

Computer Graphics (in2770)
28 augustus 2003, 14.00 - 16.00 uur.

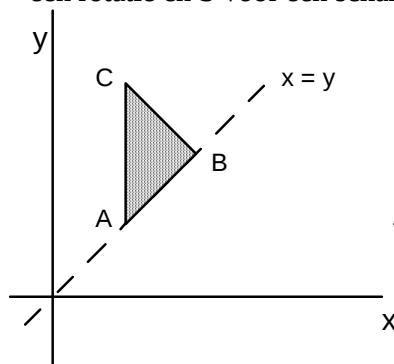
N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 13

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

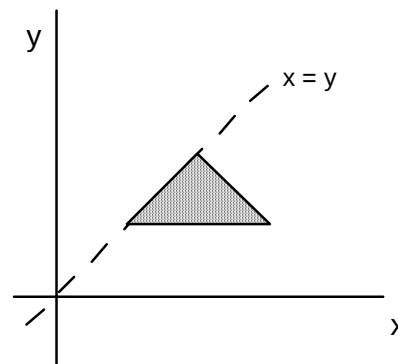
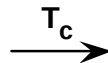
- Vul het antwoordformulier bij voorkeur in met **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**). Met **potlood** invullen mag ook, maar niet te licht (gummen mag).
 - Vergeet niet je **naam**, **studierichting** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer** zowel in cijfers als ook met streepjes in (controleer goed).
-

Opgave 1

notatie: T_{AO} staat voor de translatie die het punt A afbeeldt op de oorsprong. R staat voor een rotatie en S voor een schaling.



Figuur 1



Figuur 2

$$T_c = T_{AO}^{-1} R_{0,90^\circ} T_{AO}$$

$$T_c = T_{BO}^{-1} R_{0,90^\circ} T_{BO}$$

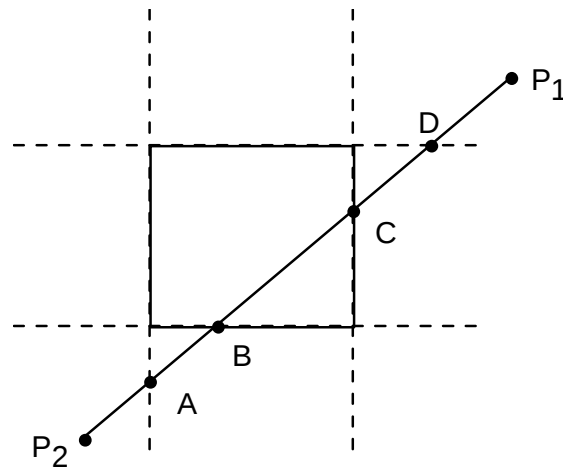
$$T_c = R_{0,-45^\circ} S_{-1,1} R_{0,45^\circ}$$

Hoeveel van bovenstaande samengestelde transformaties T_c transformeren de driehoek gegeven in figuur 1 naar de driehoek in figuur 2?

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 3

Opgave 2

Hoe clipt het Cohen en Sutherland algoritme de lijn P_1P_2 uit onderstaande figuur bij clipping volgorde links, rechts, onder, boven?



- $P_1P_2 \rightarrow P_1A \rightarrow CA \rightarrow CB$
- $P_1P_2 \rightarrow DP_2 \rightarrow CP_2 \rightarrow CA \rightarrow CB$
- $P_1P_2 \rightarrow CP_2 \rightarrow CA \rightarrow CB$
- $P_1P_2 \rightarrow P_1A \rightarrow P_1B \rightarrow CB$

Opgave 3

Er zijn bij het maken van een afbeelding een aantal belangrijke verschillen tussen afbeelden op een random scan device en op een raster scan device.

We willen voor beide soorten uitvoerapparaat graag antwoord op de volgende vragen:

- Moet als een van de stappen van het afbeeldingsproces scan conversie plaatsvinden?
- Kunnen op dit soort uitvoerapparaat eenvoudig "shaded" afbeeldingen gemaakt worden?

