

# Part2: Rendering

## 3. 조명

# Outline

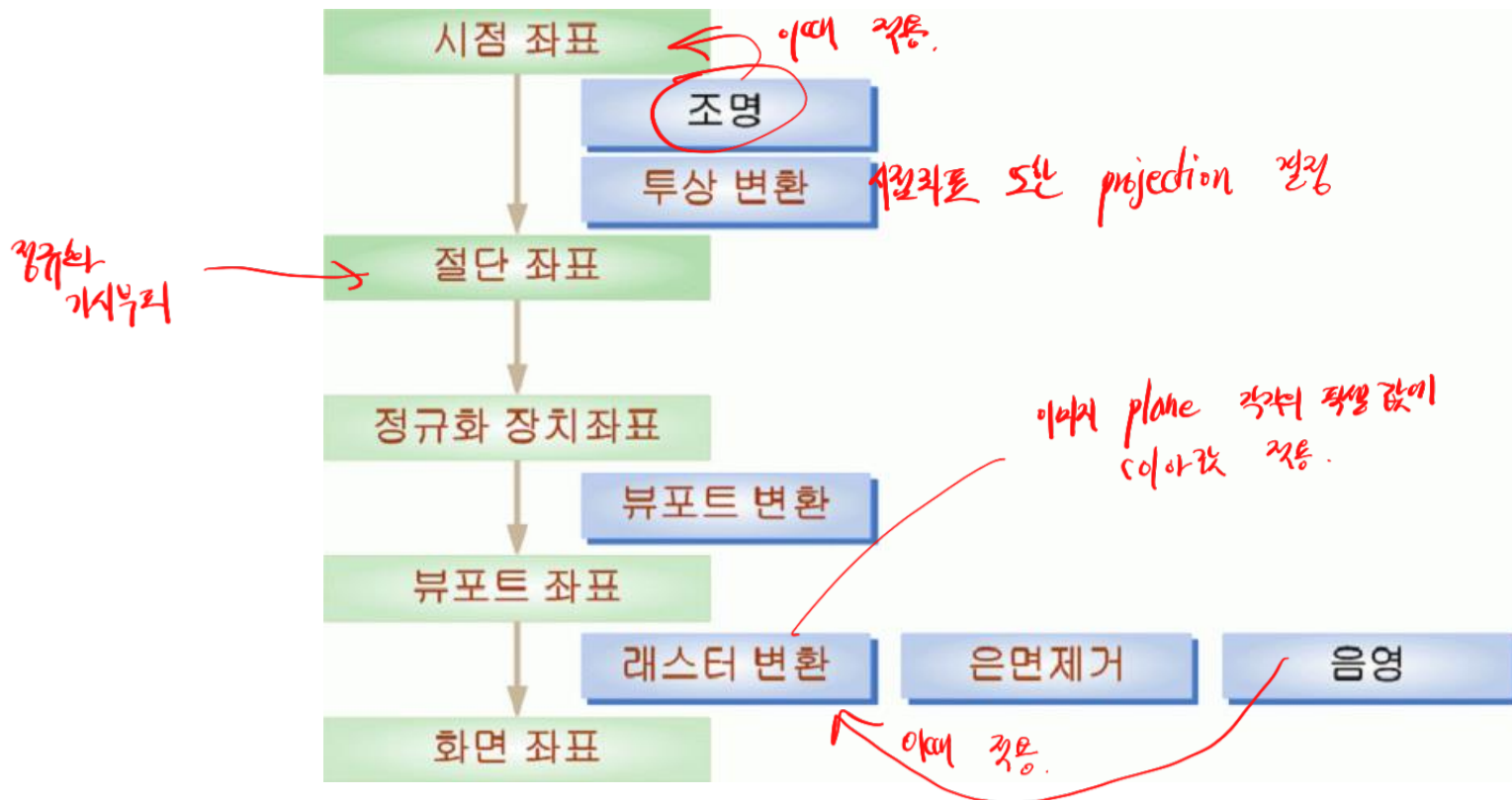
- I. 빛
- II. 조명

1. 빛 코팅. 코팅 머신에 가장 중요?

우리가 불에를 볼 수 있는 이유: 빛 반사.

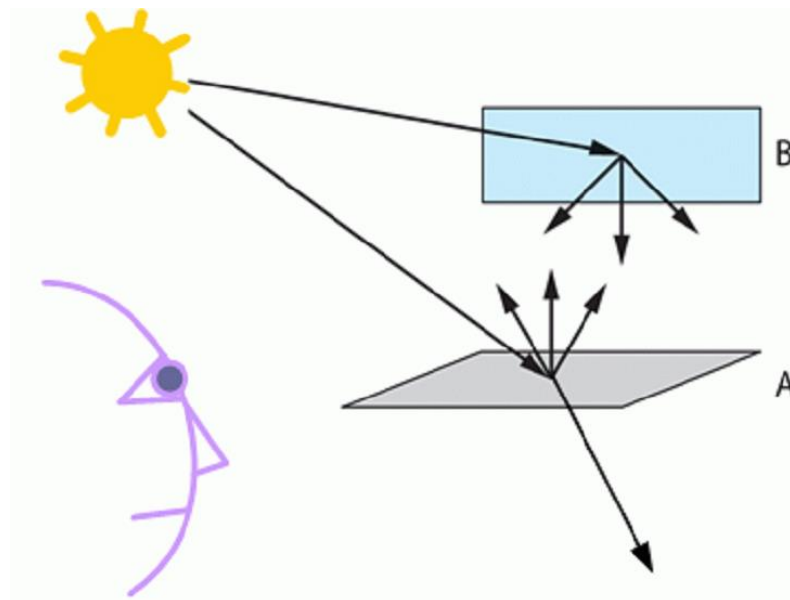
# 1.1 조명과 음영

- 렌더링(Rendering)
  - 조명(Lighting, Illumination): 물체 정점의 색상을 부여, 물체공간 (Object Space)
  - 음영(Shading, Surface Rendering): 조명 결과를 이용하여 물체 면의 색상을 부여: 영상공간(Image Space)



