

Shading Rendering

IUAV – Interazioni digitali

Camillo Trevisan

Modelli di illuminazione

Obiettivo: non tanto simulare il vero comportamento della luce, ma piuttosto riprodurre realisticamente l'effetto che la luce ha sugli oggetti della scena.

Il nostro occhio è sensibile anche a pochissimi fotoni e si adatta rapidamente a condizioni di luce molto diverse tra loro, anche se presenti contemporaneamente nella stessa scena.

Nessuna tecnologia può, nemmeno lontanamente, avvicinarsi alla percezione umana.

Modelli di illuminazione

Per 'mettere in luce' le varie parti degli oggetti, individuare le ombre proprie e portate, dare profondità alla scena, è necessario usare un modello di illuminazione: un modello matematico che descrive, in modo più o meno semplificato, l'interazione tra la luce e gli oggetti presenti nella scena. L'illuminazione complessiva è data dalla somma di tre componenti di luce: Ambiente+Diffusa+Riflessa.

L'aspetto più critico è la resa della *profondità*: questa è, in realtà, un'illusione ottica.

Luci

Esistono vari tipi di luci:

- Direzionale (direction light)
- Puntiforme (point light)
- Spot (spot light)
- Area (area light)
- Volumetrica (volume light)
- Ambientale (ambient light)

Queste possono essere ricondotte a due categorie di modelli di illuminazione: i modelli locali e i modelli globali.

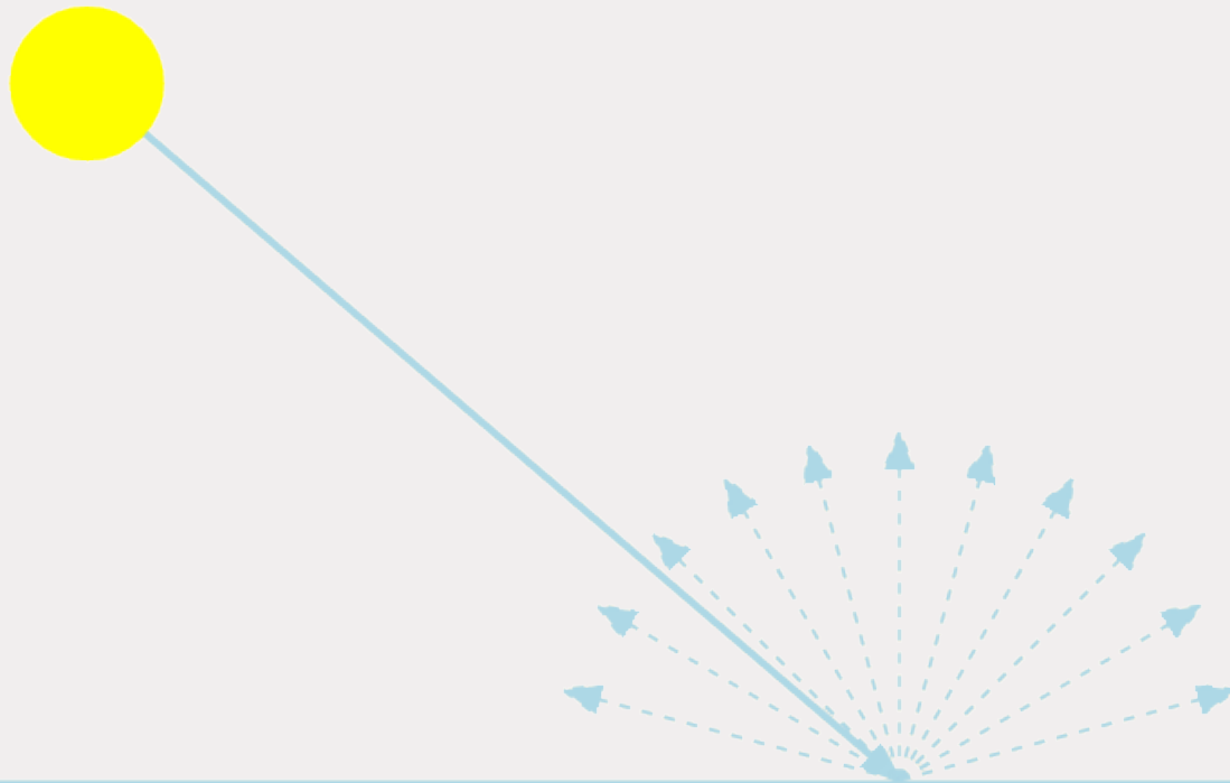
I primi descrivono in modo semplificato luci e interazioni di queste con gli oggetti in scena; i secondi considerano in modo più accurato le interazioni, comprendendo molti fenomeni trascurati dai primi modelli.

Assorbimento della luce che colpisce una superficie

Angolo di riflessione uguale all'angolo di incidenza (rispetto alla normale alla superficie)



Riflessione diffusa della luce



Shading

Nella computer grafica, lo **shading** si riferisce al processo di alterare un colore di riferimento basandosi sull'angolo d'incidenza della luce e sulla distanza dalla sorgente, per raggiungere un effetto realistico.

Lo shading è uno dei passi presenti nel processo di rendering e modifica il colore delle facce del modello tridimensionale basandosi anche sull'angolo formato dalla superficie rispetto al sole o ad altre sorgenti di luce.

Shading

Teoricamente, due superfici parallele vengono illuminate in modo identico da una sorgente distante, come il sole.

Anche se una delle due superfici è più distante, all'occhio sembrano identiche.

Molti algoritmi di shading e rendering implementano il **Falloff** che produce immagini che sembrano maggiormente realistiche senza il bisogno di aggiungere altre luci per ottenere lo stesso effetto. L'algoritmo fa sì che le facce più distanti dall'osservatore appaiano più scure delle vicine pur se parallele tra loro.

Equazione di rendering

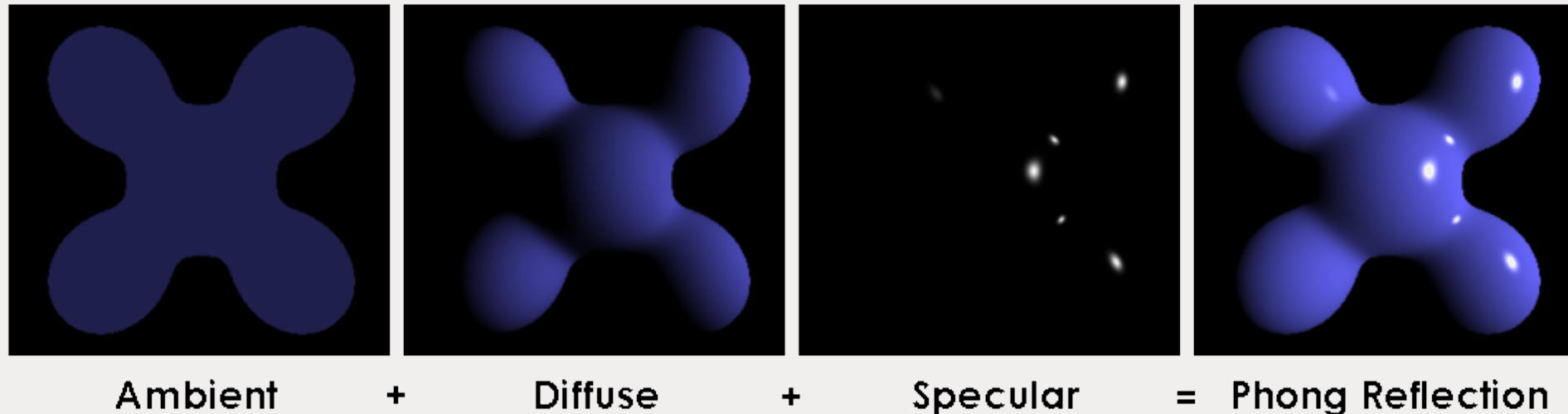
Per produrre una rappresentazione efficace dell'immagine, è necessario simulare la fisica della luce. Il modello matematico più astratto del comportamento della luce è l'**equazione di rendering**, basata sulla legge di conservazione dell'energia. Essa è un'equazione integrale, che calcola la luce in una certa posizione come la luce emessa in quella posizione sommata all'integrale della luce riflessa da tutti gli oggetti della scena che colpisce quel punto. Questa equazione infinita non può essere risolta con algoritmi finiti, quindi necessita di approssimazione.