Hoe moet de onderstaande tabel ingevuld worden?

	random scan device	raster scan device
scan conversie nodig?	(i)	(ii)
geschikt voor "shaded" afbeeldingen?	(iii)	(iv)

- | | (i) | (ii) | (iii) | (iv) |
|----|-----|------|-------|------|
| a. | ja | nee | ja | nee |
| b. | ja | nee | nee | ja |
| c. | nee | ja | ja | nee |
| d. | nee | ja | nee | ja |

Opgave 4

Wat is een belangrijk punt van verschil tussen een *field* en een *exposed field* in VRML?

- a. Een *exposed field* heeft een impliciete event-in en een impliciete event-out. Een *field* heeft geen impliciete events.
- b. Een *exposed field* beïnvloedt een aspect van een knoop dat in de virtuele wereld zichtbaar gemaakt kan worden. Een *field* beïnvloedt geen aspecten van knopen die een directe invloed hebben op de virtuele wereld.
- c. Een *exposed field* reageert op gebruikersinteractie. Een *field* doet dit niet.
- d. Een *exposed field* kan een lijst van waarden toegekend krijgen. Een *field* kan alleen waarden aannemen van een enkelvoudig type.

Opgave 5

Met welke factor wordt de grootte van de frame buffer gereduceerd door bij keuze uit een palet van 2^{24} kleuren een kleuren opzoek tabel (color lookup table) te gebruiken met 256 posities (entries)?

- a. 3
- b. 2^3
- c. 16
- d. 2^{16}

Opgave 6

Het algoritme van Cohen en Sutherland voor het clippen van een lijn tegen een rechthoekig window in 2D kan eenvoudig worden uitgebreid tot een 3D algoritme voor clippen van een lijn tegen een 3D viewing volume met de vorm van een blok. In 3D kan evenals in 2D gebruik gemaakt worden van een codering voor de eindpunten van de te clippen lijn met behulp van de ligging ten opzichte van het viewing volume.

Beschouw de volgende vragen:

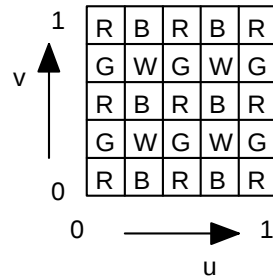
- (I) Hoeveel bits zijn er nodig voor de code van een eindpunt van de te clippen lijn in 3D?
- (II) Hoeveel verschillende gebieden (met verschillende codes) dienen te worden onderscheiden in 3D?

De juiste antwoorden op deze vragen zijn:

	(I) aantal bits	(II) aantal gebieden
a.	4	27
b.	4	64
c.	6	27
d.	6	64

Opgave 7

Gegeven is de volgende textuur met de kleuren R (rood), G (groen), B (blauw) en W (wit).



De textuur wordt op een polygon ABCD gemapt met behulp van *lineaire interpolatie over de zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines*. De onderstaande tabel geeft de schermcoördinaten van de hoekpunten van het polygon en de textuurcoördinaten van de punten in de textuur die op deze vier hoekpunten worden afgebeeld.

Hoekpunt	schermcoördinaten		textuurcoördinaten	
	x	y	u	v
A	50	150	0	0
B	520	0	1	0
C	280	400	1	1
D	170	350	0	1

Welke kleur krijgt het pixel P (240, 300) bij deze mapping?

