

## **Tentamen TNM061, 3D-grafik för MT2** **2012-06-01, kl 8-12, sal SP71**

Tentamen omfattar 7 frågor, vilka tillsammans kan ge maximalt 48 poäng.

Betygsgraderingen sker endast i G eller VG (registreras som sifferbetygen 3 och 5).

För betyg G krävs minst 24 poäng.

För betyg VG krävs minst 35 poäng.

Frågorna står inte i någon särskild ordning, så läs alla uppgifter översiktligt innan du börjar svara. Deluppgifterna bygger inte alltid på varandra, så läs t. ex. b) även om du inte svarar på a).

Formulera dina svar tydligt och i fullständiga meningar. Använd relevanta och tydliga figurer och ekvationer där så efterfrågas, samt där du tycker att det gör förklaringen tydligare. Skriv dina förklaringar så att även en förhållandevis oinformerad läsare skulle kunna förstå vad du menar. Du skall inte förklara det här bara för mig – jag kan det ju redan. Syftet med tentamen är att du skall göra det klart för mig som examinator att du själv har förstått det du förklarar, och att du har förmågan att använda ord, bilder och matematik för att göra det begripligt för andra. Alla beräkningar skall redovisas. Förklara införda beteckningar. Beskriv vad dina figurer föreställer. Var klok och snäll.

För frågor som ger enstaka poäng räcker det med korta svar, förutsatt att de är korrekta och tydliga. För frågor som ger många poäng förväntar jag mig längre och mer uttömmande svar för full poäng.

Om du undrar över något, fråga mig. Jag kommer att besöka tentamenslokalen ett flertal gånger under tentamenstiden. Lycka till!

*Stefan Gustavson*

**Uppgift 1 (8 p)** Phongs lokala reflexionsmodell med tre termer för allmänljus, diffus reflexion och spekulär reflexion är gammal och har många brister, men den används fortfarande eftersom den är enkel och kan duga i många sammanhang.

- Beskriv modellen med en ekvation, minst en figur och en tydligt förklarande text. Förklara vad samtliga ingående variabler beskriver, och hur parametrarna inverkar på det visuella intrycket av ytan. (5 p)
- Ange för var och en av de tre termerna huruvida den ger en god eller dålig modell av verkligheten. Motivera dina svar. (3 p)

**Uppgift 2 (10 p)** Raytracing är en mycket vanlig metod för rendering.

- Raytracing är åtminstone i vissa avseenden en så kallad ”global belysningsmodell”. Vad är den avgörande skillnaden mot en lokal modell som den i uppgift 1? (1 p)
- Beskriv översiktligt den grundläggande algoritmen för raytracing, känd som ”invers raytracing” eller ”Whitted raytracing”. Beskriv några väl valda strålars väg genom en tänkt scen, och förklara vad som händer när strålar träffar en helt speglande eller helt transparent yta, en yta som är delvis speglande och delvis transparent, samt en yta som är diffust reflekterande. Ange hur den slutliga strålens färg beräknas, och förklara varför beräkningarna kan bli så tidskrävande trots att den grundläggande idén är så pass enkel. Rita minst en tydlig figur. (6 p)
- Den teoretiska beräkningskraften i ett modernt grafikkort (räknat i t ex miljarder räkneoperationer per sekund i en ideal situation) skulle egentligen räcka till för att rendera en scen med raytracing även i realtid. Varför är det trots det fortfarande inte möjligt att rendera en typisk 3D-scen i realtid med raytracing på ett grafikkort? (3 p)

**Uppgift 3 (4 p)** Procedurella texturer är i många fall ett attraktivt alternativ till bildbaserade texturer. Förklara vad de två begreppen innebär, beskriv de fundamentala skillnaderna och ange väsentliga för- och nackdelar med vardera metoden.

**Uppgift 4 (8 p)** Vid animering längs förutbestämda banor används ofta Béziérkurvor för att beskriva banan. I ekvationen nedan betecknar  $p(t)$  positionen längs ett kurvsegment som funktion av tidsparametern  $t$ , och  $p_i$  är de fyra kontrollpunkterna för segmentet.

$$p(t) = (1-t)^3 p_0 + 3t(1-t)^2 p_1 + 3t^2(1-t) p_2 + t^3 p_3$$

En enkel men viktig funktion inom animering är att beskriva en rörelse med konstant hastighet längs en rät linje, exempelvis i x-led från  $x=0$  till  $x=1$ . Går det att beskriva en sådan rörelse med en Béziér-kurva enligt ekvationen ovan? Var ska de fyra kontrollpunkterna i så fall placeras? Visa med beräkningar att din föreslagna metod fungerar som avsett, eller visa att det inte går att beskriva en sådan rörelse med denna metod.