Rappresentazione del modello di riflessione di Phong

In questa immagine, i colori "ambiente" e "diffuso" sono gli stessi.

Da notare che l'intensità della componente diffusiva varia al variare della direzione della superficie, mentre la luce ambiente è costante.

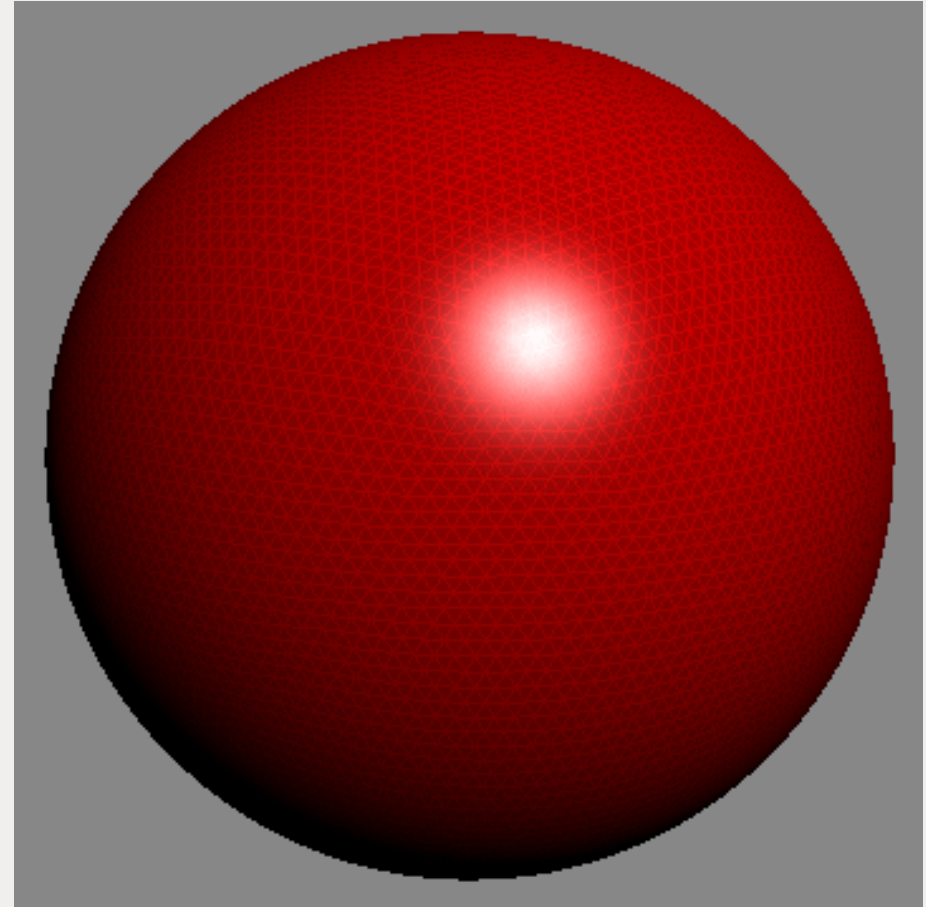
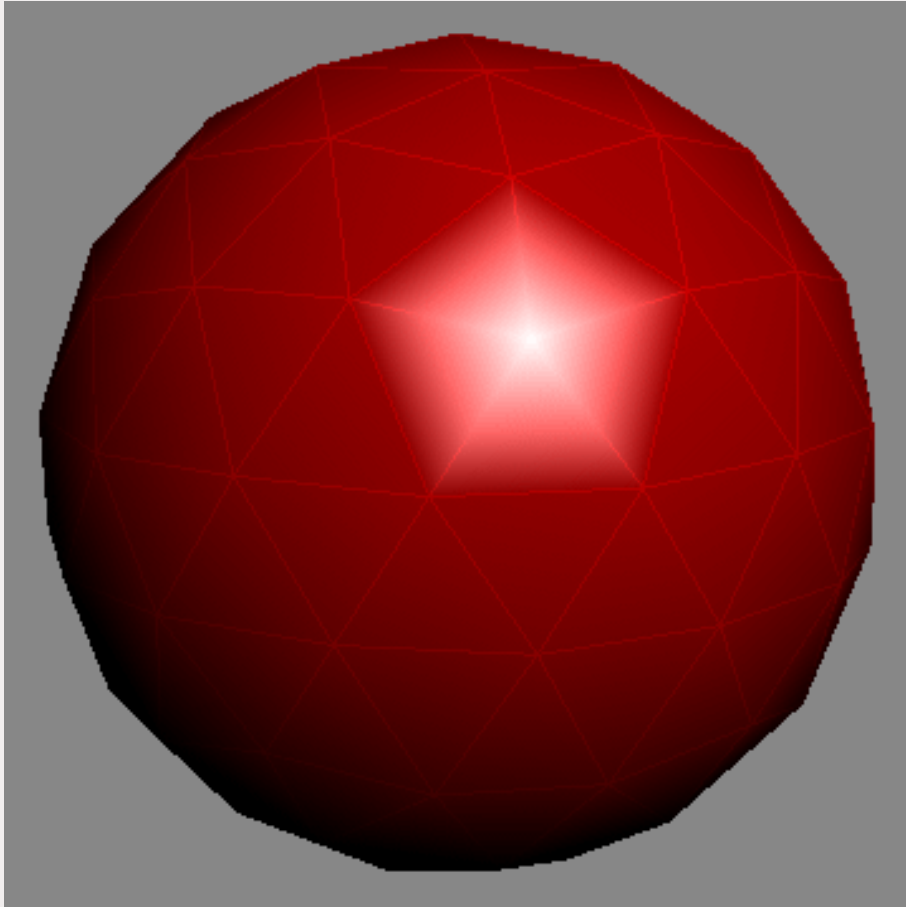
Il colore speculare è bianco, e riflette quasi tutta la luce entrante, ma solo in un limitato fascio di direzioni.



Esempio di shading Gouraud

A sinistra. Sfera trattata con il Gouraud shading: da notare la scarsa accuratezza lungo i lati dei poligoni.

A destra. La stessa sfera riprodotta con un alto numero di poligoni.



