

# 조명과 음영

# 목 차

- ❖ 조명
- ❖ 지역 조명 모델
- ❖ 음영
- ❖ GL의 조명과 음영
- ❖ GL 프로그램의 예

## 학습목표

- ❖ 조명과 음영의 차이점을 이해한다.
- ❖ 지역 조명모델과 전역 조명모델의 차이점을 이해한다.
- ❖ 광원의 특성과 종류를 이해한다.
- ❖ 주변광, 확산광, 경면광 등 지역 조명모델의 요소를 이해한다.
- ❖ 플랫 셰이딩, 구로 셰이딩, 폰 셰이딩 등 음영방법의 차이를 이해한다.
- ❖ 프로그램에 의해 지엘에서 조명 및 음영을 가하는 방법을 이해한다.

# 조명과 음영

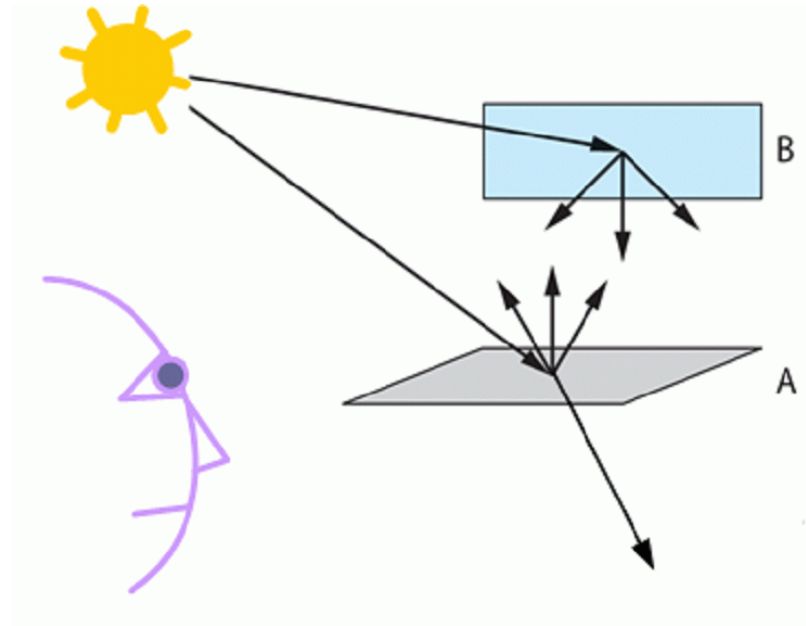
## ❖ 렌더링(Rendering)

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



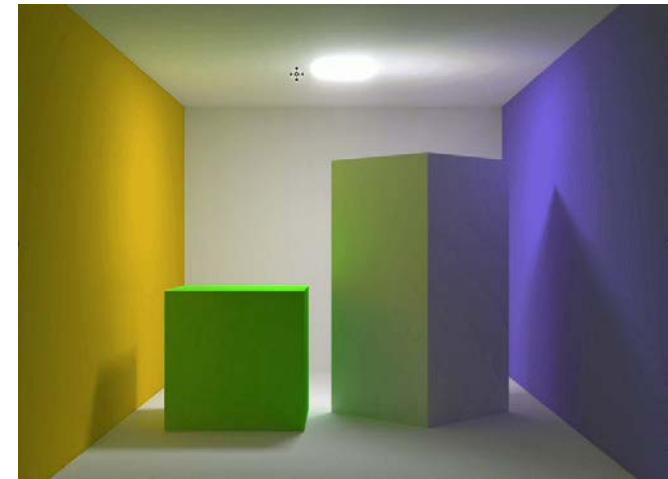
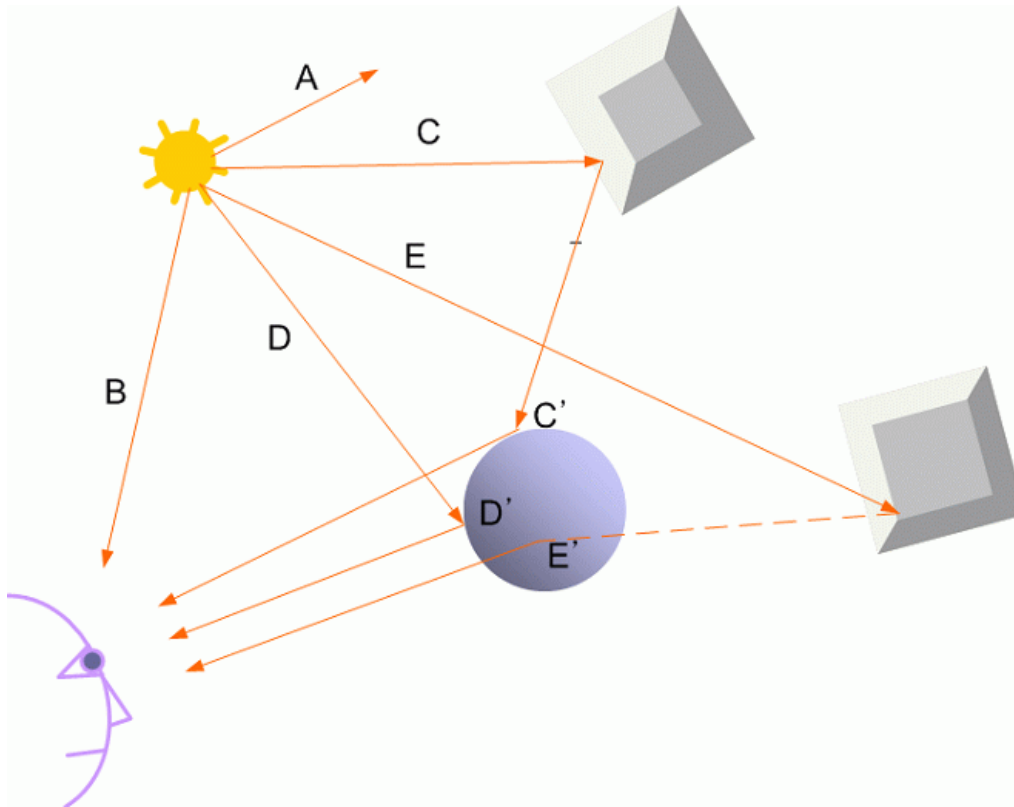
# 빛의 진행

- ❖ 광원에서 출발
- ❖ 물체 표면에서
  - 흡수 (Absorption)
  - 반사 (Reflection)
  - 투과 (Transmission)  
또는 굴절 (Refraction)



- ❖ 물체를 본다는 것은 우리 눈으로 입사하는 빛에 의함
- ❖ 물체색: 광원, 물체, 관찰자 위치, 광원과 물체의 특성에 의해 결정

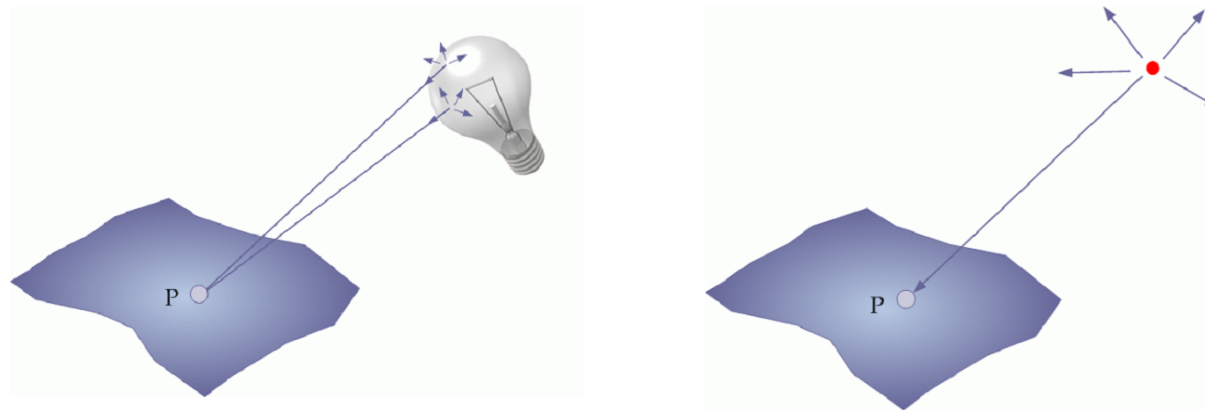
# 조명 모델 (Illumination Model)



