


examenbundel.nl

examen bundel



Meer dan alleen oefenexamens

Nu bij je boek
mijn.examenbundel.nl
Online oefenen, video's en meer

2024|2025

VWO

Natuurkunde



#

**examen
bundel**>

Slim leren, zeker slagen



#

**BESTEL
MET
STAPEL-
KORTING!**

#

Slim leren, zeker slagen met Examenbundel!

#




Oefenopgaven, samenvattingen, woordjes,
examentips en inspiratie: op examenbundel.nl
vind je alles om je optimaal voor te bereiden
op je examens.

#ikgazekerlagen #geenexamenstress examenbundel.nl



examenbundel.nl

examen bundel



Meer dan alleen oefenexamens

2024 | 2025

R. Slooten
L. van Rooyen
M.H. Overbosch

VWO

Natuurkunde



Colofon

Auteurs

R. Slooten
L. van Rooyen
M.H. Overbosch

Vormgeving binnenwerk

Maura van Wermeskerken, Apeldoorn

Opmaak

Crius Group, Hulshout

Redactie

Lineke Pijnappels, Tilburg

Over ThiemeMeulenhoff

ThiemeMeulenhoff ontwikkelt slimme flexibele leeroplossingen met een persoonlijke aanpak. Voor elk niveau en elke manier van leren. Want niemand is hetzelfde.

We combineren onze kennis van content, leerontwerp en technologie, met onze energie voor vernieuwing. Om met en voor onderwijsprofessionals grenzen te verleggen. Zo zijn we samen de motor voor verandering in het primair, voortgezet en beroepsonderwijs.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

Boek ISBN 978 90 06 37236 6
Pakket ISBN 978 90 06 65061 7
Eerste druk, eerste oplage, 2024

©ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2024

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp (www.stichting-pro.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie www.auteursrechtenonderwijs.nl.

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Zo werk je met deze Examenbundel

De eerste stap om vol vertrouwen je examen voor dit vak in te gaan heb je gezet! Deze Examenbundel is namelijk de beste voorbereiding, omdat je oefent met echte examenopgaven. Kijk hoe het werkt.

De indeling van het boek

Je Examenbundel bestaat uit verschillende delen:

- **De oriëntatietoets:** krijg snel een eerste indruk hoe je scoort op de verschillende examenonderwerpen.
- **Deel 1 - Oefenen op onderwerp:** oefen gericht met examenopgaven over de onderwerpen die jij lastig vindt.
- **Deel 2a - Examens met uitwerkingen:** oefen met hele examens met heldere uitleg van onze ervaren examendocenten.
- **Deel 2b - Examen 2024-I:** doe de generale repetitie voor het echte examen. De antwoorden en uitwerkingen staan op mijnexamenbundel.nl.

Hints en uitwerkingen

HINTS

Weet je niet hoe je een vraag moet aanpakken? Dan zijn er **hints** om je op weg te helpen.

UITWERKINGEN

Kijk de vragen na met de **uitwerkingen**. Daarin staat het juiste antwoord. Maar belangrijker: je krijgt duidelijke uitleg waarom dit het juiste antwoord is en hoe je daar komt.

Zo oefen je én leer je tegelijk!

Online oefenen met Mijn Examenbundel

Bij dit boek hoort een online omgeving: mijnexamenbundel.nl. Het boek en Mijn Examenbundel werken met elkaar samen.



Maak de balans op



Leren en oefenen



Ook handig



Boek

- oriëntatietoets maken
- hele examens maken

- examenopgaven oefenen per onderwerp

- onderwerpregister

Mijn Examenbundel

- nakijken oriëntatietoets
- nakijken hele examens

Je scores worden bewaard!

- uitlegvideo's per onderwerp
- extra examenopgaven per onderwerp

Je ziet je voortgang!

- overzicht van de examenstof
- hulpmiddelen
- examentips

Alle belangrijke info bij elkaar!

Om optimaal gebruik te maken van boek én website, verwijst het boek op handige plekken naar mijnexamenbundel.nl.

Voorbeeld



Wil je weten hoe je de toets hebt gemaakt? De antwoorden staan op mijnexamenbundel.nl. Vul je punten in en bekijk je score per onderwerp. Je scores worden bewaard.



Activeer direct je code voor Mijn Examenbundel

Ga nu naar mijnexamenbundel.nl en maak meteen je account aan. Met de **activatiecode** die je per mail hebt ontvangen of via de ELO van je school, heb je toegang tot alle extra's die bij je boek horen.

Gebruik ook Samengevat

Wil jij je nóg beter voorbereiden op het eindexamen? Combineer **Examenbundel** dan met **Samengevat** - alle examenstof kort en bondig in één boek.

Heel veel succes!

Namens team Examenbundel heel veel succes met je examens! #slimlerneriszekerslagen

Heb je een vraag of opmerking over deze Examenbundel? Ga dan naar examenbundel.nl/contact.