Illuminazione globale

Gli oggetti sono in realtà bombardati da moltissime sorgenti luminose indirette: la luce rimbalza da un oggetto all'altro finché non perde energia. L'illuminazione globale indaga questo comportamento della radiazione luminosa.

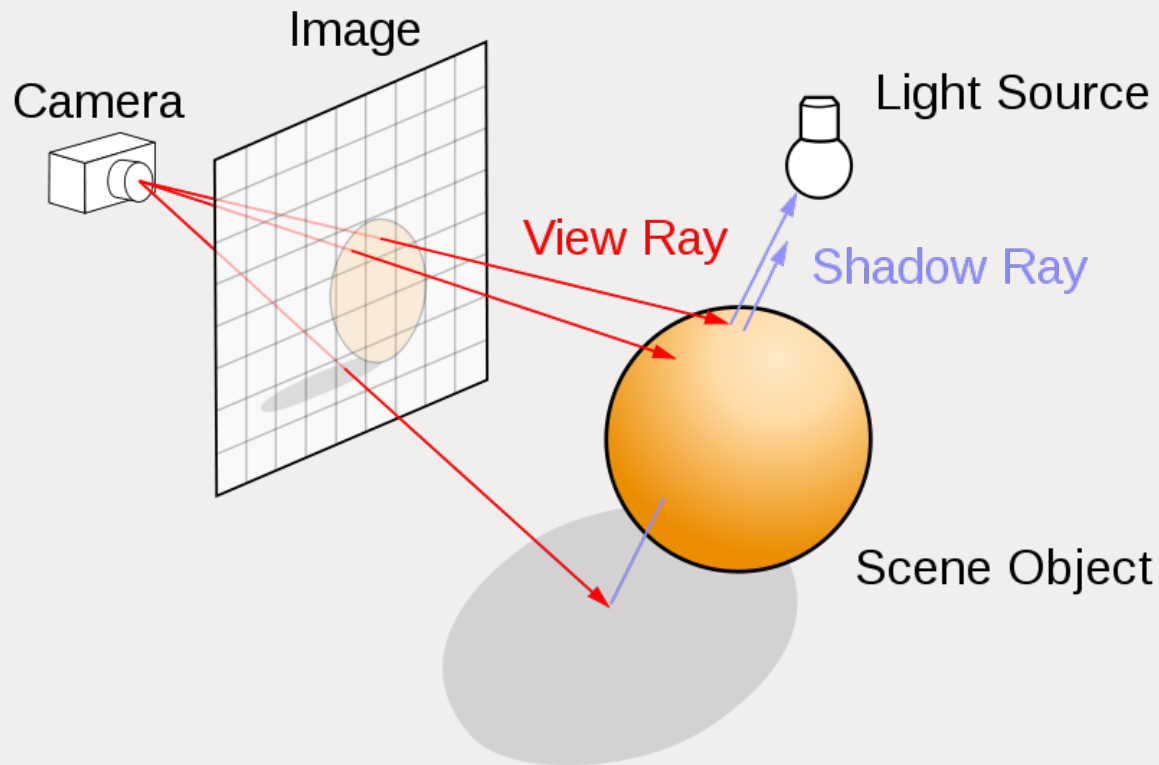
Come l'illuminazione diretta, essa comprende una componente diffusa ed una speculare.

La riflessione reciproca diffusa riguarda la luce che colpisce un oggetto dopo averne già colpito un altro. Dal momento che questo ha assorbito una data lunghezza d'onda dello spettro della luce che lo ha colpito, la luce che respinge ha un colore diverso da quella da cui è illuminato.

La riflessione reciproca speculare si manifesta generalmente con caustiche (ovvero con la concentrazione della radiazione luminosa in un punto da parte di una superficie speculare, come quella ottenibile dalla luce solare con una lente).

Ray tracing

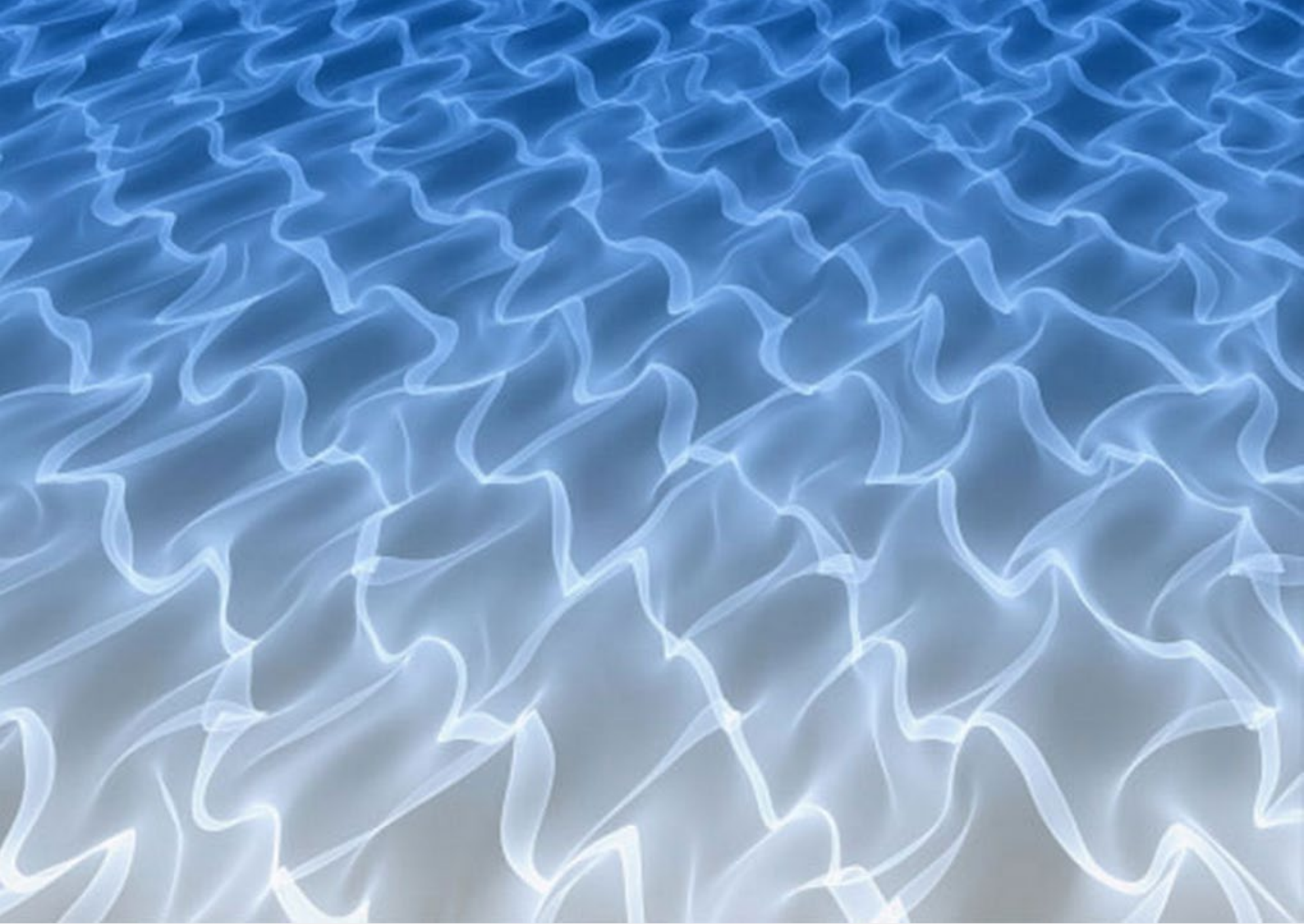
Per evitare di tracciare tutti i raggi presenti in una scena, un 'raggio ombra' viene usato per testare se la superficie sia visibile a una luce. Un raggio colpisce una superficie in un qualche punto. Se questo punto "vede" la luce, il raggio viene seguito fino alla sorgente. Se durante il tragitto si incontra un oggetto opaco, la superficie è in ombra e quella sorgente non contribuisce al calcolo del colore.