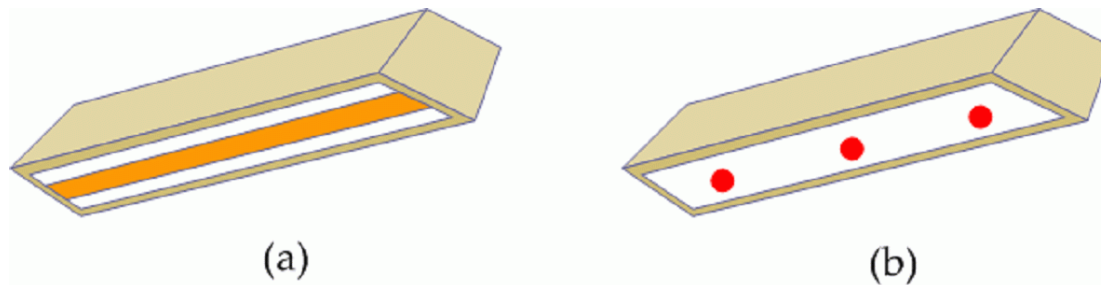
- ❖ 전역 조명모델 (Global Illumination Model): 다른 물체면에서 반사되어 입사되는 빛까지 고려한 조명모델
- ❖ 지역 조명모델 (Local Illumination Model): 광원으로부터 직접 물체면으로 입사되는 빛만을 고려한 모델

# 광원 (Light Source)

## ❖ 면적광원 (Area Light Source)과 점광원 (Point Light Source)



## ❖ 면적광원을 분산 점광원으로 근사화



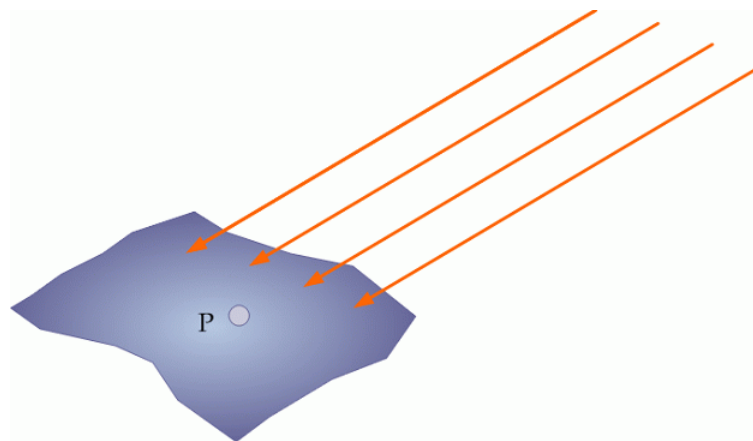
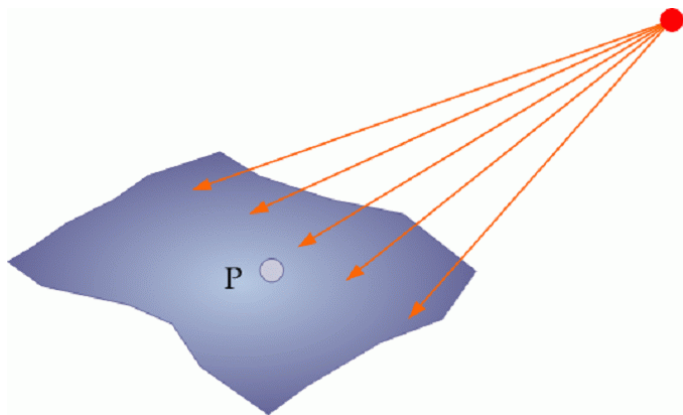
# 광원 (Light Source)

## ❖ 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





# 스포트라이트(Spot Light)

## ❖ 위치성 광원과 유사

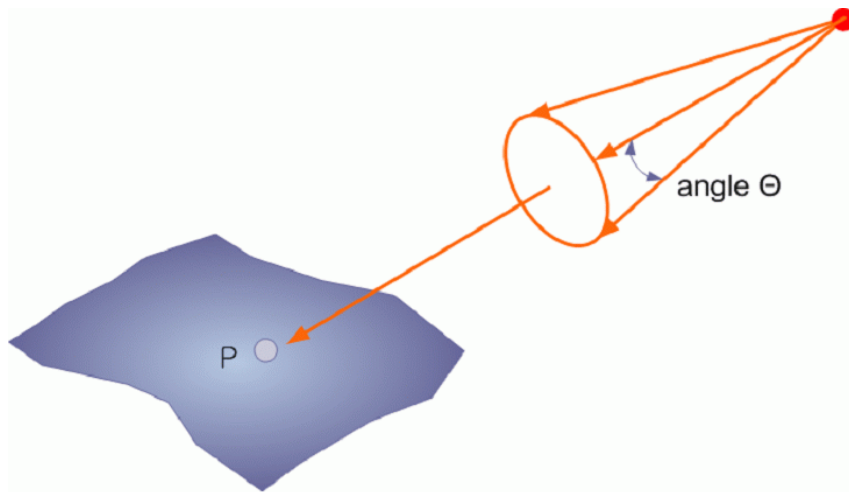
- 빛이 방사형으로 진행
- 광원이 유한 거리에 존재

## ❖ 방향성 광원과 유사

- 하나의 방향을 향해서만 진행

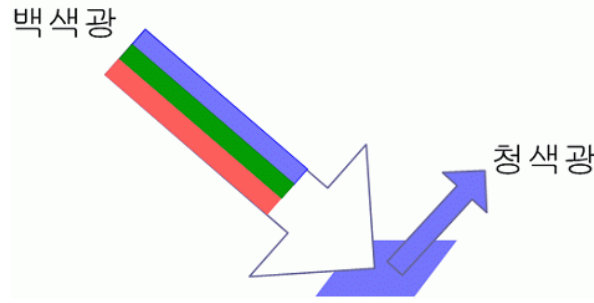
## ❖ 차이점

- 일정한 각 범위 내로만 진행. 포로수용소의 탐조등



# 조명관련 벡터

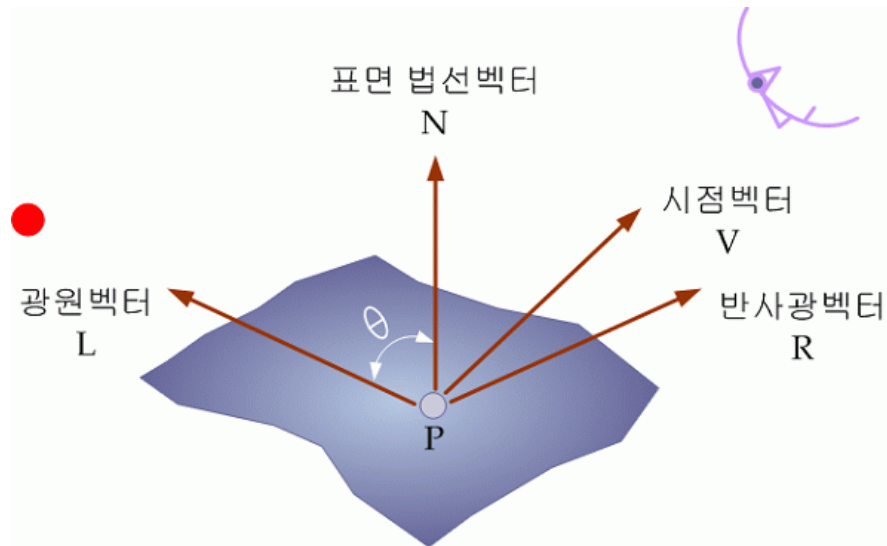
- ❖ 물체의 색: R, G, B 별로 빛의 세기를 별도 추적. 최종적으로 합성



