CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: vrijdag 17 juli 2026
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 6
aantal antwoordbladen	: 1 bij opgave 4

Iedere opgave dient op een afzonderlijk vel te worden gemaakt
(want voor iedere opgave is er een afzonderlijke corrector).

Vermeld op ieder in te leveren vel uw naam.

Niet met potlood schrijven en geen tipp-ex of iets dergelijks gebruiken.

Antwoorden zonder motivering worden niet gehonoreerd.

Aanvullende gegevens zijn te vinden in Binas (5^{e} of latere druk).

De norm bij de beoordeling is:

opgave 1	: 12 punten
opgave 2	: 10 punten
opgave 3	: 17 punten
opgave 4	: 13 punten
opgave 5	: 11 punten
opgave 6	: 16 punten

Het cijfer = aantal behaalde punten / 79 * 9 + 1

Informatie over de voortgang en het verloop van de correctie op www.ccvx.nl

OPGAVE 1 - auto

Een auto start op t=0 s met een constante versnelling van 0,76 m/s^2 vanuit stilstand.

3p a. Bereken welke afstand de auto in 15 s aflegt. Geef het antwoord met de juiste significantie.

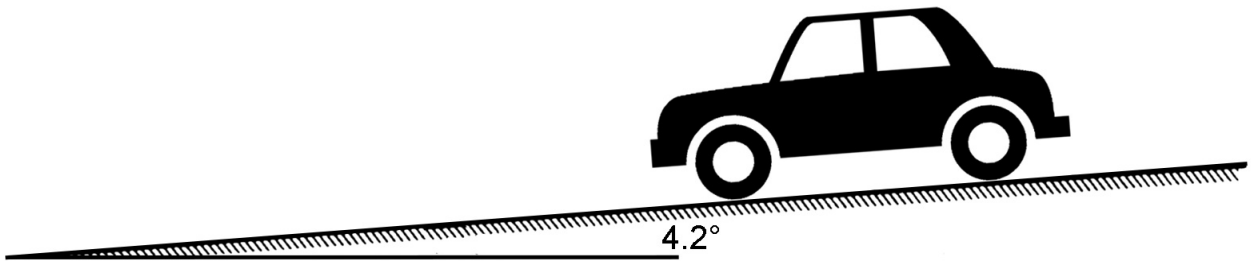
De totale wrijvingskracht F_w op de auto is gelijk aan de som van de rolwrijving $F_{w,rol}$ en de luchtwrijving $F_{w,lucht}$.
Als de auto beweegt, heeft $F_{w,rol}$ bij elke snelheid een waarde van 50 N.
Voor de luchtwrijving geldt: $F_{w,lucht} = 0{,}85\ v^2$. Hierin is v de snelheid van de auto in ms^{-1}.

3p b. Bereken de energie die door de totale wrijvingskracht F_w per minuut wordt omgezet in warmte als de auto een constante snelheid heeft van 28 ms^{-1}.

De bestuurder moet vaak een afstand van 60 km afleggen over de snelweg. Daarbij rijdt hij altijd 110 km/h. De benzine wordt steeds duurder en zijn dochter heeft ergens gelezen dat een auto minder benzine verbruikt, over de hele afstand, bij een lagere snelheid. Zij adviseert hem voortaan 85 km/h te rijden. Zijn zoon zegt echter dat dit onzin is omdat de reis dan langer duurt en de auto door die lagere snelheid dus ook langer benzine verbruikt en dus juist meer benzine verbruikt bij een lagere snelheid.

3p c. Leg met een berekening uit wie er gelijk heeft.

Vervolgens rijdt de auto op een lange helling met een hellingshoek van 4,2°.
De auto met bestuurder heeft een massa van 1700 kg.
Het geheel is schematisch weergegeven in de figuur.



3p d. Bereken de component van de zwaartekracht parallel aan de helling.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 2 - botervloot

Een botervloot heeft een massa van 360 g en wordt gevuld met 220 g boter.
De botervloot staat op een tafel. Deze botervloot heeft een vlakke, cirkelvormige onderkant met een diameter van 9,8 cm. De foto hiernaast is niet op schaal.

3p a. Bereken de druk die de botervloot met de boter op de tafel uitoefent.

