$$= \frac{2\pi(1-\cos\theta)I}{\pi r^2} [\text{lx}] \text{이고}$$

$$E = \frac{2\pi\left(1 - \frac{3}{\sqrt{2^2+3^2}}\right) \times 180}{\pi 2^2}$$

$$= 72,218 \approx 72 [\text{lx}]$$

여기서, 광도 $I = \frac{F}{\omega} [\text{cd}]$

입체각 $\omega = 2\pi(1-\cos\theta)$

$$= 2\pi\left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2+r^2}}\right) [\text{sr}]$$

정답 ①

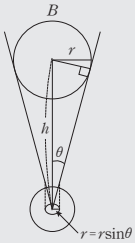
Q 포인트문제 8

반지름 a , 휘도 B 인 완전 확산성 구면 광원의 중심에서 h 되는 거리의 점에서 이 광원의 중심으로 향하는 조도는 얼마인가?

- ① πB ② $\frac{\pi B a^2}{h^2}$
- ③ $\pi B a^2 h$ ④ $\frac{\pi B a}{h}$

A 해설

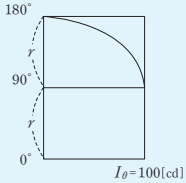
구형 광원에 의한 조도



정답 ②

참고

단면적에 따른 루소선도 계산

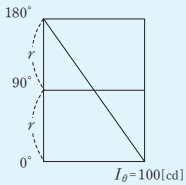


① 상반구 광속 :

$$F = \frac{2\pi}{r} \times \frac{1}{4} (\pi \times r^2) = \frac{2\pi}{100} \times \frac{1}{4} (\pi \times 100^2) = 493 [\text{lm}]$$

② 하반구 광속 :

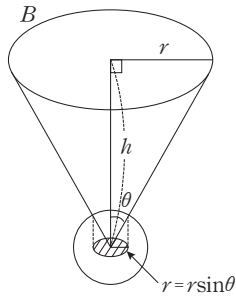
$$F = \frac{2\pi}{r} \times (r \times I_\theta) = \frac{2\pi}{100} \times (100 \times 100) = 628 [\text{lm}]$$



① 상반구 광속 : 면적 $S = \frac{1}{4} r I_\theta$ 이므로

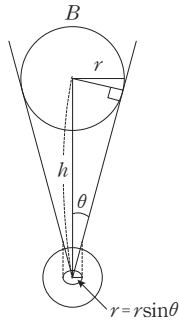
3) 점광원이 아닌 광원의 크기가 존재하는 경우의 조도

① 반구형 천장, 평원판 광원에 의한 조도 계산



$$E = \pi B \sin^2 \theta = \pi B \left(1 - \frac{r}{\sqrt{h^2 + r^2}} \right)^2 = \frac{\pi B r^2}{h^2 + r^2} [\text{lx}]$$

② 구형 광원에 의한 조도



$$E = \pi B \sin^2 \theta = \pi B \frac{r^2}{h^2} [\text{lx}]$$

여기서, $\sin \theta = \frac{r}{h}$

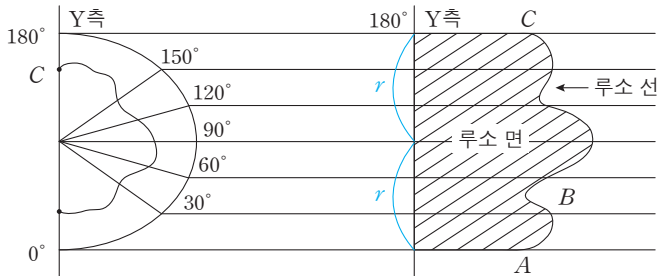
4) 노출조도 : 조도의 시간 적분

$$E_t = E \cdot t [\text{lx} \cdot \text{s}]$$

9. 배광곡선과 루소선도

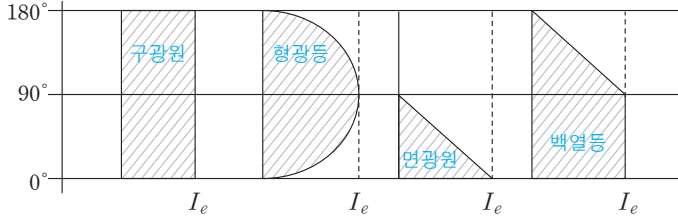
1) 배광곡선

광원의 중심을 통과하는 평면상의 광속 분포를 극좌표형식으로 나타낸 것으로 수직면상의 광도 분포를 표시하는 수직배광곡선을 말한다.



