CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: woensdag 22 april 2026
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: geen

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	: 20 punten
opgave 2	: 18 punten
opgave 3	: 14 punten
opgave 4	: 14 punten
opgave 5	: 13 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 - botsproef

De kwaliteit van veiligheidsgordels wordt getest door middel van botsproeven. Op een kar is een autostoel bevestigd, waarop een pop is geplaatst in een veiligheidsgordel.

De kar (met pop) staat op rails, de achterzijde raakt het uiteinde van een volkomen ontspannen veer. Zie figuur 1A. Dit geeft dus de evenwichtsstand u = 0 aan.
Vervolgens wordt de kar 15 m naar links getrokken, zodat de veer wordt gespannen.
Zie figuur 1B. Voor het systeem “kar + pop met veer” geldt de volgende formule:

$F_{terug}(t) = -C \cdot u(t)$ Hierin is: $F_{terug}(t)$ de kracht van de veer op de kar in N
u(t) de functie van de uitwijking van de veer uit de evenwichtsstand in m
C de veerconstante in Nm^{-1}

De beweging van 1B naar 1C mag worden opgevat als een gedeelte van een harmonische trilling. Vanuit de stand van figuur 1B vindt de “lancering” plaats. De kar voert, startend op het tijdstip t = 0 s, over een afstand van 15 m een versnelde beweging uit. Teruggekeerd in de evenwichtsstand (figuur 1C), verliest de kar het contact met de veer.

Vanaf dit moment beweegt de kar met een constante snelheid van 13,9 ms^{-1}.
Zie figuur 1D.

Na enige tijd botst de kar tegen een zeer zwaar blok beton, zie figuur 1E.

Wrijvingskrachten mogen in deze opgave worden verwaarloosd.

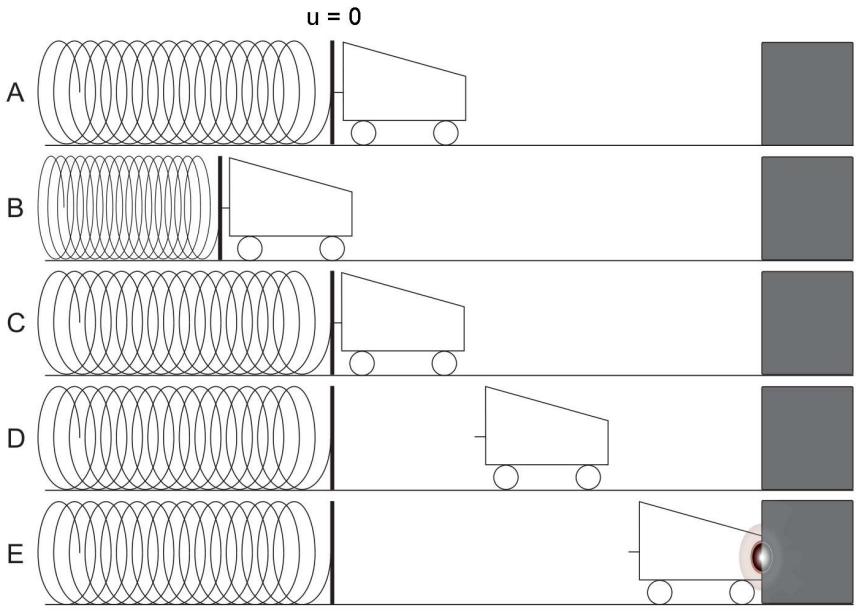


fig. 1

De massa van de kar bedraagt 1325 kg; de pop heeft een massa van 75 kg.

3p a. Bereken met behulp van de wet van behoud van energie de veerconstante.

Copyright © 2026 CCVX

Casper stelt een model op voor de beweging van de kar van B naar C.
Het computermodel is weergegeven in figuur 2. In het model zijn twee modelformules en een startwaarde niet compleet. Het model stopt als de kar op positie C is.

	Modelformules	Startwaarden
1	$F_{terug} = -C \cdot u$	t = 0 (s)
2	a = ...	dt = 0,01 (s)
3	v = v + a·dt	v = 0 (m/s)
4	u = u + v·dt	C = (antw. a)‡
5	t = t + dt	u = ... (m)
6	$E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$	m = 1400 (kg)
7	ALS ... DAN stop EINDALS	

‡ Het antwoord op onderdeel 1a is niet nodig om de werking van het model te kunnen afmaken.