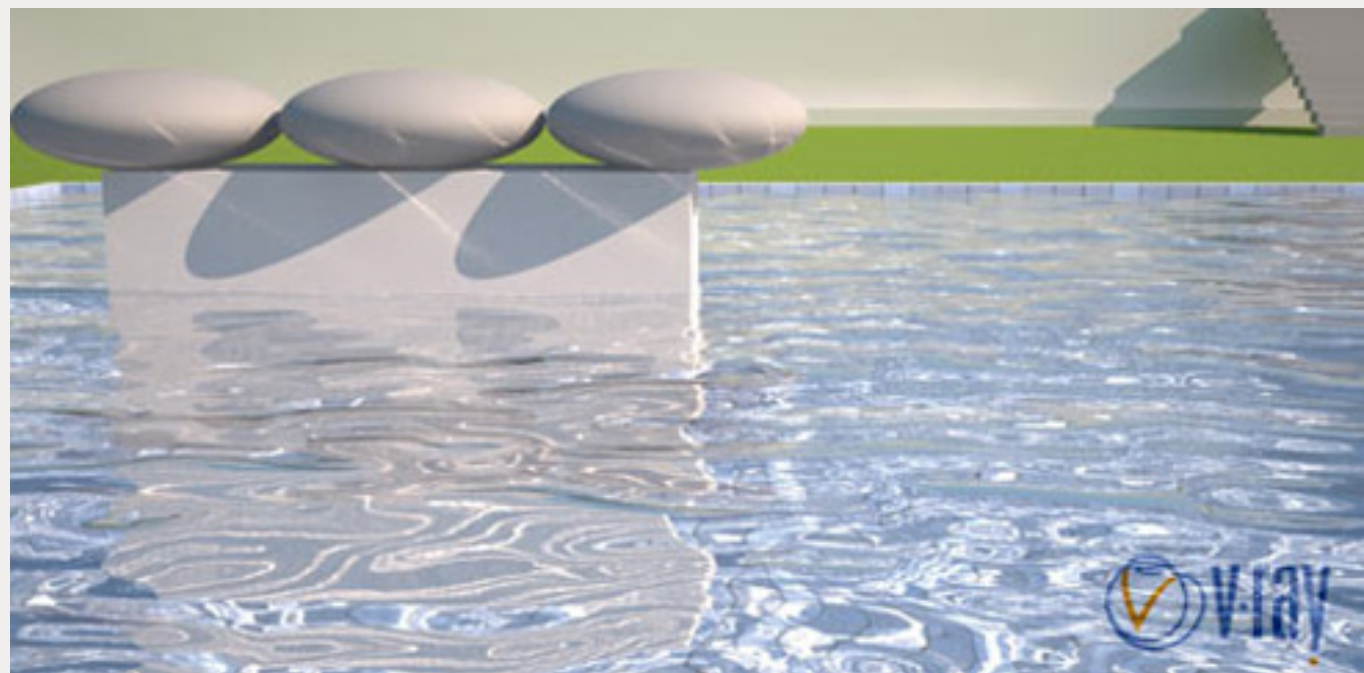
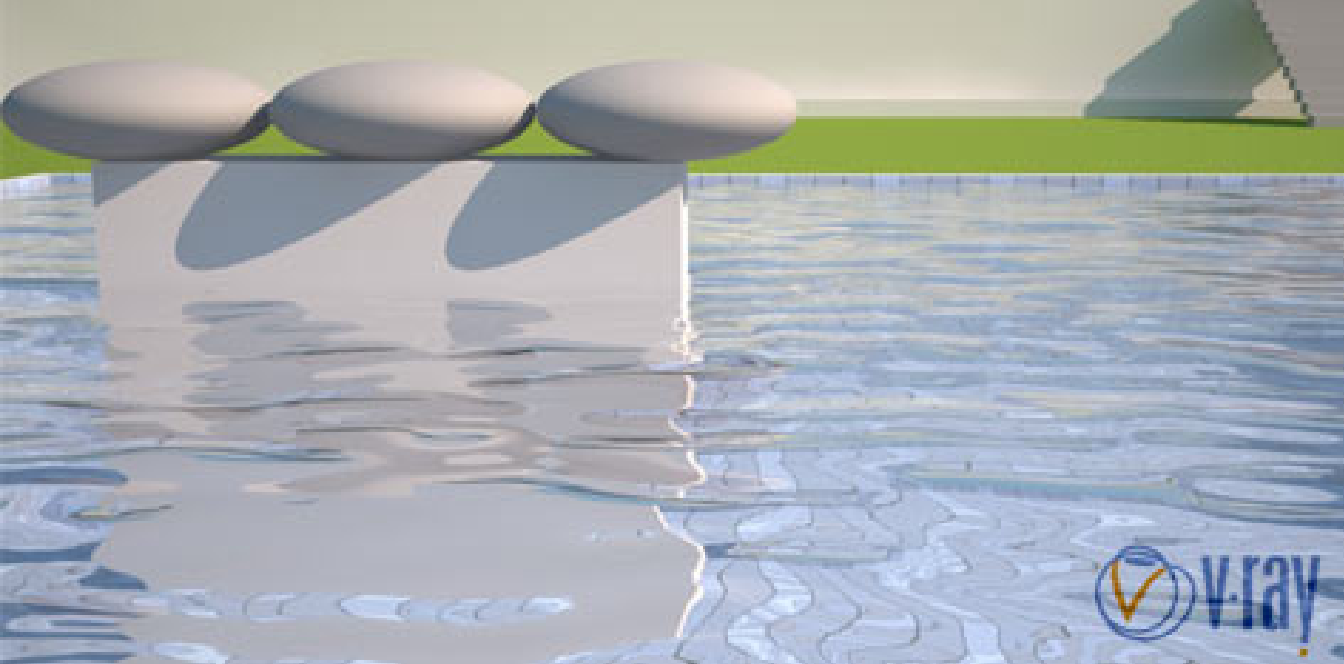


Caustiche

Le caustiche sono delle entità geometriche formate dalla concentrazione singolare di curve, che modellizzano approssimativamente il comportamento dei raggi luminosi focalizzati da lenti o specchi curvi, che danno luogo a delle zone molto luminose quando incontrano una superficie.







Ambient occlusion

L'ambient occlusion è un metodo di shading che tiene conto dell'attenuazione luminosa in prossimità di volumi occlusi.

Diversamente da metodi locali come il Phong shading, l'ambient occlusion è un metodo globale, cioè l'illuminazione di ogni punto è funzione della geometria della scena. Ad ogni modo è un'approssimazione grezza dell'intera illuminazione globale.