2) 루소선도

배광곡선을 횡축에는 광도를 종축에는 수직선과 이루는 각도를 이루고 각각의 θ 에 따르는 광도를 연결한선

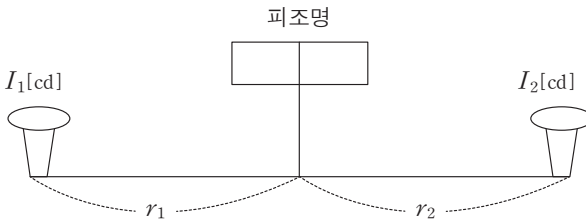


3) 루소선도법에 의한 전 광속 계산

수직 배광 곡선으로부터 도형을 이용하여 전 광속을 구하는 방법 즉 배광곡선으로부터 루소선도를 그리고 루소선도에 의하여 주어진 단면적을 구한다.

$$\text{광원의 전 광속 } F = \frac{2\pi}{r} \times S = aS [\text{lm}]$$
 여기서, $r = I_\theta$: 반지름, $S [\text{m}^2]$: 루소 그림의 면적

10. 측광



양광원의 조도와 반사율이 같다면 거리 역제곱의 법칙에 의하여

조도는 $E_1 = \frac{I_1}{r_1^2}$, $E_2 = \frac{I_2}{r_2^2}$ 이고, $E_1 = E_2$ 평형인 조건에서 $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$ 을 만족하면

피측구의 광도를 측정할 수 있다.

필수확인 O·X 문제

난이도 ★★☆☆

최근기출년도 00. 08. 17

1차 2차 3차

1. 단위 구법에 의한 조도는 $E = \pi B \cos^2 \theta$ [lx]이다. ()
2. 루소선도법에서 반지름과 횡축에 광도는 같다. ()

상세해설

1. (×) 단위 구법에 의한 조도는 $E = \pi B \sin^2 \theta$ [lx]이다.
2. (○)

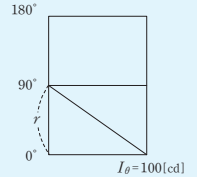
$$F = \frac{2\pi}{100} \times \frac{1}{4} (100 \times 100)$$

$$= 50\pi = 157 [\text{lm}]$$

② 하반기 광속: 면적 $S = \frac{3}{4} r I_\theta$ 이므로

$$F = \frac{2\pi}{100} \times \frac{3}{4} (100 \times 100)$$

$$= 150\pi = 471 [\text{lm}]$$



① 상반기 광속:

$$F = \frac{2\pi}{r} \times (r \times I_\theta)$$

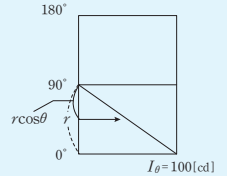
$$= \frac{2\pi}{100} \times (100 \times 100) = 628 [\text{lm}]$$

② 하반기 광속:

$$F = \frac{2\pi}{r} \times \frac{1}{2} (r \times I_\theta)$$

$$= \frac{2\pi}{100} \times \frac{1}{2} (100 \times 100)$$

$$= 100\pi = 314 [\text{lm}]$$

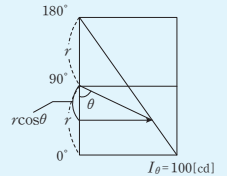


배광곡선 식

$$I_\theta : I = r \cos \theta$$

$$I_\theta \cdot r : I \cdot r \cos \theta$$

$$I_\theta = 100 \cos \theta$$



배광곡선 식

$$I_\theta : I = r(1 + \cos \theta) : 2$$

$$I_\theta \cdot 2r : I \cdot r(1 + \cos \theta)$$

$$I_\theta = \frac{100}{2} (1 + \cos \theta) = 50(1 + \cos \theta)$$

$$I_\theta = 50(1 + \cos \theta)$$

3 광원의 발광 현상

1. 온도방사(복사)

