

BOSWELL-BÈTA

James Boswell Examen natuurkunde vwo

Datum:

Tijd: 3 uur

Aantal opgaven: 5

Aantal vragen: 24

Aantal bijlagen: 2 (bij opgave 1 en 2)

Totaal aantal punten: 71

- Vermeld op ieder vel je naam.
- Maak iedere opgave op een apart vel.
- Laat bij iedere opgave door middel van een berekening of motivatie zien hoe het antwoord is verkregen.
- Aan een antwoord zonder toelichting worden geen punten toegekend.
- Antwoorden met een fout in de significantie van meer dan één cijfer in de groot- of eenheden of in een combinatie hiervan levert een punt aftrek per afzonderlijke vraag op.
- Schrijf goed leesbaar met inkt. Het gebruik van tipp-ex e.d. of het schrijven met potlood is niet toegestaan.
- Gebruik uitsluitend een potlood voor het maken van een tekening.
- Eventuele aanvullende gegevens zijn te vinden in BINAS 6e druk.

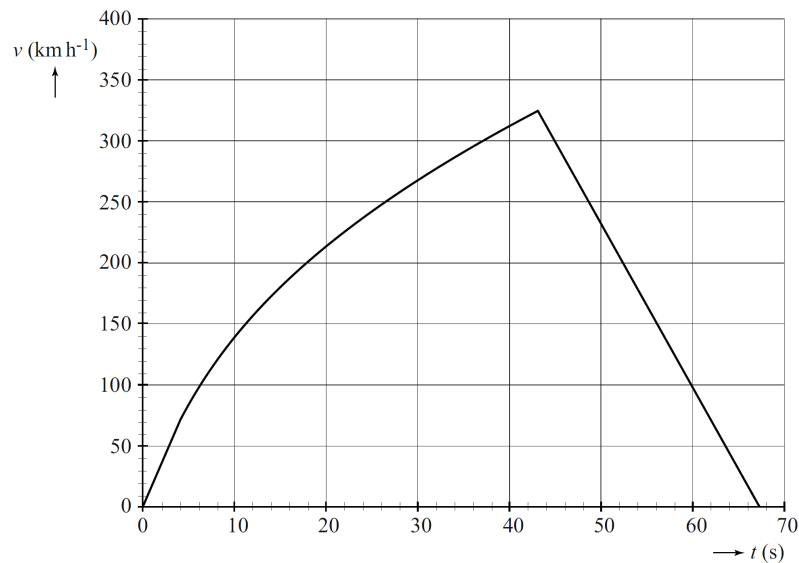
OPGAVE 1 REJECTED TAKE OFF

Vliegtuigen worden regelmatig onderworpen aan zware testen. Een voorbeeld van zo'n test is de Rejected Take Off (RTO).

Tijdens een RTO versnelt een vliegtuig tot de snelheid die nodig is om op te stijgen. Daarna wordt er zo hard mogelijk geremd. Tijdens deze noodstop worden de remmen soms zó heet dat ze in brand kunnen vliegen. Zie de figuur.



In onderstaande figuur is het (v,t) -diagram van een RTO-test gegeven. Dit diagram staat ook in de bijlage.



In de eerste vier seconden is de versnelling van het vliegtuig constant.

- a. (3p) Bepaal deze versnelling met behulp van het (v,t) -diagram in de bijlage.

De test is uitgevoerd op een baan met een lengte van 4,00 km.

- b. (3p) Leg met behulp van het (v,t) -diagram in de bijlage uit dat deze baan lang genoeg is voor deze test.

Het vliegtuig heeft een massa van $5,9 \cdot 10^5$ kg. De motoren gebruiken kerosine als brandstof. Bij verbranding levert $1,0 \text{ m}^3$ kerosine $35,5 \cdot 10^9$ J. Het rendement van de motoren is 40%.