L'aspetto generato dalla sola ambient occlusion è simile a quello di un oggetto in un giorno nuvoloso.

Solitamente l'ambient occlusion viene calcolata tracciando raggi in ogni direzione dalla superficie. I raggi che raggiungono lo sfondo o il "cielo" aumentano la luminosità della superficie, mentre quelli che intercettano un altro oggetto non aggiungono alcuna illuminazione. Di conseguenza i punti circondati da molte altre geometrie vengono renderizzati in ombra, mentre i punti più liberi da ingombri risultano più chiari. Una buona caratteristica di questo metodo di shading è quella di offrire una migliore percezione della forma tridimensionale degli oggetti mostrati.

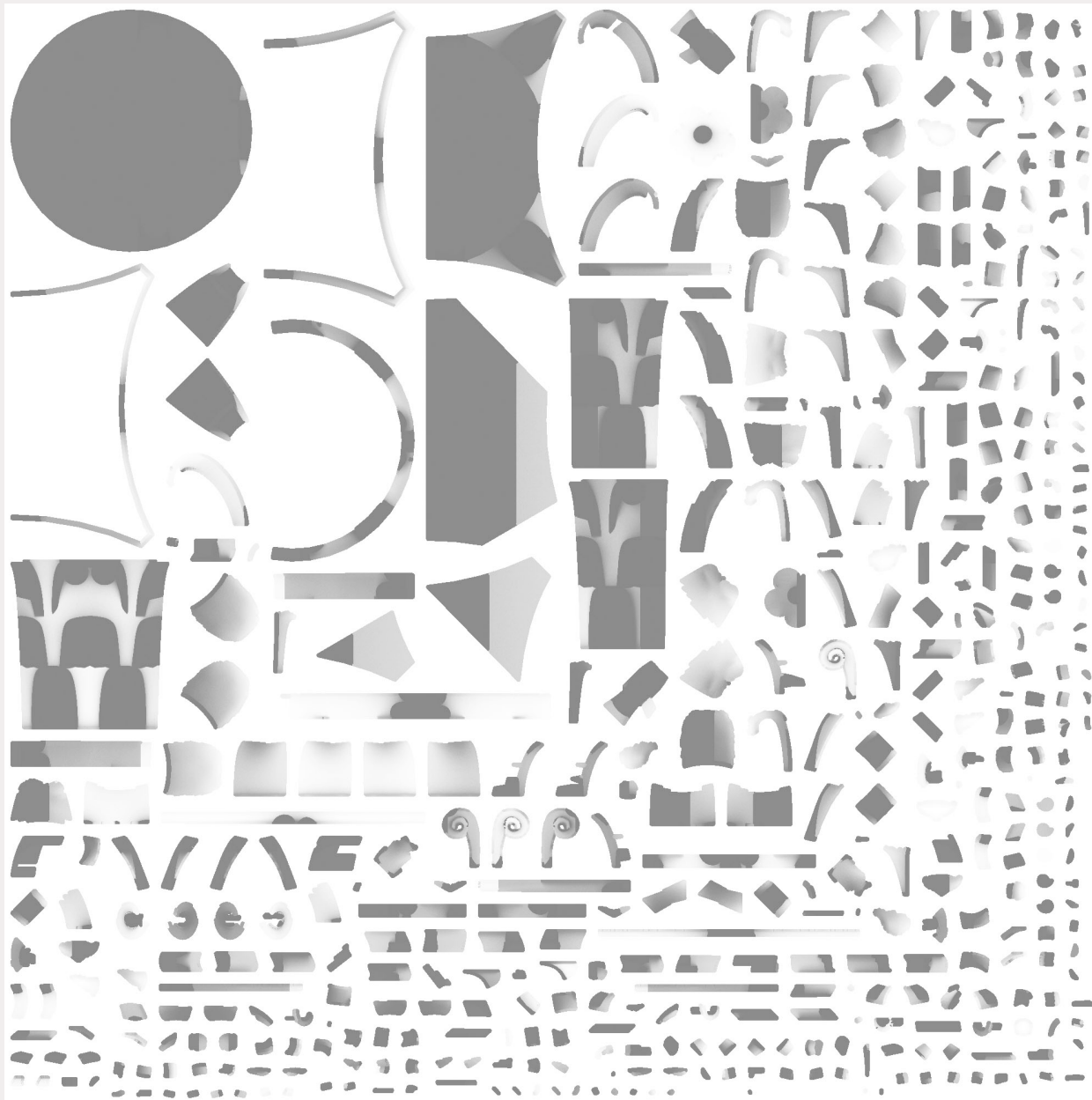
Ambient occlusion



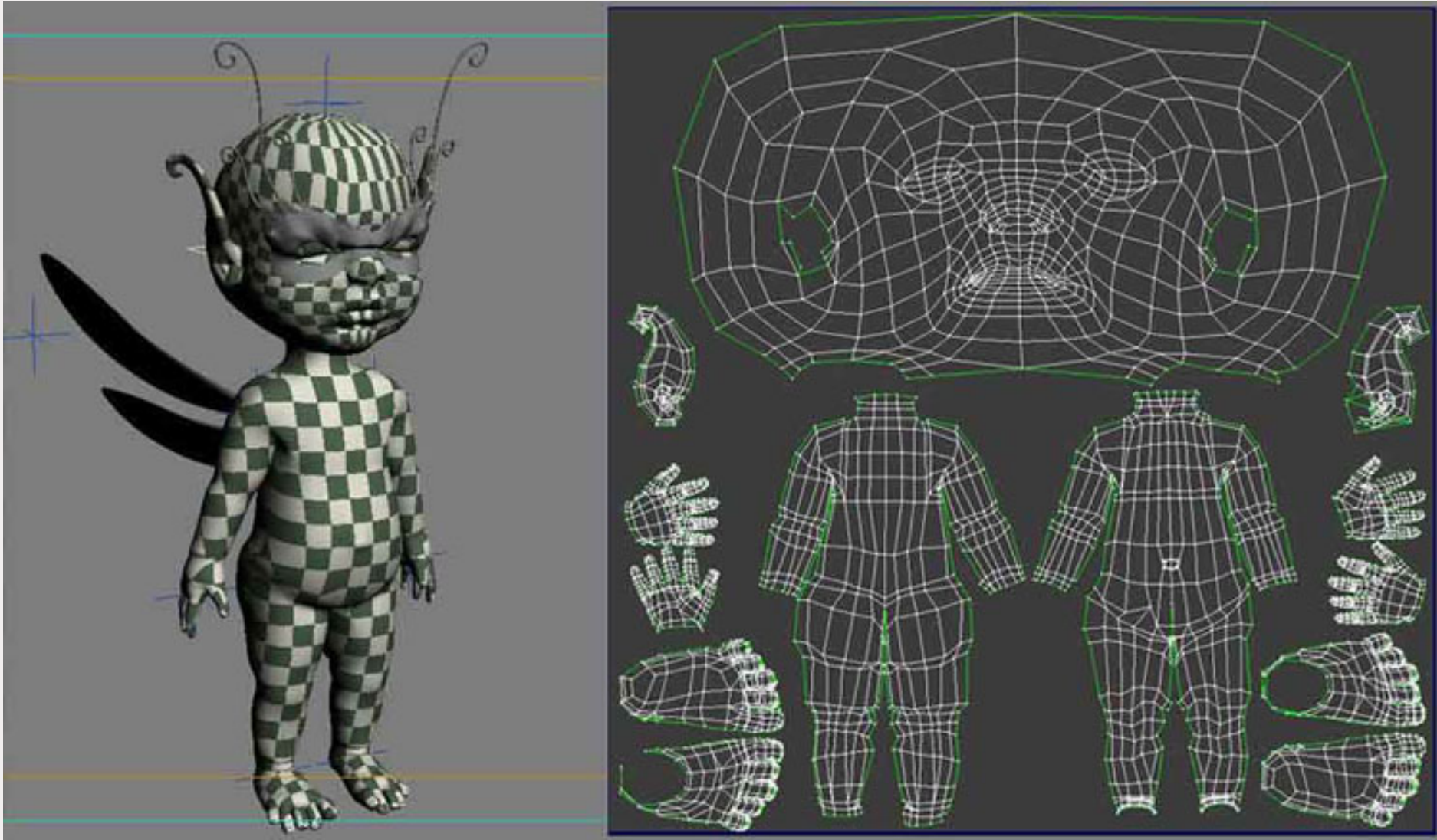
Ambient occlusion



Ambient occlusion – Texture mapping



Texture mapping



Radiosity

Radiosity è una tecnica di illuminazione globale che usa metodi degli elementi finiti per risolvere l'equazione di rendering in scene composte da superfici perfettamente diffuse.

Usa un meccanismo indiretto: anziché calcolare i percorsi della luce dalla fonte alle superfici, verifica quanta luce può 'vedere' ciascuna porzione di superficie.