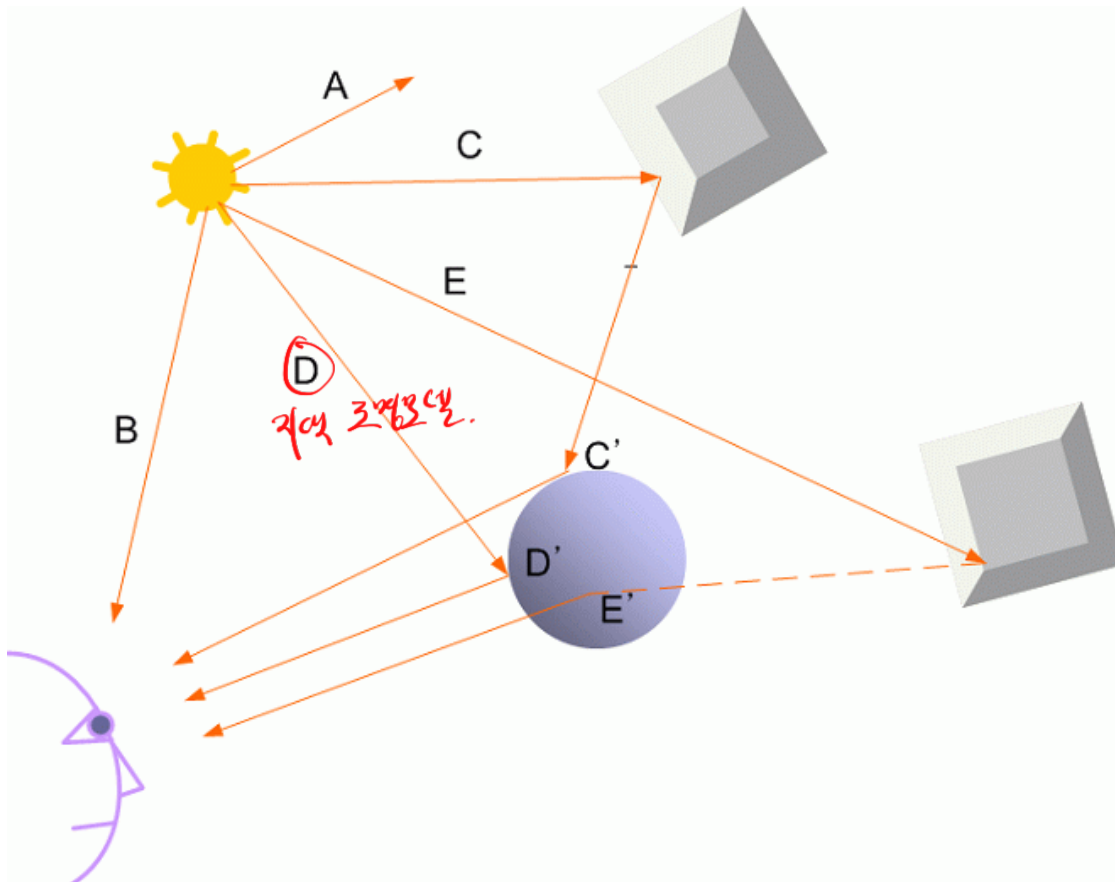
## 2. 조명, 빛의 진행

- 광원에서 출발
- 물체 표면에서
  - 흡수 (Absorption) *빛이 길어지면 어둡다 (검은색)*
  - 반사 (Reflection) *진행방향이 꺾임.*
  - 투과 (Transmission) 또는 굴절 (Refraction)
- 물체를 본다는 것은 우리 눈으로 입사하는 빛에 의함
- 물체색: 광원, 물체, 관찰자 위치, 광원과 물체의 특성에 의해 결정



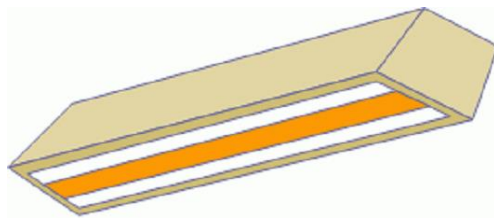
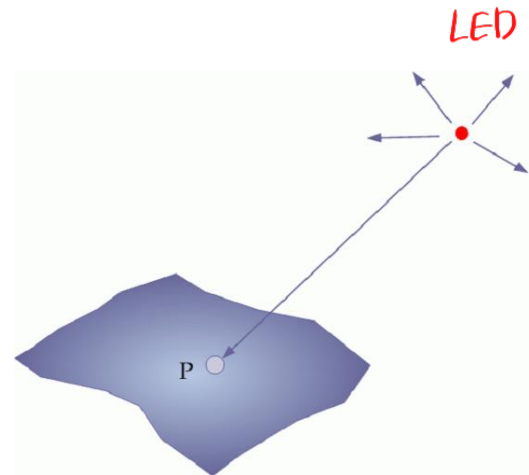
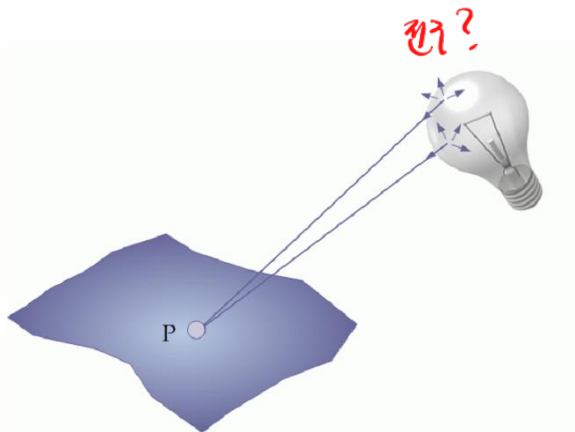
## 2.1 Illumination Model (조명 모델)

- 전역 조명모델(Global Illumination Model): 다른 물체면에서 반사되어 입사되는 빛까지 고려한 조명모델 *C, D, E*
- 지역 조명모델(Local Illumination Model): 광원으로부터 직접 물체면으로 입사되는 빛만을 고려한 모델

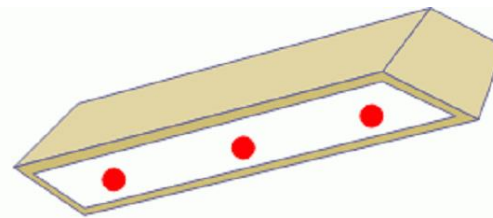


## 2.2 광원

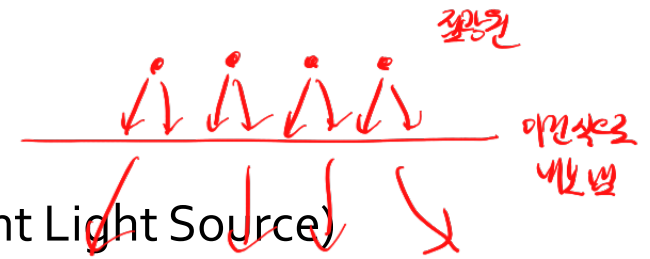
- 면적광원(Area Light Source)과 점광원(Point Light Source)
- 면적광원을 분산 점광원(Distributed Point Light Source)으로 근사화