- ❖ 조명관련 벡터

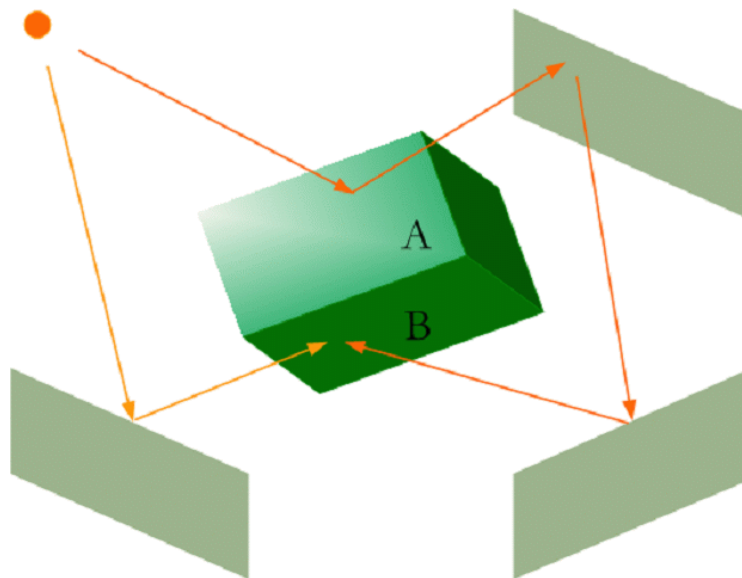
- 입사각: 광원벡터와 법선벡터가 이루는 각

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



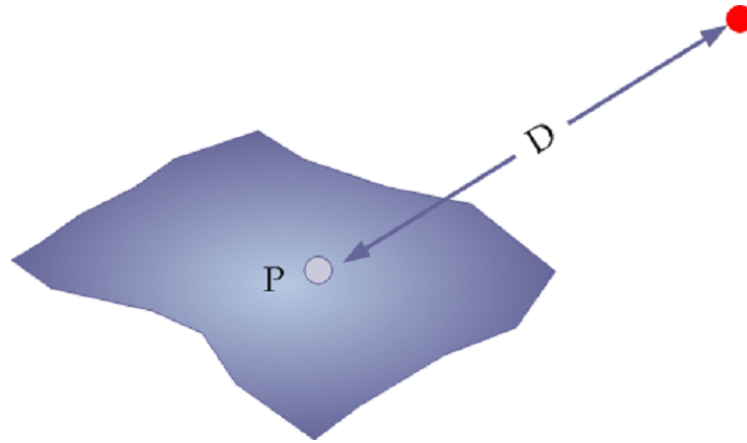
# 주변반사(Ambient Reflection)

- ❖ 광원에 직접 노출되지 않는 면에 밝기를 부여
- ❖ 모든 빛의 경로를 추적하기 어려움
  - 면마다 상수 크기의 밝기를 추가
  - 전역 조명모델 효과를 근사적으로 부여



# 거리에 따른 빛의 약화

## ❖ 거리 제곱에 반비례



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

$I_a$ : 광원의 주변광 세기

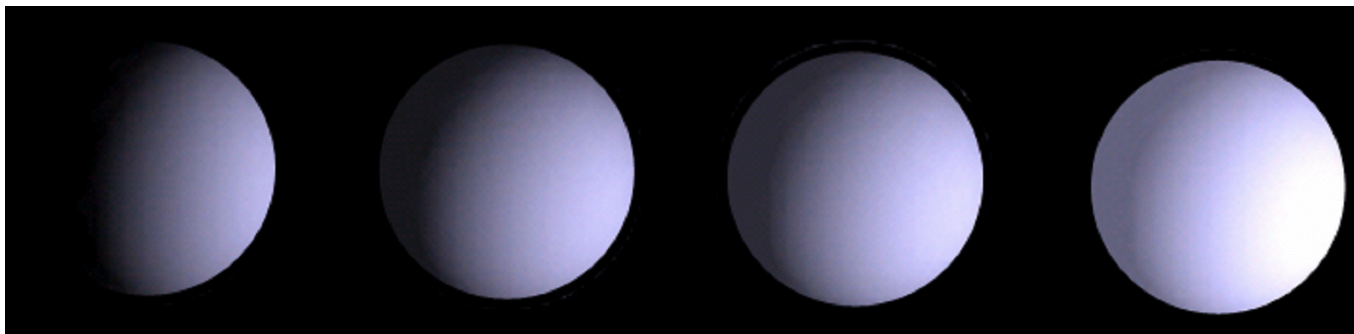
$K_a$ : 주변광 계수

# 주변광 계수 변화

## ❖ 주변광만 부여

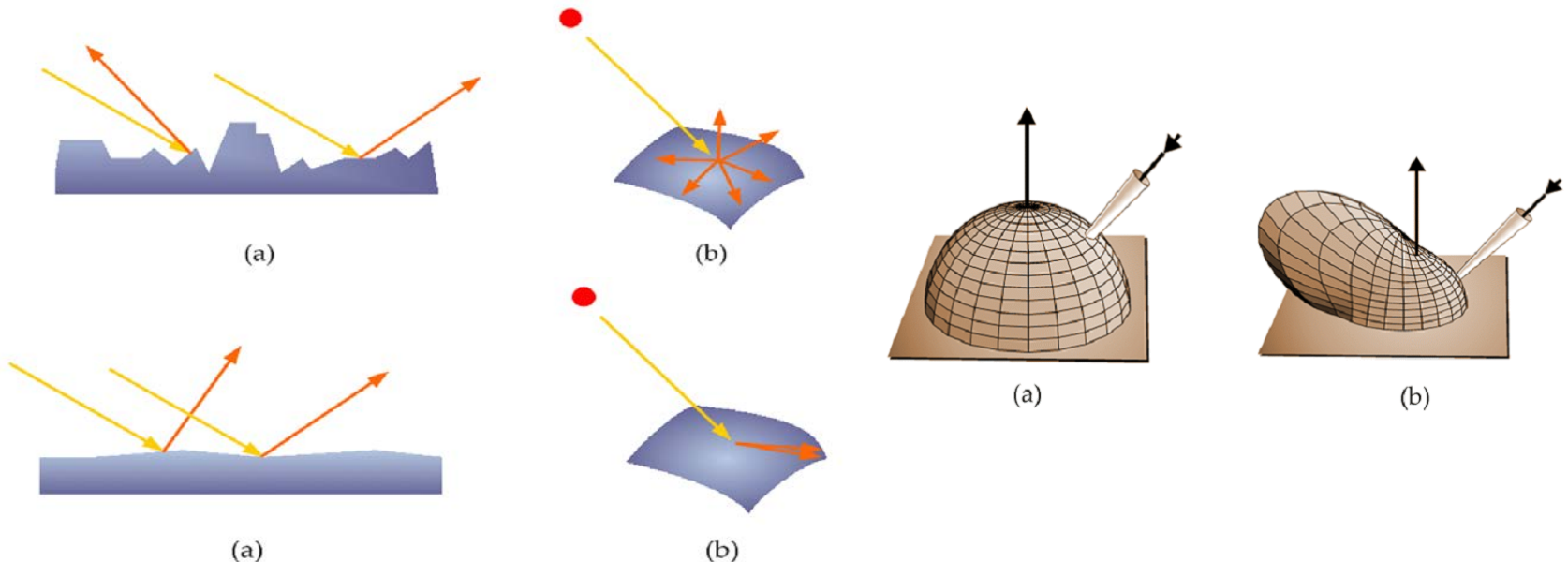


## ❖ 여타 반사광 + 주변광



# 확산반사(Diffusive Reflection)

- ❖ 난반사에 해당
- ❖ 완벽 확산체 (Perfect Diffuser)와 방향성 확산체 (Directional Diffuser)
  - 방향성 확산체
    - 확산 방향에 시점이 있다면 물체가 더욱 밝게 보여야 함.
  - 완벽 확산체
    - 지역조명 모델의 그래픽 처리를 단순화하기 위해서 완벽 확산체를 가정

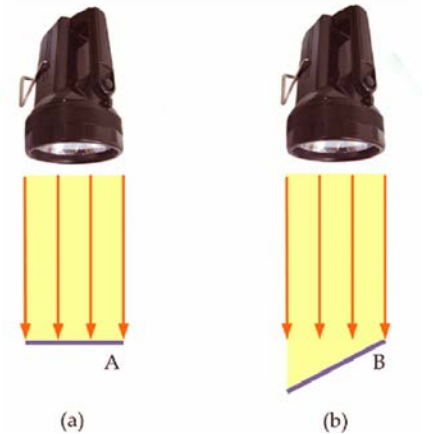


# 확산광의 세기

## ❖ 물체면이 서 있는 방향에 따라 다름

- 람베르트 법칙 (Lambertian Law)
  - 입사각: 광원벡터, 법선벡터 사이각
  - 면의 밝기는 입사각의 코사인에 정비례.

