


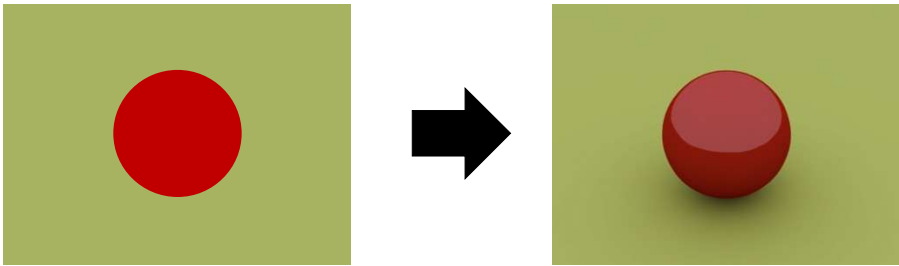
Marco Tarini - Computer Graphics 2023/20234
Università degli Studi di Milano

Lighting



1

Lighting



2

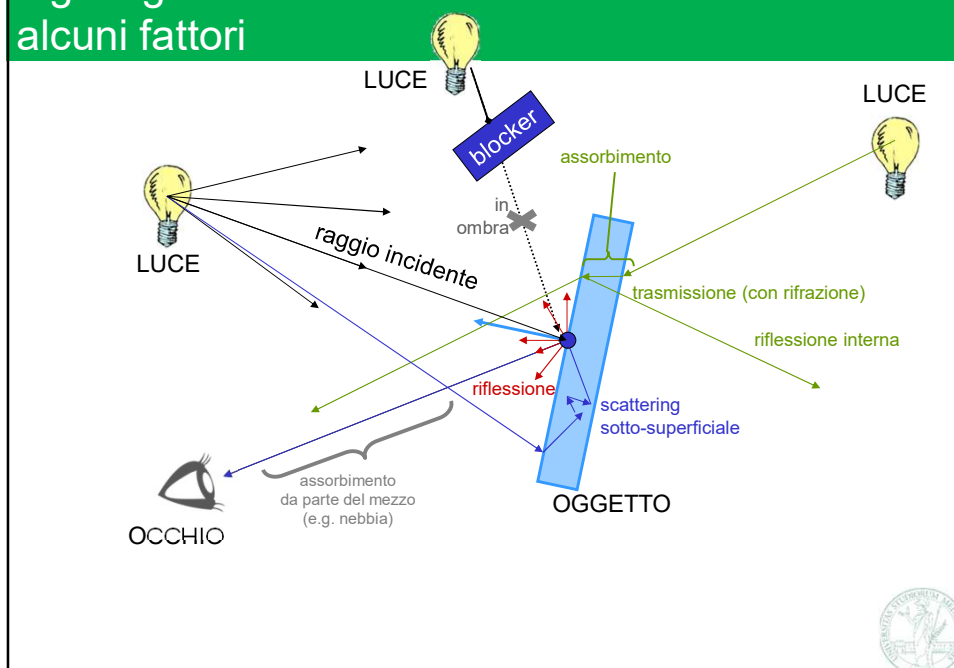
Lighting: intro

- ✓ Dopo la transform, la parte principale del rendering
- ✓ Ci proponiamo di simulare una serie di fenomeni reali di interazione fra luce (una radiazione elettromagnetica) e la scena (un insieme di superfici)
- ✓ Il task, in concreto: determinare il colore RGB da assegnare ad ogni frammento
 - ⇒ In funzione di dati come:
 1. la sua normale (l'orientamento del pezzetto di superficie che rappresenta)
 2. Le luci presenti scena (appositamente modellate, vedremo in che modo)
 3. Il «materiale» di cui è composto questo pezzetto