(a)

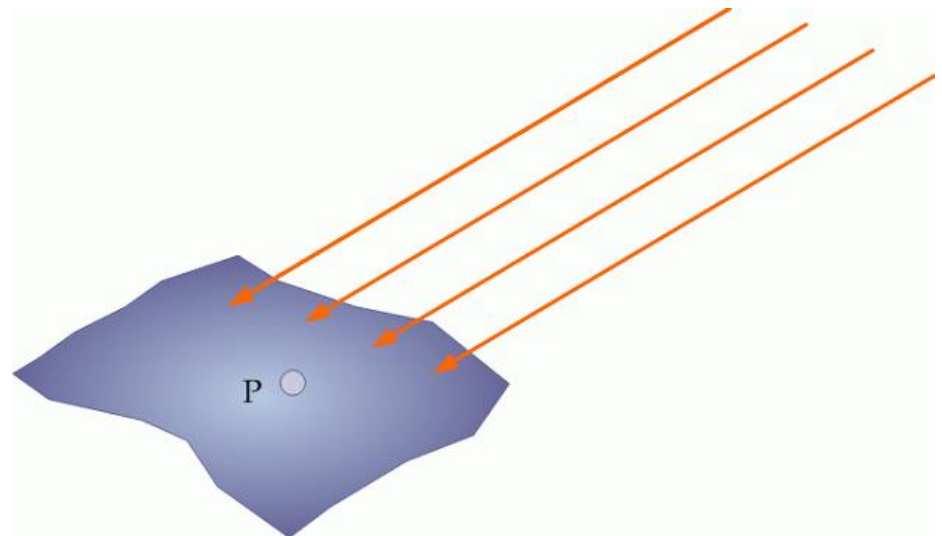
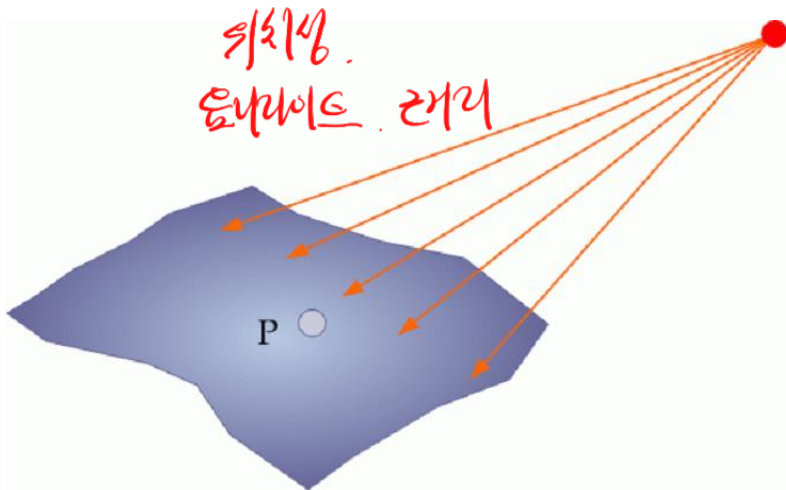


(b)



## 2.2.1 Light Source (광원)

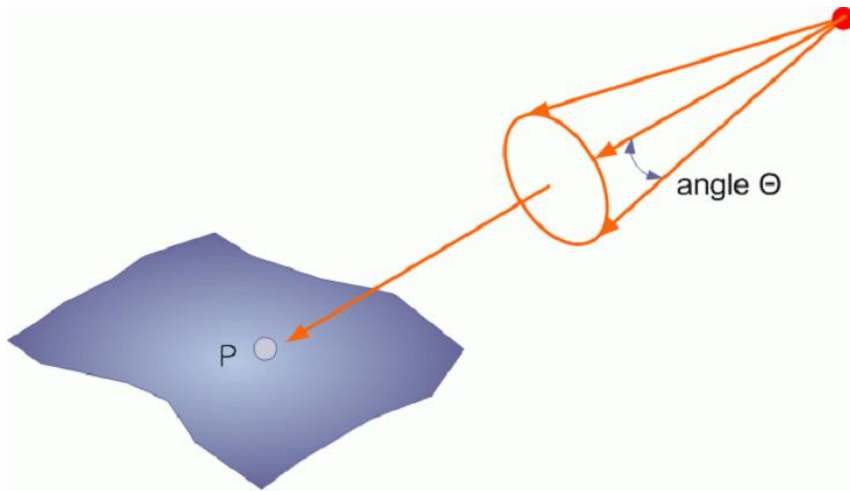
- 위치성 광원(Positional Light Source)
  - 옴니라이트(Omni Light), 빛이 모든(Omni) 방향으로 방사형(Radial Direction)으로 진행
  - 광원의 위치가 중시됨. 근거리 광원
- 방향성 광원(Directional Light Source)
  - 빛이 물체면을 향하여 일정한 방향으로 진행
  - 빛의 방향이 중심됨. 원거리 광원





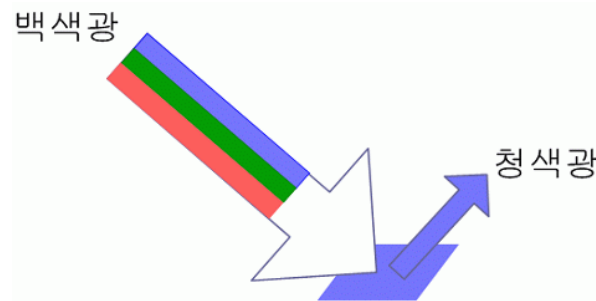
## 2.2.2 Spot Light (스포트라이트)

- 위치성 광원과 유사
  - 빛이 방사형으로 진행
  - 광원이 유한 거리에 존재
- 방향성 광원과 유사
  - 하나의 방향을 향해서만 진행
- 차이점
  - 일정한 각 범위 내로만 진행. 포로수용소의 탐조등



