

IN2905-I Computer Graphics

17 juni 2009, 14.00 - 17.00 uur.

Dit is een tentamen met 30 meerkeuzevragen
Het aantal juiste antwoorden per vraag is: 1
Totaal aantal pagina's: 12

Aantal juiste antwoorden voor een voldoende: 19

Het gebruik van informatiebronnen is niet toegestaan
Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan

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** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer** zowel in cijfers als ook met streepjes in (controleer goed).
-

Opgave 1

De transformatiematrix voor een 3D schaling (in homogene coördinaten) met schalingsfactoren s_x , s_y en s_z ten opzichte van een punt $F = (x_F, y_F, z_F)$ noemen we S_F . Het beeld P' van een punt P onder deze transformatie kan bepaald worden uit $P' = S_F \cdot P$

Hoe ziet matrix S_F eruit?

$$\text{a. } S_F = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 & (1-s_x)x_F \\ 0 & s_y & 0 & (1-s_y)y_F \\ 0 & 0 & s_z & (1-s_z)z_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{b. } S_F = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 & -s_x x_F \\ 0 & s_y & 0 & -s_y y_F \\ 0 & 0 & s_z & -s_z z_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{c. } S_F = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 & s_x x_F \\ 0 & s_y & 0 & s_y y_F \\ 0 & 0 & s_z & s_z z_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{d. } S_F = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 & x_F \\ 0 & s_y & 0 & y_F \\ 0 & 0 & s_z & z_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 2

Met welke uitspraak wordt het beste de werking van de `glutMainLoop()` functie uit de OpenGL Utility Toolkit beschreven?

De functie `glutMainLoop()` creëert een lus waarbinnen herhaaldelijk

- een volgend grafisch uitvoerprimitief wordt afgebeeld op een output device.
- alle in een programma gedefinieerde event procedures worden uitgevoerd.
- gewacht wordt op het optreden van een event waarna de callback functie van de betreffende event wordt uitgevoerd.
- gewacht wordt totdat de gebruiker de Close menu optie kiest om een grafisch window te sluiten.

Opgave 3

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:

$$\text{a. } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{b. } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{c. } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{d. } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Opgave 4

Een transformatie van een 2D punt $(x, y, 1)$ naar een punt $(x', y', 1)$ kan bepaald worden via een matrix-vector vermenigvuldiging:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

waarbij A een 3×3 transformatie-matrix is.

Gegeven is de volgende transformatie-matrix: $\begin{pmatrix} . & . & 0 \\ p & . & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Welke expressie moet staan op positie p , als de transformatie-matrix een 2D rotatie om het punt $(0, 0)$ over een hoek α (tegen de wijzers van de klok in) representeert?

- a. $\cos \alpha$
- b. $-\cos \alpha$
- c. $\sin \alpha$
- d. $-\sin \alpha$

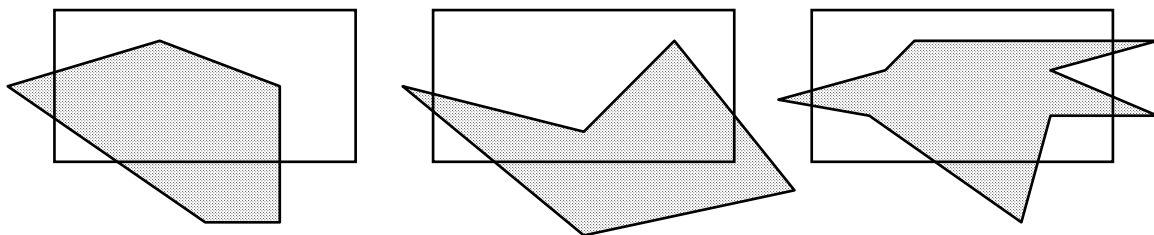
Opgave 5

Iemand implementeert een algoritme dat lijkt op het polygon clipping algoritme van Sutherland en Hodgman.