온도를 높이면 백열상태가 되어 여러 가지 파장이 전자파로 복사되는 현상으로 온도가 높으면 발광하므로 열 손실이 커 효율이 나빠며 휘도가 크다. 대표적인 광원으로 백열전구, 할로겐램프, 탄소아크등이 있다.

1) 흑체 온도

- ① 색온도 : 어느 광원의 광색이 흑체의 광색과 같을 때 온도
- ② 복사온도 : 임의의 복사체의 전복사속이 흑체의 전복사속과 같을 때의 온도
- ③ 휘도온도 : 어느 광원의 휘도가 흑체의 휘도와 같을 때 온도

2) 색온도

어느 광원의 광색이 어떤 온도의 흑체 광색과 같은 색을 내는 흑체의 온도를 말한다.

- ① 주광색 : 6000~6500 [K]
- ② 백 색 : 4000~4500 [K]
- ③ 온백색 : 3000~3500 [K]

3) 온도의 크기 비교

색온도 > 진온도 > 휘도온도 > 복사온도

2. 온도방사의 법칙

1) 스테판 볼츠만의 법칙

흑체의 전 복사에너지는 절대 온도 T [K] 4승에 비례하며 복사온도계의 기본 원리이다.

$$W = \sigma T^4$$

여기서, 스테판 볼츠만 상수 $\sigma = 5.68 \times 10^{-8}$ [W/m²·K⁴], 절대 온도 T [K]

2) 빈의 변위 법칙

흑체의 분광 방사(복사) 발산도가 최대가 되는 파장은 그 흑체의 절대온도 T [K]에 반 비례한다.

$$\lambda_m = \frac{b}{T} \text{ [m]}$$

여기서, b (상수) = 2896 [μm·K], 절대 온도 T [K], 파장 λ_m

FAQ

흑체란 무엇인가요?

답

▶ 흑체란 흑체에 투사되는 복사를 전부 흡수하여 흡수율이 100[%]인 물체를 말한다.

참고

열원(熱源)의 발열체 온도를 T_1 [°K], 피열체의 온도를 T_2 [°K], 물체의 크기, 거리, 형태, 복사율 등에 따라서 결정되는 상수를 ϕ , 스테판-볼츠만 (Stefan Boltzmann)의 상수를 σ 라 할 때 발열체의 표면 전력 밀도 $W_d = \phi \sigma (T_1^4 - T_2^4)$ [W/cm²], $\sigma = 5.68 \times 10^{-8}$ [W/m²·°K⁴]

참고

- 형광 : 자극이 작용하는 동안만 발광하고 자극이 없으면 발광을 멈추는 것을 말한다.
- 인광 : 자극이 없어진 후에도 수 분 또는 수 시간을 발광을 지속하는 것을 말한다.

3) 플랑크의 방사법칙

흑체에서 분광 방사 속의 발산도를 나타내며 광고온계의 측정원리로 사용된다.

$$P_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{C_2/\lambda T}} [W/cm^2 \cdot \mu]$$