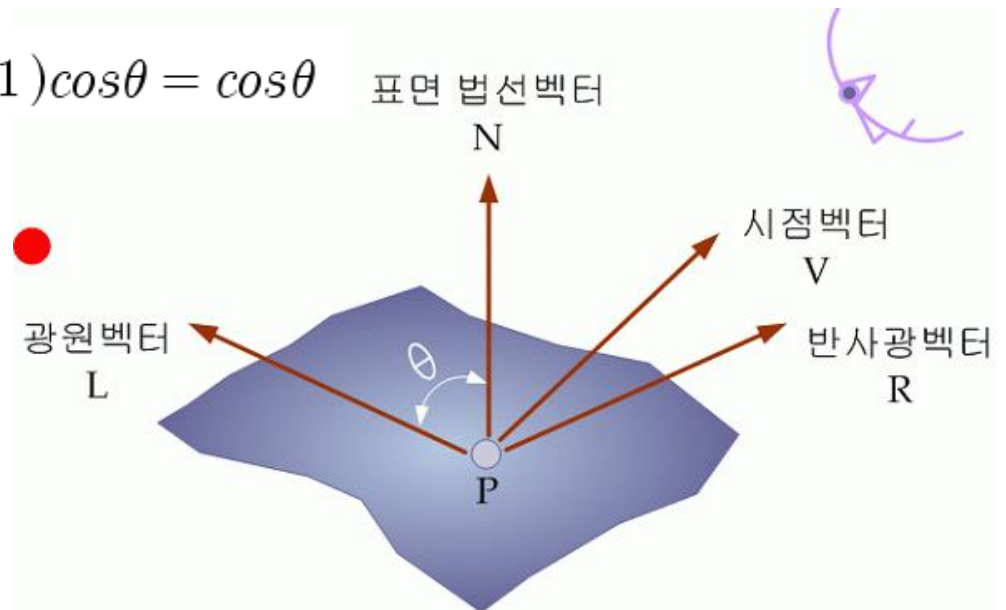
## 2.3 조명 관련 벡터

- 물체의 색: R, G, B 별로 빛의 세기를 별도 추적. 최종적으로 합성



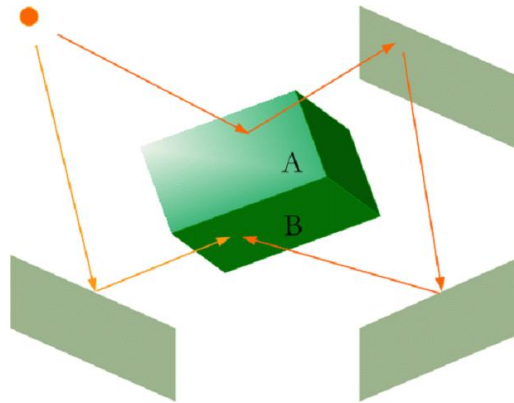
- 조명 관련 벡터
  - 입사각: 광원벡터와 법선벡터가 이루는 각

$$N \cdot L = |N| |L| \cos\theta = (1)(1)\cos\theta = \cos\theta$$



## 2.4 Ambient Reflection (주변 반사)

- 광원에 직접 노출되지 않는 면에 밝기를 부여
- 모든 빛의 경로를 추적하기 어려움
  - 면마다 상수 크기의 밝기를 추가 *그라데이션 X, 면마다 일정한 밝기 부여?*
  - 전역 조명 모델 효과를 근사적으로 부여



## 2.4.1 거리에 따른 빛의 양화

- 거리 제곱에 반비례

- $I_a$ : 광원의 주변광 세기

- $K_a$ : 주변광 계수

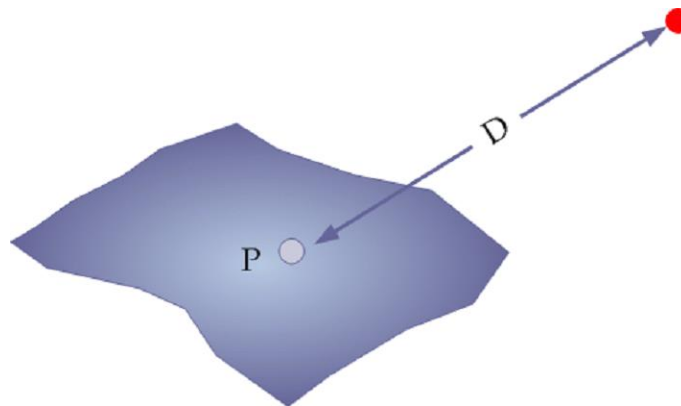
$$\text{Ambient Reflection} = K_a I_a / D^2$$

주변광 보정 수식.

√  
값.

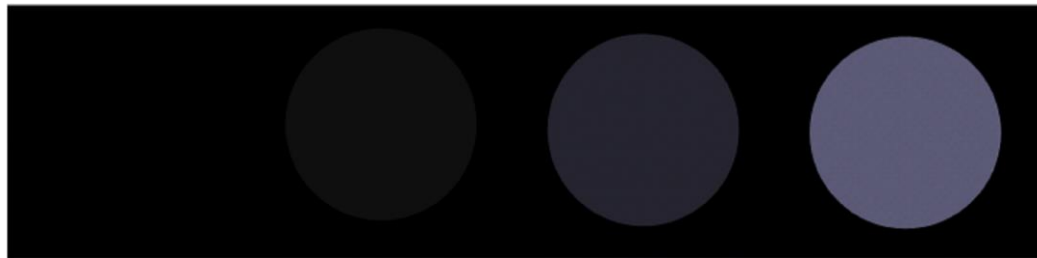
코팅에 의해 절감.

$D$ : 광원으로부터 거리.