Opmerking

De overheid stelt de regels op voor het examen. Bijvoorbeeld wat de examenonderwerpen zijn, welke hulpmiddelen je mag gebruiken en wanneer het examen is. De auteurs en uitgever hebben deze Examenbundel met grote zorg samengesteld. Soms veranderen de regels van de overheid echter of worden er nieuwe afspraken gemaakt over wat die regels betekenen. Raadpleeg daarom altijd je docent of onze website www.examenbundel.nl voor actuele informatie die voor jouw examen van belang is.

- 7 Tips: hoe maak je examenopgaven bij natuurkunde?

Oriëntatietoets

- 11 Opgaven

Deel 1

Oefenen op onderwerp

1 Vaardigheden (domein A)

- 21 Opgaven
29 Hints en uitwerkingen

2 Informatie-overdracht (domein B1)

- 33 Opgaven
43 Hints en uitwerkingen

3 Medische beeldvorming (domein B2)

- 49 Opgaven
57 Hints en uitwerkingen

4 Kracht en beweging (domein C1)

- 63 Opgaven
75 Hints en uitwerkingen

5 Energie en wisselwerking (domein C2)

- 84 Opgaven
92 Hints en uitwerkingen

6 Gravitatie (domein C3)

- 99 Opgaven
107 Hints en uitwerkingen

7 Elektrische systemen (domein D1)

- 114 Opgaven
123 Hints en uitwerkingen

8 Elektrische en magnetische velden (domein D2)

- 130 Opgaven
138 Hints en uitwerkingen

9 Elektromagnetische straling en materie (domein E2)

- 146 Opgaven
153 Hints en uitwerkingen

10 Quantumwereld (domein F1)

- 160 Opgaven
167 Hints en uitwerkingen

Deel 2a

Examens met uitwerkingen

Examen 2021-I

- 175 Opgaven
- 190 Hints en uitwerkingen

Examen 2022-I

- 198 Opgaven
- 215 Hints en uitwerkingen

Examen 2022-II

- 225 Opgaven
- 241 Hints en uitwerkingen

Examen 2023-I

- 251 Opgaven
- 269 Hints en uitwerkingen

Examen 2023-II

- 277 Opgaven
- 291 Hints en uitwerkingen

Deel 2b

Examen 2024-I

Examen 2024-I

- 301 Opgaven

Bijlagen

Cijferbepaling

Onderwerpregister

Tips: hoe maak je examenopgaven bij natuurkunde?

Bij het op de juiste manier oplossen van een probleem doorloop je in het algemeen drie stappen: de voorbereiding, de uitvoering en een controle.

Vorbereiding



- Kijk eerst vluchtig alle opgaven door en begin met de opgaven die je vertrouwd voorkomen.
- Ga na hoeveel tijd gemiddeld beschikbaar is per opgave. Probeer te voorkomen dat je te lang met een bepaalde vraag bezig blijft en daardoor weinig punten scoort bij andere vragen.
- Lees de tekst van de gekozen opgave rustig en nauwkeurig. Onderstreep of markeer hierbij aanwijzingen, begrippen, formules, getallen e.d. die van belang kunnen zijn. Deze informatie is dan bij het beantwoorden van de vragen snel terug te vinden.
- Lees elke vraag nauwkeurig en ga na welke informatie je nodig denkt te hebben om de vraag te kunnen beantwoorden. Zoek die informatie op in de tekst van de opgave, of in Binas of ScienceData.
- Begin pas aan de uitvoering, wanneer je de aanpak van het vraagstuk overziet.

Uitvoering



- Reserveer op je papier voor elke opgave voldoende ruimte. Je werk wordt daardoor overzichtelijker en je kunt je antwoord makkelijker aanvullen.
- Schrijf alle tussenstappen overzichtelijk op, zodat zichtbaar wordt hoe je tot je antwoord bent gekomen.
- Indien om uitleg wordt gevraagd, mag die niet ontbreken.
- Schrijf bij twijfel altijd iets op (behalve als je zelf al kunt beoordelen dat je antwoord nergens op slaat).

Controle



- Lees de vraag nog eens over. Is hij volledig beantwoord?
- Vind je het gevonden antwoord zinnig (klopt bv. de orde van grootte)? Zo niet, probeer je denk- of rekenfout op te sporen of maak daarover tenminste een opmerking.
- Is de juiste eenheid vermeld?
- Is de afronding van een verkregen waarde in overeenstemming met de vraagstelling?



Hoe zou je het nu al doen op een examen? De oriëntatietoets geeft je een eerste indruk.



Oriëntatietoets

Vijftig meter vlinderslag

Lees de onderstaande tekst.

De vlinderslag:

Bij de vlinderslag moet je beide armen tegelijk gebruiken. Je maakt met je armen wel enorme halen: boven water naar voren, onder water naar achteren.

Je benen maken dolfijn-achtige bewegingen.



Bij een wedstrijd mag je vanaf de start de eerste vijftien meter onder water zwemmen. De rest van de afstand moet bij voorkeur bestaan uit een geheel aantal slagen, zodat je met de armen gestrekt naar voren de finish aantikt.

Joep traint voor de vijftig meter vlinderslag. Bij een van zijn trainingen horen de volgende gegevens:

- Na de afzet zwemt hij onder water tot 15,0 m vanaf het startpunt. Hiervoor heeft hij 6,80 s nodig.
- Daarna maakt hij een aantal gelijke slagen met een slagfrequentie van 0,833 Hz en een slaglengte van 2,50 m.