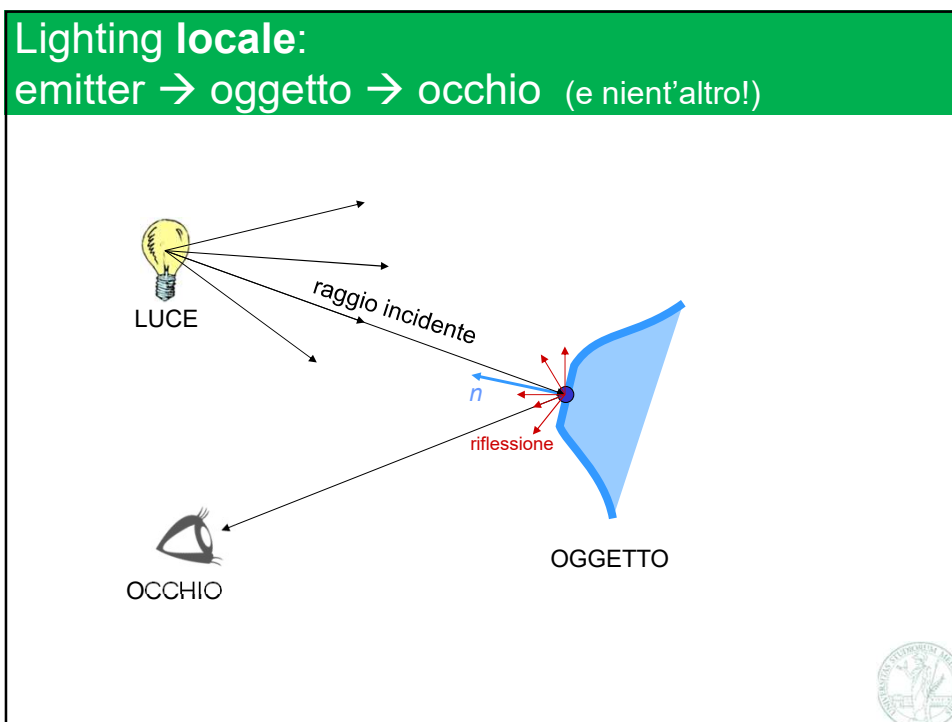


3

Lighting reale: alcuni fattori



5



8

Materiali in CG

- ✓ In CG, il “materiale” è un modello matematico che descrive in che modo una data superficie reagisce alla luce, e comprende cose come
 - ⇒ Quanto appare chiaro oppure scuro
 - ⇒ Di che colore si presenta
 - ⇒ Quanto è lucido, oppure opaco (nel senso di «privo di riflessi lucidi», detti highlight)
 - ⇒ Quanto è trasparente, semitrasparente, traslucido, o permeabile alla luce
 - ⇒ Se e quanto il materiale è “cangiante”
 - ⇒ Se è fosforescente, se emette luce propria (oltre a riflettere quella di cui è investito), etc
- ✓ (nota: in alcune librerie ad alto livello, come three.js o unity, il materiale è una struttura che descrive quanto sopra, ma anche alcuni settaggi di rendering come quelli relativi a back-face culling, depth test, e l'uso di tessiture etc)

9

Materiali in CG, per lighting locale

- ✓ Nel lighting locale, il materiale è esaustivamente descritto da una funzione che descrive in che modo la superficie riflette la luce che la raggiunge direttamente dalla fonte di luce
- ✓ Cioè *quanta* della luce che investe un pezzetto di superficie (da una certa direzione) viene riflessa dalla superficie (in ogni possibile direzione)
 - ⇒ E' una questione probabilistica perché il percorso di ogni singolo fotone è difficilmente prevedibile
 - ⇒ Nota: direzione = vettore unitario (come sappiamo)
- ✓ Si tratta quindi una funzione che prende in input:
 - ⇒ Una possibile direzione di provenienza della luce $\vec{\omega}_i$ (vettore unitario)
 - ⇒ Una possibile direzione di uscita della luce $\vec{\omega}_r$ (vettore unitario)e restituisce in output
 - ⇒ Quanta della luce proveniente da $\vec{\omega}_i$ verrà riflessa in $\vec{\omega}_r$
 - ⇒ Settata una direzione, è una distribuzione di probabilità sull'altra



10

La BRDF

- ✓ Questa funzione viene detta BRDF
 - ⇒ Bidirectional (poiché prende due direzioni, che sono intercambiabili)
 - ⇒ Reflectance (riflettanza, abilità di riflettere la luce)
 - ⇒ Distribution (perché è una distribuzione di riflettanza)
 - ⇒ Function
- ✓ La BRDF descrive in modo esaustivo un materiale (almeno per quello che riguarda il lighting locale)
- ✓ Ad esempio, materiali come