La radiosity tiene conto solo dei percorsi che partono da una sorgente e vengono riflessi diffusivamente un certo numero di volte (anche zero) prima di colpire l'occhio.

Come metodo di rendering, la radiosità venne presentata nel 1984 da ricercatori della Cornell University (C. Goral, K. E. Torrance, D. P. Greenberg and B. Battaile) in un articolo intitolato "Modeling the interaction of light between diffuse surfaces".

Radiosity

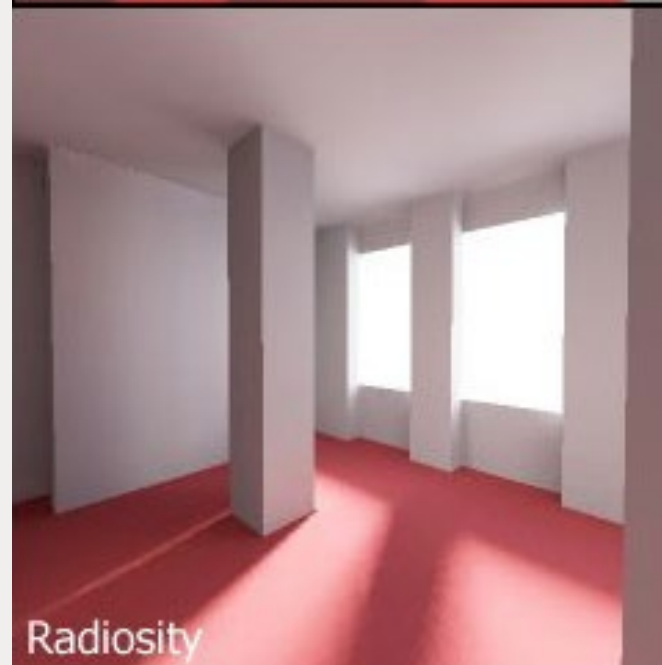
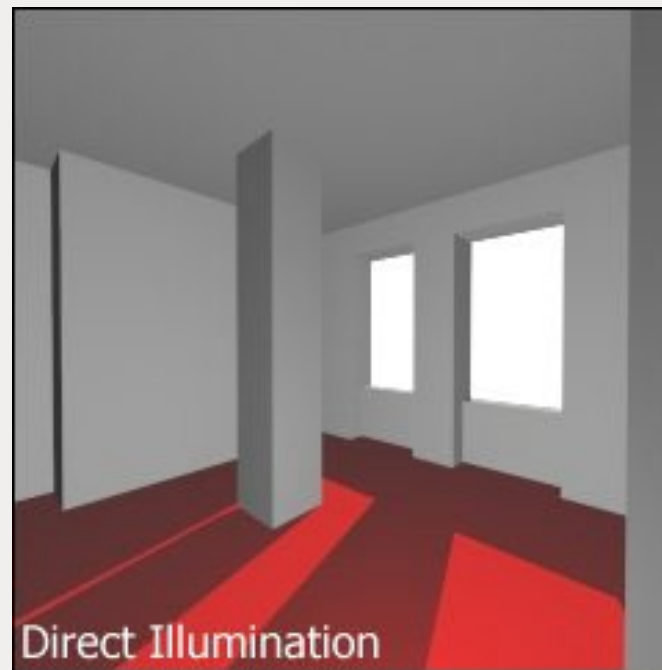
L'inclusione di calcoli di radiosità nel processo di rendering spesso aggiunge realismo al risultato proprio per il modo con il quale simula il mondo reale.

Consideriamo una semplice stanza.

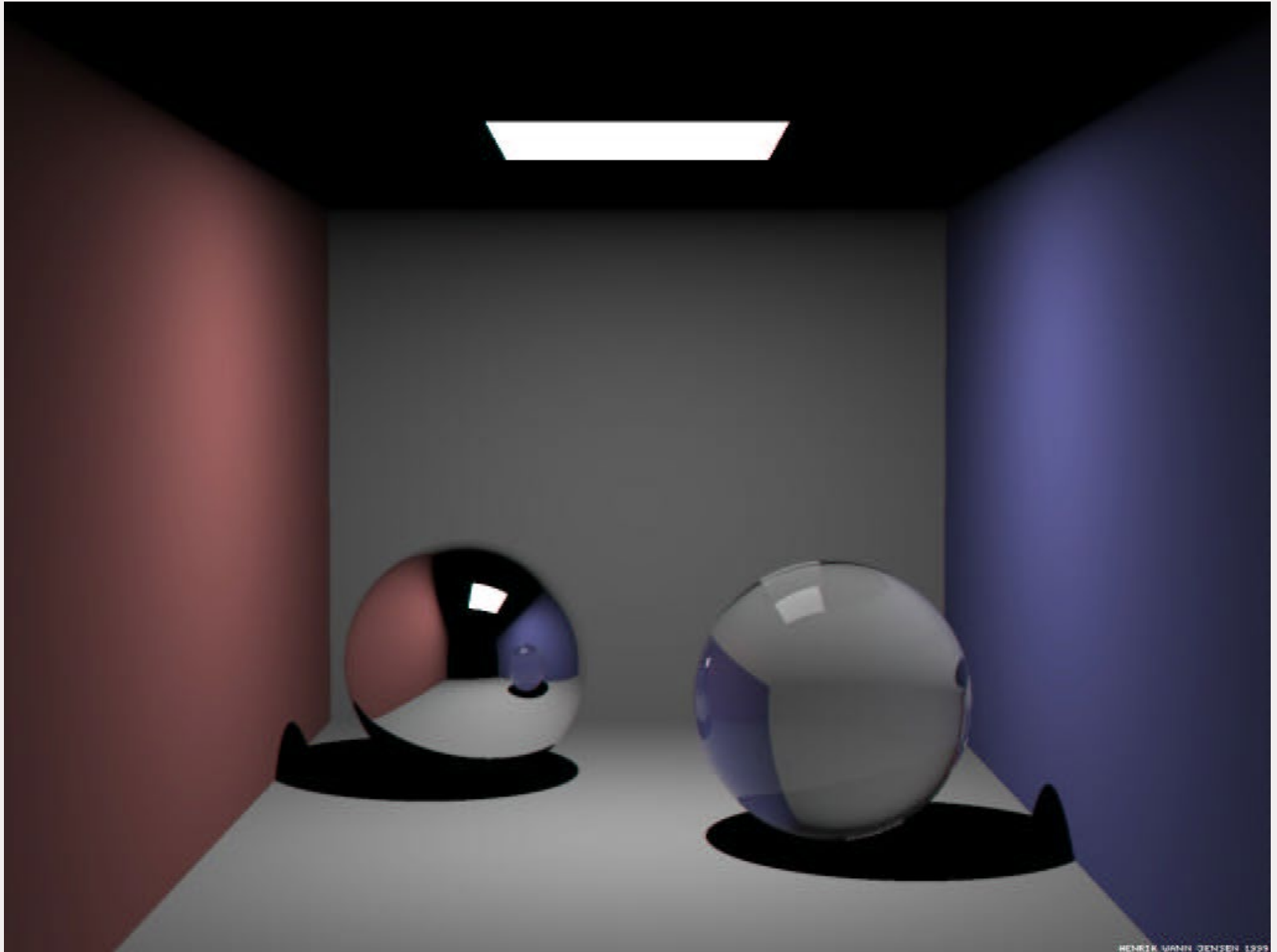
L'immagine in alto è stata generata con un normale renderer a illuminazione diretta. Esistono tre tipi di luce nella scena, scelte e collocate nel tentativo di creare la giusta illuminazione: luci spot con ombre (per creare l'illuminazione sul pavimento), luce d'ambiente (senza la quale il resto della stanza sarebbe al buio) e luci omnidirezionali senza ombra (per ridurre la *piattezza* della luce d'ambiente).

