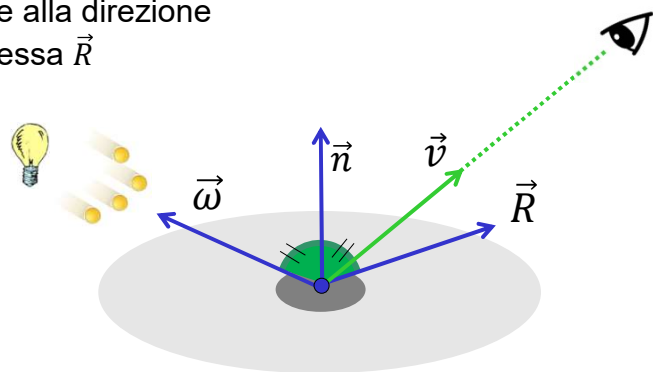


Modello di illuminazione di Phong: componente speculare: spiegazione intuitiva

✓ Il modello di Phong somma alla componente di riflesso **diffusiva** (quella già discussa) una componente di riflesso **speculare**, che sarà tanto maggiore tanto più la direzione di vista \vec{v} sarà simile alla direzione di luce riflessa \vec{R}

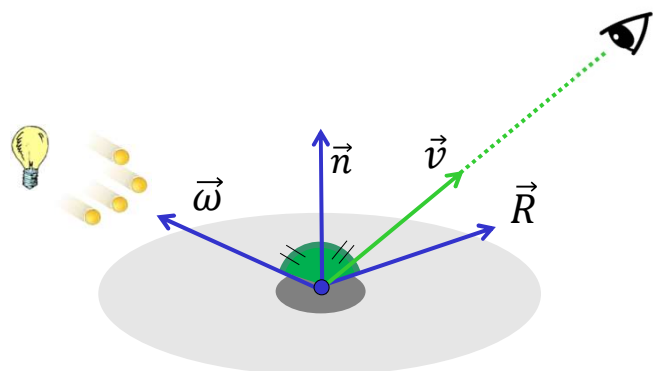


46

Modello di illuminazione di Phong: componente speculare: calcolo preliminare

calcolo di \vec{R} a partire da $\vec{\omega}$ e \vec{n} (vedi lez algebra punti e vettori)

$$\vec{R} = -\vec{\omega} + 2(\vec{\omega} \cdot \vec{n}) \vec{n}$$



47

Modello di illuminazione di Phong: componente speculare: calcolo

Prodotto dot,
ma 0 se negative.
Misura la
similarità
fra i due vettori

$(\vec{v} \cdot \vec{R})^S$

intensità e colore
RGB degli
highlights,
scelto a piacere
per un dato
materiale

$$\begin{pmatrix} H_R \\ H_G \\ H_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix}$$

Specular
exponent
(o shininess)

Intensità
della luce
(RGB)

48

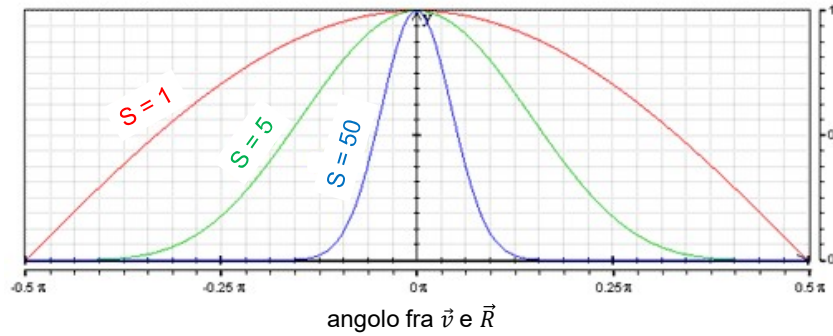
Modello di illuminazione di Phong: shininess (o specular exponent)

- ✓ La formula $(\vec{v} \cdot \vec{R})$ (fra 1 e 0) produrrebbe riflessi troppo grandi, perché decresce troppo lentamente al discostarsi di \vec{v} da \vec{R}
- ✓ Per ovviare, basta elevare ad una potenza $S > 1$
 - ⇒ Elevando un numero minore di 1 ad un $a > 1$, lo si avvicina allo 0
- ✓ Il fattore S è detto specular exponent, o shininess, o glossiness.
- ✓ Tanto maggiore vale S , tanto più simile dovranno essere \vec{v} e \vec{R} per avere un riflesso visibile, cioè tanto più piccoli e concentrati saranno gli highlights.
- ✓ Nuovamente, questo passaggio non ha nessun preciso significato fisico, ed è solo un espediente si usa per ottenere l'effetto desiderato