De botervloot is van porselein gemaakt. De botervloot heeft een temperatuur van 21 °C. Na gebruik wordt de botervloot afgewassen. Om de restjes boter weg te krijgen, giet men heet water van 85 °C in de botervloot. Na korte tijd krijgen de botervloot en het water een temperatuur van 67 °C. De boterrestjes mag je verwaarlozen; ook mag je aannemen dat er geen warmteuitwisseling met de omgeving is.

4p b. Bereken de massa van het hete water.

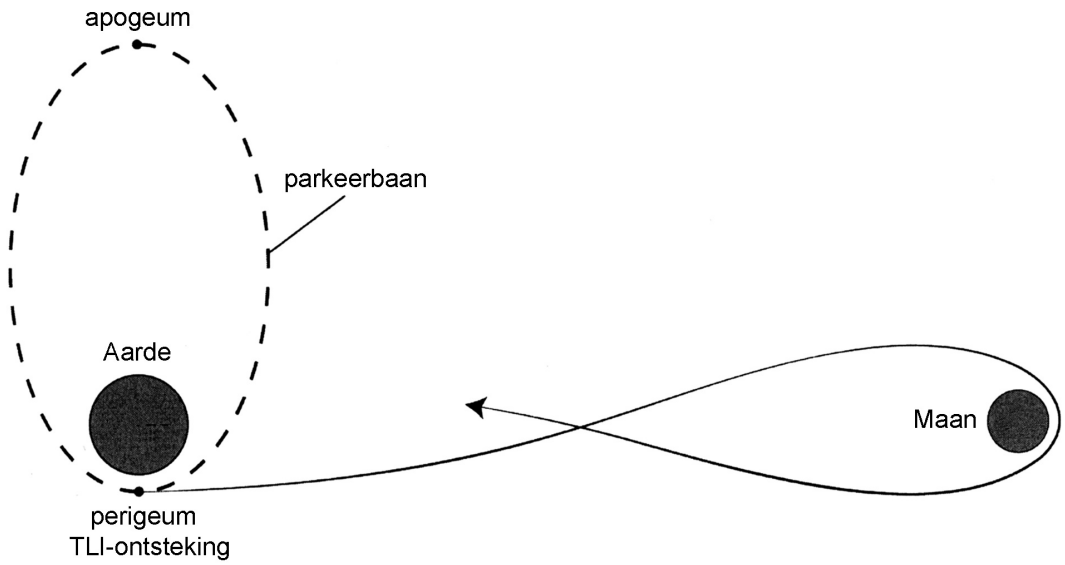
In het porselein zit een luchtbelletje opgesloten. Bij 21 °C heerst in het luchtbelletje een druk van $1{,}01 \cdot 10^5$ Pa. Bij contact met het hete water loopt ook de temperatuur in het luchtbelletje op tot 67 °C. Het porselein met daarin het luchtbelletje zet niet uit.
Er ontsnapt ook geen lucht uit het belletje.

3p c. Bereken de druk in het luchtbelletje bij 67 °C.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 3 - naar de maan

Op 1 april 2026 lanceerde NASA de eerste bemande vlucht om de maan sinds 1972. Het ruimtevaartuig Orion maakte in tien dagen een reis om de maan en keerde daarna veilig terug op aarde. Na de lancering draaide Orion eerst in een lage parkeerbaan om de aarde. Dit is schematisch en niet op schaal weergegeven in de figuur.



Deze parkeerbaan is een ellips. De gegevens van de parkeerbaan staan in de onderstaande tabel. De hoogten zijn gemeten ten opzichte van het aardoppervlak.

Grootheid	**Symbool**	**Waarde**
massa van Orion na lancering	m	$2{,}65 \cdot 10^4$ kg
hoogte in het perigeum (het punt dichtst bij de Aarde)	h_p	$1{,}85 \cdot 10^2$ km
hoogte in het apogeum (het punt verst weg bij de Aarde)	h_a	$2{,}25 \cdot 10^3$ km

3p a. Leg uit, met behulp van één of meer formules, in welk punt van de parkeerbaan - het perigeum of het apogeum - de snelheid van Orion het grootst was.

We maken een schatting van de tijd die Orion nodig heeft om eenmaal rond de aarde te draaien. Daarvoor nemen we even aan dat de parkeerbaan mag worden benaderd door een cirkelbaan. Voor de hoogte waarop Orion deze cirkelbaan boven het aardoppervlak doorloopt mag het gemiddelde van h_p en h_a worden gebruikt.

4p b. Bereken de omlooptijd van Orion in de parkeerbaan onder bovenstaande aannames.

