

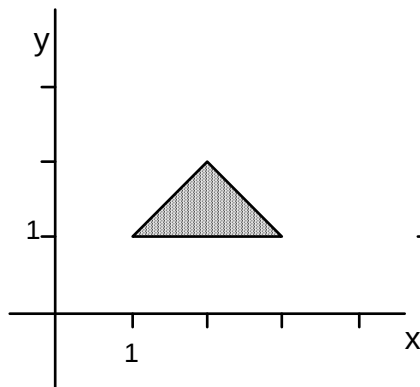
Computer Graphics (in2770)
21 juni 2005, 14.00 - 16.00 uur.

N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 12

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

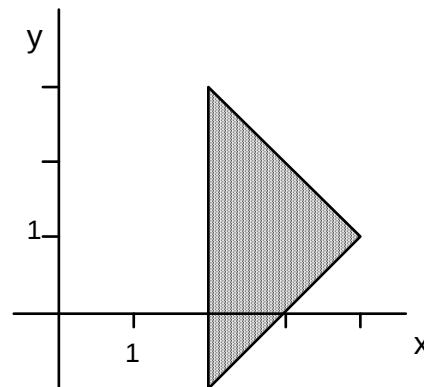
- Vul het antwoordformulier bij voorkeur in met **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**). Met **potlood** invullen mag ook, maar niet te licht (gummen mag).
 - Vergeet niet je **naam**, **studierichting** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer** zowel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

Opgave 1



Figuur 1

$\xrightarrow{T}$



Figuur 2

Welke matrix representeert de transformatie **T** die de driehoek van figuur 1 afbeeldt op die van figuur 2?

- | | | | | | | | |
|----|---|----|--|----|---|----|--|
| | $\begin{pmatrix} 0 & -2 & 4 \\ 2 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ | | $\begin{pmatrix} 0 & -2 & 4 \\ -2 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ | | $\begin{pmatrix} 0 & -2 & 4 \\ -2 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ | | $\begin{pmatrix} 0 & 2 & 0 \\ -2 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ |
| a. | | b. | | c. | | d. | |

Opgave 2

In een perspectief afbeelding van een 3D object convergeren lijnen die in het 3D object parallel lopen. Dit geldt echter niet voor alle evenwijdige lijnen in het 3D object. Welke uitspraak is juist?

- a. Alleen de parallelle lijnen die in het projectievlak liggen, blijven in de perspectief afbeelding evenwijdig.
- b. Alleen de parallelle lijnen die loodrecht op het projectievlak staan, blijven in de perspectief afbeelding evenwijdig.
- c. Alleen de parallelle lijnen die evenwijdig aan het projectievlak lopen, blijven in de perspectief afbeelding evenwijdig.
- d. Alleen de parallelle lijnen die niet evenwijdig aan een van de assen lopen van het assenstelsel waarin het object is gedefinieerd, blijven in de perspectief afbeelding evenwijdig.

Opgave 3

Een textuur kan op vele manieren op een polygon worden afgebeeld, o.a. door

- (I) lineaire interpolatie van textuurwaarden over de zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scan lines.
- (II) bi-lineaire mapping.
- (III) perspectivische mapping.

Bij hoeveel van de bovenstaande drie manieren van mapping van een vierkante textuur op een willekeurige vierhoekige polygon zal *een horizontale rechte lijn in de textuurruimte* altijd worden afgebeeld op *een rechte lijn in de schermruimte*?

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

Opgave 4

Een mip-map bestaat uit meerdere niveaus ($D = 0, 1, 2, \dots$). Ieder niveau bevat een versie van de textuur op een bepaalde resolutie. Waardoor wordt het niveau in de mip-map bepaald dat gebruikt wordt voor het berekenen van de kleur van een pixel, waar (een deel van) een textuur op wordt afgebeeld?