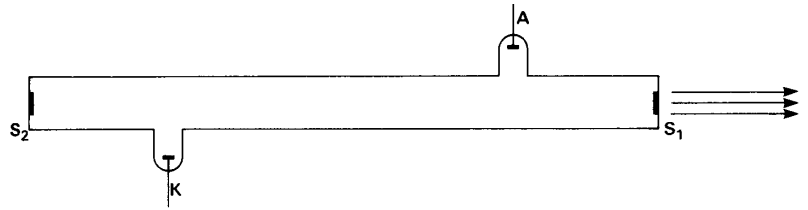
- c. (4p) Bepaal hoeveel liter kerosine de motoren minimaal nodig hebben om het vliegtuig de maximale snelheid te geven.

Het vliegtuig heeft 20 wielen; ieder wiel heeft één rem.

- d. (3p) Bepaal met behulp van het (v,t) -diagram in de bijlage de remkracht die één wiel uitoefent tijdens het afremmen.

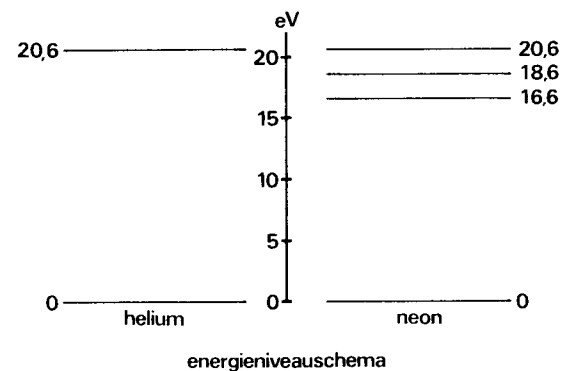
OPGAVE 2 Lasers in de gezondheidszorg

Een helium-neon gaslaser bestaat uit een cilindervormige glazen buis met aan de uiteinden twee evenwijdige vlakke spiegels S_1 en S_2 . Zie de figuur rechts.



In uitstulpingen van de buis zijn een kathode K en een anode A aangebracht die op een hoge gelijkspanning worden aangesloten. In de met helium en neon gevulde buis ontstaat dan een gasontlading.

In de figuur rechts zijn de energieniveauschema's van helium en neon vereenvoudigd weergegeven. De toestand 0 eV is de grondtoestand. In de gasontlading botsen versnelde elektronen tegen neon- en heliumatomen. Veel van deze atomen komen daardoor in hun eerste aangeslagen toestand: neon in de toestand 16,6 eV en helium in de toestand 20,6 eV.



Midden in de buis is de elektrische veldsterkte $5,0 \cdot 10^3$ V/m en bij benadering gericht langs de as van de buis van S_1 naar S_2 .

- a. (3p) Bereken over welke afstand in dit gebied een elektron van rust uit moet worden versneld om een stilstaand neonatoom uit de grondtoestand tot het energieniveau 16,6 eV aan te slaan.

In de gasontlading komen relatief weinig neonatomen door botsing met elektronen in de hogere aangeslagen toestand 20,6 eV. Toch is het voor een goede werking van de laser noodzakelijk om veel neonatomen in deze aangeslagen toestand 20,6 eV te krijgen. Dat wordt bereikt door de aanwezigheid van een overmaat aan heliumatomen in de buis. Een heliumatoom in de aangeslagen toestand 20,6 eV kan namelijk, via een botsing met een neonatoom dat in de grondtoestand verkeert, zijn inwendige energie van 20,6 eV volledig overdragen aan het neonatoom dat daardoor in de gewenste energietoestand 20,6 eV komt.

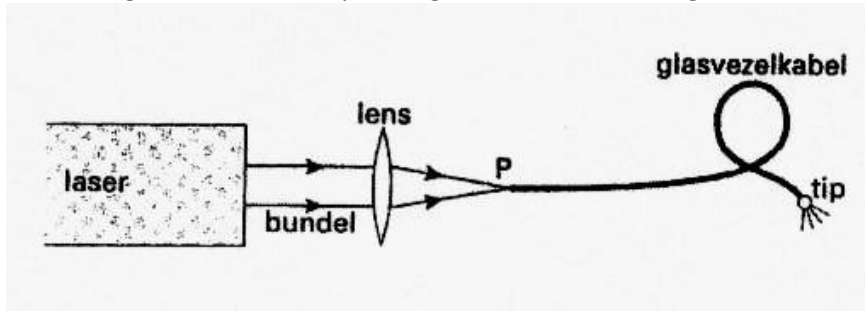
Als daarna dit aangeslagen neonatoom uit de toestand 20,6 eV terugvalt naar de toestand 18,6 eV, komt er een foton vrij dat het karakteristieke rode licht van een helium-neon laser veroorzaakt.