Copyright © 2026 CCVX

In werkelijkheid is de parkeerbaan echter een ellips.

In de parkeerbaan werd de motor van Orion enkele malen ontstoken zodat de snelheid van Orion toenam. Bij de laatste ontsteking, de zogenaamde Trans-Lunar Injection (TLI), kreeg Orion in het perigeum precies genoeg snelheid om de maan te bereiken. Bij die snelheid kwam Orion met (nagenoeg) snelheid nul aan bij de maan. De afgelegde weg van het perigeum tot aan de maan kan benaderd worden door de straal van de baan van de maan om de aarde.

4p c. Toon met behulp van de wet van behoud van energie aan dat deze snelheid ongeveer $1{,}09 \cdot 10^4$ m/s bedraagt als daarbij geen rekening wordt gehouden met de aantrekkingskracht van de maan.

Vlak vóór de TLI-ontsteking had Orion in het perigeum een snelheid van $1{,}06 \cdot 10^4$ m/s.
De TLI-ontsteking verhoogde deze snelheid tot $1{,}093 \cdot 10^4$ m/s.
De TLI-ontsteking duurde 18 minuten.

3p d. Bereken de arbeid die de motor tijdens de TLI-ontsteking op Orion verrichtte. Verwaarloos daarbij de verandering van de zwaarte-energie van Orion tijdens de TLI-ontsteking.

Tijdens de TLI-ontsteking verbruikte de motor ongeveer $2{,}0 \cdot 10^3$ kg brandstof.
Deze brandstof heeft een verbrandingswarmte van $1{,}3 \cdot 10^7$ J/kg. De verbrandingsgassen verlieten de motor met een snelheid van $4{,}4 \cdot 10^3$ m/s ten opzichte van Orion.

3p e. Bereken het rendement waarmee deze chemische energie werd omgezet in kinetische energie van de verbrandingsgassen.

Copyright © 2026 CCVX

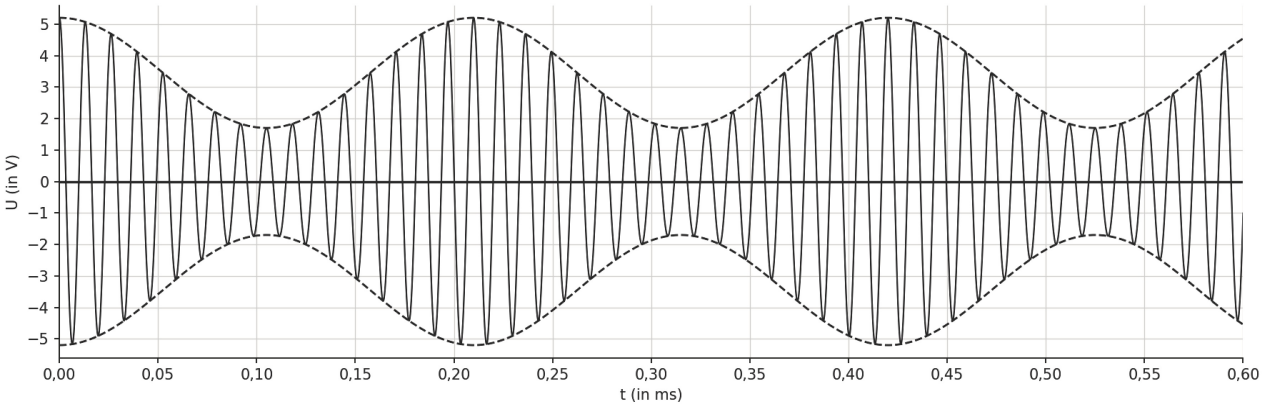
OPGAVE 4 - radar

De politie kan de snelheid van een auto meten met een radarappaat. Zo'n radarapparaat werkt met microgolven met een frequentie f_0 = 24,0 GHz. Het radarapparaat staat langs de weg en zendt continu radiogolven uit. De golven weerkaatsen tegen een naderende auto en worden weer ontvangen door hetzelfde apparaat.
De teruggekaatste golf heeft een iets andere frequentie.

3p a. Leg uit of de teruggekaatste golf een kleinere of grotere frequentie heeft dan de uitgezonden golf.

3p b. Bereken de golflengte van de uitgezonden straling van het radarapparaat.