여기서, C_1, C_2 : 플랑크 정수, 절대 온도 : T [K], 파장 : λ

3. 루미네선스 : 빛을 발생시키는 온도 복사를 제외한 모든 발광현상

1) 루미네선스의 종류

- ① 전기 루미네선스 : 기체중의 방전을 이용한 것으로 네온관등, 수은등, 나트륨등이 있다.
- ② 복사 루미네선스 : 형광이나 인광의 파장은 원래의 빛의 파장과 같거나 그보다 길어진다는 스토크스의 법칙을 이용한 형광등이 있다.
- ③ 파이로 루미네선스 : 증발하기 쉬운 원소를 불꽃 속에 넣을 때 불꽃 속 기체가 발광하는 현상으로 발염 아크등이 있다.
- ④ 전계 루미네선스 : E.L 등과 같은 고체 내 전계(전장)에너지의 변환에 의한 발광
- ⑤ 생물 루미네선스 : 생물의 특수 산화 작용에 의해 발광하는 것으로 반딧불과 같은 야광충 및 오징어가 있다.
- ⑥ 결정 루미네선스 : 화학반응 중 결정을 이루며 발광하는 것으로 황산소다, 황산칼리가 있다.
- ⑦ 열 루미네선스 : 금강석, 대리석, 형석 등을 가열하면 일어나는 발광 현상이다.

필수확인 O·X 문제

난이도 ★★★★★

최근기출년도 00. 08. 17

1차 2차 3차

1. 어느 광원의 광색이 흑체의 광색과 같을 때 온도를 색온도라 한다. ()
2. 온도의 크기 순서는 색온도 > 진온도 > 복사온도 > 휘도온도 이다. ()
3. 흑체의 전 복사에너지는 절대 온도 T [K] 4 승에 반비례 한다. ()
4. 증발하기 쉬운 원소를 불꽃 속에 넣을 때 불꽃 속 기체가 발광 하는 현상을 복사 루미네선스라 한다. ()

상세해설

1. (○)
2. (×) 색온도 > 진온도 > 휘도온도 > 복사온도
3. (×) 흑체의 전 복사에너지는 절대 온도 T [K] 4승에 비례한다.
4. (×) 증발하기 쉬운 원소를 불꽃 속에 넣을 때 불꽃 속 기체가 발광 하는 현상을 파이로 루미네선스라 한다.

참고

파선 법칙

기체 중에 평등 전계 하에서 방전개시 전압은 기체의 압력과, 전극 거리와의 곱의 함수가 된다.

$$V \propto p \times d$$

여기서, V [V] : 방전개시전압,
 P [Pa] : 기압,
 d [mm] : 전극사이의 거리

Q 포인트문제 9

써클라인(환형) 형광등은 다음 중 어떤 루미네선스를 이용한 것인가?

- ① 전기 루미네선스
- ② 복사 루미네선스
- ③ 열 루미네선스
- ④ 음극선 루미네선스

A 해설

복사 루미네선스

형광이나 인광의 파장은 원래의 빛의 파장과 같거나 그보다 길어진다는 스토크스의 법칙을 이용한 형광등이 있다.

정답 ②

Q 포인트문제 10

파이로 루미네선스를 이용한 것은?

- ① 텔레비전 영상
- ② 수은등
- ③ 형광등
- ④ 발염 아아크등

A 해설

파이로 루미네선스

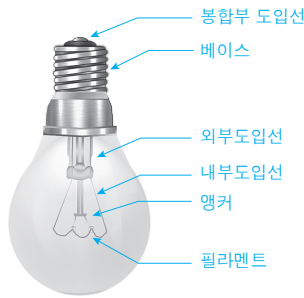
증발하기 쉬운 원소를 불꽃 속에 넣을 때 불꽃 속 기체가 발광하는 현상으로 발염 아크등이 있다.

정답 ④

4 광원

1. 백열 전구

1) 구조 및 재료



베이스	황동판, 내식성알루미늄
외부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀우밋선
봉합부도입선	듀우밋선
내부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀우밋선
앵커	몰리브덴선
필라멘트	텅스텐(최고온도 2800~3200 [K])

2) 필라멘트

- ① 필라멘트의 구비조건
 - ㉠ 용해점이 높을 것
 - ㉡ 고유저항이 클 것
 - ㉢ 높은 온도에서 기계적 강도 크고 증발성이 적을 것
 - ㉣ 선팽창 계수가 적을 것
 - ㉤ 전기저항의 온도계수가 (+)일 것
 - ㉦ 경제적이며 가공이 용이 할 것
- ② 필라멘트의 2중 코일 사용하는 이유
수명을 길게 하고 효율을 높이기 위하여 2중 코일을 사용한다.

