

# Tentamen TNM008, 3D datorgrafik och VR

Grupp: MT2 och NO2MT  
Datum: Måndagen den 10 mars 2003  
Tid: 14.00-18.00  
Sal: DMAT och TP56  
Hjälpmedel: inga  
Ansvarig lärare: Stefan Gustavson, ITN, 011-363191

## Anvisningar

Denna tentamen består av 11 uppgifter, vilka tillsammans kan ge maximalt 50 poäng. Uppgifterna står inte i någon särskild ordning, så lös dem i den ordning du själv vill, men skriv varje uppgift på separat papper och lägg uppgifterna i nummerordning när du lämnar in dem. Skriv namn, och helst även personnummer, på varje papper du lämnar in.

De flesta uppgifter är av beskrivande karaktär. Några har en handfast praktisk prägel, andra kräver mer matematiska eller teoretiska resonemang, och någon enstaka uppgift kräver även vissa beräkningar.

Svara rimligt uttömmande men kortfattat på frågorna. Använd fullständiga meningar. Rita gärna figurer där du tycker det är lämpligt. Förklara införda begrepp och beteckningar, och motivera beräkningar så att de är lätta att följa.

Om du undrar hur mycket du skall skriva på någon fråga, titta på det antal poäng den kan ge. Uppgifter med många poäng kräver mer ingående svar för full poäng.

Tentamen betygsätts med underkänt (U), godkänt (G) eller väl godkänt (VG).

För betyget G krävs minst 25 poäng av 50 möjliga.

För betyget VG krävs minst 35 poäng av 50 möjliga.

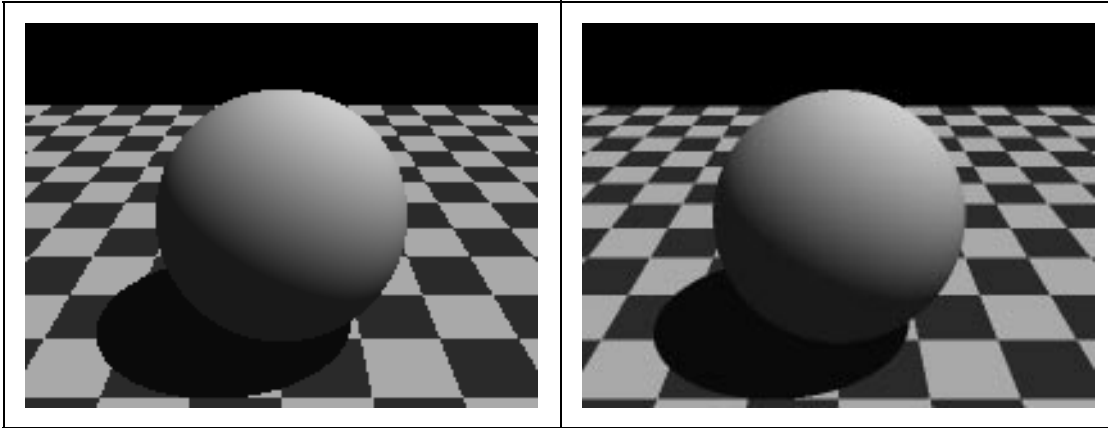
Jag kommer att titta in minst ett par gånger under tentamenstiden för att svara på frågor om eventuella oklarheter.