Het radarapparaat bepaalt de snelheid van de auto door het uitgezonden signaal en het terugontvangen signaal bij elkaar op te tellen. Wanneer twee golven met een klein frequentieverschil worden opgeteld ontstaat er door interferentie een golf met een veel lagere frequentie waarvan de amplitude afwisselend kleiner en groter wordt. Zo'n golf wordt een zweving genoemd. In de figuur is voor een meting de som van de uitgezonden trilling en ontvangen trilling weergegeven. De zweving is weergegeven met de stippellijn.



De frequentie van de zweving is gelijk aan het frequentieverschil Δf.
Voor het frequentieverschil geldt bij benadering de volgende formule:

$$\Delta f = \left(\frac{2\,v}{c}\right) \cdot f_0$$

Hierin is v de snelheid van de auto en c de lichtsnelheid.

De meting in de figuur is gedaan op een stuk weg waar op dat moment een snelheid van 80 kmh^{-1} was toegestaan. De automobilist rijdt echter geen 80 kmh^{-1}. De figuur is vergroot op het antwoordenblad afgebeeld om beter te kunnen aflezen.

4p c. Bepaal met behulp van de figuur op het antwoordblad de grootte van de snelheid van de automobilist in kmh^{-1}.

3p d. Toon aan dat het meetapparaat bij een maximum snelheid van 130 kmh^{-1} het frequentieverschil in meer dan 2 significante cijfers moet meten om de snelheid in hele kilometers per uur nauwkeurig te meten.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 5 - verval ^{14}C

Levende organismen nemen koolstof op uit hun omgeving. Daarin zit een vaste, kleine massafractie van de radioactieve isotoop ^{14}C naast het stabiele ^{12}C. Zodra een organisme sterft, stopt de opname van koolstof door het organisme. Daarna neemt de hoeveelheid ^{14}C af door radioactief verval. Door te meten hoeveel ^{14}C er nog over is, kun je bepalen hoe lang geleden het organisme leefde.

De massa van een ^{14}C-atoom is $2{,}33 \cdot 10^{-26}$ kg.

3p a. Geef de vervalvergelijking van ^{14}C.

1 gram koolstof in de atmosfeer (en dus ook in levende wezens) bevat $1{,}2 \cdot 10^{-10}$ massaprocent ^{14}C.

4p b. Toon aan dat de activiteit van 1,0 g koolstof gelijk is aan 12 vervalreacties per minuut.

Een methode om de verhouding tussen ^{14}C en ^{12}C te bepalen, telt het verval van ^{14}C met een Geiger-Müllerteller (GM-teller).

Om een betrouwbare meting te kunnen doen moeten er minimaal $1{,}5 \cdot 10^{4}$ vervalreacties geteld worden.
Men heeft een GM-teller beschikbaar die 15% van de vervalreacties kan registreren.
Er kan een meting van 24 uur gedaan worden.

4p c. Bereken de minimale massa koolstof die nodig is om deze meting betrouwbaar te kunnen doen.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 6 - MICADAS

Een andere methode om de verhouding tussen ^{14}C en ^{12}C te bepalen is een versnellermassaspectrometer, zoals de MICADAS. Zie figuur 1.

fig. 1

In figuur 2 is de opstelling schematisch en niet op schaal weergegeven. In dit apparaat worden ionen versneld en afgebogen. In deze opgave bekijken we alleen de baan die ionen van het ^{14}C isotoop beschrijven.