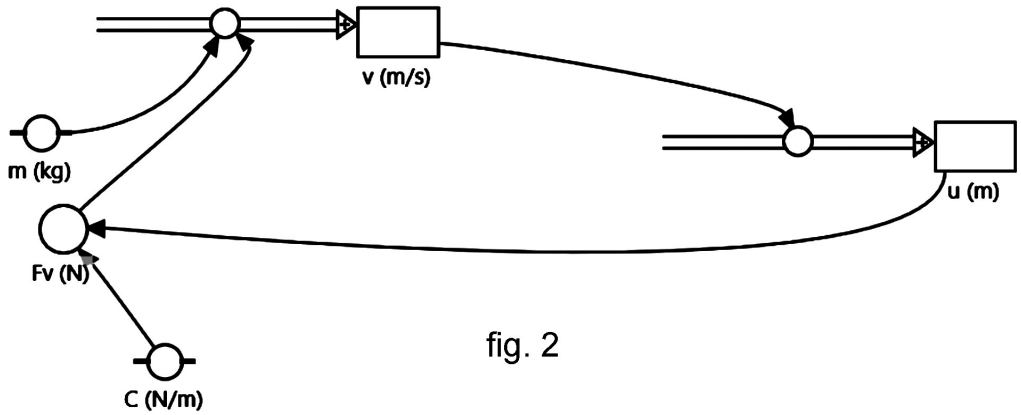


fig. 2

1p b1. Geef de formule voor a op regel 2 die in het model gebruikt moet worden.
1p b2. Geef de conditie die in de ALS ... DAN op regel 7 moet worden ingevuld.
1p b3. Leg uit of in de startwaarden u = 15 (m) of u = -15 (m) moet staan op regel 5.

2p c. Leg uit waarom de beweging niet eenparig versneld is.

In figuur 3 is het (v,t)-diagram van de beweging van B naar C weergegeven. Hierin is af te lezen dat de kar na 1,7 s weer in de evenwichtsstand is.

2p d. Toon met behulp van een berekening aan dat de beweging van B naar C inderdaad 1,7 s duurt.

Copyright © 2026 CCVX

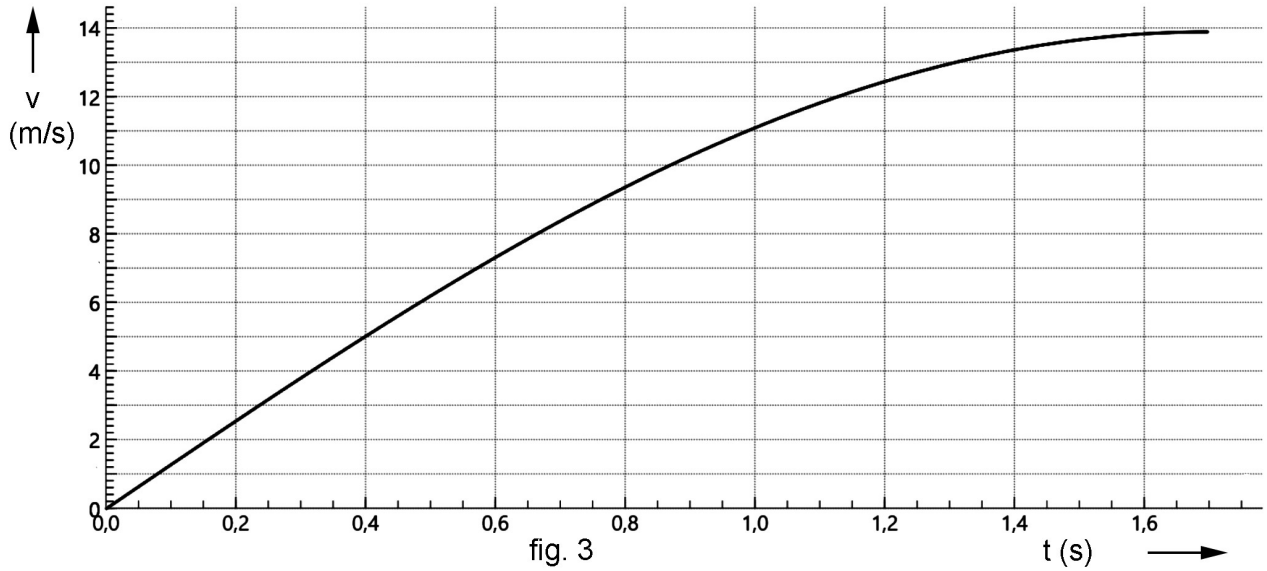


fig. 3

In figuur 4 is het verloop van de kinetische energie van de kar van B naar C weergegeven.