- R (rood)
- G (groen)
- B (blauw)
- W (wit)

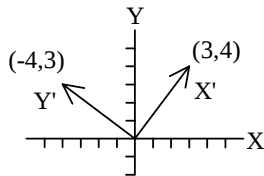
Opgave 8

Een rotatie om de lijn $l: \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ over de hoek $\theta = +90^\circ$ heeft de volgende homogene coördinaten matrix:

- $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Opgave 9

Een object in een 2D wereldcoördinatenstelsel moet worden afgebeeld onder een hoek die wordt bepaald door een view up vector $\mathbf{v} = \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}$. Hiertoe wordt een transformatie uitgevoerd die objecten vanuit het wereldcoördinatenstelsel XY transformeert naar een coördinatenstelsel $X'Y'$ waarvan de richting van de Y' as bepaald is door $\mathbf{v}$ en waarvan de oorsprong hetzelfde punt is als de oorsprong van het stelsel XY .



Welke matrix realiseert de transformatie van objecten van stelsel XY naar stelsel $X'Y'$?

a. $\begin{pmatrix} -0.6 & 0.8 & 0.0 \\ -0.8 & -0.6 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$

c. $\begin{pmatrix} 0.6 & 0.8 & 0.0 \\ -0.8 & 0.6 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$

b. $\begin{pmatrix} -0.8 & 0.6 & 0.0 \\ -0.6 & -0.8 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$

d. $\begin{pmatrix} 0.8 & 0.6 & 0.0 \\ -0.6 & 0.8 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix}$

Opgave 10

$A = (0, 0)$, $B = (0, 1)$, $C = (1, 1)$ en $D = (1, 0)$ zijn vier punten in texture space. De vierhoek $ABCD$ in texture space wordt gemapt op een willekeurige convexe vierhoek in screen space. Welke van de onderstaande drie soorten mappings beelden de lijnen AD , BC en iedere andere horizontale lijn in texture space altijd af op rechte lijnen in screen space?

- (i) perspectivische mapping
- (ii) bilineaire mapping
- (iii) lineaire interpolatie over zijden gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines

- a. geen van de drie mappings
- b. alleen (i)
- c. alleen (i) en (ii)
- d. (i), (ii) en (iii)

Opgave 11

Wat is een reden om bij antialiasing van een textuur op een polygon gebruik te maken van prefiltering met een mip-map?

- a. Een mip-map verhoogt de nauwkeurigheid van de filtering.
- b. Een mip-map maakt de snelheid van bepaling van een gefilterde waarde onafhankelijk van de mate van compressie van de textuur op de projectie van het polygon.
- c. Een mip-map maakt supersampling mogelijk.
- d. Een mip map zorgt ervoor dat de textuur een willekeurige homogene schaling kan ondergaan bij mapping op een polygon.

Opgave 12

In een computer animatie van een object wordt de positie van het object tussen twee key frames bepaald door lineaire interpolatie. De oriëntatie wordt bepaald door lineaire interpolatie van drie rotatiehoeken (om de x-as, de y-as en de z-as).

Gegeven is dat de modelingtransformatie M_i het object transformeert naar zijn positie en oriëntatie op het tijdstip dat bij key frame K_i hoort. Bij de eerste twee key frames horen de volgende modelingtransformaties:

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M_2 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Welke transformatiematrix definieert de positie en oriëntatie van het object voor een frame midden tussen de key frames K_1 en K_2 ?

a. $\begin{pmatrix} 1/2 & -1/2 & 0 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

b. $\begin{pmatrix} 1/2\sqrt{2} & -1/2\sqrt{2} & 0 & 2 \\ 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

c. $\begin{pmatrix} 1/2 & -1/2 & 0 & 4 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

d. $\begin{pmatrix} 1/2\sqrt{2} & -1/2\sqrt{2} & 0 & 4 \\ 1/2\sqrt{2} & 1/2\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Opgave 13

Waarvoor dient de OpenGL functie aanroep `glShadeModel(...)`?

- a. voor het kiezen tussen flat shading en Gouraud shading
- b. voor het kiezen van het type lichtbron
- c. voor het kiezen van het licht reflectiemodel (bijv. het model van Phong)
- d. voor het kiezen van de componenten van het licht reflectiemodel (bijv. wel of geen spiegelende reflectie)

Opgave 14

Bij back-face removal voor modellen bestaande uit gesloten polyhedrale objecten (solid objects) worden polygons verwijderd. Welke uitspraak is juist?