- b. (3p) Bereken de golflengte van dit rode licht.

Om licht uit de laser te laten treden, maakt men spiegel S_1 voor 1,0% doorlatend, terwijl spiegel S_2 alle fotonen terugkaatst. De uit S_1 tredende laserbundel heeft een vermogen van 0,50 mW.

- c. (3p) Bereken het aantal fotonen van 2,0 eV dat per seconde S_1 bereikt.

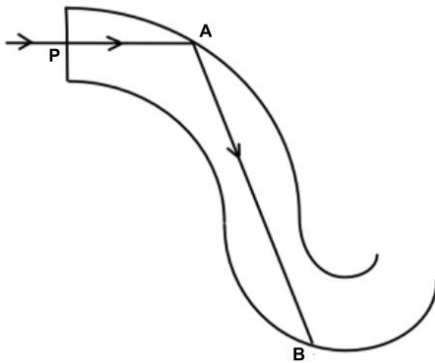
Lasers met grote vermogens kunnen worden gebruikt als operatiemes. Het laserlicht moet dan van de laser naar de huid van de patiënt worden geleid. Daarvoor gebruikt men de opstelling van onderstaande figuur.



De evenwijdige bundel laserlicht brengt men met behulp van een lens in het punt P samen.

Punt P ligt midden op een glasvezelkabel die ervoor zorgt dat het licht naar de zogenaamde tip wordt geleid. Deze tip plaatst men vlakbij de huid van de patiënt.

Een glasvezelkabel is gemaakt van glas met een grote brekingsindex omdat binnen de kabel totale reflectie plaats moet vinden. In onderstaande figuur is een lichtstraal getekend die de glasvezelkabel bij P binnengaat. Bij A vindt totale reflectie plaats. De figuur staat ook op de bijlage.



- d. (4p) Bepaal met behulp van de figuur in de bijlage de minimum waarde van de brekingsindex van het glas, zodat ook bij punt B totale reflectie optreedt.

Als men de tip bij de huid van de patiënt houdt, zal de huid op die plek sterk verhit worden. De tip kan zo gebruikt worden om in de huid van de patiënt te snijden.

De lichtbundel die uit de tip komt, heeft een vermogen van 48 W.

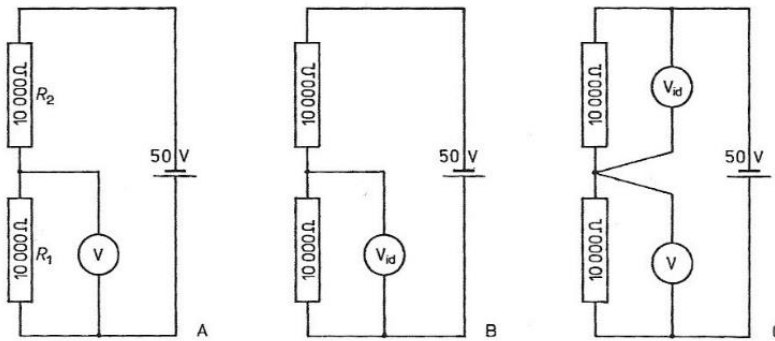
Men richt de bundel op de huid. Het stukje huid dat dit laserlicht absorbeert, heeft een massa van 0,013 gram. De soortelijke warmte van huid is $3,7 \cdot 10^3$ J/kgK. Neem aan dat al het laserlicht door dit stukje huid wordt geabsorbeerd.

- e. (3p) Bereken de temperatuurstijging van dit stukje huid in 95 ms.

OPGAVE 3 De voltmeter

In de onderstaande figuur is V_{id} een ideale voltmeter. Dat wil zeggen dat de weerstand van de voltmeter zo groot is, dat de stroomsterkte erdoor te verwaarlozen is. V is een niet-ideale voltmeter.