⇒ Legno	⇒ Oro	⇒ Plastica levigata
⇒ Raso	⇒ Acciaio	⇒ Plastica ruvida
⇒ Stoffa	⇒ Argento	⇒ Vetro
⇒ Pietra	⇒ Cobalto	⇒ Diamante
⇒ Ferro arrugginito	⇒ Seta	⇒ Catarifrangenti
⇒ Velluto	⇒ (superficie dell') Acqua	⇒ etc

sono oggetti caratterizzati da BRDF molto diverse



11

Descrizione di un materiale nel lighting locale: la BRDF

$f_r =$
 fotone =

$f_r(\vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r) =$

su 100 che arrivano a
 dalla dir $\vec{\omega}_i$,
 quante verranno da lui rimbalzate
 proprio nella dir $\vec{\omega}_r$?
 (al variare di $\vec{\omega}_i$ e $\vec{\omega}_r$)

Ogni materiale, la sua BRDF:

- metallo cromato
- raso
- legno
- stoffa
- gesso
- carta
- specchio...

Funzione di 4 dimensioni!

(una direzione = 2 dimensioni)

12

Alcuni esempi "estremi" di BRDF (nessun materiale reale esibisce davvero questo comportamento)

- ✓ La BRDF «tutta 0», perfettamente nera
 - ⇒ «da qualsiasi direzione provenga la luce, esattamente 0 di essa verrà riflessa verso ogni possibile direzione»
 - ⇒ Un materiale che ingoia *tutti* i fotoni che riceve
 - ⇒ Materiale reale che si avvicina: «vantablack» →

- ✓ La BRDF perfettamente speculare, che riflette *tutta* la luce che proviene da una direzione $\vec{\omega}_i$ nella direzione $\vec{\omega}_r$, se $\vec{\omega}_r$ è il raggio riflesso $\vec{\omega}_i$ dalla normale
 - ⇒ Vedi lezione sul raytracing per determinare $\vec{\omega}_r$
 - ⇒ Materiale reale che si avvicina: una specchio molto buono →

questa è una foto reale

13

La BRDF costanti

- ✓ Per ora occupiamoci della più semplice classe delle BRDF: quelle costanti
 - ⇒ dette puramente diffuse, o Lambertiane (da Lambert, v. dopo)
- ✓ I materiali che esibiscono questa BRDF sono detti diffusivi o Lambertiani
 - ⇒ Esempio di materiali che si avvicinano a questo: gesso, carta ruvida
 - ⇒ (in realtà è sempre solo un'approssimazione)
- ✓ Un materiale Lambertiano riflette la stessa percentuale di luce in tutte le direzioni possibili di uscita, indipendentemente da quale sia la direzione di arrivo della luce
 - ⇒ Quindi è privo di riflessi, esibisce lo stesso colore visto da tutti gli angoli
 - ⇒ Il lighting è *view-independent*: non dipende dalla direzione di luce
- ✓ Dobbiamo occuparci di rispondere ad alcune domande:
 - ⇒ Quanto è questa percentuale di luce costante? (dipende dal materiale)
 - ⇒ Quanta luce raggiunge il punto sulla superficie?

14

Materiale Lambertiano (o puramente diffusivo)

- ✓ E' definito un materiale in cui la BRDF è costante
$$f_r(\vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r) = \text{const}$$
- ✓ Detto anche materiale (puramente) diffusivo
 - ⇒ Una superficie di questo materiale riflette la luce da cui è raggiunta *diffondendola uniformemente*
- ✓ La costante è detta l'**albedo** (del materiale): il rapporto fra la luce incidente e la luce riflessa
 - ⇒ da 0, materiale perfettamente nero, assorbe tutta la luce (la BRDF «perfettamente nera» già vista)
 - ⇒ a 1, materiale perfettamente bianco, diffonde tutta la luce, senza assorbirne alcuna

15

Materiali «lambertiano» (o diffusivi) reali

✓ Si verificano quando...

⇒ a livello microscopico,
la superficie presenta
micro-sfaccettature
disposte in modo
molto irregolare, caotico

✓ Nota:

⇒ le BRDF dei materiali
dipendono dalle
conformazioni
microscopiche della sup
(e altro, come le proprietà
elettromagnetiche)