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



## ❖ 확산광의 세기

$$\begin{aligned} \text{Diffusive Reflection} &= K_d I_d \cos \theta / D^2 \\ &= K_d I_d (N \cdot L) / D^2 \end{aligned}$$

$I_d$ : 광원의 확산광 세기

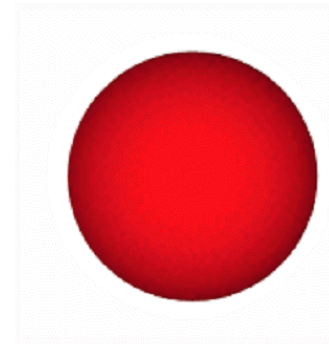
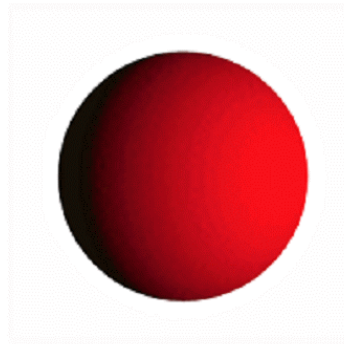
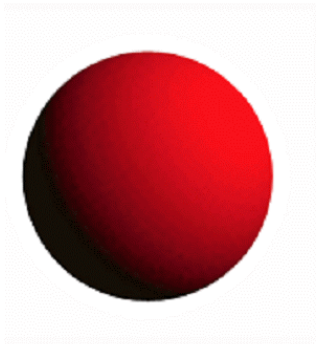
$K_d$ : 확산광 계수

# 확산광 효과

## ❖ 면이 서 있는 방향에 따라 차등적 밝기

- 입체감 부여
- cf. 주변광

## ❖ 우상단, 우측 중앙, 정중앙





# 경면반사(Specular Reflection)

## ❖ 반질반질한 표면에서 반사되는 빛

- 정반사에 의함
- 물체의 색이 아니라 광원의 색
- cf. 주변광, 확산광: 광원의 색이 물체의 색과 상호작용

## ❖ Ex. 확산, 확산+경면



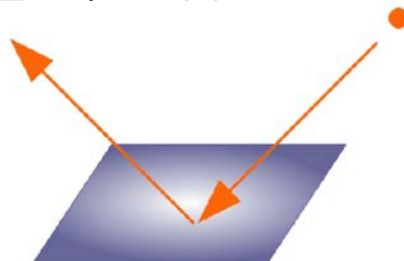
(a)



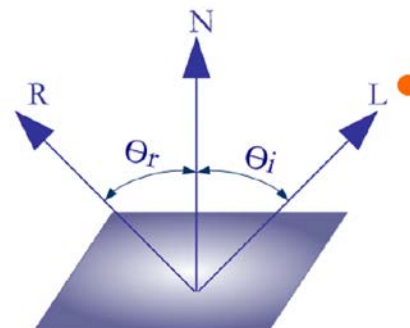
(b)

## ❖ 기본적으로 입사각과 반사각이 동일

- 시점이 정확히 반대방향일 때 보임



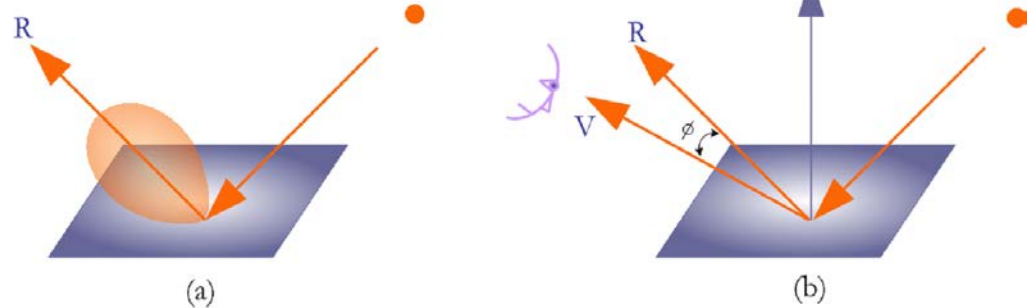
(a)



(b)

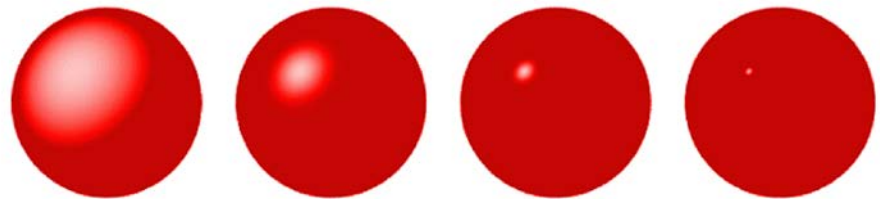
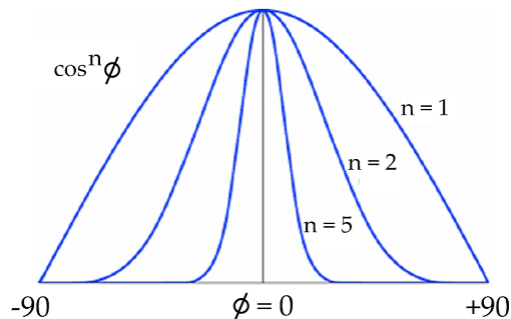
# 경면광 분포와 Phong 반사모델

## ❖ 실제로는 Lobe 모습



## ❖ Phong 반사모델 (Phong Illumination Model)

- 광택계수 (Shininess Coefficient)