*Lycka till!*

Stefan Gustavson

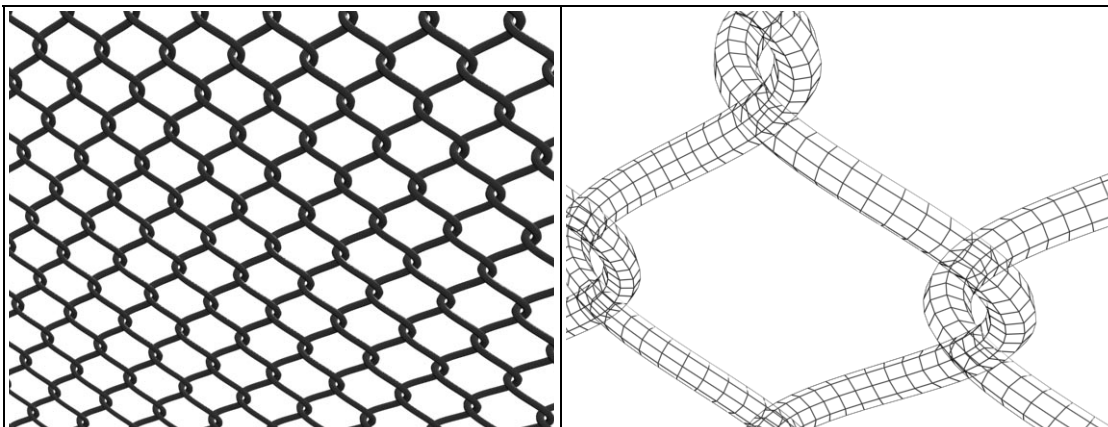
### Uppgift 1 (3 p)

Nedanstående två bilder är renderade med en mycket enkel raytracer. För bilden till vänster har beräknats ett enda sampel per pixel. Bilden uppvisar tydlig aliasing. För bilden till höger har man i stället beräknat fyra sampel på olika ställen inom varje pixel, och använt medelvärdet av dessa fyra sampel för att färglägga pixeln. Bilden blir mjukare, men till en hög kostnad - fyra gånger så mycket arbete. Förklara hur man för denna enkla scen med samma enkla renderare skulle kunna sampla bilden på ett annat sätt för att få ett visuellt lika bra resultat som i den högra bilden, utan att beräkna väsentligt fler sampel än i den vänstra bilden! (3 p)



### Uppgift 2 (3 p)

Nedanstående bild visar ett välmående men missriktat försök att skapa en 3D-modell av ett trådstängsel. Modellen är mycket detaljerad och geometriskt korrekt, men innehåller hundratusentals polygoner per kvadratmeter stängsel (se detaljbild till höger). Detta stängsel skall aldrig ses i närbild och utgör inte huvudsaken i scenen, så detta är tveklöst ett onödigt komplicerat objekt. Geometrin går visserligen att förenkla rejält genom att göra tråden mindre rund och mindre mjukt böjd, men en annan, mer radikal förenkling av modellen kan göras, som ändå ger rätt utseende på håll. Vilken förenkling avses? (3 p)

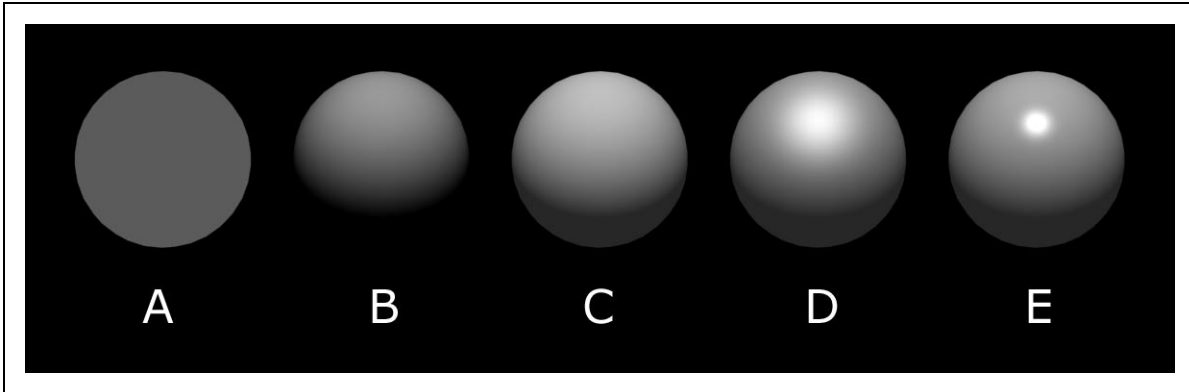


### Uppgift 3 (7 p)

Phongs lokala reflexionsmodell kan sammanfattas i nedanstående ekvation.