- a. Alle polygons die geheel onzichtbaar zijn worden verwijderd.
- b. Alle polygons die geheel of gedeeltelijk onzichtbaar zijn worden verwijderd.
- c. Een aantal polygons die geheel onzichtbaar zijn worden verwijderd
- d. Een aantal polygons die geheel of gedeeltelijk onzichtbaar zijn worden verwijderd.

Opgave 15

De volgende VRML 2.0 knoop transformeert het object of de groep objecten, die gedefinieerd zijn in de lijst `[ . . . ]`.

```
Transform {  
  translation 1.0 1.0 0.0  
  children Transform {  
    rotation 0.0 0.0 1.0 0.785  
    children Transform {  
      translation -1.0 -1.0 0.0  
      children [...]  
    }  
  }  
}
```

Welke van onderstaande knopen voert dezelfde transformatie op de lijst objecten `[ . . . ]` uit?

a.

```
Transform {  
  rotation 0.0 0.0 1.0 0.785  
  center 1.0 1.0 0.0  
  children [...]  
}
```

c.

```
Transform {  
  rotation 0.0 0.0 1.0 -0.785  
  center 1.0 1.0 0.0  
  children [...]  
}
```

b.

```
Transform {  
  rotation 0.0 0.0 1.0 0.785  
  center -1.0 -1.0 0.0  
  children [...]  
}
```

d.

```
Transform {  
  rotation 0.0 0.0 1.0 -0.785  
  center -1.0 -1.0 0.0  
  children [...]  
}
```

Opgave 16

Iemand implementeert het DDA algoritme voor het afbeelden van lijnen op de volgende manier:

```
#define ROUND(a) ((int) (a+0.5))

void lineDDA (int xa, int ya, int xb, int yb)
{
    int dx = xb - xa, dy = yb - ya, steps, k;
    float xIncrement, yIncrement, x = xa, y = ya;

    if (dx > dy)
        steps = dx;
    else
        steps = dy;
    xIncrement = dx / (float) steps;
    yIncrement = dy / (float) steps;

    glBegin (GL_POINTS);
    glVertex2i (ROUND(x), ROUND(y));
    glEnd ();
    for (k=0; k<steps; k++) {
        x += xIncrement;
        y += yIncrement;
        glBegin (GL_POINTS);
        glVertex2i (ROUND(x), ROUND(y));
        glEnd ();
    }
}
```

Gegeven zijn de volgende aanroepen van lineDDA:

- (i) lineDDA(10, 10, 50, 200)
- (ii) lineDDA(10, 10, 200, 50)
- (iii) lineDDA(200, 10, 10, 50)

Bij welke van deze aanroepen van lineDDA wordt het lijnstuk op de juiste positie en zonder gaten afgebeeld?

- a. alleen bij aanroep (i)
- b. alleen bij aanroep (ii)
- c. alleen bij aanroep (i) en (ii)
- d. alleen bij aanroep (ii) en (iii)

Opgave 17

Wat is een ROUTE in VRML?

- a. het pad dat een object aflegt in een animatie
- b. een keten van events tussen knopen
- c. een lijst van 3D punten die gebruikt worden in een PositionInterpolator knoop
- d. een hierarchie van knopen in de VRML file

Opgave 18

Gegeven zijn twee vectoren $\mathbf{v}$ en $\mathbf{w}$ die niet evenwijdig zijn (d.w.z. er is **geen** reëel getal λ waarvoor geldt dat $\mathbf{v} = \lambda \mathbf{w}$).

Het uitwendig produkt van $\mathbf{v}$ en $\mathbf{w}$ schrijven we als $\mathbf{v} \times \mathbf{w}$.