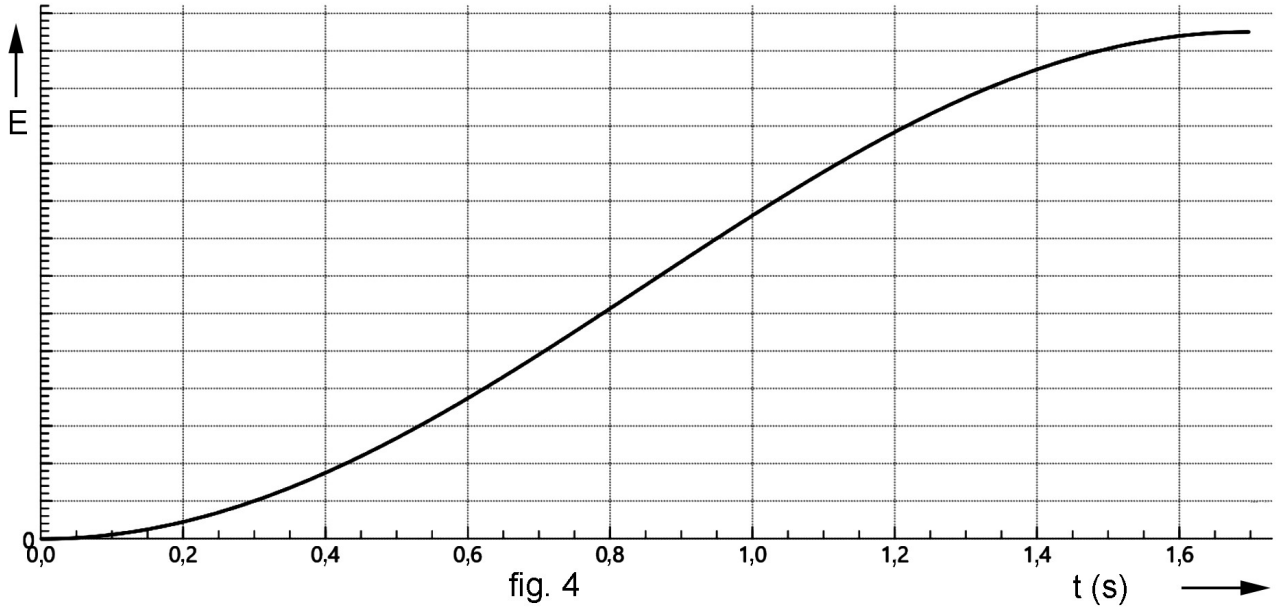


fig. 4

3p e. Leg uit waarom de periode van figuur 4 de helft is van de periode van figuur 3.

Nadat de kar met de pop een eenparige beweging van C naar D heeft uitgevoerd, botst de kar tegen het betonblok en komt in 70 ms tot stilstand. Gedurende dit tijdsinterval vertraagt de pop niet.

4p f. Bereken de gemiddelde remkracht op de kar tijdens de botsing.

Voor een beweging met een constante versnelling a geldt: $x(t) = ½ a t^2$.

De pop wordt door de veiligheidsgordels in de autostoel gehouden. Door het uitrekken van de veiligheidsgordel komt het zwaartepunt van de pop 35 cm na de botsing tot stilstand.

3p g. Bereken de gemiddelde remvertraging die de pop ondervindt totdat de pop tot stilstand is gekomen.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 2 - condensator

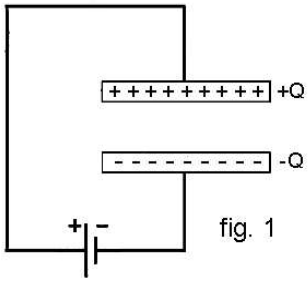


fig. 1

Een condensator wordt gebruikt om elektrische lading op te slaan.
Een condensator is opgebouwd uit twee geleidende platen met een relatief groot oppervlak, die zich dicht bij elkaar bevinden en gescheiden zijn door een niet-geleidend materiaal of vacuüm.
Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 1.