- a. De grootte van de kleurveranderingen in het punt (u, v) in textuurcoördinaten waarop het pixel (x, y) wordt afgebeeld door de inverse mapping.
- b. Het verloop van de textuurcoördinaten bij lineaire interpolatie.
- c. De mate van kromming van het 3D oppervlak waarop de textuur moet worden gemapt in het pixel (x, y) .
- d. De grootte van de pre-image van een (scherm)pixel na terugmappen naar textuurcoördinaten.

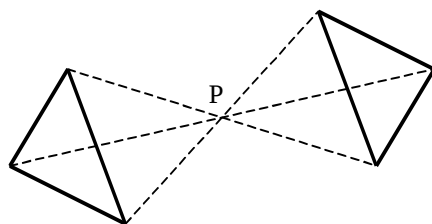
Opgave 5

Iemand wil een programma schrijven waarmee afbeeldingen gemaakt kunnen worden van collecties convexe en concave 3D objecten, begrensd door platte vlakken, met hidden surface removal (verwijderen van verborgen vlakken). Hij wil hierbij gebruik maken van een z-buffer algoritme. Verder wordt overwogen om vooraf back-face removal (verwijderen van achtervlakken) uit te voeren. Welke van onderstaande uitspraken is juist?

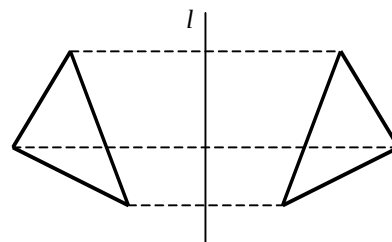
- Back-face removal moet uitgevoerd worden voordat de z-buffer methode wordt toegepast, omdat anders achtervlakken zichtbaar kunnen worden.
- Back-face removal kan worden uitgevoerd voordat de z-buffer methode wordt toegepast, en zal de visualisatiesnelheid ten goede komen, want achtervlakken kunnen niet zichtbaar worden.
- Back-face removal kan niet worden uitgevoerd, omdat hierdoor bij de z-buffer methode zichtbare oppervlakken van concave objecten verwijderd kunnen worden.
- Back-face removal kan niet worden uitgevoerd, omdat bij de z-buffer methode back-faces nodig zijn om te signaleren dat een object achter een ander object ligt.

Opgave 6

De onderstaande figuur toont het onderscheid tussen een *puntspiegeling* en een *lijnspiegeling*.



puntspiegeling t.o.v. punt P



lijnspiegeling in lijn l

Beschouw de volgende 2D transformatie-matrices:

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

Hoeveel van deze transformatie-matrices representeren een *lijnspiegeling*?

- 1
- 2
- 3
- 4

Opgave 7

Bij Gouraud shading

- a. wordt het lichtmodel alleen op de hoekpunten van de polygons toegepast, en worden de kleuren vervolgens over de polygons geïnterpoleerd.
- b. wordt het lichtmodel alleen voor de snijpunten van de scan lines en de zijden van de polygons toegepast, en worden de kleuren vervolgens over de scan lines geïnterpoleerd.
- c. wordt het lichtmodel slechts voor één punt op ieder polygon toegepast, en worden de kleuren vervolgens tussen de polygons geïnterpoleerd.
- d. wordt het lichtmodel voor ieder pixel binnen de polygons toegepast.

Opgave 8

In een VRML file zijn een Viewpoint knoop en een Shape knoop kinderen van dezelfde Transform knoop. Het object, gedefinieerd d.m.v. de Shape knoop, beweegt in de virtuele wereld ten gevolge van een route die de inhoud van het translation veld van de Transform knoop regelmatig verandert. Een waarnemer bevindt zich in deze virtuele wereld. De waarnemer navigeert niet door deze wereld. Wat gebeurt er met de waarnemer als het betreffende Viewpoint in de VRML browser wordt geselecteerd?

- a. De waarnemer gaat, zodra het object in de buurt van de waarnemer komt, met dit object meebewegen.
- b. De waarnemer gaat, zodra het viewpoint is geselecteerd, met het object meebewegen.
- c. De waarnemer springt, zodra het viewpoint is geselecteerd, naar een nieuwe lokatie in de virtuele wereld, maar gaat niet met het object meebewegen.
- d. De waarnemer gaat, zodra het viewpoint is geselecteerd, een beweging ten opzichte van het object uitvoeren, die gedefinieerd is in het position veld van de Viewpoint knoop.