Beschouw de onderstaande uitspraken:

- (I) Het uitwendig produkt $\mathbf{v} \times \mathbf{w}$ staat loodrecht op de vectoren $\mathbf{v}$ en $\mathbf{w}$.
- (II) De vectoren $\mathbf{v}$, $\mathbf{w}$ en $\mathbf{v} \times \mathbf{w}$ vormen een rechtshandig assenstelsel.
- (III) De lengte van $\mathbf{v} \times \mathbf{w}$ is gelijk aan de oppervlakte van het door $\mathbf{v}$ en $\mathbf{w}$ opgespannen parallellogram.

Hoeveel van deze uitspraken zijn juist?

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 3

Opgave 19

De matrix

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

is de transformatiematrix van een 3D elementaire transformatie. Wat voor transformatie is dit?

- a. translatie
- b. rotatie
- c. schaling
- d. shearing

Opgave 20

Bij welk type projectie is er sprake van één projectierichting en staat deze projectierichting niet loodrecht op het projectievlak?

- a. orthografische projectie
- b. perspectief projectie
- c. isometrische projectie
- d. cabinet projectie

Opgave 21

Bij de window to viewport afbeelding wordt een window (in wereldcoördinaten) afgebeeld op een viewport (in schermcoördinaten).

Beschouw de volgende uitspraken:

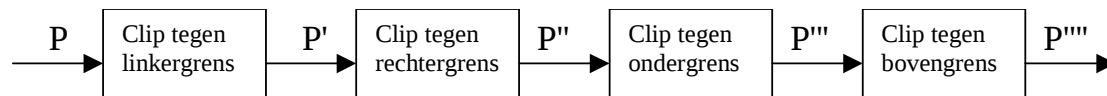
- (I) Het effect van zooming wordt bereikt door het te schalen.
- (II) Het effect van panning wordt bereikt door het te transleren.

Moet in bovenstaande uitspraken voor window of viewport worden ingevuld?

	<u>in uitspraak (I)</u>	<u>in uitspraak (II)</u>
a.	window	window
b.	window	viewport
c.	viewport	window
d.	viewport	viewport

Opgave 22

Het Sutherland Hodgman polygon clipping algoritme clipt een (invoer)polygon door achtereenvolgens voor elk van de vier doorgetrokken windowgrenzen uit het invoerpolygon een geclipt uitvoerpolygon te bepalen. Het uitvoerpolygon bij clippen tegen een doorgetrokken windowgrens treedt steeds weer op als invoerpolygon bij het clippen tegen de volgende doorgetrokken windowgrens. De onderstaande figuur toont dit proces.



Beschouw de volgende beweringen over het Sutherland Hodgman algoritme:

- (I) Bij clippen van een polygon tegen een van de doorgetrokken windowgrenzen kan het uitvoerpolygon nooit minder hoekpunten bevatten dan het invoerpolygon.
- (II) Bij clippen van een polygon tegen een van de doorgetrokken windowgrenzen kan het uitvoerpolygon nooit meer hoekpunten bevatten dan het invoerpolygon.

Van deze beweringen is:

	(I)	(II)
a.	juist	juist
b.	juist	onjuist
c.	onjuist	juist
d.	onjuist	onjuist

Opgave 23

Een van de algoritmen voor hidden surface removal is het z-buffer algoritme. Wat wordt in de z-buffer opgeslagen?

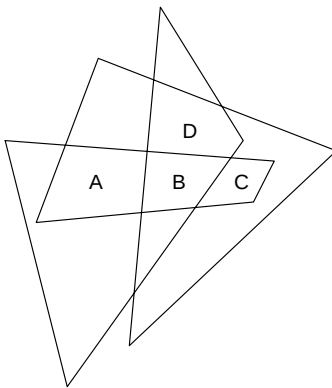
- a. Voor ieder polygon wordt de afstand van dat polygon tot de waarnemer opgeslagen.
- b. Voor ieder polygon wordt opgeslagen of de projectie van het polygon de huidige scan line snijdt.
- c. Voor ieder pixel wordt opgeslagen of de projectie van het huidige polygon het pixel overlapt.
- d. Voor ieder pixel wordt opgeslagen wat de kleinste z-richting afstand tot een polygon is, bepaald over alle verwerkte polygons waarvan de projectie het pixel overlapt.