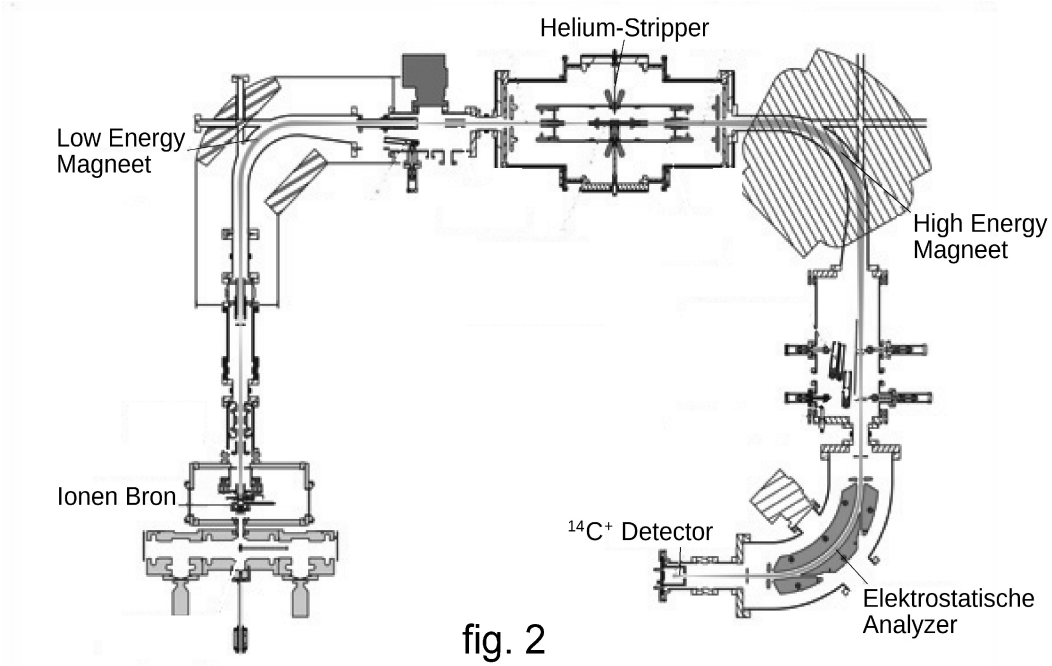


fig. 2

lees verder op de volgende bladzijde

Copyright © 2026 CCVX

Bij de ionenbron worden van de ^{14}C-atomen negatief geladen $^{14}C^-$-ionen gemaakt.
Deze ionen worden op weg naar de Low Energy magneet (LE-magneet) versneld met een versnelspanning van 38 kV.
In deze opgave mag voor de massa van een geïoniseerd ^{14}C-atoom gerekend worden met de waarde van de massa van een ^{14}C-atoom: $2{,}33 \cdot 10^{-26}$ kg.

4p a. Bereken de snelheid van een $^{14}C^-$-ion bij aankomst in de LE-magneet. Ga er vanuit dat de elektrische energie volledig in kinetische energie wordt omgezet.

In de LE-magneet wordt het ion afgebogen door een homogeen magneetveld.

3p b. Bepaal de richting van het magneetveld. Geef een duidelijke toelichting met een schets.

Na de LE-magneet komen de $^{14}C^-$-ionen in de zogenaamde Helium-stripper. Dit is een versneller die de negatieve ionen, door botsing met heliumatomen omzet in positieve $^{14}C^+$ ionen. De $^{14}C^+$-ionen verlaten de Helium-stripper met een snelheid van $2{,}45 \cdot 10^6$ m/s.

Na de Helium-stripper bereiken de $^{14}C^+$-ionen de High Energy magneet (HE-magneet).
De baan van de $^{14}C^+$-ionen beschrijft weer een kwart cirkel door afbuiging in het magneetveld van de HE-magneet. De straal van deze cirkel is 35 cm.

3p c. Bereken de magnetische veldsterkte B van de HE-magneet.

Na het verlaten van de HE-magneet komen de ionen in de zogenaamde elektrostatische analyzer. De elektrostatische analyzer bestaat uit twee, in een kwart cirkel gebogen, metalen platen. Tussen deze platen is een spanning aangelegd. In het ontstane elektrische veld beschrijven de ionen een gedeelte van een cirkelbaan. De straal van deze cirkel is 0,38 m.
Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 3. Deze figuur is NIET op schaal.