In plaats van 4 maal het hele polygon te clippen tegen steeds één doorgetrokken windowgrens, clipt het algoritme in één keer tegen het hele window, d.w.z. het algoritme bepaalt zijde voor zijde welke punten in het uitvoerpolygon moeten worden opgenomen door:

- eventuele snijpunten met (niet doorgetrokken) grenzen van het window op te nemen (in de goede volgorde).
- het eindpunt van de zijde op te nemen als dit binnen het window ligt.

Hoeveel van de onderstaande polygons worden door dit algoritme correct geclipt tegen het getekende window?



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

Opgave 6

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 7

Bij het berekenen van de spiegelende reflectie component in een lichtmodel spelen onder andere de eenheidsvectoren **N** (normaalvector op het oppervlak), **V** (vector naar het oogpunt), **L** (vector naar de lichtbron) en **R** (vector in de richting van perfecte spiegelende reflectie) een rol. Welk verband bestaat er tussen de genoemde vectoren?

- a. $\mathbf{R} = (\mathbf{N} \cdot \mathbf{V}) \mathbf{N} - \mathbf{V}$
- b. $\mathbf{R} = (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) \mathbf{N} - \mathbf{L}$
- c. $\mathbf{R} = 2 (\mathbf{N} \cdot \mathbf{V}) \mathbf{N} - \mathbf{V}$
- d. $\mathbf{R} = 2 (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) \mathbf{N} - \mathbf{L}$

Opgave 8

Gekartelde randen van polygons in computer graphics afbeeldingen zijn het gevolg van aliasing. Aliasing kan worden verminderd door eerst een plaatje op een hogere resolutie te berekenen dan de resolutie van de uiteindelijke afbeelding (d.w.z. op subpixel niveau) en vervolgens kleuren van subpixels te middelen tot een enkele kleur per pixel. Deze antialiasing methode noemen we

- a. mip mapping
- b. pixel phasing
- c. area sampling
- d. supersampling

Opgave 9

Bij de perspectief projectie wordt het verschil tussen één, twee of drie verdwijnpunten bepaald door

- a. gebruik van een combinatie van parallel (voor een of meer richtingen) en perspectief projectie.
- b. al of niet deling van x en/of y door z.
- c. de hoogte van het oogpunt ten opzichte van het af te beelden object.
- d. het aantal doorsnijdingen van de coördinaatassen met het beeldvlak.

Opgave 10

Het scanline algoritme voor het afbeelden van een 3D scène bestaande uit polygons maakt gebruik van een actieve zijden lijst (AZL) en een actieve vlakken lijst (AVL).

De actieve vlakken lijst (AVL) wordt gebruikt om bij te houden

- a. welke vlakken de huidige scanline snijden.
- b. welke vlakken zich achter de huidige span bevinden.
- c. welke vlakken tot het huidige object behoren.
- d. welke vlakken bij het gegeven oogpunt voorvlakken zijn.

Opgave 11

Een polygon heeft vlakvergelijking V: $x + y - z + 3 = 0$ in wereldcoördinaten. Het polygon wordt getransformeerd naar viewingcoördinaten. De viewingtransformatie wordt

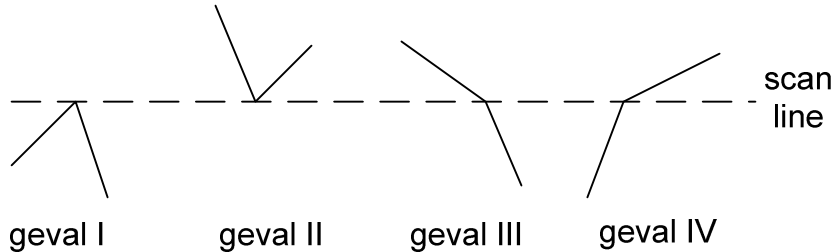
gerepresenteerd door de matrix $M_{wc \rightarrow vc} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Wat is de vlakvergelijking van vlak V in viewingcoördinaten?