Als de condensator C wordt verbonden met een spanningsbron worden de platen van de condensator geladen met elektrische ladingen +Q en -Q.
Zolang de condensator lading opneemt, blijft de spanning U over de condensator stijgen.
Als de condensator geheel is opgeladen is de spanning over de platen van de condensator gelijk aan de spanning van de spanningsbron.

Men bouwt de schakeling van figuur 2. Met deze schakeling kan men de condensator opladen door schakelaar S_2 te openen en daarna schakelaar S_1 te sluiten. De opgeladen condensator kan men vervolgens weer ontladen over de weerstand R door S_1 te openen en daarna S_2 te sluiten.

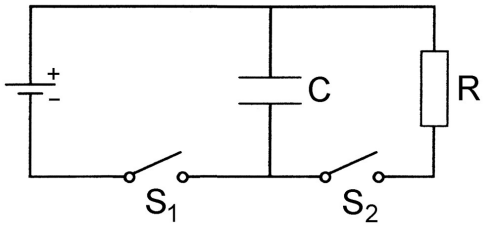


fig. 2

De spanningsbron levert een spanning van 10 V.
De waarde van de weerstand R bedraagt 750 Ω.

De condensator wordt geheel opgeladen en vervolgens ontladen.

Om de stroom tijdens het ontladen te meten, wil men een stroommeter in de schakeling opnemen.

2p a. Teken de gehele schakeling in deze situatie met de stroommeter op de juiste plaats.

Als de condensator ontladen wordt daalt de spanning die deze afgeeft. In figuur 3 is het verloop van de spanning van de condensator tegen de tijd uitgezet bij het ontladen.

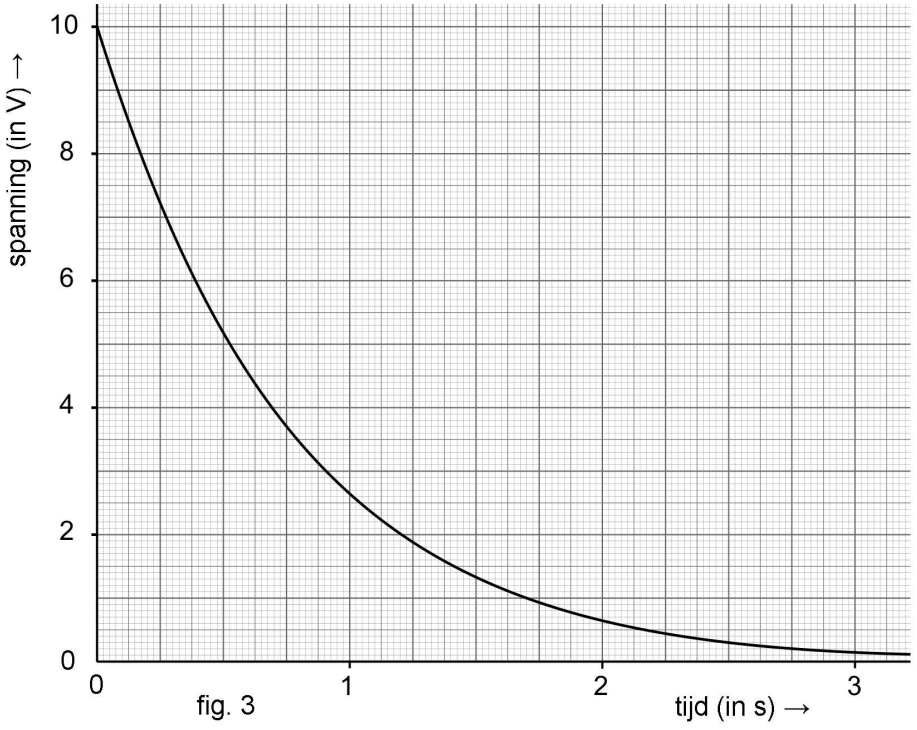


fig. 3

3p b. Bereken de ontlaadstroom direct na het sluiten van schakelaar S_2.

Copyright © 2026 CCVX

Er wordt vervolgens een LED in serie met de weerstand R aangesloten. Zie figuur 4. Schakelaar S_1 en S_2 worden gesloten.