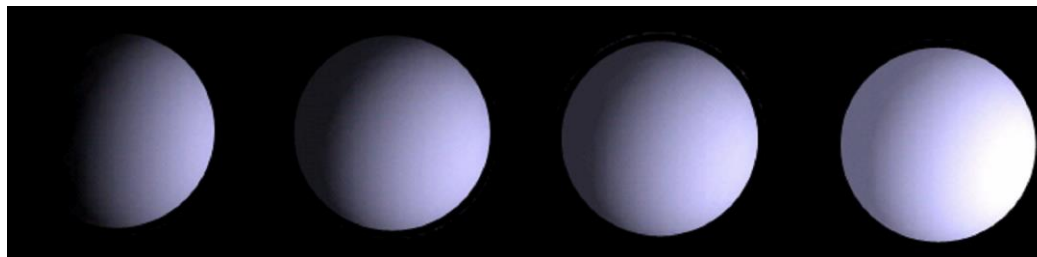


## 2.4.2 주변광 계수 변화

- 주변광만 부여 *색상이 짙음 → 희박 된 것 같음.*



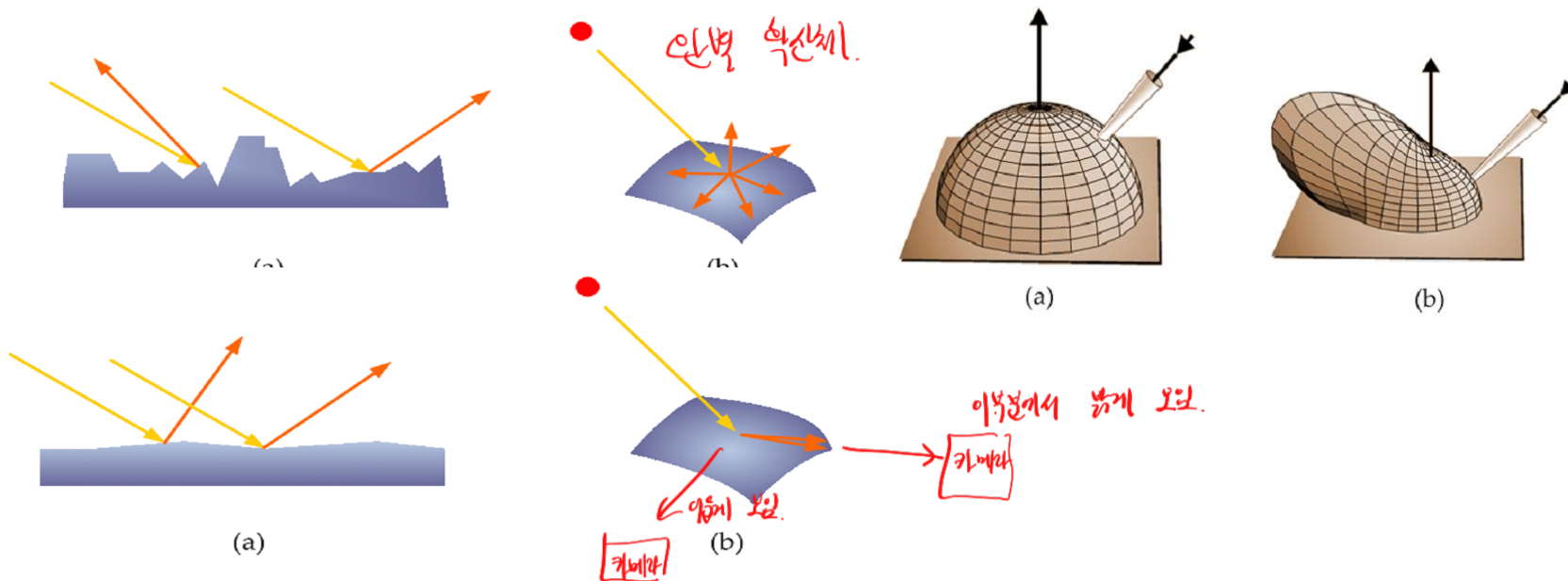
- 여타 반사광 + 주변광



$$\text{Ambient Reflection} = K_a I_a / D^2$$

## 2.5 Diffusive Reflection (확산반사)

- 난반사에 해당 **모든 방향으로 빛이 퍼진다.**
- 완벽 확산체(Perfect Diffuser)와 방향성 확산체(Direction Diffuser)
- 방향성 확산체:  
확산 방향에 시점이 있다면 물체가 더욱 밝게 보여야 함.
- 완벽 확산체: **빛이 모든 면에 균일하게 반사**  
지역조명 모델의 그래픽 처리를 단순화하기 위해서 완벽 확산체를 가정

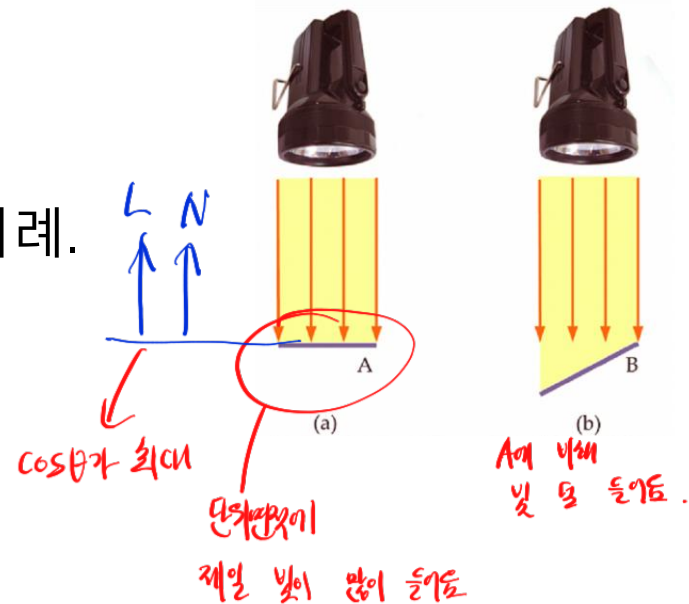


## 2.5.1 확산광의 세기

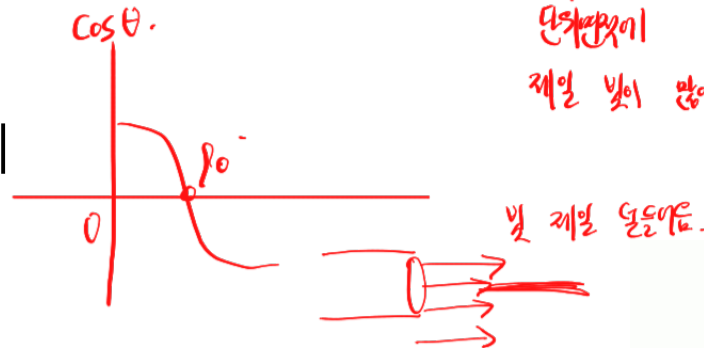
- 물체면이 서 있는 방향에 따라 다름
- 람베르트 법칙(Lambertian Law)  
입사각: 광원벡터, 법선벡터 사이각  
면의 밝기는 입사각의 코사인에 정비례.