- a. $x - y - z + 2 = 0$
- b. $x - y + z - 2 = 0$
- c. $x + y + z + 2 = 0$
- d. $x + y - z - 2 = 0$

Opgave 12

Bij polygon scan conversie algoritmen kunnen scanlines die door hoekpunten van het polygon gaan problemen opleveren. In welke van de onderstaande vier gevallen moeten beide in een hoekpunt samenkomende zijden ieder een snijpunt opleveren op de scanline die door het hoekpunt gaat?



- in alle vier de gevallen
- alleen in geval I en geval II
- alleen in geval III en geval IV
- in geen van de vier gevallen

Opgave 13

Een window met windowgrenzen $(xwmin, xwmax, ywmin, ywmax) = (2, 6, -1, 2)$ in wereldcoördinaten wordt afgebeeld op een viewport met viewportgrenzen $(xvmin, xvmax, yvmin, yvmax) = (0, 800, 100, 1000)$ in schermcoördinaten. Het lijnstuk AB met $A = (4, 0)$ en $B = (5, 2)$ wordt afgebeeld op het lijnstuk A'B' in het viewport.

Hoe lang (in eenheden van het schermcoördinatenstelsel) is het lijnstuk A'B' ?

- $100\sqrt{13} \approx 361$
- 500
- $200\sqrt{10} \approx 632$
- $200\sqrt{13} \approx 721$

Opgave 14

Een perspective mapping wordt gerepresenteerd door de matrix $A = \begin{pmatrix} 100 & 100 & 60 \\ 300 & 400 & 30 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 1 \end{pmatrix}$.

Op welk punt in schermcoördinaten wordt het textuurpunt $(0.5, 0.2)$ afgebeeld?

- $(70, 230)$
- $(90, 125)$
- $(100, 200)$
- $(130, 260)$

Opgave 15

De eenheidsvectoren $\mathbf{U}$, $\mathbf{V}$ en $\mathbf{W}$ van een viewing coördinatenstelsel kunnen worden bepaald uit de viewing parameters $\mathbf{COP}$, $\mathbf{VRP}$ en $\mathbf{VUV}$ door de volgende berekeningen uit te voeren:

1. $\mathbf{w} = \mathbf{COP} - \mathbf{VRP}$
2. $\mathbf{W} = \mathbf{w} / |\mathbf{w}|$
3. $\mathbf{u} = \mathbf{VUV} \times \mathbf{W}$
4. $\mathbf{U} = \mathbf{u} / |\mathbf{u}|$
5. $\mathbf{v} = \mathbf{W} \times \mathbf{U}$
6. $\mathbf{V} = \mathbf{v} / |\mathbf{v}|$

Worden $\mathbf{U}$, $\mathbf{V}$ en $\mathbf{W}$ nog steeds correct berekend als

- (I) 3. wordt vervangen door $\mathbf{u} = \mathbf{VUV} \times \mathbf{w}$

En als

- (II) 5. en 6. worden vervangen door $\mathbf{V} = \mathbf{W} \times \mathbf{U}$

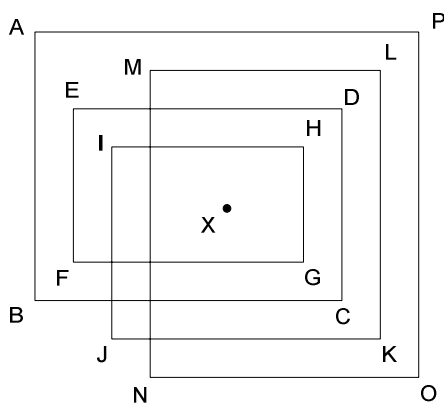
- | | |
|-----------------------|--------------------|
| (I) | (II) |
| a. nog steeds correct | nog steeds correct |
| b. nog steeds correct | niet correct |
| c. niet correct | nog steeds correct |
| d. niet correct | niet correct |

Opgave 16

Welk punt ligt tussen de vlakken $x - y + 2z - 3 = 0$ en $x - y + 2z - 1 = 0$ in?