Opgave 9

Beschouw het volgende programmafragment met aanroepen van OpenGL functies:

```
glBegin (GL_TRIANGLE_STRIP);  
    for (i=0; i<9; i++)  
        glVertex2iv (points[i]);    /* negen punten */  
glEnd ();
```

Uit hoeveel driehoeken bestaat deze "triangle strip"?

- a. 3
- b. 6
- c. 7
- d. 9

Opgave 10

Gegeven zijn twee algoritmen (in pseudocode) voor de scan conversie van een polygon:

- (I) bepaal de minimale en maximale y-coördinaat over alle hoekpunten (y_{min} , y_{max})
voor scan line y_{min} tot y_{max}
bepaal alle (zeg n) snijpunten van de scan line met zijden van het polygon
sorteer de snijpunten op x-coördinaat $\rightarrow S(1), S(2), \dots, S(n)$
voor $i = 1$ tot $n/2$
TekenSpan($S(2i-1), S(2i)$)
- (II) bepaal de bounding box van het polygon
voor ieder pixel in de bounding box
als pixel in polygon dan TekenPunt(pixel)

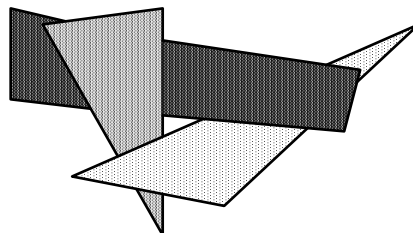
Welk algoritme is het meest efficiënt en waarom?

- Algoritme (I) is het meest efficiënt omdat algoritme (I) gebruik maakt van coherentie eigenschappen op een scan line en algoritme (II) niet.
- Algoritme (I) is het meest efficiënt omdat algoritme (I) gebruik maakt van coherentie eigenschappen tussen opeenvolgende scan lines en algoritme (II) niet.
- Algoritme (II) is het meest efficiënt omdat het de noodzaak van een sorteerstap vermijdt.
- Algoritme (II) is het meest efficiënt omdat het door gebruik van de bounding box minder pixels in behandeling neemt dan algoritme (I).

Opgave 11

Beschouw de volgende twee uitspraken over het z-buffer (depth buffer) algoritme:

- (I) Het z-buffer algoritme lost het zichtbare vlakken probleem op door tijdens de scan conversie per pixel de diepte van het dichtstbij gelegen polygon bij te houden.
- (II) Het z-buffer algoritme geeft elkaar cyclisch overlappende polygonen (zie figuur) niet goed weer.



Figuur : elkaar cyclisch overlappende polygonen

Van deze uitspraken is

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

Opgave 12

Wat is de refresh frequentie van een beeldscherm?

- a. het maximale aantal keer per seconde dat de fosfor kan opglowen (en weer uitdoven)
- b. het aantal keer per seconde dat het beeld op het scherm wordt geschreven
- c. het aantal keer dat de inhoud van de frame buffer verandert per seconde
- d. het aantal keer per seconde dat gecontroleerd wordt of het plaatje op het scherm nog overeenkomt met de inhoud van de frame buffer.

Opgave 13

Welke component van een elementair licht reflectie model is afhankelijk van de richting **V** naar de waarnemer?

- a. de diffuse reflectie component en de spiegellende reflectie component
- b. alleen de diffuse reflectie component
- c. alleen de spiegellende reflectie component
- d. de diffuse reflectie component niet en de spiegellende reflectie component ook niet

Opgave 14

Het Cohen en Sutherland lijn clipping algoritme maakt gebruik van 4-bits codes voor de ligging van eindpunten van lijnstukken ten opzichte van het window waartegen geclippt wordt. Laat $\text{codeA} = a_1a_2a_3a_4$ en $\text{codeB} = b_1b_2b_3b_4$ de twee 4-bits codes voor een lijnstuk AB. Aan welke voorwaarde moeten de twee 4-bits codes voldoen opdat het lijnstuk *verworpen* kan worden (d.w.z. het lijnstuk wordt niet afgebeeld)?