$$\text{Diffusive Reflection} \propto \cos \theta$$

입사각 수직일때 제일 밝다

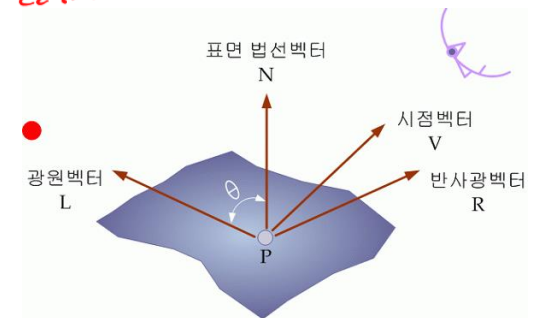


- 확산광의 세기
- $I_d$ : 광원의 확산광 세기
- $K_d$ : 확산광 계수



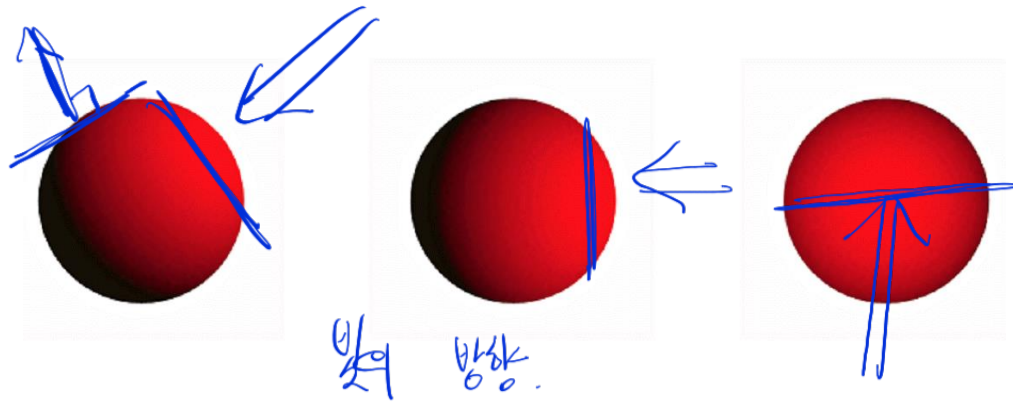
$$\text{Diffusive Reflection} = K_d I_d \cos \theta / D^2$$

$$= K_d I_d \underline{(N \cdot L)} / D^2$$



## 2.5.2 확산광 효과

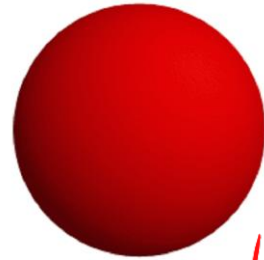
- 면이 서 있는 방향에 따라 차등적 밝기
  - 입체감 부여
  - cf. 주변광 → *포입반광*
- 우상단, 우측 중앙, 정중앙



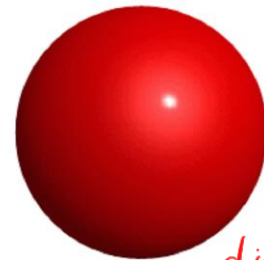


## 2.6 Specular Reflection (경면 반사)

- 반질반질한 표면에서 반사되는 빛 *제길 부여.*
- 정반사에 의함
- 물체의 색이 아니라 광원의 색
- cf. 주변광, 확산광: 광원의 색이 물체의 색과 상호작용  
Ex. 확산, 확산+경면

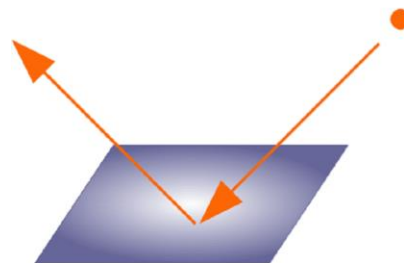
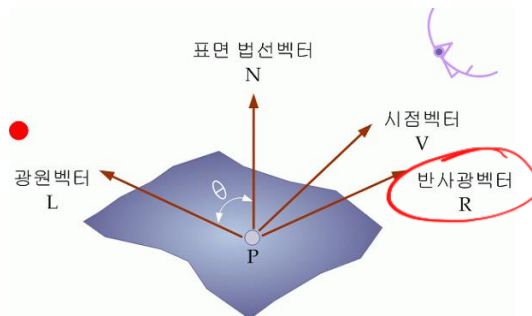


(a)

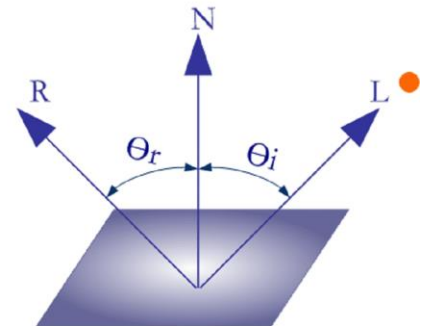


(b)

- 기본적으로 입사각과 반사각이 동일
- 시점이 정확히 반대방향일 때 보임



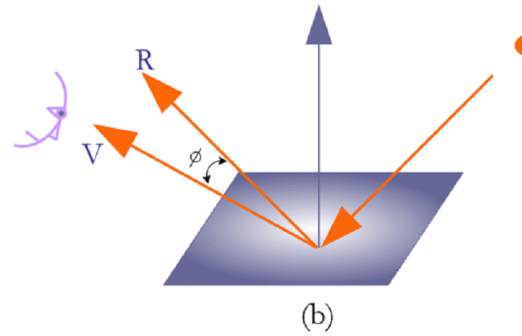
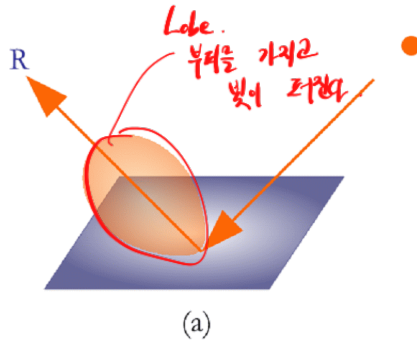
(a)



(b)