- 3p 1 Bereken de tijd die Joep voor deze 50,0 meter nodig heeft.

Joep wil een snellere tijd halen en wil gaan trainen op een hogere slagfrequentie van 0,880 Hz en een slaglengte van 2,40 m.

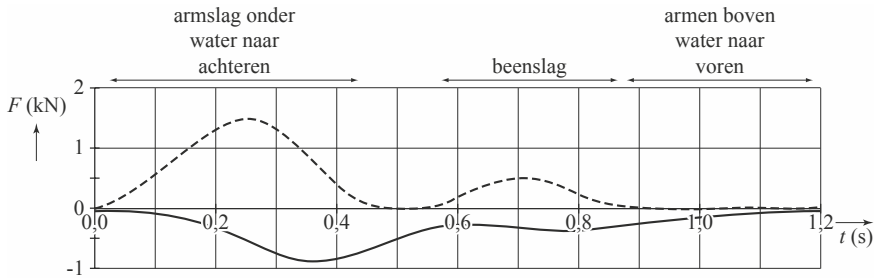
Joep doet hierover twee beweringen:

- Mijn slagfrequentie neemt relatief meer toe dan dat mijn slaglengte afneemt.
- Op deze manier zwem ik zeker een snellere tijd.

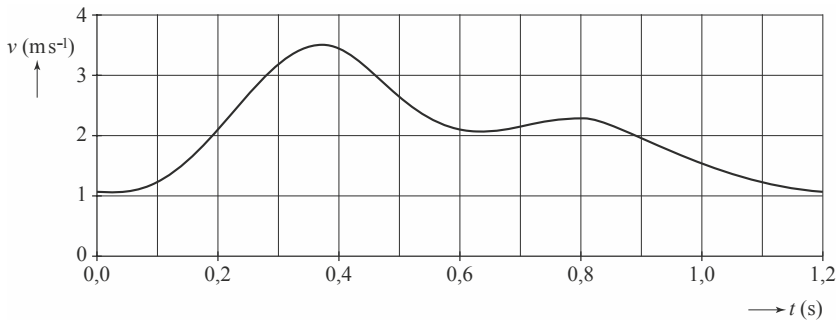
- 4p 2 Leg voor beide beweringen afzonderlijk met behulp van berekeningen uit of ze waar zijn.

In figuur 1 staat het verloop van de voortstuwingskracht en de weerstandskracht tijdens één zwemslag. In figuur 2 staat het verloop van de snelheid van het zwaartepunt van de zwemmer.

figuur 1



figuur 2



Het tijdstip waarop de snelheid maximaal is, valt later dan het tijdstip waarop de voortstuwingskracht maximaal is.

2p 3 Verklaar dit.

De weerstandskracht is in goede benadering alleen afkomstig van het water. Deze kracht is evenredig met het kwadraat van de snelheid van de zwemmer. In formulevorm: $F_w = kv^2$.

3p 4 Bepaal de evenredigheidsconstante k met de bijbehorende eenheid.

De zwemmer verricht de meeste arbeid in de eerste 0,5 s. De arbeid die hij tussen $t = 0$ s en $t = 0,5$ s verricht, is (ongeveer) gelijk aan:

- a 0,09 kJ
- b 0,3 kJ
- c 0,9 kJ
- d 3,0 kJ

3p 5 Welke van deze antwoorden is juist? Licht je antwoord toe op basis van schattingen.

Tokamak

Lees onderstaand artikel.

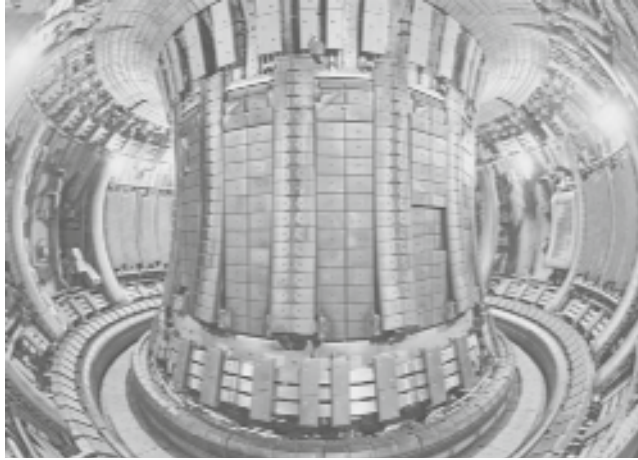
Een Tokamak is een kernfusiereactor waarin met behulp van een magnetisch veld een plasma kan worden opgesloten. Zo'n plasma bestaat uit atoomkernen en vrije elektronen.

In een Tokamak wordt kernfusie bestudeerd, met als uiteindelijk doel een economisch rendabele energiebron te krijgen.

Kernfusie kan alleen optreden als het plasma

heet genoeg is, de dichtheid hoog genoeg is en de opsluittijd lang genoeg is.