- a. (-2, -8, -3)
- b. (-4, 4, 5)
- c. (-6, 2, 6)
- d. (-8, -4, 1)

Opgave 17

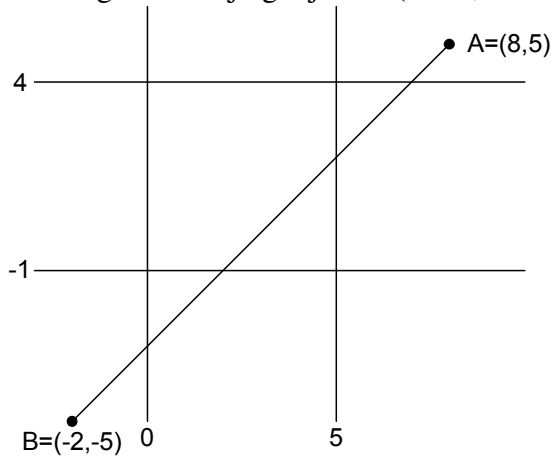


Gegeven is het polygon ABCDEFGHIJKLMNOP en het punt X. Wat is het winding number van punt X ten opzichte van het polygon?

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 4

Opgave 18

De lijn AB: $\underline{a} + u(\underline{b} - \underline{a})$ uit onderstaande figuur wordt geclipt met het Liang en Barsky lijn clipping algoritme. $\underline{a}$ en $\underline{b}$ zijn de plaatsvectoren van de punten A = (8, 5) en B = (-2, -5). De windowgrenzen zijn gelijk aan (xmin, xmax, ymin, ymax) = (0, 5, -1, 4).



Het clippen begint met het parameterinterval $[u_0, u_1] = [0, 1]$. Welk parameterinterval is overgebleven na clippen tegen alle vier de windowgrenzen?

- a. $[u_0, u_1] = [\frac{3}{10}, \frac{6}{10}]$
- b. $[u_0, u_1] = [\frac{3}{10}, \frac{7}{10}]$
- c. $[u_0, u_1] = [\frac{4}{10}, \frac{6}{10}]$
- d. $[u_0, u_1] = [\frac{4}{10}, \frac{7}{10}]$

Opgave 19

Bij gebruik van welk hidden surface removal algoritme kan niet vooraf backface removal (backface culling) worden toegepast?

- a. het diepte sortering algoritme
- b. het diepte buffer algoritme
- c. het scanline algoritme
- d. Bij alledrie de algoritmen kan vooraf backface removal worden toegepast.

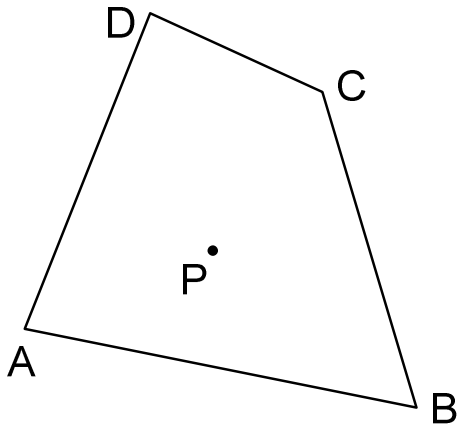
Opgave 20

Wat is het resultaat van het toepassen van Gouraud shading?

- a. Het maakt slagschaduwen zichtbaar op gekromde oppervlakken die benaderd zijn met polygons.
- b. Het creëert realistische highlights op gekromde oppervlakken die benaderd zijn met polygons.
- c. Het geeft gekromde oppervlakken die benaderd zijn met polygons de indruk van geleidelijke kromming,
- d. Het toont de individuele polygons van een polygon netwerk ieder met een eigen kleur.