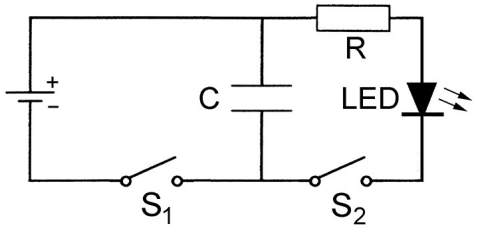


fig. 4

In figuur 5 is de U-I karakteristiek van deze LED weergegeven.

De LED gaat branden als de spanning boven de zogenaamde ‘drempelspanning’ komt. De drempelspanning van de gebruikte LED is 1,7 V.

3p c. Leg aan de hand van figuur 5 uit
– hoe groot de weerstand van de LED is bij een spanning van 1,5 V.
– hoe de weerstand van de LED verandert als de spanning boven de drempelspanning uitkomt.

Bij een LED kunnen we eigenlijk niet spreken over “de weerstand” van de LED. In plaats daarvan spreken we over een spanningsval. Neem aan dat de spanningsval over de LED gelijk is aan de drempelspanning.
Dat wil dus zeggen dat de spanning over de LED altijd 1,7 V is als deze brandt.

Als de stroomsterkte daalt onder de 1,5 mA, brandt de LED niet meer.

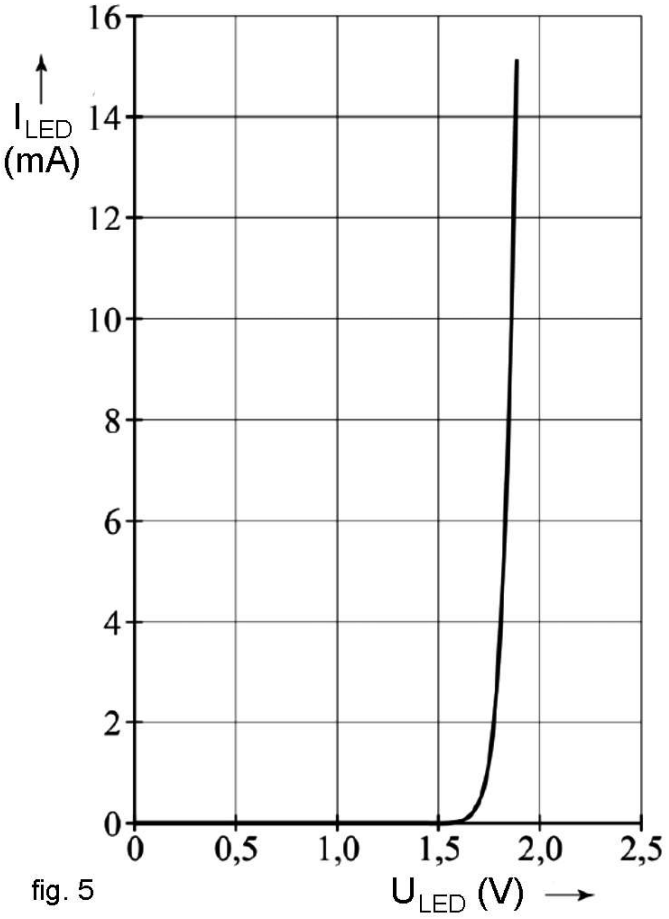


fig. 5

Copyright © 2026 CCVX

De capaciteit van een condensator is de eigenschap om elektrische lading op te slaan bij een bepaalde spanning. Hoe meer lading een condensator per Volt kan opslaan hoe groter zijn capaciteit is. De capaciteit wordt gemeten in de eenheid Farad.
Er geldt de volgende formule:

$C = Q / U$ Hierin is C de capaciteit van de condensator in Farad,
Q de lading in Coulomb en
U de spanning in Volt.

Je kan een condensator dus zien als een oplaadbare mini-batterij. Op een oplaadbare batterij staat ook altijd de "*capaciteit*" van de batterij weergegeven. Dit staat dan meestal vermeld in de eenheid mAh. Deze "*capaciteit*" heeft een andere eenheid dan Farad.
Als een batterij 800 mAh "*capaciteit*" heeft kan hij gedurende 1 uur 800 mA leveren óf gedurende 4 uur 200 mA.