Het woord Tokamak is afkomstig uit het Russisch: тороидальная камера с магнитными катушками, hetgeen betekent: torusvormige ruimte met magnetische spoelen.



In het plasma vindt kernfusie plaats. Hierbij ontstaan een heliumkern en een neutron uit de fusie van een deuteriumkern (${}^2_1\text{H}$) en een tritiumkern (${}^3_1\text{H}$).

Deuterium komt voor in zeewater. De oceanen bevatten voldoende deuterium om de totale wereldbevolking miljarden jaren van energie te voorzien bij de huidige energiebehoefte.

Tritium komt nauwelijks voor in de natuur. Tritium wordt verkregen door lithium-6-kernen te beschieten met neutronen. Bij deze reactie komt naast één tritiumkern nog één ander deeltje vrij.

- 3p 6 Geef de kernreactievergelijking voor de productie van tritium uit lithium-6.

Satelliet

Een satelliet cirkelt rond de aarde. Voor de omlooptijd T geldt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

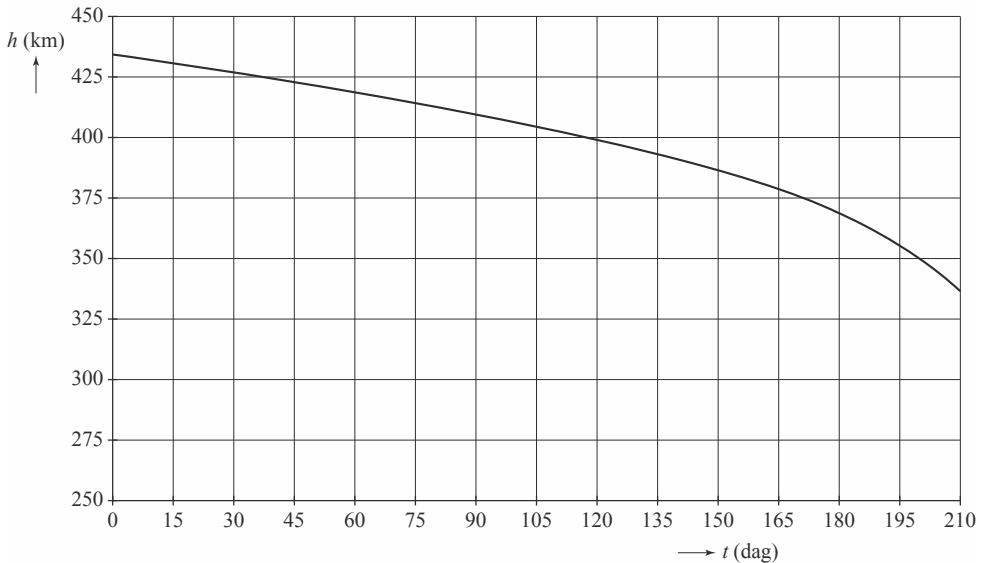
Hierin is:

- r de afstand van de satelliet tot het middelpunt van de aarde;
- G de gravitatieconstante;
- M de massa van de aarde.

- 4p 7 Leid deze formule af met behulp van formules in Binas.

Een satelliet die door de buitenste lagen van de atmosfeer rondcirkelt, ondervindt een kleine wrijvingskracht. Als hij geen aandrijfmotor heeft, zal hij daardoor in een steeds lagere baan rond de aarde gaan cirkelen en uiteindelijk op de aarde neerstorten. In figuur 1 staat de grafiek van dit proces.

figuur 1



Op een bepaald moment bevindt de satelliet zich op een hoogte van 400 km boven de aarde.

- 5p **8** Bepaal mede met behulp van figuur 1 het hoogteverlies van de satelliet per omwenteling om de aarde.

Parallele draden

Isa wil een elektrische schakeling maken met snoeren, waarvan er een is weergegeven in figuur 1.

De snoeren hebben een lengte van 50 cm en bestaan uit rond koperdraad met een plastic omhulling. Met een gevoelige weerstandsmeter meet Isa dat de weerstand van een snoer $0,023 \Omega$ bedraagt.

figuur 1

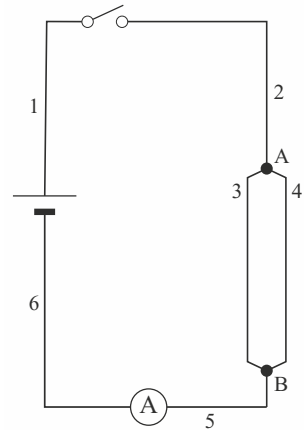


- 4p **9** Bereken de diameter van het koperdraad in het snoer.

Isa bouwt de schakeling zoals weergegeven in figuur 2. In deze schakeling worden zes van de snoeren gebruikt (zoals weergegeven in figuur 1). Isa wil dat de maximale stroomsterkte door de schakeling 20 A is.

- 4p **10** Bereken de spanning die de voeding dan moet leveren.