Opgave 24

Voor de bepaling van het binnengebied van een polygon zijn er twee gangbare regels:

- de "odd-even" regel
- de "nonzero winding number" regel

Welk gebied van onderstaande polygon bevindt zich volgens beide regels binnen het polygon of volgens beide regels buiten het polygon?



- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

Opgave 25

Met een aanroep van welke OpenGL functie wordt het viewing coördinatenstelsel gedefinieerd?

- a. `glOrtho`
- b. `glFrustrum`
- c. `gluPerspective`
- d. `gluLookAt`

Opgave 26

Gegeven is de typedeclaratie

```
typedef GLint point3D[3];
```

en het programmafragment

```
point3D points[6] = {{100, 100, 50}, {20, 50, 30},  
{40, 30, 20}, {80, 20, 10}, {110, 40, 20}, {140, 70, 30}};
```

```
glBegin (GL_TRIANGLE_FAN);  
    for (i=0; i<6; i++)  
        glVertex3iv (points[i]);  
glEnd ();
```

Hoeveel polygons worden door dit programmafragment gecreëerd?

- a. 2
- b. 3
- c. 4
- d. 5

Opgave 27

Laat N_1 t/m N_k de (eenheids)normaalvectoren van de k polygons die een hoekpunt v

gemeenschappelijk hebben. Beschouw de volgende berekening: $N_v = \frac{\sum_{k=1}^n N_k}{\left| \sum_{k=1}^n N_k \right|}$

Bij welke shading methode(n) moet deze berekening worden uitgevoerd?

- a. alleen bij flat shading
- b. alleen bij Gouraud shading
- c. alleen bij Phong shading
- d. bij Gouraud shading en bij Phong shading

Opgave 28

Gegeven zijn de 3D punten $P = (2, 5, 1)$, $Q = (2, 5, -3)$ en $R = (5, 2, 4)$. Wat is de juiste vlakvergelijking van het vlak waarin het polygon PQR ligt, waarbij de coëfficiënt d nog niet is berekend?

- a. $-x+y+d = 0$
- b. $-x+y-z+d = 0$
- c. $-x-y+z+d = 0$
- d. $-x-y+d = 0$

Opgave 29

Wat is de (belangrijkste) reden voor het gebruik van homogene coördinaten om transformaties (translatie, rotatie, schaling en shearing) te representeren?

- a. Alle transformaties kunnen bij gebruik van homogene coördinaten in een matrix worden weergegeven.
- b. De transformatieformules zijn eenvoudiger in homogene coördinaten.
- c. Alleen bij gebruik van homogene coördinaten geldt de commutatieve eigenschap voor het vermenigvuldigen van de matrices die de elementaire transformaties weergeven.
- d. De shearing transformatie bestaat alleen voor homogene coördinaten.

Opgave 30

Gegeven is het volgende lichtreflectiemodel $I = k_a I_a + \frac{1}{d^2} I_l [k_d (N \bullet L) + k_s (N \bullet H)^{n_s}]$

Beschouw de volgende uitspraken over dit model:

- (I) Indien de lichtbron op oneindige afstand staat, dan moet de factor $\frac{1}{d^2}$ worden weggelaten uit het model.
- (II) Indien de lichtbron op eindige afstand staat, dan moet de vector L voor ieder volgend punt op een zichtbaar oppervlak opnieuw worden berekend.

Van deze uitspraken is

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | juist | juist |
| b. | juist | onjuist |
| c. | onjuist | juist |
| d. | onjuist | onjuist |

einde tentamenopgaven