Let op: de capaciteit van een condensator is wat anders dan de "*capaciteit*" van een batterij. Daarom schrijven we "*capaciteit*" tussen aanhalingstekens en cursief in deze opgave wanneer we de capaciteit van de batterij bedoelen.

3p d. Leid de eenheid van de bovengenoemde "*capaciteit*" in mAh af in basisgrootheden van het S.I. zoals deze in tabel 3 van Binas staan.

Bekijk opnieuw figuur 4. S_2 blijft open, S_1 wordt gesloten waardoor de condensator wordt opgeladen. Als de condensator is opgeladen wordt S_1 geopend. Door daarna S_2 te sluiten ontlaadt de condensator zich via de weerstand en de LED. De LED begint te branden.

De condensator C heeft een capaciteit van 1,0 mF, weerstand R is 750 Ω en de spanningsbron levert een spanning van 10 V.

4p e. Toon aan dat de LED 0,95 s na het sluiten van S_2 weer uitgaat.

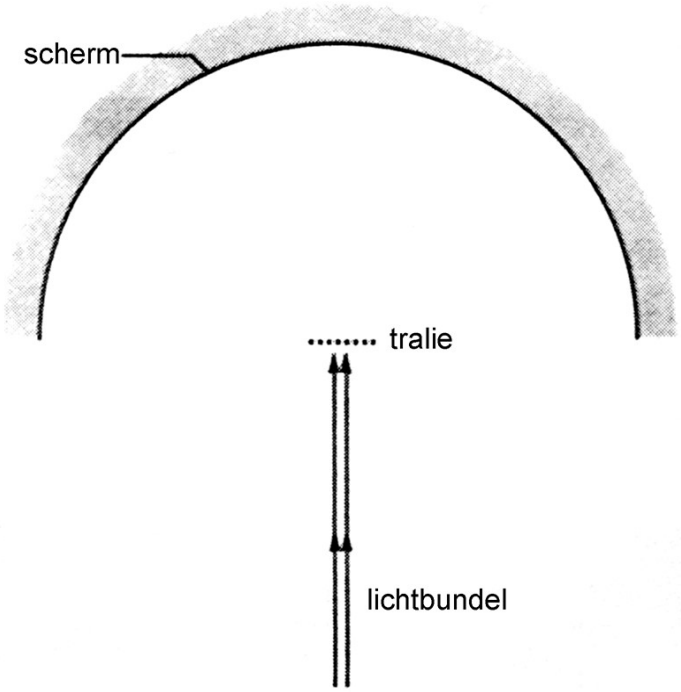
Nu is met figuur 3 ook de bij onderdeel d bedoelde "*capaciteit*" te bepalen.

2p f1. Bepaal met behulp van figuur 3 de gemiddelde spanning in de periode van t = 0 tot t = 0,95 s.
1p f2. Bereken hiermee de "*capaciteit*" in mAh.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 3 - licht

Loodrecht op een tralie laat men achtereenvolgens verschillende soorten licht vallen.
Het tralie heeft 200 spleten per mm.
Achter het tralie staat een halfcirkelvormig scherm. zodat steeds het gehele interferentiepatroon op het scherm valt.
Het geheel is schematisch weergegeven in de figuur.



Eerst laat men laserlicht met een golflengte van 633 nm op het tralie vallen.

4p a. Bereken hoeveel maxima er op het scherm zichtbaar zijn.

Vervolgens laat men een smalle bundel wit licht op het tralie vallen. De bundel bevat alleen zichtbaar licht waarvan de golflengten tussen 400 nm en 700 nm liggen.
Op het scherm worden nu kleurenspectra zichtbaar. In het midden van het scherm is een witte lijn zichtbaar.

2p b. Verklaar het ontstaan van de witte lijn.

4p c. Beredeneer of de spectra de rode dan wel de violette kant naar de witte lijn gekeerd hebben.

In water is de snelheid van het licht kleiner dan in lucht. Men wil onderzoeken of dit van invloed is op wat men op het scherm ziet.
Men plaatst het geheel op de bodem van een aquarium dat met water gevuld is.

4p d. Leg uit of er iets verandert op het scherm met de witte lijn en de gekleurde spectra. Zo ja, leg uit wat er verandert en waarom, zo nee, leg uit waarom niet.