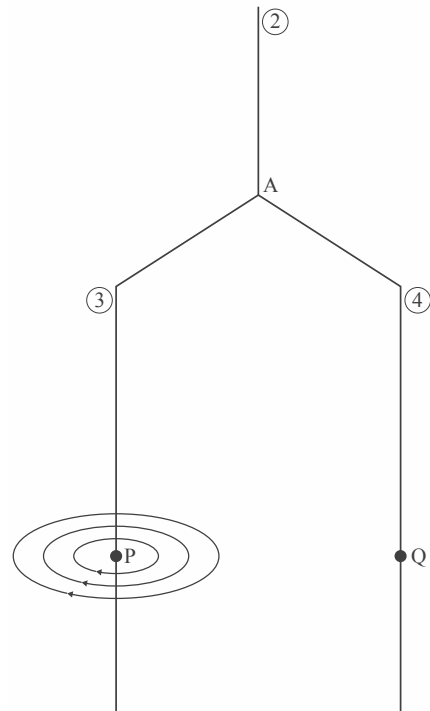
figuur 2



In figuur 3 is een deel van figuur 2 vergroot weergegeven. Op de draden 3 en 4 zijn de punten P en Q aangegeven. Rondom beide stroomdraden afzonderlijk ontstaat een magnetisch veld. Dit veld is gedeeltelijk getekend rondom draad 3.

- 4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de richting van de stroomsterkte in punt Q.
 - Teken de richting van het magnetisch veld in punt Q.
 - Teken de richting van de lorentzkracht in punt Q.
 - Teken de richting van de lorentzkracht in punt P.
- Geef indien van toepassing duidelijk aan of de richting 'het papier in' of 'het papier uit' is.

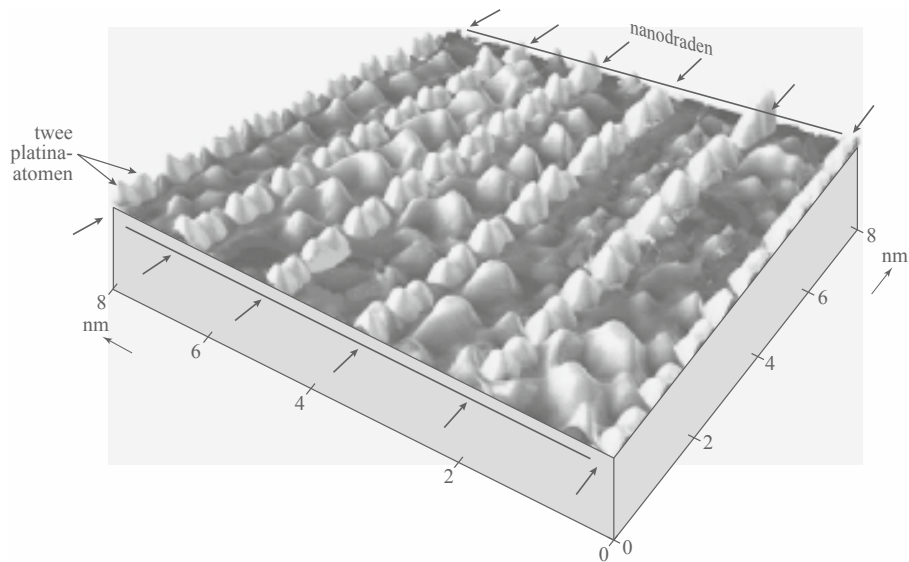
figuur 3



Elektronen tussen nanodraden

In 2005 zijn onderzoekers van de Universiteit Twente erin geslaagd nanodraden van platina te laten groeien op een oppervlak van germanium. In figuur 11 is een beeld van het resultaat te zien. Dit beeld is met behulp van een zogenaamde scanning tunneling microscoop (STM) gemaakt.

figuur 1



In figuur 1 is te zien dat de nanodraden slechts één atoom dik zijn. De platina-atomen van een nanodraad zijn paarsgewijs achter elkaar gerangschikt. De hobbelletjes tussen de nanodraden geven plaatsen met hoge elektronendichtheid aan. Het germaniumoppervlak van figuur 1 bevat gemiddeld 0,75 vrije elektronen per nm^2 . Neem aan dat deze allemaal afkomstig zijn van de platina-atomen.

- 3p 12 Bepaal met behulp van figuur 1 hoeveel vrije elektronen elk platina-atoom gemiddeld aan het germaniumoppervlak levert.

De onderzoekers hebben bij zeer lage temperatuur het energiespectrum van de elektronen op het germaniumoppervlak gemeten. Zie figuur 2. De metingen zijn gedaan bij twee waarden van de afstand L tussen de nanodraden. Horizontaal is de energie uitgezet en verticaal de kans dat een bepaald energieniveau door een elektron is bezet.

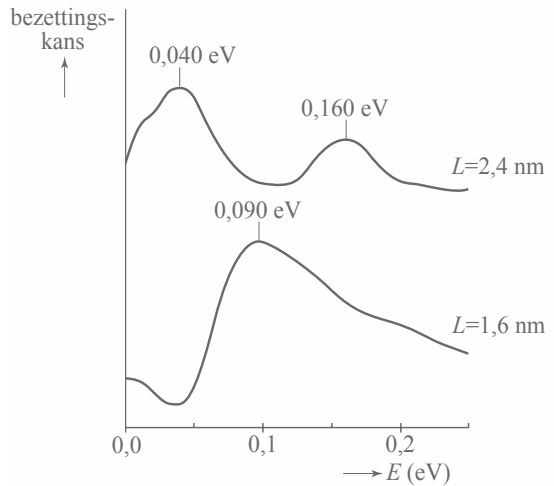
Bij $L = 2,4 \text{ nm}$ kan een elektron door absorptie van een foton de overstap maken van de 0,040 eV-piek naar de 0,160 eV-piek.