3) 게터(getter)

필라멘트에 바르는 물질로 전구 내에 남아 있는 공기와 결합하여 필라멘트 산화를 방지하여 수명을 길게 하고 유리구의 흑화를 방지한다.

- ① 게터의 종류
 - ㉠ 적린 게터 : 40[W] 이하 진공 전구
 - ㉡ 질화 바륨 게터 : 40[W] 이상 가스 주입 전구
- ② 흑화의 원인
 - ㉠ 필라멘트의 온도가 높은 경우
 - ㉡ 필라멘트의 증발 비율이 높은 경우
 - ㉢ 배기가 불량인 경우

참고

듀우밋선

듀우밋선 이라고도 하며 42[%] 정도의 니켈을 함유한 철-니켈 합금선에 동을 피복한 것

참고

백열등 특성

- ① 동정곡선 : 에이징후 필라멘트가 승화하여 가늘어지면서 저항이 증가하고 전류 및 광속은 감소하는 과정을 동정이라 하며 전류, 광속, 효율, 시간의 변화를 그래프상에 나타낸 것을 동정곡선이라 한다.
- ② 수하특성 : 부하전류가 증가하면 전압은 급격히 감소
- ③ 수명

- ㉠ 유효 수명 : 광속 값이 처음 값의 80[%] 될 때까지 사용하는 시간
- ㉡ 단선 수명 : 필라멘트가 단선 될 때까지 사용

㉢ 단선율 = $\frac{\text{전구의 단선수}}{\text{전구의 총수}}$

전압특성

$$\frac{F}{F_0} = \frac{E}{E_0} = \frac{I}{I_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{3.6}$$

- F, E, I, V : 변화된 값
- F₀, E₀, I₀, V₀ : 정격값

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{-14} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{14}$$

- L : 변화된 수명
- L₀ : 정격 전압에서 수명

4) 백열전구의 가스봉입

- ① 가스 봉입 이유
 - ⓐ 필라멘트의 증발억제
 - ⓑ 수명증가
 - ⓒ 발광효율의 증가
- ② 봉입 가스 : 아르곤(Ar)과 질소(N)을 봉입한다.
 - ⓐ 아르곤 Ar(90~96[%]) : 열전도율이 작아 가스손을 줄일 수 있으나 단점은 가격이 비싸다.
 - ⓑ 질소 N(4~10[%]) : 산화 방지 및 아크를 방지하여 수명을 길게 한다.

5) 백열전구 특성

- ① 수명과 효율 : 1000[h], 7~22[lm/W]
- ② 전구의 특성 시험
 - 구조시험, 초 특성시험, 동정특성시험, 수명시험, 베이스의 치수와 접착강도 시험
 - ⓐ 동정특성 시험 : 점등 500시간 후 전류와 광속관계를 나타낸 것
 - ⓑ 초 특성 시험 : 점등 100시간 후 전류와 광속관계를 나타낸 것
 - ⓒ 에이징 : 정격전압보다 10[%] 높은 전압으로 점등하여 필라멘트특성을 안정화시키는 작업으로 시간은 40~60분 정도가 적당하다.

Q 포인트문제 11

백열 전구의 앵커에 사용되는 재료는?

- ① 철 ② 크롬
- ③ 망간 ④ 몰리브덴

A 해설

베이스	황동판, 내식성알루미늄
외부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀우릿선
봉합부도입선 또는 봉착부도입선	듀릿선 - 니켈강에 구리를 피복(유리와 팽창 계수가 같다)
내부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀릿선
앵커(지지선)	몰리브덴선(부착계수가 좋다)
필라멘트 (발광체)	텅스 텐 (최고 온도 2800~3200[K])

정답 ④

필수확인 O·X 문제

난이도 ★★★★★

최근기출년도 00. 08. 17

1차 2차 3차

1. 봉합부 도입선의 재료는 구리에 니켈강을 피복한 것이다. ()
2. 백열전구 필라멘트의 전기저항의 온도계수는 +이다. ()
3. 백열전구의 필라멘트를 2중 코일 구조로 하는 이유는 흑화 방지이다. ()
4. 가스입 전구에 아르곤 가스를 넣을 때 질소를 봉입하는 이유는 아크방지이다. ()

상세해설

1. (×) 듀릿선으로 니켈강에 구리를 피복한 것이다.
2. (○)
3. (×) 수명을 길게 하고 효율을 높이기 위하여 2중 코일을 사용한다.
4. (○)

Q 포인트문제 12

형광 방전등에서 효율이 가장 낮은 것은?