- a. $\text{codeA AND codeB} = 0$
- b. $\text{codeA AND codeB} \neq 0$
- c. $\text{codeA OR codeB} = 0$
- d. $\text{codeA OR codeB} \neq 0$

Opgave 15

Beschouw de onderstaande uitspraken over het uitwendig produkt $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ van vectoren **a** en **b**.

- I. De vectoren **a**, **b** en $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ vormen een rechtshandig coördinatenstelsel.
- II. De lengte van $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ is gelijk aan de lengte van vector **a** maal de lengte van de projectie van vector **b** op vector **a**.
- III. De vector $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ is een normaalvector op het vlak dat wordt opgespannen door de vectoren **a** en **b**.

Hoeveel van deze uitspraken zijn juist?

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

Opgave 16

Welk vlak is evenwijdig aan het vlak waarin de punten A(4, 0, 0), B(4, 2, 2) en C (3, 1, 1) liggen?

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

Opgave 17

Gegeven is een zijde AB van een polygon in schermcoördinaten. A = (750, 850) en B = (550, 250). Het polygon wordt afgebeeld met een textuur erop. De textuurcoördinaten voor punt A en punt B zijn $(u_A, v_A) = (0.2, 1.0)$ en $(u_B, v_B) = (1.0, 0.4)$. De texture mapping wordt uitgevoerd met lineaire interpolatie van textuurcoördinaten over de zijden van het polygon gevolgd door lineaire interpolatie over de scan line.

Wat zijn de textuurcoördinaten op scan line 400 voor zijde AB?

- a. (0.4, 0.55)
- b. (0.4, 0.85)
- c. (0.8, 0.55)
- d. (0.8, 0.85)

Opgave 18

Gegeven is het volgende VRML codefragment:

```
Transform {  
  translation 4 0 0  
  rotation 0 1 0 1.57  
  children [  
    USE DefaultSphere  
  ]  
}
```

DefaultSphere is gedefinieerd als een bol met straal 1, middelpunt in de oorsprong van het coördinatenstelsel en kleur grijs.

Wat is de positie van het middelpunt van de bol die met de bovenstaande Transform knoop in de virtuele wereld wordt geplaatst?

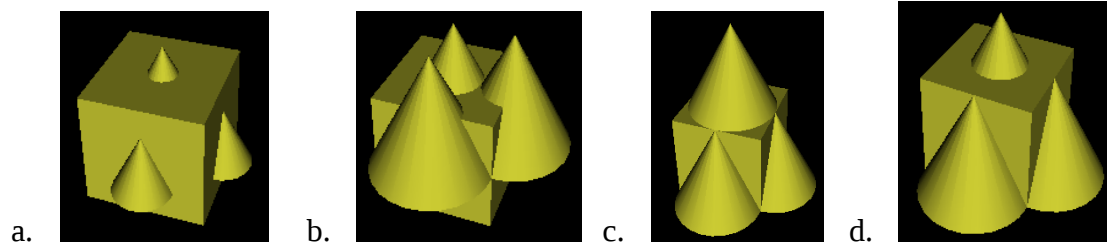
- a. (0, 0, 0)
- b. (4, 0, 0)
- c. (0, 0, 4)
- d. (0, 0, -4)

Opgave 19

Gegeven is de volgende VRML virtuele wereld:

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance DEF Yellow Appearance {
    material Material {
      diffuseColor .8 .8 .2
    }
  }
  geometry Box {}
}
Transform {
  translation 1 0 0
  children [
    DEF YellowCone Shape {
      appearance USE Yellow
      geometry Cone {}
    }
  ]
}
Transform {
  translation 0 1 0
  children [
    USE YellowCone
  ]
}
Transform {
  translation 0 0 1
  children [
    USE YellowCone
  ]
}
```

Welke van de onderstaande afbeeldingen toont deze wereld?



Opgave 20

In OpenGL kan de functie `glPushMatrix` worden gebruikt om een scene graph traversal te implementeren. Wanneer wordt `glPushMatrix` aangeroepen?

- a. Voor aanvang van de scene graph traversal.
- b. Bij het afdalen in de scene graph (richting de bladeren).
- c. Bij het klimmen in de scene graph (richting de wortel).
- d. Bij het afdalen en bij het klimmen.

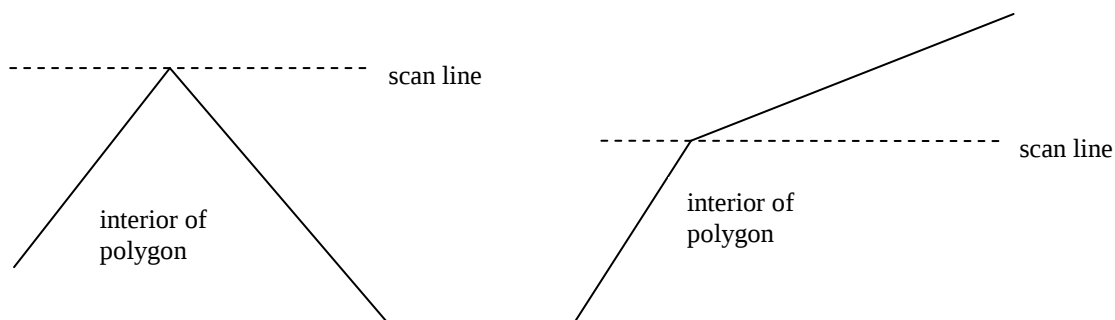
Opgave 21

Wat is de werking van de opdracht
`glutMouseFunc (mouse);`
in een computerprogramma dat OpenGL gebruikt?

- a. De coördinaten van de muiscursor worden aan het programma doorgegeven.
- b. Er wordt een naam gedefinieerd voor de mouse callback functie.
- c. Er wordt gecontroleerd of er mouse events in de event queue staan en de eerste event wordt afgehandeld. Bij ontbreken van mouse events in de queue gebeurt er niets.
- d. Het programma wacht tot de gebruiker een muisknop indrukt en retourneert de coördinaten van de muiscursor en een indicatie welke knop is ingedrukt.

Opgave 22

Een polygon scan conversie algoritme bepaalt per scan line een lijst van snijpunten van zijden van het polygon met de scan line. Hoekpunten van een polygon die op de scan line liggen vormen een (kleine) complicatie in het algoritme. Situatie I en II tonen twee van deze probleemgevallen.



Situatie I

Situatie II

Hoeveel keer moet het hoekpunt in situatie I en II worden opgenomen in de lijst met snijpunten?

<u>Situatie I</u>	<u>Situatie II</u>
a. 1 keer	1 keer
b. 1 keer	2 keer
c. 2 keer	1 keer
d. 2 keer	2 keer

Opgave 23

Welk algoritme is geen clipping algoritme?

- a. Bresenham algoritme
- b. Liang-Barsky algoritme
- c. Sutherland-Hodgeman algoritme
- d. Cohen-Sutherland algoritme

Opgave 24

Welke uitspraak over de stapgroottes xStep en yStep in de x- en de y-richting in het DDA lijn scan conversie algoritme is juist?

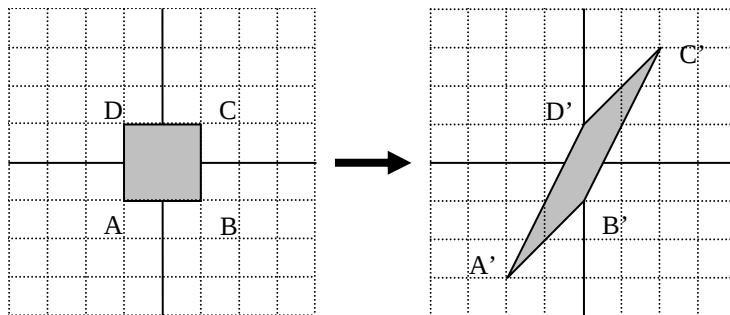
Als de richtingscoëfficiënt van de lijn kleiner is dan -1, dan is

- a. xStep = -1 en $0 < yStep < 1$ of xStep = 1 en $-1 < yStep < 0$
- b. xStep = -1 en $-1 < yStep < 0$ of xStep = 1 en $0 < yStep < 1$