Opgave 21

Gegeven is het polygon ABCD in schermcoördinaten, zoals afgebeeld in onderstaande figuur.



De getoonde punten hebben de volgende coördinaten:

A = (100, 100), B = (350, 50), C = (290, 250) en D = (180, 300) en P = (220, 150).

Een textuur met coördinaten van 0 tot 1 in u- en v-richting wordt op dit polygon afgebeeld. Punt (0, 0) wordt afgebeeld op A, punt (1, 0) op B, punt (1, 1) op C en punt (0, 1) op D. Er wordt gebruik gemaakt van lineaire interpolatie over de zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scanlines.

Welk punt in textuurcoördinaten wordt op punt P afgebeeld?

- a. $\left(\frac{1}{2}, \frac{3}{8}\right)$ b. $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ c. $\left(\frac{3}{8}, \frac{3}{8}\right)$ d. $\left(\frac{3}{8}, \frac{1}{2}\right)$

Opgave 22

Er bestaan verschillende fill algoritmen om een gebied op het scherm op te vullen met een bepaalde kleur. Zowel het boundary fill algoritme als het flood fill algoritme gebruikt als argumenten o.a. het startpixel en de kleur waarmee opgevuld moet worden. Van de algoritmen bestaat een 4-connected en een 8-connected variant.

Beschouw de volgende uitspraken over het resultaat bij inkleuring van een gebied met een van deze algoritmen:

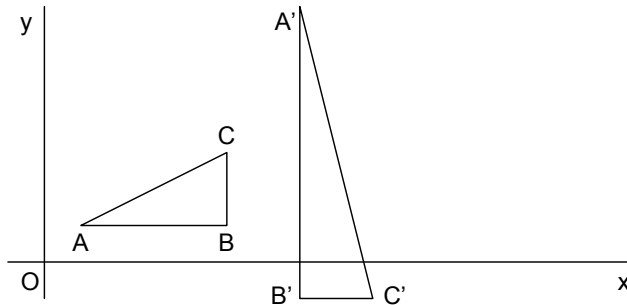
- (I) Het flood fill algoritme levert, bij aanroep met hetzelfde startpixel en dezelfde vulkleur, altijd hetzelfde resultaat als het boundary fill algoritme.
- (II) De 4-connected variant van een algoritme levert, bij aanroep met hetzelfde startpixel en dezelfde vulkleur, altijd hetzelfde resultaat als de 8-connected variant van dat algoritme.

Van deze uitspraken is:

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

Opgave 23

Gegeven de punten $A = (1, 1)$, $B = (5, 1)$, $C = (5, 3)$, $A' = (7, 7)$, $B' = (7, -1)$ en $C' = (9, -1)$



We gebruiken de volgende notatie:

$T(tx, ty)$ is een translatie over de vector (tx, ty)

$R(O, a)$ is een rotatie om de oorsprong over a graden

$S(sx, sy)$ is een schaling met schalingsfactoren sx en sy

Welke samengestelde transformatie beeldt ABC op $A'B'C'$ af?

- $T(7, -1) \cdot S(1, 2) \cdot R(O, -90) \cdot T(-5, -1)$
- $T(7, -1) \cdot R(O, -90) \cdot S(1, 2) \cdot T(-5, -1)$
- $T(5, 1) \cdot S(2, 1) \cdot R(O, -90) \cdot T(-7, 1)$
- $T(5, 1) \cdot R(O, -90) \cdot S(2, 1) \cdot T(-7, 1)$

Opgave 24

Punten uit een 3D rechtshandig xyz-coördinatenstelsel worden door een transformatie met matrix A of B (in homogene coördinaten) overgevoerd naar een uvw-coördinatenstelsel.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ en } B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Beschouw de uitspraken:

- De transformatie met matrix A voert een rechtshandig coördinatenstelsel over in een linkshandig coördinatenstelsel.
- De transformatie met matrix B voert een rechtshandig coördinatenstelsel over in een linkshandig coördinatenstelsel.