## 2.6.1 경면광 분포

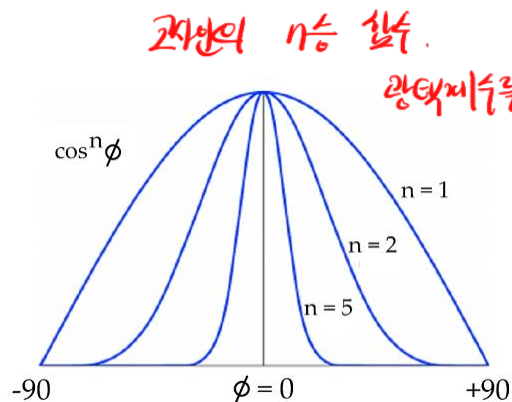
- 실제적으로는 Lobe 모습



## 2.6.2 Phong 반사모델

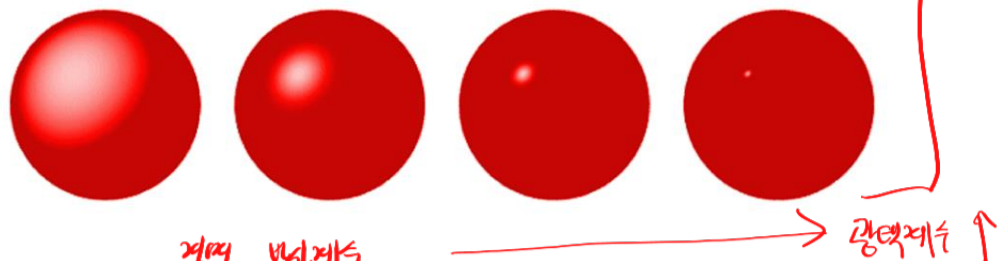
- Phong 반사모델(Phong Illumination Model)
- 광택계수(Shininess Coefficient)

$R=V$ 일때 제일 광택다.



광택계수를 커지면 광택의 사이즈가 작아진다.

광택계수만 다르게 큰 경우.



정면 반사계수

광원의 색.

광택계수.

정면반사 색.

$$\text{Specular Reflection} = K_s I_s (\cos \phi)^n / D^2$$

$R, V$  사이

(반사광벡터와 시점벡터가 이루는 각)

우려 없이 반사광벡터 근처에 있는지 검사.

$$= K_s I_s (R \cdot V)^n / D^2$$

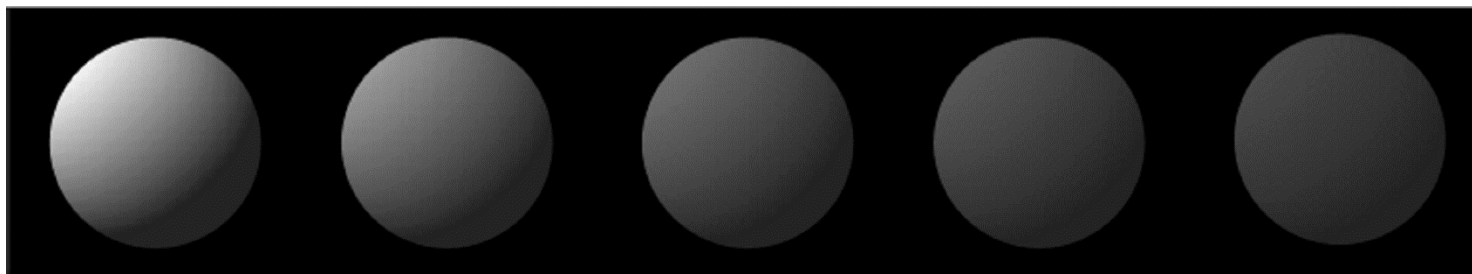
## 2.7 Attenuation Function (약화 함수)

- 거리 <sup>반경</sup>에 따른 약화를 수식으로 표현

$$f_{\text{attenuation}} = \frac{1}{a + bD + cD^2}$$

- $a = b = 0, c = 1$ ,  $a = b = .25, c = .5$ ,  $a = c = 0, b = 1$

①

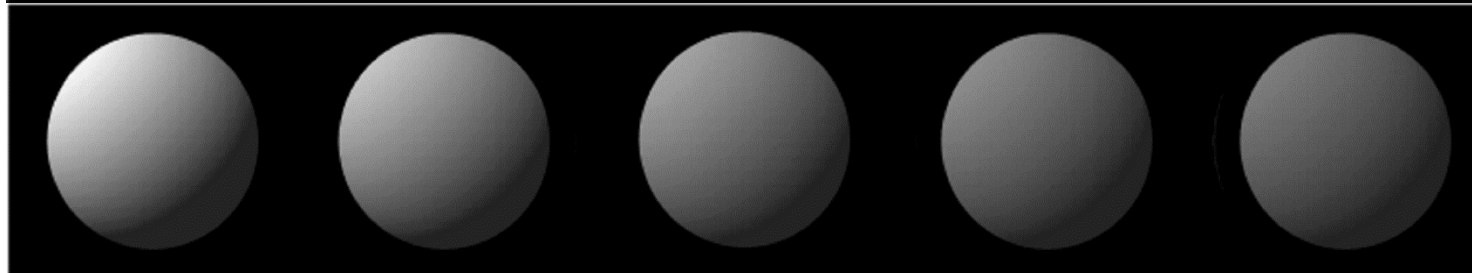


$\frac{1}{D^2}$

②

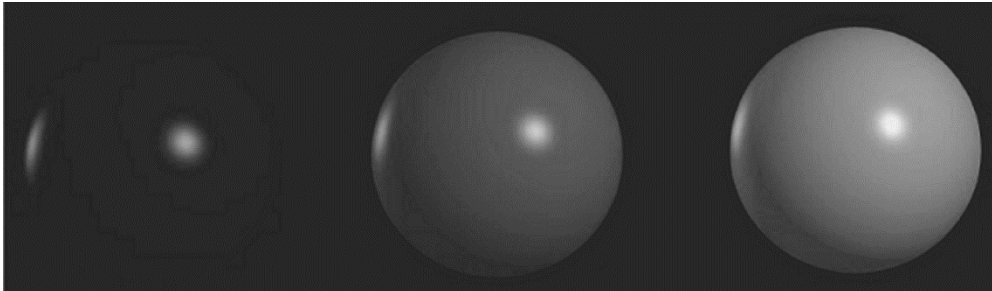


$\frac{1}{D}$



## 2.8 확산계수 경면계수 광택계수

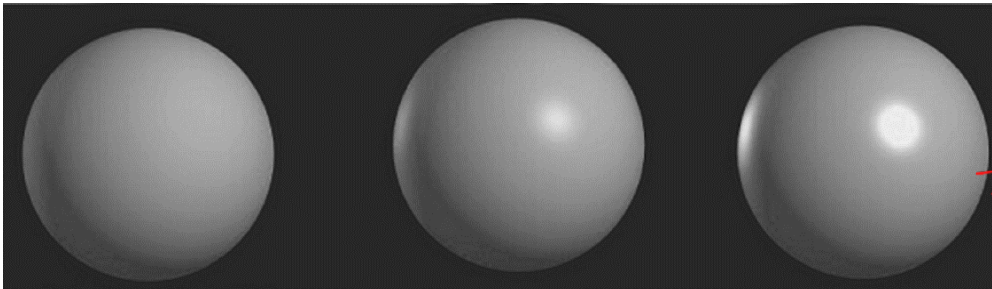
점점 밝아짐.