49

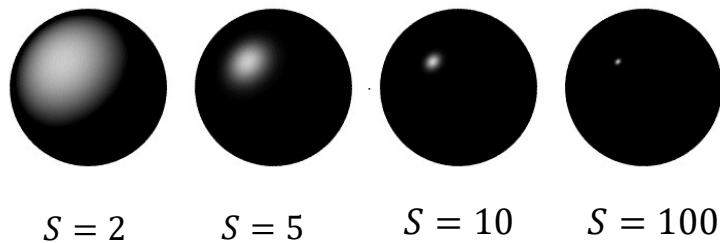
Componente *riflessione speculare*

✓ Elevando il coefficiente ad una potenza $S > 1$, si ottengono highlights più piccoli e concentrati



50

Effetto dello specular exponent” nella *riflessione speculare*



51


Modello di illuminazione di Phong: riassunto degli input del calcolo

Input:

- ✓ la direzione di luce $\vec{\omega}$
- ✓ la direzione di vista \vec{v}
- ✓ Intensità-colore della luce $\begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix}$
- ✓ Base-color o diffuse-color $\begin{pmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{pmatrix}$
- ✓ Intensità-colore degli highlights $\begin{pmatrix} H_R \\ H_G \\ H_B \end{pmatrix}$
- ✓ Esponente di specularità, o shininess, o glossiness S

è un modello *view-dependent* !

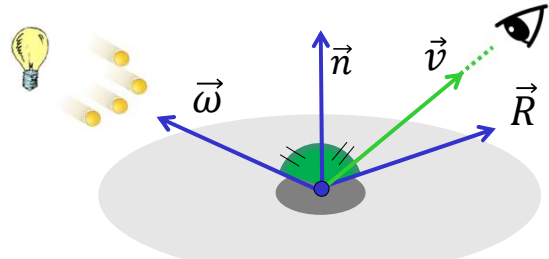

Nuove caratteristiche dei materiali che concorrono a differenziare un materiale da un altro



52

Calcolo della componente speculare con Blinn-Phong 1/2

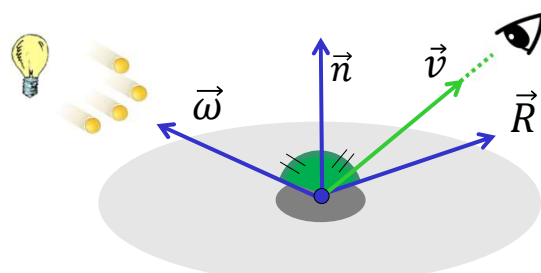
- ✓ Blinn-Phong è una variante (quasi equivalente) per calcolare la similarità fra \vec{v} e \vec{R} senza dover calcolare esplicitamente \vec{R}
- ✓ Il concetto: \vec{v} coincide con \vec{R} **sse** la normale \vec{n} è esattamente a metà strada dei due vettori $\vec{\omega}$ e \vec{R}

53

Calcolo della componente speculare con Blinn-Phong 2/2

- ✓ Invece che calcolare \vec{R} (a partire da $\vec{\omega}$ e \vec{n}) e poi chiedersi quanto sia simile a \vec{v} , la formula Blinn-Phong calcola la direzione media fra $\vec{\omega}$ e \vec{v} , detta half-way vector, e si chiede quanto sia simile ad \vec{n}
- ✓ Questo produce un risultato molto simile ma meno oneroso calcolare



54

Modello di illuminazione di Blinn-Phong: componente speculare: calcolo

Prodotto dot, ma 0 se negativo. Misura la similarità fra i due vettori

Half-way vector: la media (rinormalizzata) fra direzione di vista e direzione di luce

Intensità della luce (RGB)

intensità e colore RGB degli highlights, scelto a piacere per un dato materiale

Specular exponent o shininess (come in precedenza)

$$(\vec{n} \cdot \vec{h})^s \begin{pmatrix} H_R \\ H_G \\ H_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix}$$

55

Modello di phong esempio (con una luce e componente ambient)

Il risultato finale è ottenuto sommando tutti i termini






ambiente + diffusivo + speculare (highlights) = totale



56

Modello di illuminazione di Phong: in totale


✓ Il modello di illuminazione di Phong aggiunge, (per ogni luce) la componente diffusiva (di Lambert) alla componente Speculare (qui, calcolata con Blinn-Phong)

$$\begin{pmatrix} P_R \\ P_G \\ P_B \end{pmatrix} = (\vec{n}_x \cdot \vec{\omega}) \begin{pmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix} + (\vec{n} \cdot \vec{h})^s \begin{pmatrix} H_R \\ H_G \\ H_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix}$$

$$\vec{h} = \frac{\vec{v} + \vec{\omega}}{\|\vec{v} + \vec{\omega}\|}$$

Base color del materiale Shininess o "specular exponent" Specular color del materiale
 Direzione luce Intensità / colore della luce 1 Direzione vista

pixel finale



57


Sperimentiamo il lighting di materiali Phong con three.js (note)