- c. $0 < xStep < 1$ en $yStep = 1$ of $-1 < xStep < 0$ en $yStep = -1$
- d. $-1 < xStep < 0$ en $yStep = 1$ of $0 < xStep < 1$ en $yStep = -1$

Opgave 25

$\begin{pmatrix} p & q & 0 \\ r & s & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ is de matrix van een combinatie van een x-richting shear transformatie gevolgd

door een y-richting shear transformatie. Vierkant ABCD uit onderstaande figuur wordt door deze transformatie afgebeeld op A'B'C'D'.



Wat is de waarde van s ?

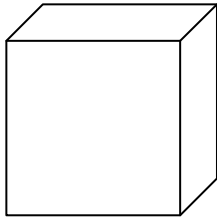
- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

Opgave 26

Bij key frame animatie wordt

- a. ieder frame van de animatie berekend aan de hand van een mathematisch model en een beginpositie en orientatie.
- b. ieder frame van de animatie berekend door interpolatie tussen door de animator opgegeven posities en orientaties.
- c. ieder frame van de animatie door de animator gespecificeerd.
- d. ieder frame van de animatie gecontroleerd op botsing door gebruik van de key frames.

Opgave 27



Hiernaast is een parallelprojectie van een kubus afgebeeld. De projectierichting maakt een hoek α met het projectievlak. De ribben van de kubus die in het model loodrecht op het projectievlak staan zijn afgebeeld op $\frac{1}{3}$ van hun werkelijke lengte.

Welke relatie geldt voor de hoek α ?

- a. $\cos \alpha = \frac{1}{3}$
- b. $\cos \alpha = 3$
- c. $\tan \alpha = \frac{1}{3}$
- d. $\tan \alpha = 3$

Opgave 28

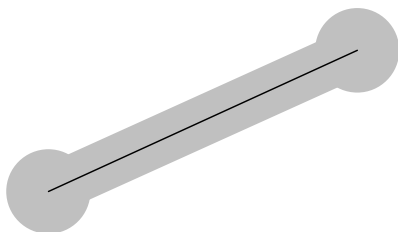
Gegeven is de matrix $M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Welke rotatie representeert M ?

- a. een rotatie om de x-as over -90 graden
- b. een rotatie om de y-as over 45 graden
- c. een rotatie om de z-as over 90 graden
- d. een rotatie om de vector $(1, 1, 1)$ over -120 graden

Opgave 29

In een tekenprogramma is de volgende techniek geïmplementeerd die nauwkeurig tekenen bevordert:



Als de gebruiker een positie selecteert binnen het haltervormige gebied om het lijnstuk, dan wordt het geselecteerde punt verplaatst naar het dichtstbijzijnde punt op het lijnstuk.

Deze techniek noemen we

- a. grid constraint
- b. gravitatieveld constraint
- c. rubber band techniek
- d. rubber line techniek

Opgave 30

Een polygon heeft in 3D schermcoördinaten een vlakvergelijking $3x + 2y - 5z - 20 = 0$.

De pixels (x_0, y_0) en (x_0+1, y_0) liggen in het geprojecteerde polygon.

Bij uitvoering van het z-buffer algoritme is voor pixel (x_0, y_0) de diepte van het polygon berekend. Deze is gelijk aan 28.0. Wat is de diepte van het polygon voor pixel (x_0+1, y_0) ?

- a. 27.4
- b. 27.6
- c. 28.4
- d. 28.6

einde tentamenopgaven