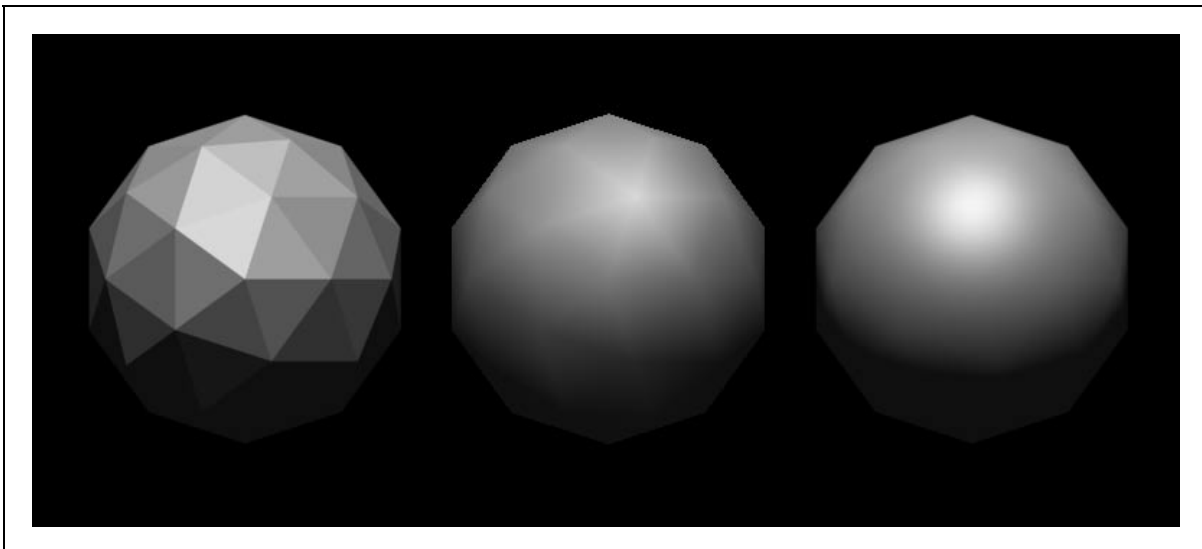
$$I = I_a k_a + I_d k_d (\hat{N} \cdot \hat{L}) + I_s k_s (\hat{R} \cdot \hat{V})^n$$

- a) Förklara samtliga element i ekvationen med hjälp av ord och egna figurer! (4 p)
- b) Förklara den visuella innebörden av de tre termerna med hjälp av nedanstående bilder (A-E).  
Samtliga bilder föreställer en sfär i samma belysning, men med olika materialparametrar. (3 p)



### Uppgift 4 (3 p)

Nedanstående bild visar tre renderingar av en mycket lågupplöst polygonmodell av ett klot. Samma polygonmodell, samma reflexionsmodell, samma materialparametrar och samma belysning har använts för alla tre kloten, men shadingmetoden skiljer. Förklara utifrån denna bild vad som menas med “flat shading” och interpolerad (“smooth”) shading, och vilken skillnaden är mellan Phong och Gouraud shading. Använd gärna egna figurer för att förklara vissa detaljer, men referera även till bilden. (3 p)



### Uppgift 5 (4 p)

Förklara principen för hur skuggor kan beräknas med en skuggmapp (shadow map). (4 p)

### Uppgift 6 (3 p)

Moderna grafikkort har grafikprocessorer som arbetar med en klockfrekvens på omkring 300 MHz. En modern processor (CPU) har en klockfrekvens på uppemot 3 GHz. Förklara varför grafikkort ändå är väsentligt snabbare på att rita 3D-grafik än en vanlig CPU. (3 p)

### Uppgift 7 (4 p)

- När man presenterar VR-miljöer för en betraktare i en så kallad VR-hjälm har man större krav på snabb och noggrann uppdatering av bilden än när man projicerar bilden på en större skärm framför betraktaren. Varför? (2 p)
- Förklara hur man med hjälp av speciella glasögon kan ge betraktaren ett intryck av djup i en bild som presenteras på en vanlig bildskärm. Nämn några olika slags glasögon som kan användas. (2 p)

### Uppgift 8 (5 p)

Det finns många olika metoder att animera 3D-modeller. Några av dessa är direkt keyframing, fysikalisk simulering, motion capture och invers kinematik. Ange för nedanstående animationer vilken av dessa fyra metoder som bör vara lämpligast, och motivera ditt svar kortfattat! (1 p per rätt svar)

- En industrirobot med en ledad arm som för ett svetsverktyg längs en av fogarna på en bilkaross.
- En leksaksboll som studsar nedför en trappa.
- Ett modellflygplan som gör en serie avancerade manövrer för att till sist landa i munnen på en jovialiskt skrattande jultomte. (Jultomten animeras av någon annan. Ditt problem är flygplanet.)
- Två förunderligt människoliknande men extremt magra och självlysande utomjordingar som dansar hambo.
- En teddybjörn som vrider på huvudet och vinkar litet stelt, så där som teddybjörnar gör.