- ✓ 1: costruiamo il materiale di tipo Phong


```
var mioMat = new THREE.MeshPhongMaterial();
var miaMesh = new THREE.Mesh( buffers, mioMat );
```
- ✓ 2: come prima, il colore base (diffuse color) del materiale ad esempio, ad un blu chiaro


```
mioMat.color.set(0xFF8855);
```
- ✓ 3: il materiale di Phong però prevede anche un colore speculare (colore degli highlights) e un coefficiente speculare, qui chiamato shininess


```
mioMat.specular.set(0x222222);
mioMat.shininess = 100;
```



58

Modello di illuminazione di Phong con luce ambiente


✓ Modello di illuminazione risultante

ripetuto per ciascuna luce direzionale e posizionale

per la luce ambiente

termine diffusivo termine speculare termine ambiente

$$\begin{pmatrix} P_R \\ P_G \\ P_B \end{pmatrix} = (\vec{n}_x \cdot \vec{\omega}) \begin{pmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix} + (\vec{n} \cdot \vec{h})^s \begin{pmatrix} H_R \\ H_G \\ H_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_R \\ A_G \\ A_B \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} L_R \\ L_G \\ L_B \end{pmatrix}$$



60

Materiali...

Material	GL_AMBIENT	GL_DIFFUSE	GL_SPECULAR	GL_SHININESS
Emerald	0.0216	0.07568	0.033	70.8
	0.1746	0.01424	0.727811	
	0.0216	0.07568	0.033	
	0.55	0.55	0.55	
Jade	0.135	0.54	0.316228	12.8
	0.2225	0.89	0.316228	
	0.1075	0.03	0.316228	
	0.95	0.95	0.95	
Obsidian	0.05375	0.18275	0.332741	39.4
	0.05	0.17	0.328534	
	0.0825	0.22525	0.348435	
	0.92	0.92	0.92	
Pearl	0.25	1.0	0.206048	11.204
	0.20725	0.829	0.206048	
	0.20725	0.929	0.206048	
	0.922	0.922	0.922	
Ruby	0.1746	0.01424	0.727811	70.8
	0.01175	0.04138	0.026559	
	0.01175	0.04138	0.026559	
	0.55	0.55	0.55	
Turquoise	0.1	0.309	0.207254	12.8
	0.10725	0.74151	0.30029	
	0.1746	0.59102	0.306678	
	0.8	0.8	0.8	
Black Plastic	0.0	0.01	0.60	32
	0.0	0.01	0.60	
	0.0	0.01	0.60	
	1.0	1.0	1.0	
Black Rubber	0.02	0.01	0.4	10
	0.02	0.01	0.4	
	0.02	0.01	0.4	
	1.0	1.0	1.0	
Brass	0.328412	0.780392	0.992157	27.9974
	0.22529	0.959227	0.911176	
	0.027461	0.113725	0.807943	
	1.0	1.0	1.0	
Bronze	0.2125	0.714	0.392546	25.0
	0.1275	0.4284	0.271005	
	0.054	0.19144	0.198721	
	1.0	1.0	1.0	
Polished Bronze	0.25	0.4	0.774697	70.8
	0.148	0.2308	0.495011	
	0.06475	0.1036	0.200621	
	1.0	1.0	1.0	
Chrome	0.25	0.4	0.774697	70.8
	0.25	0.4	0.774697	
	0.25	0.4	0.774697	
	1.0	1.0	1.0	

62

Definizione dei materiali: sommario e alcune note sui limiti dell'equazione di Phong

- ✓ Questa lezione ha mostrato una visione semplificata del problema del lighting
- ✓ Il modello visto (di Phong) descrive un materiale come:
 - ⇒ Un colore diffusivo
 - ⇒ Un colore ambient, di solito corrispondente al colore diffusivo
 - ⇒ Un colore speculare
 - ⇒ Uno specular coefficient (da 1 a 100)
- ✓ La scelta di un qualsiasi materiale (velluto, oro, etc) si effettua spaziando fra i possibili valori da assegnare a queste variabili
- ✓ Questo modo di definire i materiali lascia pochi gradi di libertà, e consente di riprodurre solo materiali in una gamma ristretta di possibilità
- ✓ Inoltre, molte delle scelte possibili risultano in materiali dall'aspetto «sbagliato» ritenuti, secondo gli standard attuali della CG, poco realistici
- ✓ Anche la descrizione dell'ambiente di illuminazione vista (cioè, una collezione di luci direzionali o posizionali) è una semplificazione eccessiva, che non consente di riprodurre fedelmente ambiente di illuminazione realistici
- ✓ Modelli di materiale più complessi, che richiedono però computi di lighting più onerosi, consentono di definire materiali in modo più completo, e rendono anche più facile e intuitiva la scelta di parametri atti a riprodurre materiali reali
 - ⇒ ad esempio, da parte di artisti addetti al task, detti material artists

63