Van deze uitspraken is:

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

Opgave 25

Gegeven is de matrix $\begin{pmatrix} . & . & 1 \\ 1 & . & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ die een 2D transformatie representeert. Drie getallen in de matrix zijn weggelaten. Van wat voor soort transformatie kan dit de matrix zijn?

- a. een translatie
- b. een rotatie om de oorsprong
- c. een rotatie om een ander punt dan de oorsprong
- d. een schaling ten opzichte van een ander punt dan de oorsprong

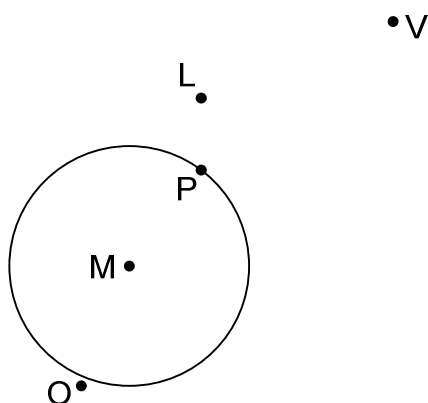
Opgave 26

Welk type callback functie (mouse callback en/of motion callback) in OpenGL heeft als argumenten een x- en een y-coördinaat van een punt?

	<u>mouse callback</u>	<u>motion callback</u>
a.	wel	wel
b.	wel	niet
c.	niet	wel
d.	niet	niet

Opgave 27

Een bol heeft middelpunt $M = (2, 5, 0)$ en straal 5. Van de bol wordt een afbeelding gemaakt. De waarnemer bevindt zich in het punt $V = (13, 15, 0)$. De lichtbron, met een intensiteit van 100, bevindt zich in het punt $L = (5, 12, 0)$. De diffuse reflectiecoëfficiënt van het lichtreflectiemodel is gelijk aan $\frac{3}{10}$. De lichtsterkte is onafhankelijk van de afstand tot de lichtbron. De situatie (in het xy-vlak) wordt getoond in de onderstaande figuur.



Wat is de grootte van de diffuse reflectiecomponent in het lichtmodel voor het punt $(5, 9, 0)$ op het oppervlak van de bol?

- a. 24.0
- b. 27.0
- c. 28.8
- d. 30.0

Opgave 28

Hoe vindt bij ray tracing de hidden surface removal plaats?

- a. met het z-buffer algoritme
- b. met het scanline algoritme
- c. met het polygon diepte sorterings algoritme
- d. met geen van de drie bovengenoemde algoritmen

Opgave 29

Bij clippen van een lijnstuk in een 3D coördinatenstelsel met het Cohen Sutherland algoritme tegen een 3D rechthoekig blok wordt een aantal keer een code opgesteld voor de eindpunten van het lijnstuk en vervolgens het lijnstuk vervangen door een korter lijnstuk. Uiteindelijk wordt het resterende lijnstuk geaccepteerd of verworpen.

Hoeveel keer wordt het lijnstuk ingekort alvorens wordt beslist om te accepteren of te verwerpen?

- a. altijd precies 4 keer
- b. altijd precies 6 keer
- c. maximaal 4 keer
- d. maximaal 6 keer

Opgave 30

Met OpenGL kan grafische uitvoer als raster primitieve en ook als vector primitieve worden gedefinieerd. Voor de definitie van welk type uitvoer primitieve worden de OpenGL functie calls glBitmap en glVertex gebruikt?

- | <u>glBitmap</u> | <u>glVertex</u> |
|----------------------|-------------------|
| a. raster primitieve | raster primitieve |
| b. raster primitieve | vector primitieve |
| c. vector primitieve | raster primitieve |
| d. vector primitieve | vector primitieve |

einde tentamenopgaven