## ❖ 경면광의 세기

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

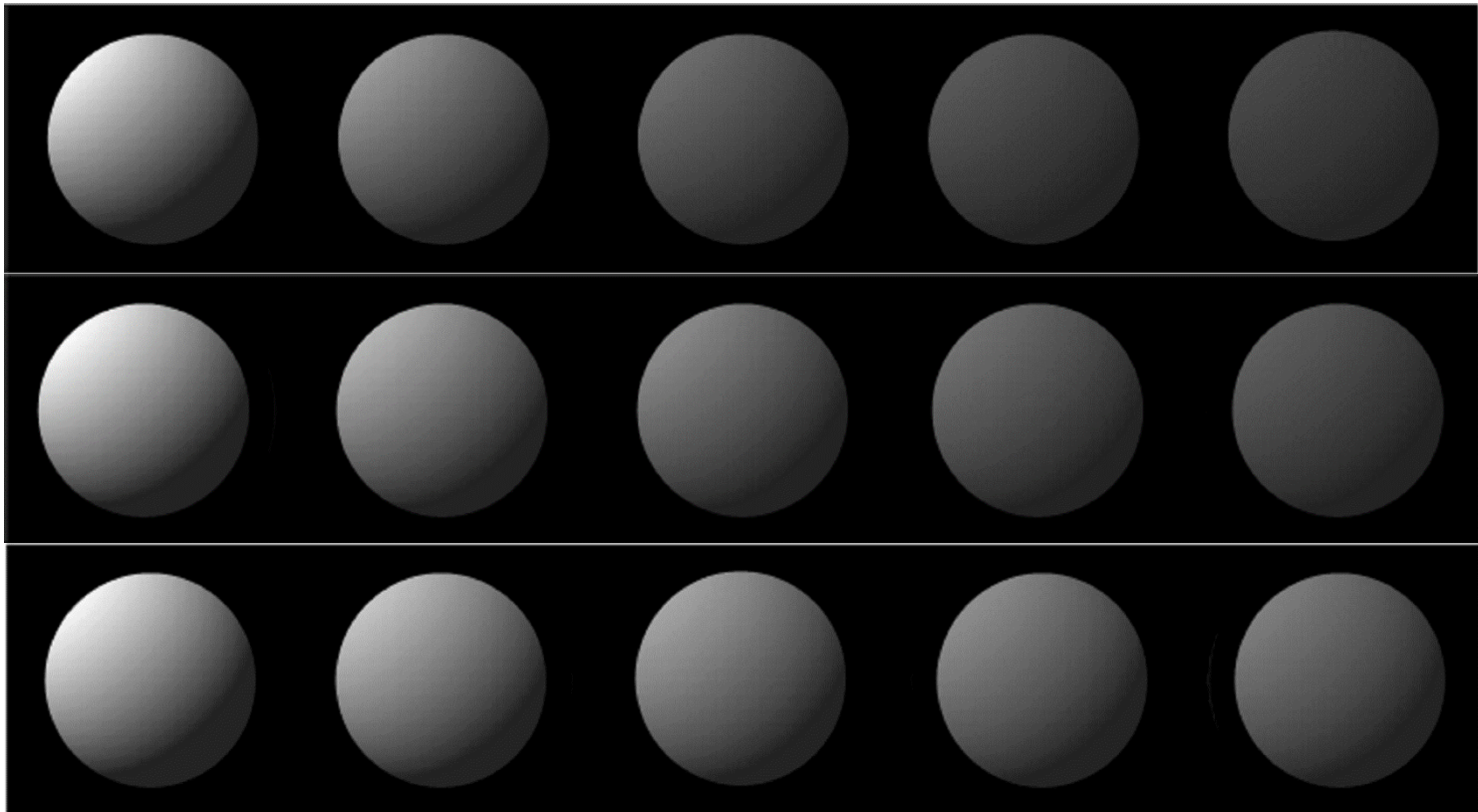
$$= K_s I_s (R \cdot V)^n / D^2$$

# 약화함수 (Attenuation Function)

❖ GL에서는 거리에 따른 약화를 수식으로 표현

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

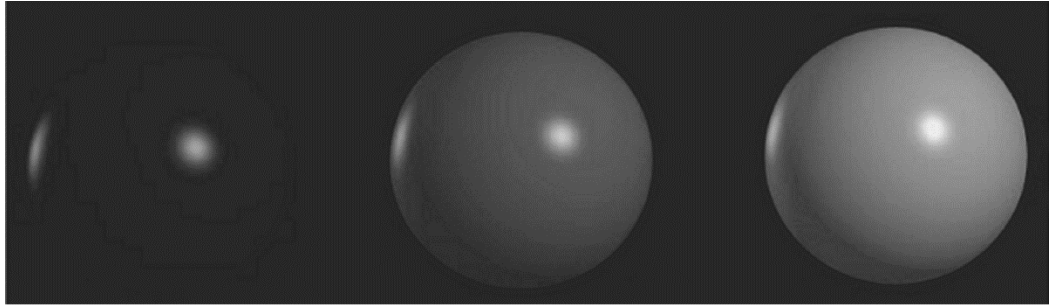
$a = b = 0, c = 1,$        $a = b = .25, c = .5,$        $a = c = 0, b = 1$