- 3p 13 Bereken de golflengte die dit foton daartoe moet hebben.

In figuur 2 is bij drie pieken de waarde van de energie aangegeven. De onderzoekers schrijven de drie pieken toe aan opsluiting van de elektronen tussen de nanodraden. Ze verwachten dat de beweging van de elektronen loodrecht op de draden goed wordt beschreven door het ééndimensionale doosjesmodel.

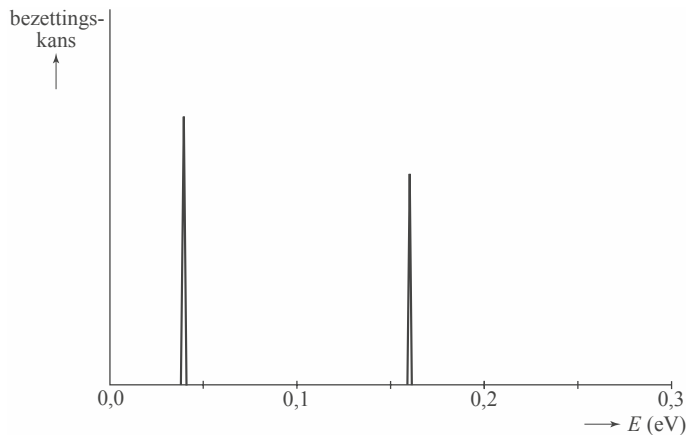
- 4p **14** Laat zien dat de onderlinge verhoudingen van de energieën van de drie pieken inderdaad kloppen met wat het ééndimensionale doosjesmodel voorspelt.

figuur 2



Als het ééndimensionale doosjesmodel een perfecte beschrijving van de elektronen tussen de nanodraden zou geven, dan zou de bezettingskans als functie van de energie er voor $L = 2,4$ nm uitzien als in figuur 3.

figuur 3



- 3p **15** Verklaar met het ééndimensionale doosjesmodel:
- 1 Waarom binnen het energiebereik in figuur 3 slechts twee pieken passen.
 - 2 Waarom voor alle overige energieën in figuur 3 de bezettingskans nul is.



Wil je weten hoe je de toets hebt gemaakt? De antwoorden staan op mijnexamenbundel.nl. Vul je punten in en bekijk je score per onderwerp. Je scores worden bewaard.



Examenopgaven per onderwerp met
hints om je op weg te helpen en uitleg
bij de antwoorden.



Deel 1

Oefenen op onderwerp

1 Vaardigheden (domein A)

Ontspannen lopen

Daniël en Lotte willen met een eenvoudig model de loopsnelheid bepalen die energetisch het voordeligst is.

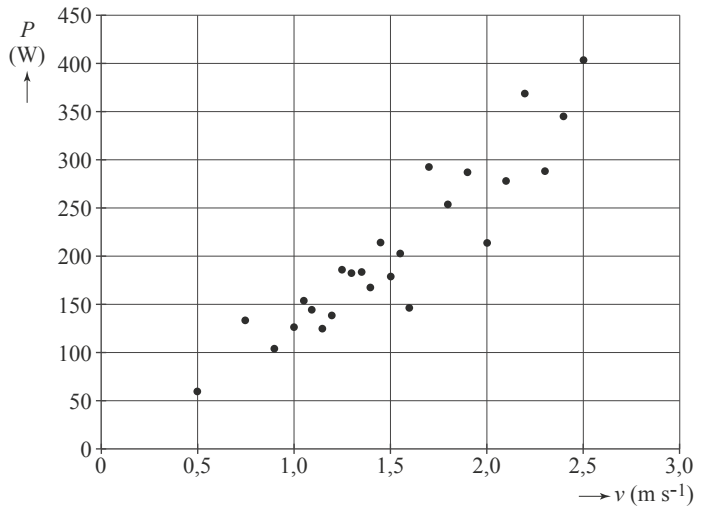
Daartoe laten ze 25 proefpersonen met elk een verschillende snelheid op een loopband lopen. Zie figuur 1.