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 4 - neutrino’s

Neutrino's zijn elementaire, elektrisch ongeladen deeltjes die vrijwel ongehinderd door materie heen reizen. Ze worden onder andere geproduceerd tijdens kernfusiereacties in kerncentrales.

De massa van neutrino’s is zeer moeilijk te meten omdat de massa extreem klein is.
Stel dat neutrino’s een massa van $2 \cdot 10^{-37}$ kg hebben.

4p a. Bereken het energie-equivalent van de geschatte massa in eV.
Geef het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Deeltjes met massa kunnen de lichtsnelheid (net) niet bereiken.
Stel dat neutrino’s een snelheid hebben van 99,995% van de lichtsnelheid.

3p b. Bereken de De Broglie-golflengte van deze neutrino’s.

Een neutrinodetector bestaat onder meer uit een ondergronds reservoir met een grote hoeveelheid water. In de watermoleculen komen vooral zuurstofatomen voor van het isotoop O-16. Als een neutrino tegen een deeltje in de kern van een zuurstofatoom botst, kan het neutrino “verdwijnen” en verlaat een elektron de kern van het zuurstofatoom. Hieronder staat het eerste deel van deze reactievergelijking, hierin wordt het neutrino aangegeven met het symbool ν.

$$^{16}_{8}\mathrm{O} \quad + \quad ^{0}_{0}\nu \quad \longrightarrow \ \ldots \quad + \quad \ldots$$

4p c. Neem deze vergelijking over en maak deze reactievergelijking compleet.

Een kerncentrale produceert $1{,}1 \cdot 10^{20}$ neutrino’s per seconde. Deze neutrino’s verlaten de centrale gelijkmatig in alle richtingen. Op 1,5 km afstand van de kerncentrale staat een neutrinodetector.

3p d. Bereken het aantal door de centrale geproduceerde neutrino’s dat per seconde per m^2 de detector bereikt.

Lees verder op de volgende bladzijde ☞

Copyright © 2026 CCVX

OPGAVE 5 - ballonnen

In een mand hangend onder een heteluchtballon kan men toertochten maken door de lucht.
Voordat de ballon kan opstijgen moet deze gevuld worden met hete lucht. Dat gebeurt met behulp van een grote ventilator die hete lucht in de ballon blaast terwijl deze uitgespreid ligt op de grond.
Als de ballon opgeblazen is heeft deze een diameter van 18 meter. Het volume is te benaderen door het volume van een bol.

De ventilator heeft een elektrisch vermogen van 750 W en blaast in 25 minuten lucht in de ballon waarna hij vol en bolvormig is. De dichtheid van de lucht is 1,18 kg m^{-3}.
De ventilator geeft de lucht een snelheid van 6,0 m s^{-1}.

4p a. Bereken welk percentage van de elektrische energie omgezet wordt in bewegingsenergie van de lucht.

Naast deze heteluchtballon is er nog een tweede ballon. Deze ballon heeft een andere afmeting. De temperatuur van de buitenlucht is 22 ºC. De luchtdruk is 1009 hPa.
De massa van 1 mol lucht is 29 g. Neem aan dat het volume van de ballon na het opblazen constant 2800 m^3 is. Vlak voor het opstijgen verwarmt men de lucht in de ballon met een grote gasbrander.

Door het verwarmen zet de lucht in de ballon uit en ontsnapt gedeeltelijk uit de ballon. Hierdoor komt de ballon los van de grond en bevindt zich even later boven de mand.
Als er 581 kg lucht ontsnapt is, is de ballon zoveel lichter geworden dat de mand net loskomt van de grond.
Met touwen aan de mand wordt voorkomen dat de ballon met mand al opstijgt.
De lucht in de ballon mag beschouwd worden als een ideaal gas.

3p b1. Bereken de massa van de lucht in de ballon als deze nog niet is verwarmd.
2p b2. Toon aan dat de temperatuur van de lucht in de ballon als de mand net loskomt van de grond gelijk is aan 84 °C.

De tweede ballon is te benaderen door een bol met een diameter van 17,5 m.
Het materiaal waar de ballon van gemaakt is heeft een speciale warmte-reflecterende coating en daarmee een effectieve warmtegeleidingscoëfficient van 0,012 W m^{-1} K^{-1}.
De dikte van dit materiaal is 0,54 mm.

4p c. Bereken de warmtestroom door de ballon naar de buitenlucht.

EINDE

Copyright © 2026 CCVX