# 확산계수, 경면계수, 광택계수

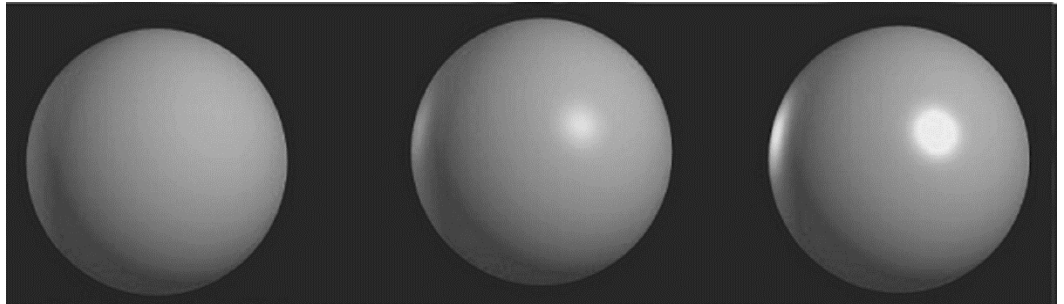
## ❖ 확산계수

0.01, 0.3, 0.7



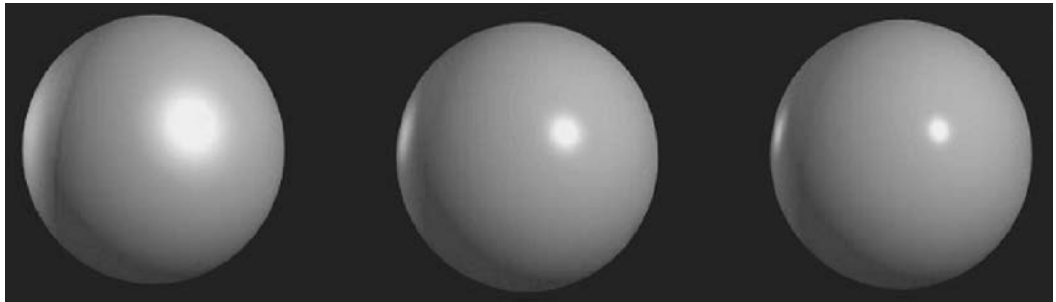
## ❖ 경면계수

0.0, 0.4, 0.8

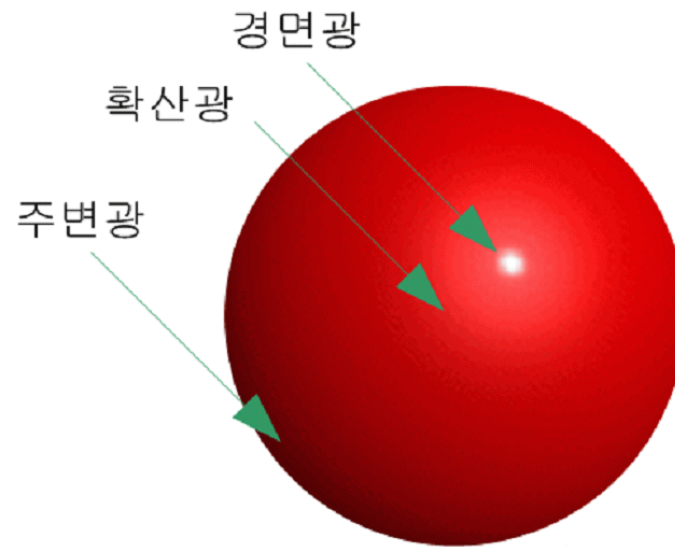


## ❖ 광택계수

5, 40, 100



# 지역반사 모델

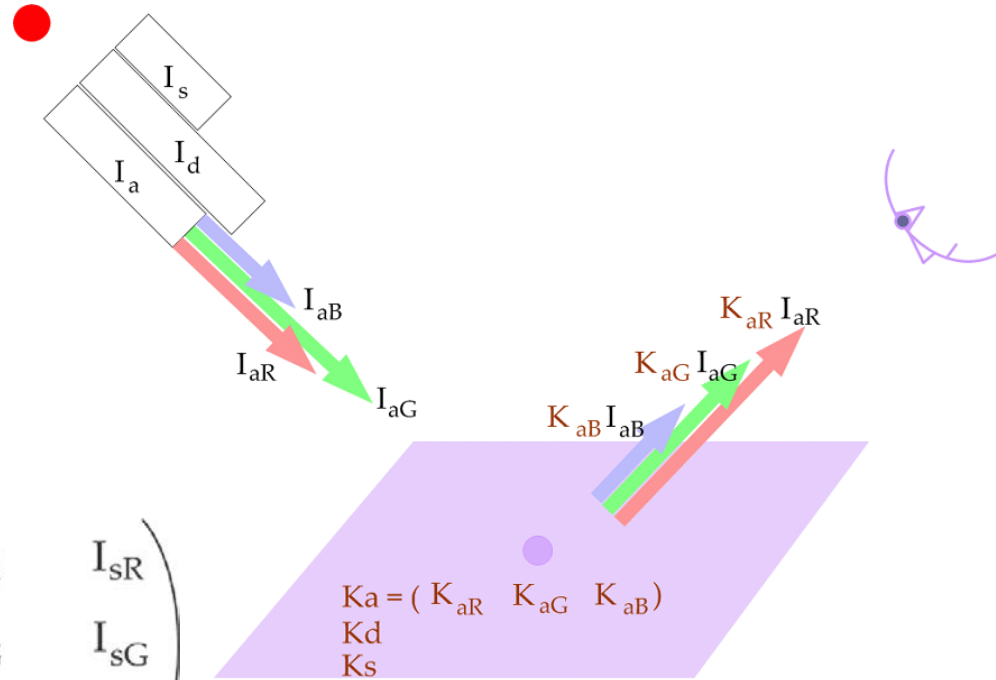


$I = \text{Ambient Reflection} + \text{Diffuse Reflection} + \text{Specular Reflection}$

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

# GL의 조명

1. 광원이 여러 개인 경우는 각각의 광원에서 나오는 빛을 모두 합산
2. R, G, B 색에 대해 별도로 적용하여 합산
3. 광원 특성은 반사광 종류별로  $I_a$ ,  $I_d$ ,  $I_s$
4. 물체 특성은 반사광 종류별로  $K_a$ ,  $K_d$ ,  $K_s$



$$\begin{pmatrix} K_{aR} & K_{aG} & K_{aB} \\ K_{dR} & K_{dG} & K_{dB} \\ K_{sR} & K_{sG} & K_{sB} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{aR} & I_{dR} & I_{sR} \\ I_{aG} & I_{dG} & I_{sG} \\ I_{aB} & I_{dB} & I_{sB} \end{pmatrix}$$

# 지역 조명모델 알고리즘

```
For Each Object of the Scene {                                //모든 물체에 대해
  For Each Polygon Mesh of the Object {                       // 모든 다각형에 대해
    Calculate N, L, V, R, D;                                   //벡터 및 거리 계산
    For Each Light Source {                                    //모든 광원에 대해
      For Ambient Reflection                                   //주변반사에 대해
        Calculate R, G, B Reflection Separately;             //색별로 계산
      For Diffuse Reflection                                   //확산반사에 대해
        Calculate R, G, B Reflection Separately;             //색별로 계산
      For Specular Reflection                                  //경면반사에 대해
        Calculate R, G, B Reflection Separately;             // 색별로 계산
      Add R, G, B Colors Separately; //주변광, 확산광, 경면광을 합산
    }
    Add R, G, B Colors Separately; //모든 광원의 영향을 합산
  }
}
```

# 음영 (Shading)

## ❖ 음영 또는 표면 렌더링 (Surface Rendering)

- 물체 면의 색을 부여

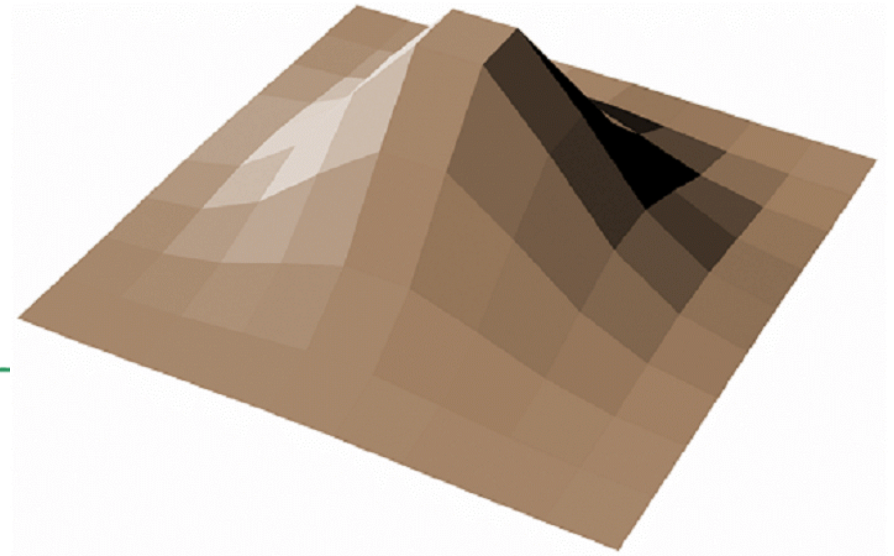
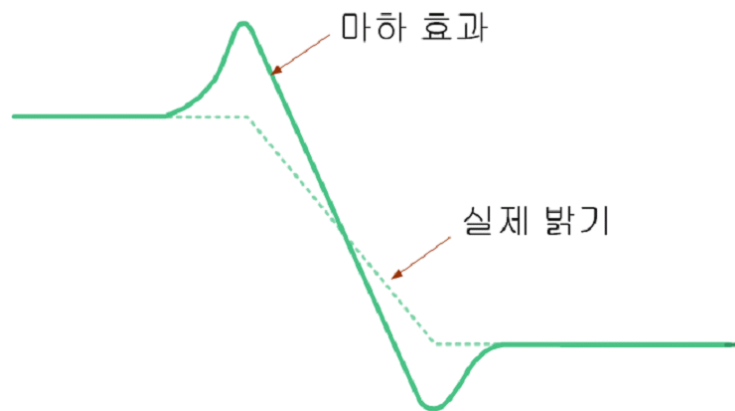
## ❖ 플랫 셰이딩 (Flat Shading)

- 주어진 하나의 다각형 전체를 동일한 색으로 칠함. 빠르고 간단
- 상수 셰이딩 (Constant Shading), 깎은 면 셰이딩 (Facet Shading)
- 다각형을 구성하는 다각형 정점의 위치를 평균하여 중심점 (Centroid)를 구함. 중심점에서의 법선벡터, 광원벡터, 시점벡터를 기준으로 조명모델이 가해지며 그 결과 색이 면 내부를 모두 채움.