Van elke proefpersoon wordt de massa bepaald en het vermogen dat hij levert tijdens het lopen.

figuur 1



figuur 2



De proefpersonen hebben allemaal een verschillende massa m , en dat heeft een storende invloed op de resultaten. Zie figuur 2. Om het effect van de massa te elimineren en daardoor de meetresultaten onderling beter te kunnen vergelijken, rekenen Lotte en Daniël alle vermogens om naar een genormaliseerd vermogen:

$$\tilde{P} = \frac{P}{M}.$$

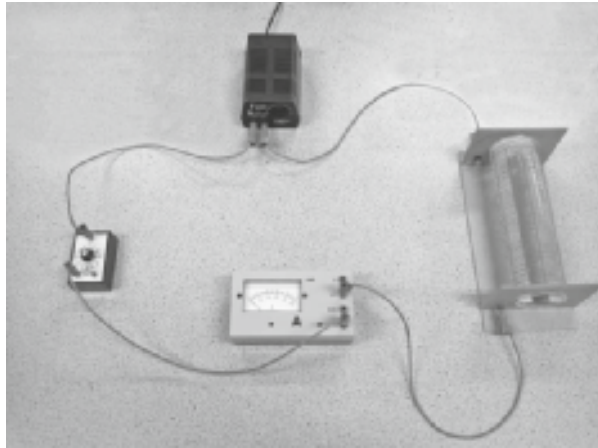
Ze veronderstellen dat \tilde{P} alleen afhangt van de snelheid.

- 1 Leg uit of het verband tussen P en m dan recht evenredig of omgekeerd evenredig is.

Spoel

Jeroen en Baukje voeren een onderzoek uit aan een spoel. Ze maken hiervoor een opstelling met een serieschakeling van een voeding, een regelbare weerstand, een stroommeter en een spoel van koperdraad. Zie figuur 1. Een aantal gegevens staat hieronder weergegeven.

figuur 1



voedingsspanning	9,0 V
aantal windingen van de spoel	60
diameter van de spoel	7,2 cm
dikte van de koperdraad van de spoel	0,14 mm
lengte van de spoel	24 cm
maximaal vermogen in de spoel	0,18 W
weerstand van de spoel	15 Ω

- 2 Toon met een berekening aan dat de grootte van de weerstand van de spoel overeenkomt met de andere gegevens uit de tabel.

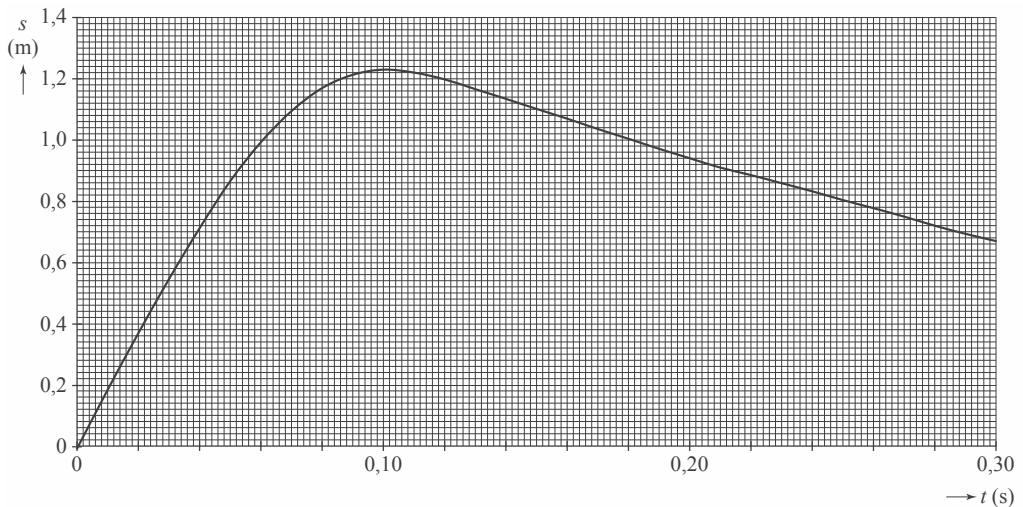
Botsproef

In een botsproef wordt de veiligheid van een auto getest door deze auto op een muur te laten botsen. De auto wordt daarbij van diverse kanten gefilmd. Met behulp van videomaten kan dan een (s,t) -diagram gemaakt worden van een gemarkeerd punt op de auto. Op de uitwerkbijlage is het (s,t) -diagram gegeven van een bepaalde botsproef.



- 3 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale snelheid van de auto tijdens deze botsproef.

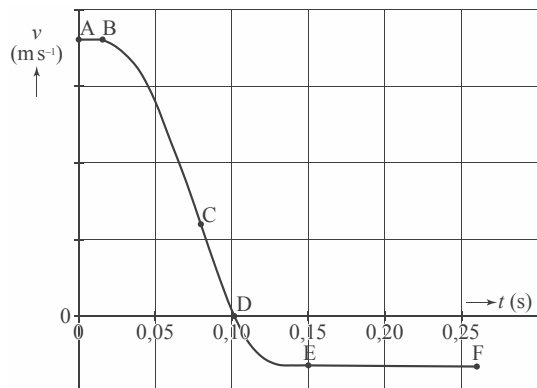
uitwerkbijlage bij vraag 3



In figuur 1 is een schets van het (v,t) -diagram van de botsende auto gegeven. In dit diagram zijn zes punten, A tot en met F, met een stip aangegeven.