L'immagine in basso è stata calcolata con l'uso di un algoritmo di radiosità. C'è una sola sorgente di luce, un'immagine del cielo posta all'esterno della stanza. La differenza è ben visibile. Ombre morbide sono visibili sul pavimento e vari effetti luminosi sono presenti nella stanza. Inoltre, il colore rosso del tappeto viene riflesso sui muri grigi, procurando un effetto realistico.

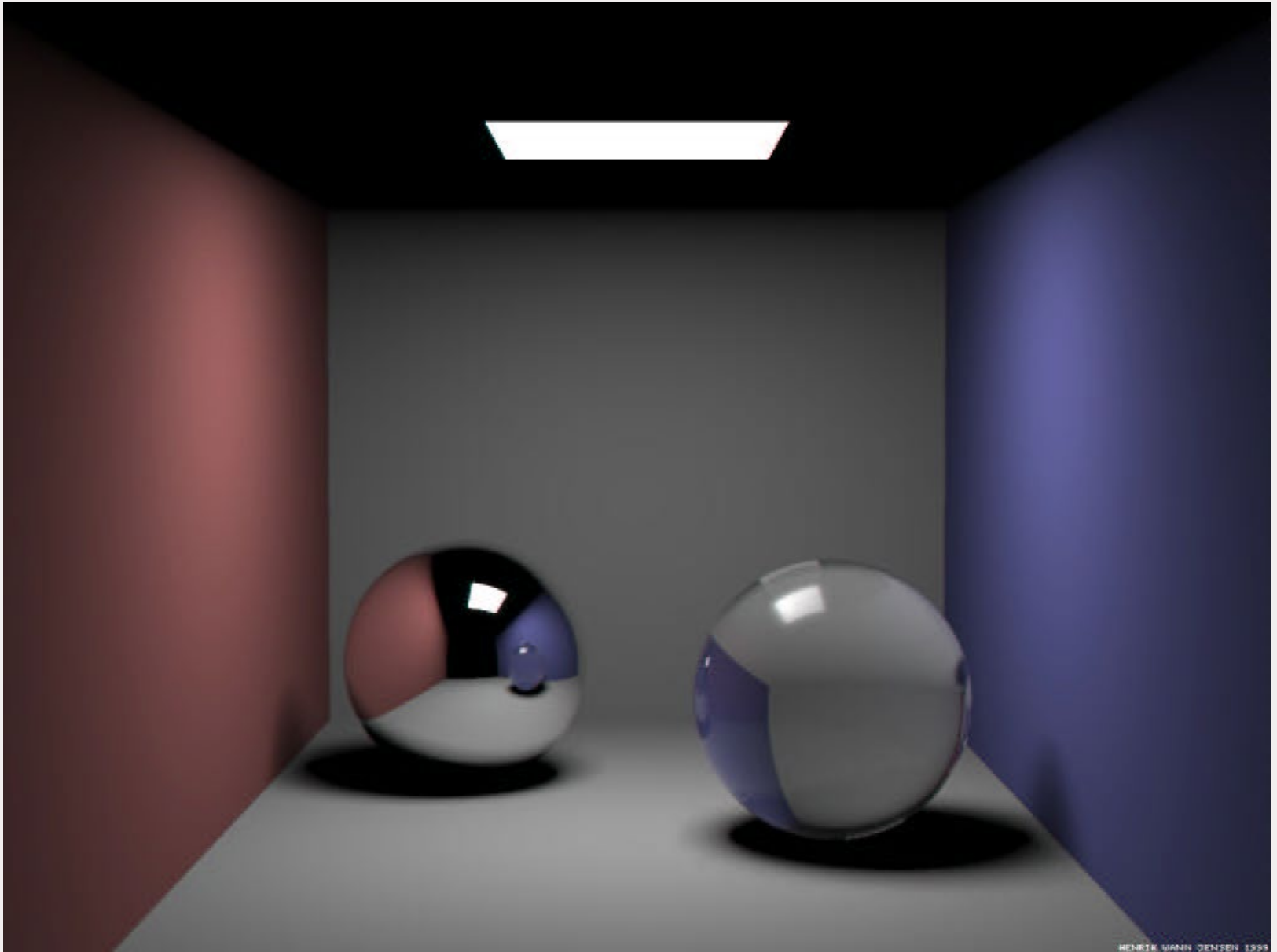
Nessuno di questi effetti è stato creato ad arte, sono tutti frutto dell'algoritmo.