확산계수(Kd) 0.01, 0.3, 0.7

$$\text{Diffusive Reflection} = \underbrace{K_d}_{\downarrow} I_d \cos\theta / D^2$$

$$= K_d I_d (N \cdot L) / D^2$$

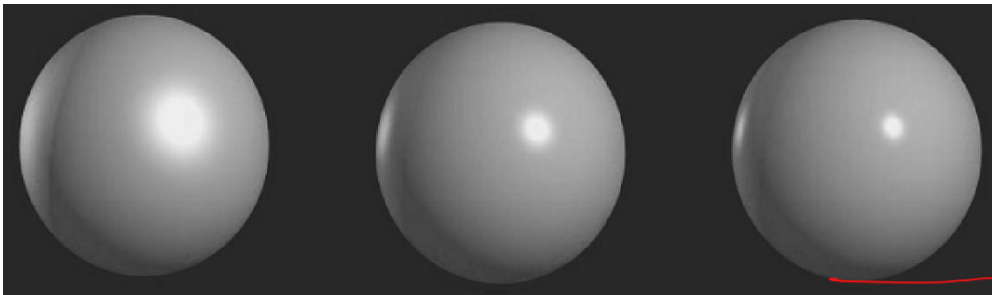


경면계수(Ks) 0.0, 0.4, 0.8

$$\text{Specular Reflection} = K_s I_s (\cos\phi)^n / D^2$$

$$= K_s I_s (R \cdot V)^n / D^2$$

점점 반짝반짝.



광택계수(n) 5, 40, 100

$$\text{Specular Reflection} = K_s I_s (\cos\phi)^n / D^2$$

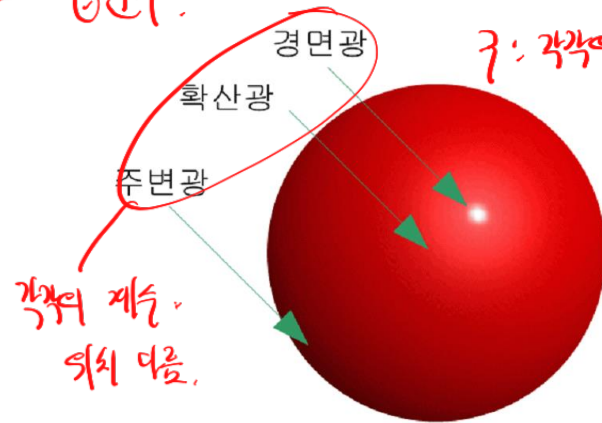
$$= K_s I_s (R \cdot V)^n / D^2$$

점점 광택 크기 ↓.

## 2.9 지역 반사 모델

시각벡터는 광원벡터

반사 모델들 다 합친거.

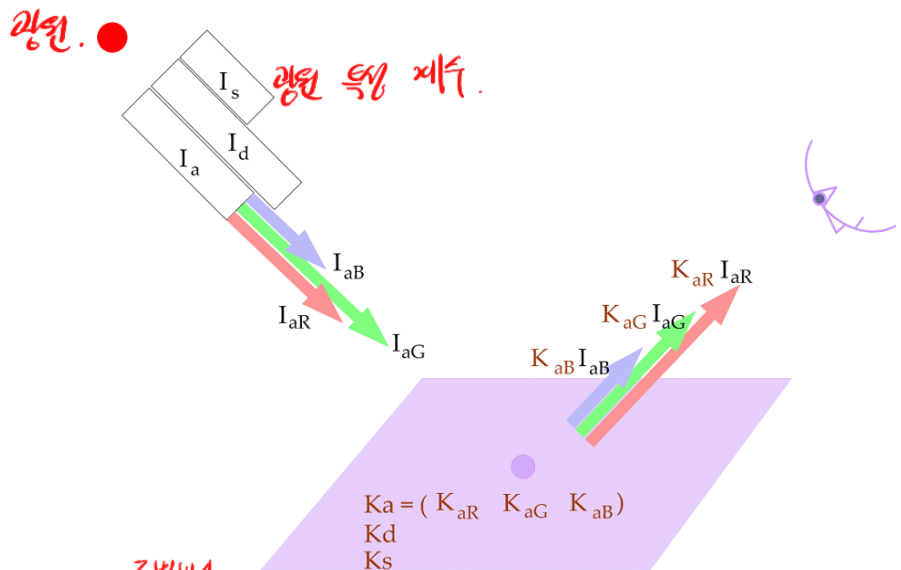


$\gamma$ : 각각의 포벡터나 법선벡터, 광원벡터 변화.

$$\begin{aligned}
 I &= \text{주변반사} \quad \text{확산반사} \quad \text{경면반사} \\
 I &= \text{Ambient Reflection} + \text{Diffuse Reflection} + \text{Specular Reflection} \\
 &= \frac{1}{\underbrace{a + bD + cD^2}_{\text{위치만큼.}}} (K_a \underbrace{I_a}_{\text{주변반사}} + K_d \underbrace{I_d}_{\text{확산반사}} (N \cdot L) + K_s \underbrace{I_s}_{\text{경면반사}} (R \cdot V)^n)
 \end{aligned}$$

## 2.10 렌더링에 적용

- 1. 광원이 여러 개인 경우는 각각의 광원에서 나오는 빛을 모두 합산
- 2. R, G, B 색에 대해 별도로 적용하여 합산
- 3. 광원특성은 반사광 종류별로  $I_a, I_d, I_s$
- 4. 물체특성은 반사광 종류별로  $K_a, K_d, K_s$  색상, 주변광, 정면광 계수.



조명 주변반사 확산반사 구면반사.

$$I = \text{Ambient Reflection} + \text{Diffuse Reflection} + \text{Specular Reflection}$$

$$= \frac{1}{a + bD + cD^2} (K_a I_a + K_d I_d (N \cdot L) + K_s I_s (R \cdot V)^n)$$