- 4 Leg uit op welk punt (A, B, C, D, E of F)
- de auto in aanraking komt met de muur,
 - de auto de maximale vertraging ondergaat,
 - de auto stopt met indeuken.

figuur 1



- Op de uitwerkbijlage staan drie stellingen die gaan over een botsproef.
- 5 Geef per stelling aan of deze stelling waar is of niet waar.

uitwerkbijlage bij vraag 5

		waar	niet waar
1	De vertraging van de auto en de inzittenden moet zo groot mogelijk zijn zodat de resulterende kracht op de inzittenden zo klein mogelijk wordt.		
2	Een auto moet tijdens een botsing vervormen; een langere botsafstand zorgt namelijk voor een kleinere kracht op de inzittenden.		
3	Bij een twee keer zo grote snelheid moet er twee keer zo veel arbeid verricht worden om tot stilstand te komen.		

Een autofabrikant heeft ooit een promotiefilmpje gemaakt om de veiligheid van een bepaald model auto aan te tonen. Daarbij viel de auto 15 m verticaal recht omlaag. De foto's in figuur 2 tonen drie screenshots uit het filmpje.

figuur 2

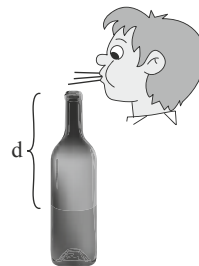


- In de middelste foto van figuur 2 werken de normaalkracht F_N en de zwaartekracht F_Z op de auto.
- 6 Is in de middelste foto $F_N < F_Z$, $F_N = F_Z$, of is $F_N > F_Z$? Licht je antwoord toe.

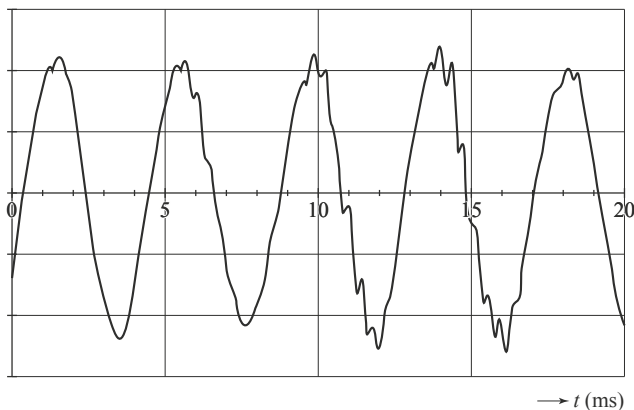
Onderzoek naar geluid uit een fles

Chiara en Michel doen onderzoek aan geluid uit een fles. Zij blazen lucht over de hals van een fles en horen geluid. De fles is gevuld met water tot een afstand d onder de flesopening. Zie figuur 1. Bij kamertemperatuur meten zij het geluid met een geluidssensor. Bij een afstand $d = 13,0$ cm vinden zij de grafiek van figuur 2.

figuur 1



figuur 2



Uit figuur 2 volgt dat de grondfrequentie van het geluid $2,4 \cdot 10^2$ Hz is.

Michel denkt dat dit geluid ontstaat doordat er in de fles een staande golf ontstaat met een knoop bij het wateroppervlak en een buik bij de flesopening. Met deze gegevens berekent Michel de geluidssnelheid en vindt een uitkomst die niet overeenkomt met de waarde in Binas.

Chiara en Michel gaan op zoek naar een andere verklaring. Bij een excursie in het Teylers Museum zien zij een set helmholtz-resonatoren uit de 19e eeuw. Deze werden gebruikt om te analyseren welke toonhoogtes in een stem voorkwamen. Zie figuur 3. Eenmaal thuisgekomen vinden ze op internet een site over helmholtz-resonatoren en vinden de formule:

figuur 3



$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V\ell}}$$

Hierin is:

- v de geluidssnelheid in m s^{-1} ;
- A het oppervlak van de resonatoropening in m^2 ;
- V het volume van de lucht in de resonator in m^3 ;
- ℓ de lengte van de hals van de resonator in m.

7 Beschrijf een methode om het volume van de lucht in de fles te meten.

examenbundel >

vwo Nederlands
vwo Engels
vwo Duits
vwo Frans
vwo Economie
vwo Bedrijfseconomie
vwo Maatschappijwetenschappen
vwo Geschiedenis
vwo Aardrijkskunde
vwo Wiskunde A
vwo Wiskunde B
vwo Wiskunde C
vwo Scheikunde
vwo Biologie
vwo Natuurkunde

samengevat }

vwo Economie
vwo Bedrijfseconomie
vwo Maatschappijwetenschappen
vwo Geschiedenis
vwo Aardrijkskunde
vwo Wiskunde A
vwo Wiskunde B
vwo Wiskunde C
vwo Scheikunde
vwo Biologie
vwo Natuurkunde
havo/vwo Nederlands 3F/4F
havo/vwo Rekenen 3F

Tips, tricks en informatie die jou helpen bij het slagen voor je eindexamen vind je op examenbundel.nl! Nog meer kans op slagen? Volg ons ook op social media. #geenexamenstress



examenidoom + examenbundel + samengevat + zeker slagen! = #geenexamenstress

examenidoom

vwo Engels
vwo Duits
vwo Frans

zeker slagen !

voor vmbo, havo én vwo