**Uppgift 5 (8 p)** I tentamenslokalen står en gammaldags skivspelare för 78-varvsskivor i bakelit, så kallade ”stenkakor”. Nedan ser du en bild med de väsentliga rörliga delarna markerade och beskrivna, men undersök den gärna i verkligheten så att du ser hur den kan röra sig. (Var rimligt försiktig – det är en gammal apparat. Jag har för säkerhets skull tagit bort veven, tagit ur nålen ur pickupen och tagit bort själva skivan som är obehagligt bräcklig.)



a) Skapa en scengraf för Java3D som beskriver skivspelaren! Tonarmen med pickupen ska kunna röra sig som i verkligheten och som du ser i bilden, och skivtallriken ska kunna snurra. Du behöver inte bry dig om några andra rörelser än dessa. Rita hela scenrafen, och beskriv samtliga transformationer och vilken roll de har. Rita även enkla skisser som beskriver de olika delarnas utseende och lokala koordinatsystem. (5 p)

b) OpenGL har ingen inbyggd scengraf, utan arbetar mer direkt med transformationsmatriser. Ett sätt att hantera hierarkiska transformationer är med en så kallad *matrisstack*. Beskriv hur en scengraf som den i uppgift a) ovan kan överföras till en sekvens av operationer på matrisstacken och renderingar av de enskilda delobjekten. Det är principen och ordningen mellan operationerna som är det väsentliga, men skriv gärna programkod om du vill. Lämpliga funktioner att använda i din förklaring är i så fall `glTranslate(x,y,z)`, `glRotate(x,y,z,angle)`, `glPushMatrix()` och `glPopMatrix()`. För renderingen av delobjekt kan du t ex skriva `renderObject(X)`, där X är ett namn på objektet som på något sätt relaterar till din figur i uppgift a) ovan. (3 p)

**Uppgift 6 (5 p)** Du deltar i ett projekt kring att skapa ett 3D-spel med zombie-tema. Miljön är ett typiskt svenskt villaområde med idylliska trädgårdar och vitmålade spjälstaket. Staketet ger den ovana modelleraren problem, och du får en förfrågan om hjälp. Varje spjåla i staketet har modellerats med ett tjugotal polygoner, men det är hundratals spjälor i varje staket, och villaområdet innehåller många villor. Spelet ska gå att köra på en mobil plattform med dåliga prestanda, så det går inte att ha så många polygoner i scenen, åtminstone inte för de delar av scenen som spelaren ser på håll. Du föreslår att man ska använda ett enkelt plan för varje rak sektion av staketet och göra detaljerna med en textur. På så sätt skulle man kunna klara sig med bara några få polygoner för hela staketet. Modelleraren invänder ”men man ska ju kunna se mellan spjälorna, det blir ju asfult om man gör det som ett vanligt texturerat plan”.

a) Förklara hur man kan göra så att man kan se mellan spjälorna, men ändå använda en textur i stället för en detaljerad modell! (2 p)

b) Sett på närmare håll kan man använda den mer korrekta geometriska modellen för att få bättre realism, och en klokt använd textur för ytans mönster kan göra att spjälorna inte ser exakt likadana ut allihop. Sedda på riktigt nära håll blir däremot ytan för slät och livlös. Modelleraren börjar att modellera en väldigt detaljerad geometrisk modell av några olika spjälor med tusentals polygoner vardera för att använda i närbilder, men du säger stopp. Du rekommenderar en annan metod för att ge ett intryck av en ojämn yta. Vilken? Hur fungerar den? Använd en figur i din förklaring. (3 p)

**Uppgift 7 (5 p)** Zombiespelet i uppgiften ovan skall innehålla en hel del animeringar av olika slag. För var och en av nedanstående animeringar, föreslå en lämplig metod för att få till den sortens rörelser! Metoder du kan föreslå är 1) keyframing, 2) ”scripting” (animering längs parametriska kurvor), 3) invers kinematik, 4) motion capture, 5) fysikalisk simulering samt 6) partikelsystem. Motivera dina rekommendationer kortfattat.

a) En zombie vacklar sakta fram med utsträckta armar med ojämna, släpande steg.

b) När spelaren attackerar en zombie med en gräsklippare skall diverse olika stora bitar av zombien flyga runt och studsa verklighetstroget mot omgivningen. (Det är ett väldigt våldsamt spel.)

c) En bil kommer, med en okoordinerad zombie bakom ratten, och kör en förutbestämd vansinnesfärd igenom villaområdet.

d) Bilen kraschar in i en inglasad altan så att glassplittret yr. Glasrutan är härdad, så glasbitarna blir många och väldigt små, ungefär millimeterstora.

e) Spelarens huvudvapen är en rostig lie (det är som sagt ett våldsamt spel) som kan svingas fritt och interaktivt med spelkontrollerna. En zombie värjer sig mot spelarens attack och greppar tag i liens klinga med handen, varvid zombiens hand bromsar lien och följer med i dess rörelser. (Handen och armen sitter fortfarande kvar på zombien, och zombien står stilla med fötterna.)