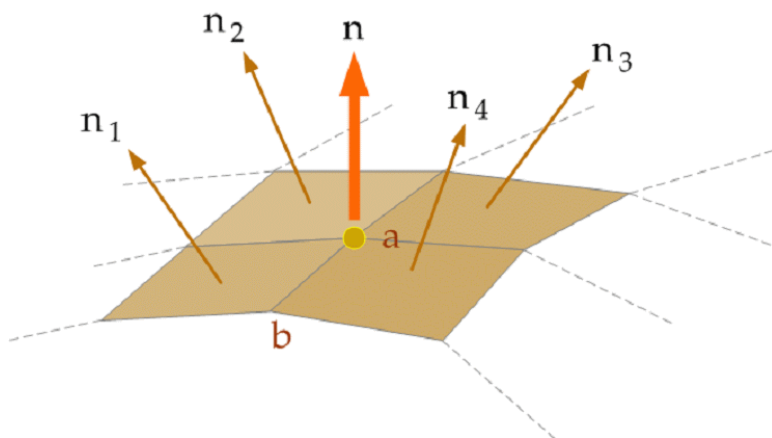
# 플랫 셰이딩

## ❖ 마하밴드 효과(Mach Band Effect)

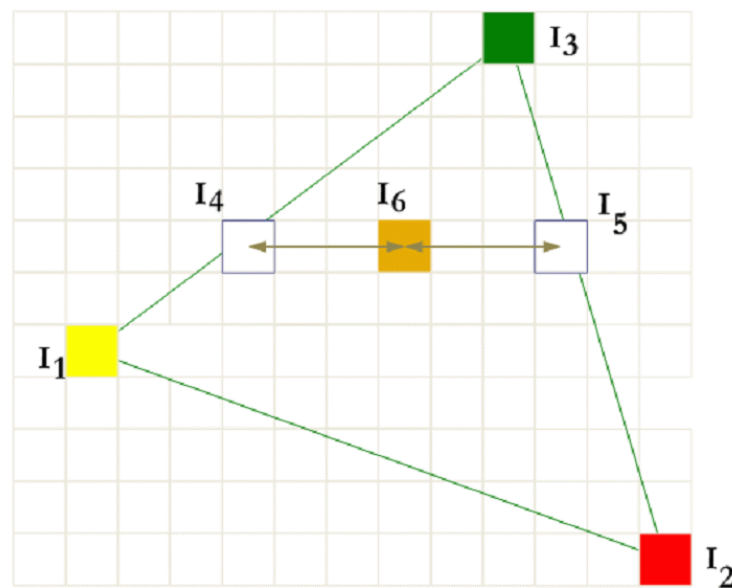


# 구로 셰이딩 (Gouraud Shading)

- ❖ 다각형 내부를 서로 다른 색으로 채우는 방법
- ❖ 정점의 색을 보간
  - 정점의 법선벡터를 요함. 인접면의 법선벡터를 평균하여 구함
  - 정점의 색으로부터 내부면의 색을 선형보간
- ❖ 경면광을 감안하지 않음: 실제적인 정점의 법선벡터와 근사적으로 계산된 법선벡터가 완전히 일치하지 않기 때문



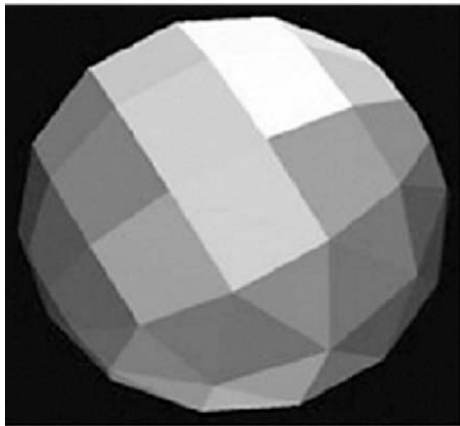
$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{|n_1 + n_2 + n_3 + n_4|}$$



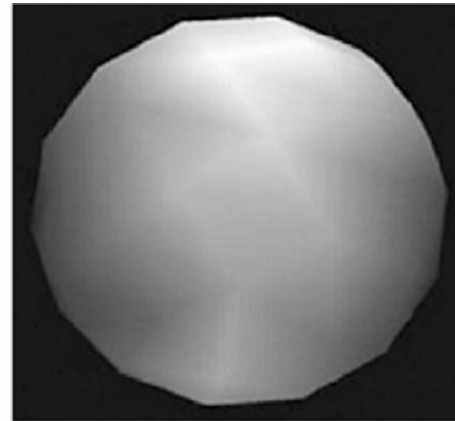
# 구로 셰이딩

## ❖ 플랫 셰이딩보다는 부드러움

- 마하 밴드 효과는 그대로 남아있음.

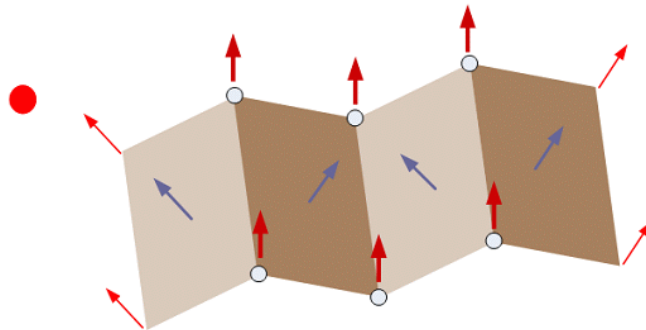


(a)

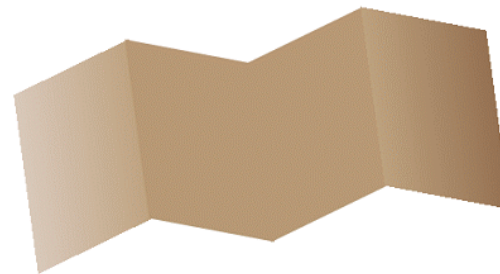


(b)

## ❖ 경우에 따라서 오류



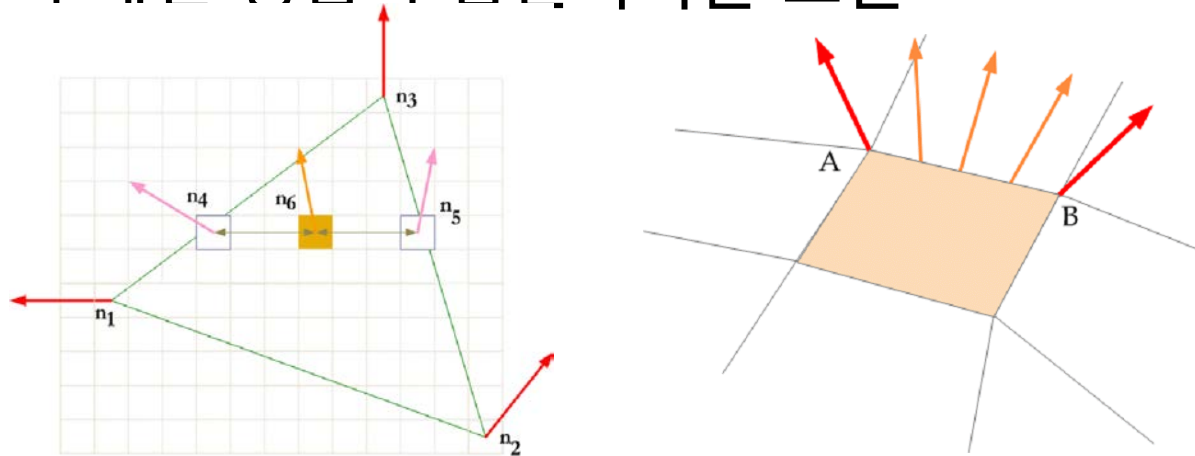
(a)



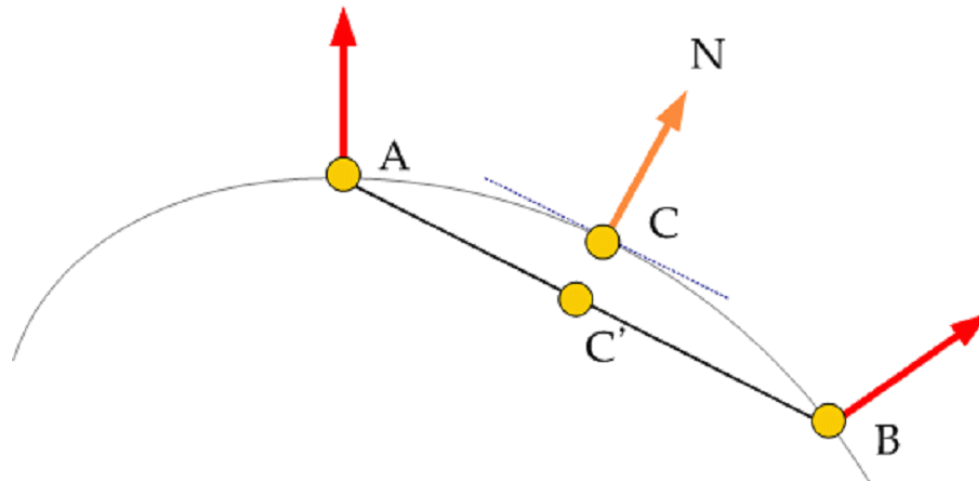
(b)

# 푹 셰이딩 (Phong Shading)

❖ 정점의 색 대신 정점의 법선벡터를 보간

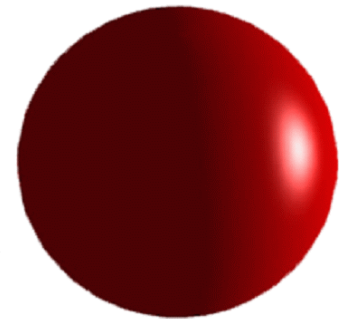
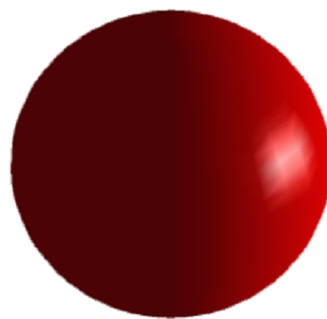
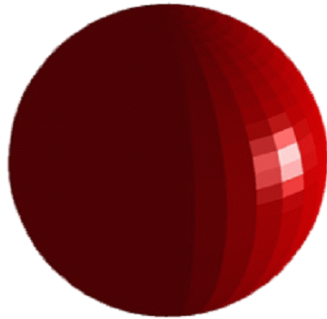


❖ 곡면의 기울기가 복원됨: 경면광을 부여할 수 있음.