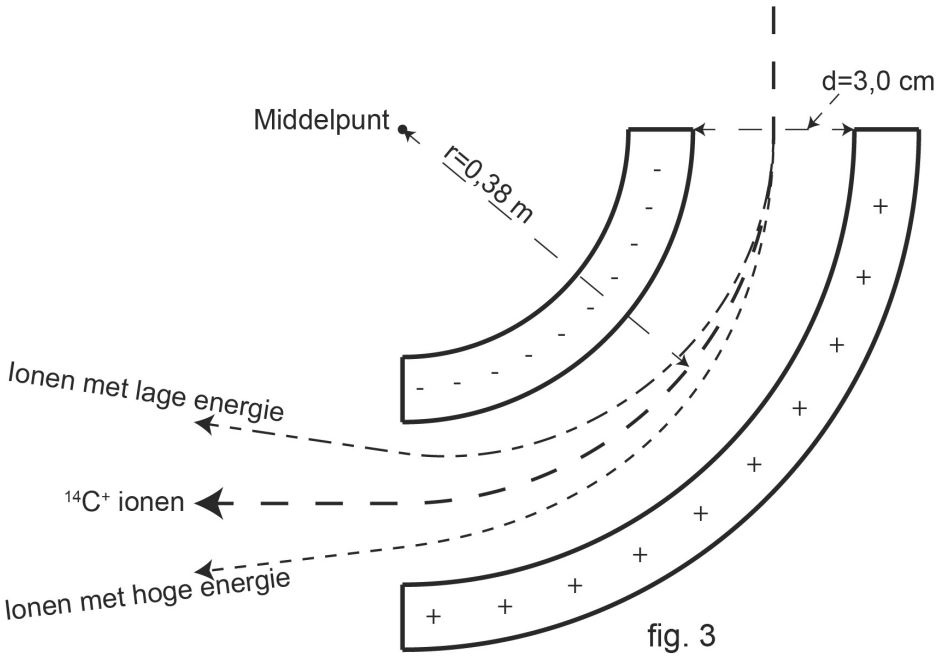


fig. 3

lees verder op de volgende bladzijde ☞

Copyright © 2026 CCVX

Door de elektrische veldkracht gelijk te stellen aan de middelpuntzoekende kracht kan de volgende relatie voor het elektrisch veld worden opgesteld:

$$E_{el} = \frac{2 \cdot E_k}{q \cdot r} \qquad (1)$$

Hierin is:
- E_{el} de elektrische veldsterkte in Newton per Coulomb
- E_k de kinetische energie in Joule
- q de lading van het ion in Coulomb
- r de straal van de cirkel in meter

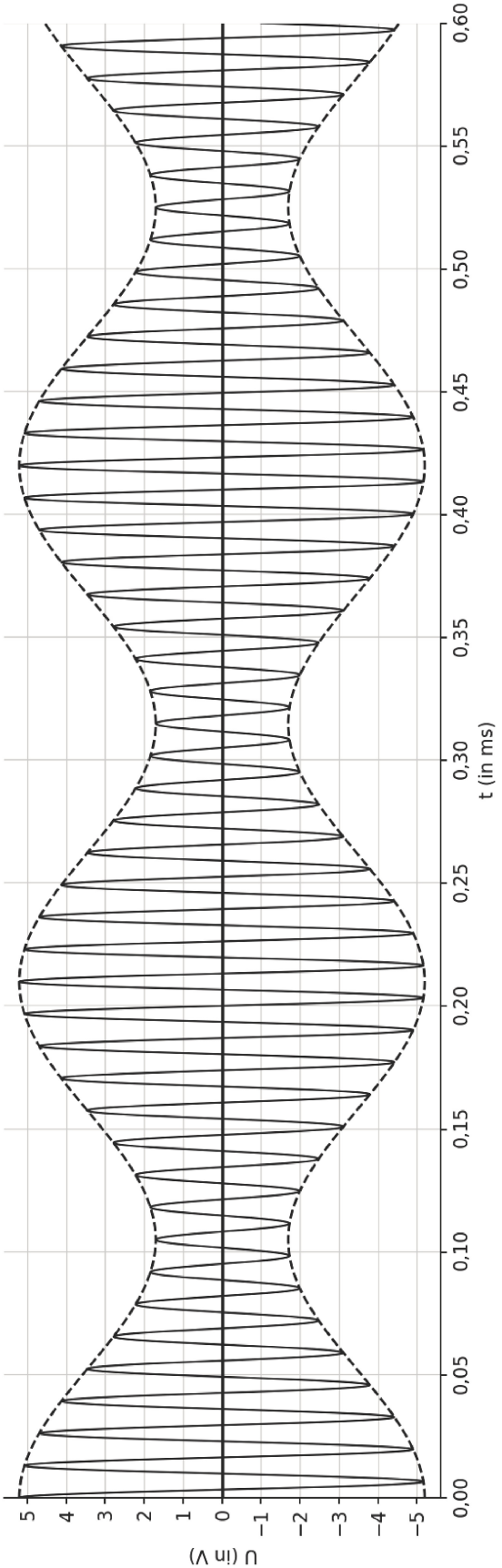
3p d. Leid formule (1) af met behulp van formules uit Binas.

De afstand d tussen de platen is 3,0 cm.
Je mag aannemen dat de formules voor veldsterkte en spanning voor de gebogen platen hetzelfde zijn zoals die in BINAS tabel 35 D2 vermeld is.

3p e. Bereken de spanning tussen de twee platen.

EINDE

Copyright © 2026 CCVX

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 4

Naam : .....