- ① 녹색 ② 적색
- ③ 백색 ④ 주황색

A 해설

광색에 의한 효율이 높은 순 :
녹색 > 백색 > 주황색 > 적색
효율이 높은 순으로 적으면 녹색, 백색, 주황색, 적색으로 된다.

정답 ②

Q 포인트문제 13

형광등의 점등회로 방식이 아닌 것은?

- ① 글로우 스타트 방식
- ② 루소 스타트 방식
- ③ 래피드 스타트 방식
- ④ 전자 스타트 방식

A 해설

형광등 점등회로 방식

글로우 스타트, 래피드 스타트, 전자 스타트, 순시 기동

정답 ②

참고

형광체의 종류 및 광색

- ① 텅스텐산칼슘(CaWO₄-Sb) 청색
 - ② 텅스텐산마그네슘(MgWO₄) 청백색
 - ③ 규산아연(ZnSiO₃-Mn) 녹색(효율 최대)
 - ④ 규산카드뮴(CdSiO₃-Mn) 등색
 - ⑤ 붕산카드뮴(CdB₂O₇) 핑크색(정육점)
- ※ 광색에 의한 효율이 높은 순 :
녹색 > 백색 > 주황색 > 적색

참고

플리커율

$$\frac{\text{최고광도} \times \text{평균광도}}{\text{평균광도}} \times 100[\%]$$

2. 형광등[F]

방전에서 발생된 자외선으로 유리관 내면의 형광물질을 자극하여 발광하는 방전등

1) 구조

- ① 안정기 : 방전등의 전압전류특성은 마이너스 특성으로 일정전압의 전원에 연결하면 전류가 급속히 증대되어 방전등을 파괴할 수 있으므로 이를 방지하기 위한 장치를 말한다.(안정기 역율 50~60[%], 고 역율 안정기는 85[%])
- ② 형광등 점등 : 바이메탈(가동전극)이 떨어지는 순간 글로우 방전이 일어나 깜빡거리며 점등
- ③ 형광등 점등회로 방식 : 글로우 스타트, 래피드 스타트, 전자 스타트, 순시 기동

2) 온도 및 광속

- ① 효율(40~80[lm])이 최대가 되는 주위온도 20~25[°C]일 때
관벽 온도는 40~45[°C]
- ② 형광 방전등의 형광물질 자극 파장 2537 Å
- ③ 광속
 - ㉠ 전광속 : 점등 100시간 후 광속 측정(초특성)
 - ㉡ 동정특성 광속 : 점등 500시간 후 광속 측정

3) 발광 순서

열음극 - 자외선 - 형광물질 자극 - 빛

※ 스토크스 법칙 : 발광체가 발산하는 복사의 파장은 조사된 복사의 파장보다 항상 길다.

4) 형광등의 특징

- ① 백열전구와 비교 시 효율이 48~80[lm/W](평균 60[lm/W])으로 높고 수명(7000[h])이 길다.
- ② 임의의 광색을 얻을 수 있고 온도의 영향을 받는다.
- ③ 휘도가 낮다.
- ④ 부속장치가 필요해 비싸며 역률이 나쁘다.
- ⑤ 점등 시간이 오래 걸리며 플리커 현상이 있다.
- ⑥ 열방사가 적다.

5) 형광등의 플리커 현상 방지

- ① 직류 전원 사용, 전원의 주파수를 크게 한다.
- ② 3 상 전원의 접속을 바꾼다.
- ③ 전류의 위상을 바꾼다.(콘덴서 이용)