Ray tracing

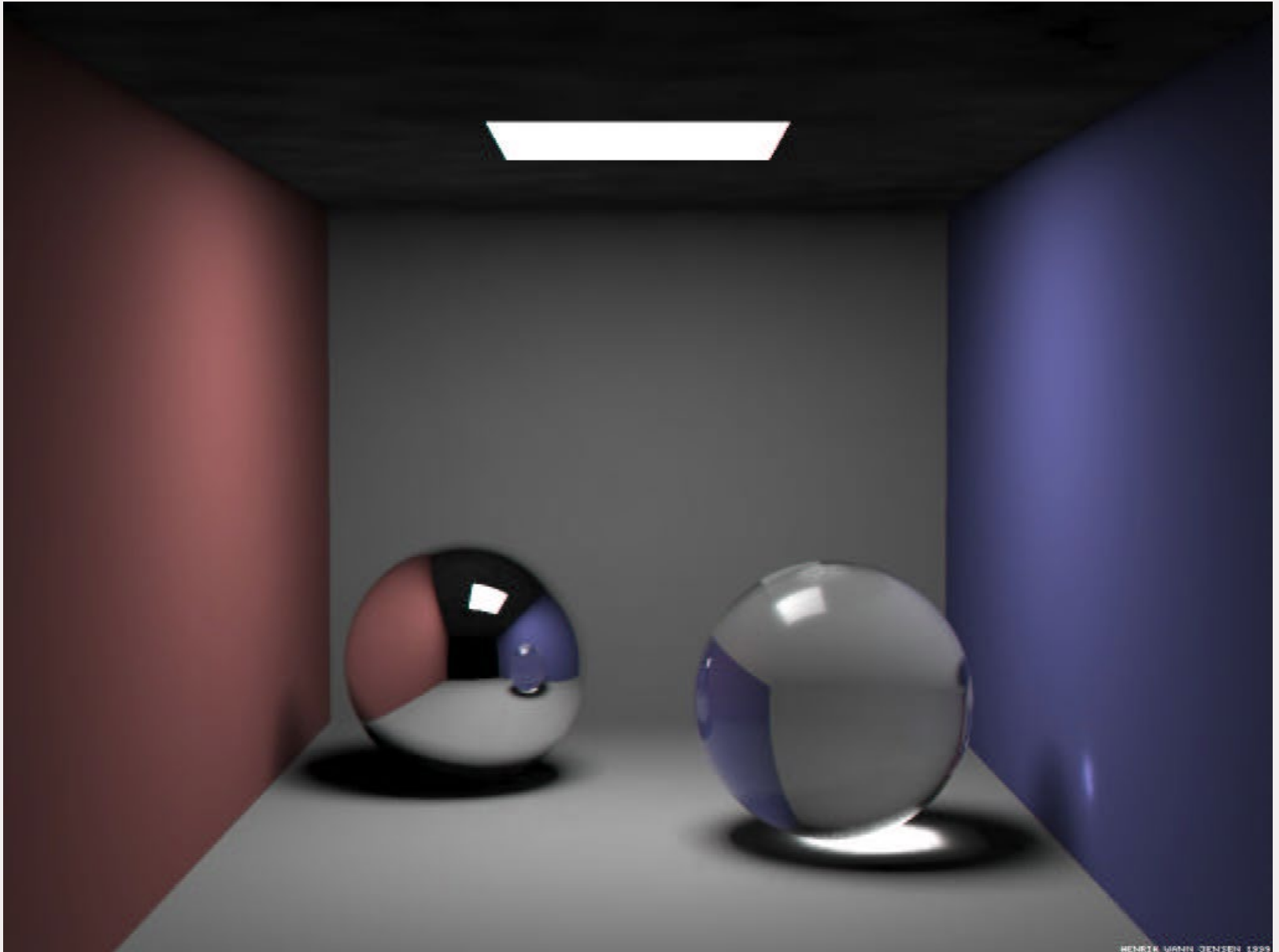


Ray tracing + soft shadows



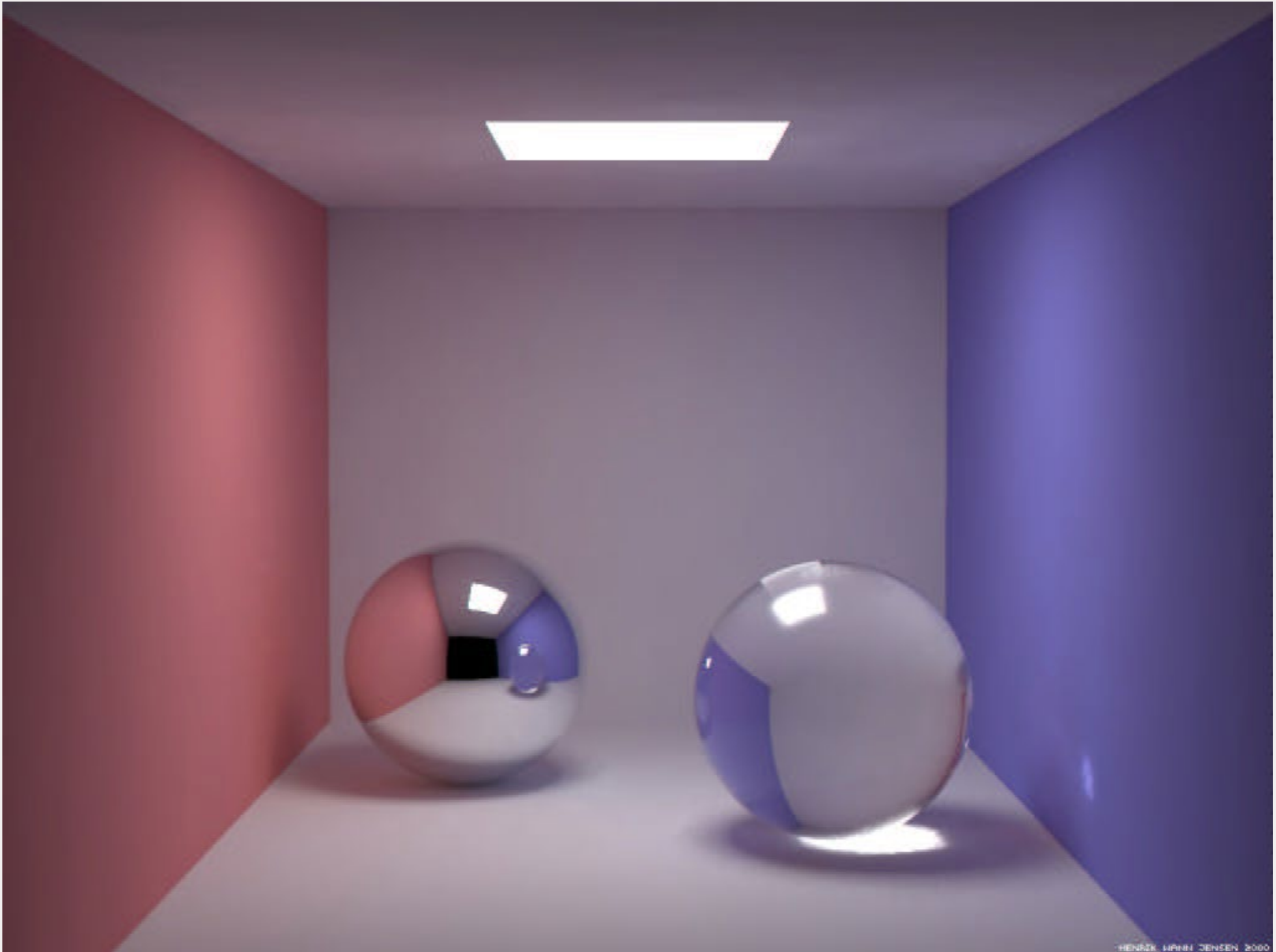
HENRIK WANN JENSEN 1999

Ray tracing + soft shadows + caustics



HENRIK WANN JENSEN 1999

Ray tracing + soft shadows + caustics + illuminaz. diffusa indiretta



HENRIK HANSEN 2000