### Uppgift 9 (4 p)

En något förvirrad och bristfälligt kompetent kursledare i en dyr men dålig introduktionskurs om Java3D får den berättigade frågan om Java3D har några likheter med OpenGL, varpå han besvärat svarar *“Nä, nä, Java3D är inte alls samma sak som OpenGL, men, ööh, alltså Java3D behöver ju OpenGL för att funka, eller så kan man köra Windows med Direct3D som är samma sak som OpenGL fast inte riktigt, eller så, ööh, jo, man kan säga så här, att Java3D är mycket bättre än OpenGL, fast i vissa fall är det faktiskt sämre också, nämen, nu är det nog dags för kaffe, eller vad säger ni?”* Du sitter i publiken och vet bättre besked än kursledaren i denna fråga, men hans bräckliga ego skulle inte tåla att du rättade honom i andras åsyn. Red ut begreppen för honom genom att skriva (och eventuellt rita) ett kortfattat korrekt svar på frågan. Din förklaring skall lagom få plats på en servett som du diskret kan sticka åt honom under fikarasten, så att han kan rädda ansiktet och slippa erkänna för alla andra att han inte vet. (Kräv sedan i enrum kraftig rabatt på kursavgiften för din räddningsinsats.) (4 p)

### Uppgift 10 (8 p)

a) Radiosity är en global belysningsmodell. Vilket slags ljusreflexioner modellerar den? Hur kan metoden kompletteras för att hantera även andra slags reflexioner? (2 p)

b) Trots att radiosity är en beräkningstung metod har den ändå en tillämpning för snabb interaktiv grafik, till exempel spel och VR. Hur går det ihop? (1 p)

c) Radiosity-metodens modell för ljustransport i en scen kan beskrivas med en ekvation:

$$B_i = E_i + R_i \sum_{j=1}^n B_j F_{ij}$$

Förklara översiktligt i ord och eventuella figurer vad de olika elementen i ekvationen står för! (2 p)

d) Två i grunden olika sätt att lösa radiosity-ekvationen kan benämnas "gathering" och "shooting". Förklara kortfattat, med enkla ekvationer om du tycker att det behövs, vad de två lösningsmetoderna går ut på, och ange någon fördel med respektive metod. (3 p)

### Uppgift 11 (6 p)

Parametriska kurvor beskrivs oftast som en funktion  $Q(u)$  av parametern  $u$ , kontrollpunkterna  $P_i$  och ett antal interpolationspolynom  $B_i(u)$ , enligt

$$Q(u) = \sum_{i=0}^N P_i B_i(u)$$

En vanlig klass av parametriska kurvor är *Béziér-kurvor*, där interpolationspolynomen ges av

$$B_i(u) = k_i u^i (1-u)^{N-i}, \quad N \text{ anger kurvans gradtal och } k_i = \binom{N}{i} = \frac{N!}{i!(N-i)!}.$$

a) Teckna hela ekvationen för en kvadratisk Béziér-kurva som funktion av  $P_0$ ,  $P_1$  och  $P_2$ . (1 p)

b) Givet radvektorn  $U = [u^2 \ u \ 1]$  och kolumnvektorn  $P = \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix}$ , så kan ekvationen även tecknas

$Q = UBP$ , där  $B$  är en matris. Ange matrisen  $B$ ! (2 p)

c) Visa att kurvans tangenter i punkterna  $Q(0) = P_0$  och  $Q(1) = P_2$  är parallella med sträckorna  $P_0 \rightarrow P_1$  respektive  $P_1 \rightarrow P_2$ . (3 p)