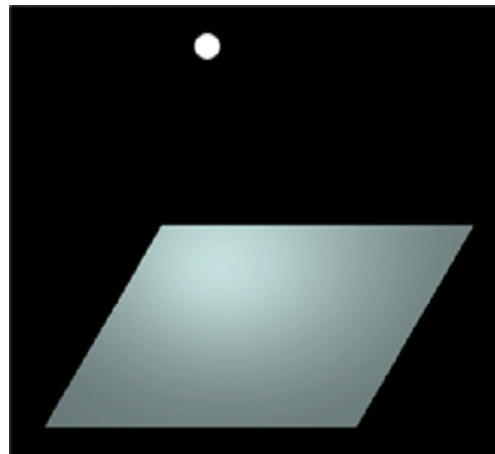


## 음영결과 비교

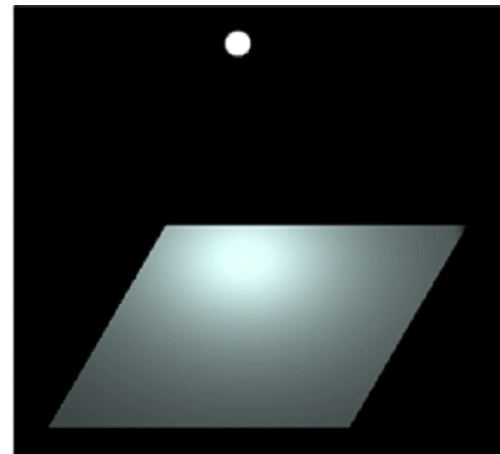
❖ 플랫, 구로, 폼



❖ 구로, 폼



(a)

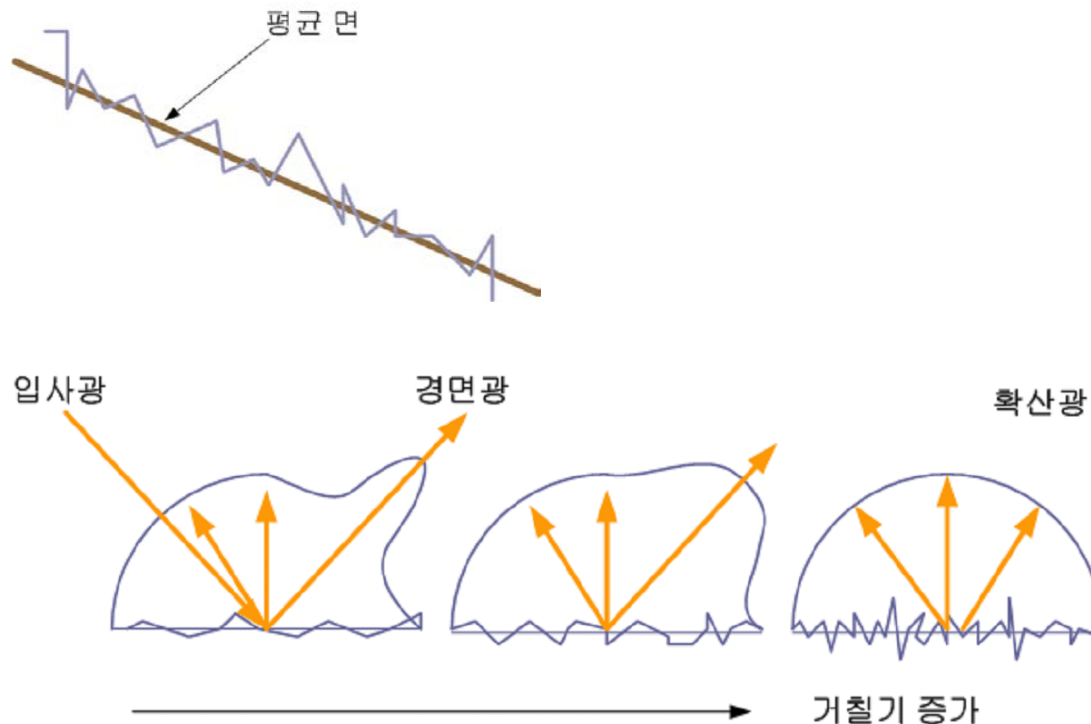


(b)

# 미세면 모델(Microfacet Model)

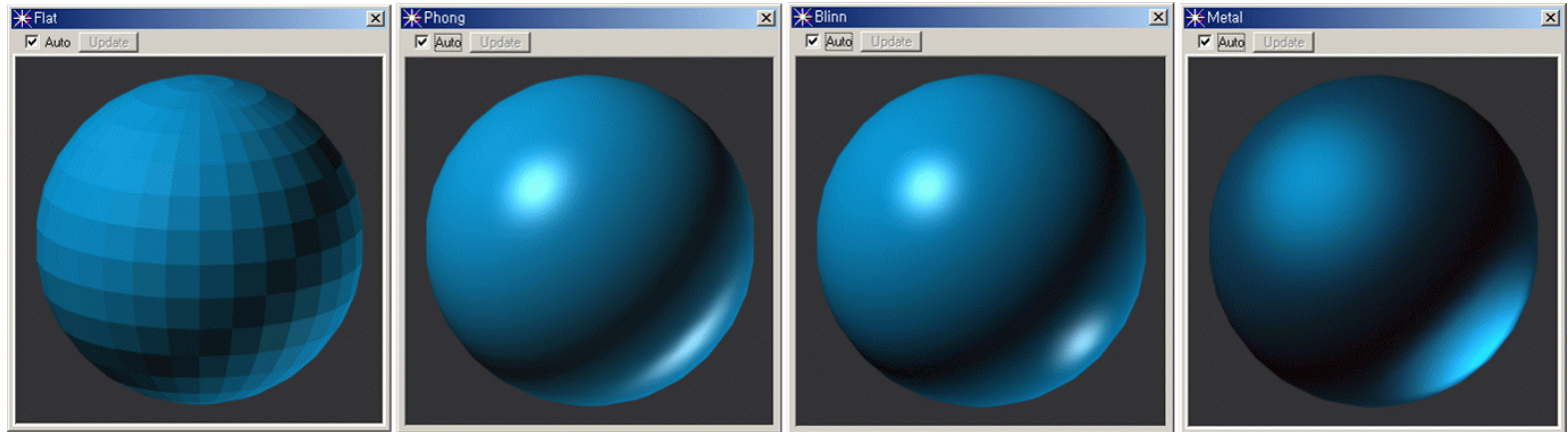
## ❖ 표면의 거칠기(Roughness)를 모델링

- 평균면의 방향을 기준으로
- 표면의 거칠기라는 매개변수를 사용해서 미세면의 굴곡이나 모양을 조절



# 미세면 모델 (Microfacet Model)

## ❖ 플랫, 폰, 블린, 쿡/토렌스



## ❖ 블린 셰이딩

- 폰 셰이딩과 유사. 경면광 성분이 더욱 부드럽게 퍼져나감. 광원이 거의 물체면과 나란히 예각으로 입사한 것과 유사

## ❖ 쿡/토렌스 셰이딩 (메탈 셰이딩)

- 금속표면의 은은한 경면광 처리에 유리.
- cf. 폰 모델: 플라스틱 재질 처리에 유리