De voltmeter in schakeling A geeft 20 Volt aan.



- (4p) Bereken in schakeling A de weerstand van de voltmeter V .
- (2p) Bereken de spanning die de ideale voltmeter aanwijst in schakeling B.
- (2p) Bereken de spanningen die de voltmeters aanwijzen in schakeling C.
- (2p) Leg uit of de spanningsbron in schakeling A meer, minder of evenveel vermogen levert vergeleken met het geleverde vermogen in schakeling B.

Opgave 4 Slijtage in een stalen lager

Om de slijtage in een stalen kogellager te bepalen, gaat men als volgt te werk: Het stalen lager met een massa van 140 gram wordt gedurende een zekere tijd in een kernreactor aan neutronenbestraling blootgesteld. Door deze bestraling treden in het materiaal kernreacties op, waarbij de isotopen ^{56}Mn en ^{59}Fe worden gevormd.



Beide isotopen zijn homogeen verdeeld over het lager. Beide isotopen zijn radioactief en vervallen onder uitzending van bètastraling (β^-). De halveringstijd van ^{56}Mn is 2,57 uur, die van ^{59}Fe 45 dagen.

- a. (3p) Geef de vervalvergelijking van ^{59}Fe .

Direct na de neutronenbestraling bedraagt de totale activiteit van het gevormde ^{56}Mn en ^{59}Fe in het kogellager $4,2366 \cdot 10^{10}$ Bq.

Na 54 uur wordt er opnieuw gemeten: de activiteit van het ^{59}Fe bedraagt dan $5,467 \cdot 10^8$ Bq.

- b. (2p) Waarom kan je er na 54 uur van uitgaan dat je alleen nog verval van ^{59}Fe meet?
- c. (3p) Bereken de beginactiviteit van ^{56}Mn direct na de bestraling.

Het lager is na afloop van de bestraling in een machine gemonteerd. Vervolgens heeft men de machine 48 uur na het beëindigen van de bestraling zes uur laten draaien. Tijdens dit draaien is het lager aan slijtage onderhevig; kleine metaaldeeltjes komen van het lager los en verzamelen zich in het lagervet.

Na het draaien wordt het lager gedemonteerd. Het lagervet wordt opgelost en na filtreren wordt het slijtgestof verzameld. Het slijtgestof wordt aangebracht op het venster van een Geiger-Müller-buis die met de bijbehorende telapparatuur is verbonden. Van alle tijdens het radioactieve vervalproces uitgezonden deeltjes wordt in deze meetopstelling 40% geteld.

Zonder preparaat wijst de teller 112 pulsen aan in een meetperiode van 10,0 minuten. Na het aanbrengen van het slijtgestof telt de teller 1410 pulsen in een periode van 10,0 minuten.

- d. (2p) Verklaar waardoor de telapparatuur ook zonder de aanwezigheid van het radioactief materiaal straling detecteert.
- e. (3p) Toon aan dat de activiteit van het slijtgestof 5,41 Bq bedraagt.
- f. (4p) Bereken hoeveel μg lagermateriaal per uur bedrijfstijd door slijtage van het lager loskomt.

OPGAVE 5 Exoplaneet

Op 3 februari 2009 meldde ESA (European Space Agency) de ontdekking van de exoplaneet Corot-exo-7b. Een exoplaneet is een planeet die niet om de zon maar om een (andere) ster draait, een planeet in een ander zonnestelsel dus. In de tabel hieronder staat een aantal gegevens van deze planeet en zijn 'zon'.

Naam ster	Corot-exo-7	Naam planeet	Corot-exo-7b
afstand	140 pc	ontdekt in	2009
type	K0V	massa	$5 \text{ à } 10M_{\text{aarde}}$
schijnbare magnitude	11,7	straal planeet	$1,8R_{\text{aarde}}$
leeftijd	$1,1 \cdot 10^9$ jaar	straal planeetbaan	$2,54 \cdot 10^9$ m
effectieve temperatuur	5300 K	omlooptijd	0,83 dagen

Corot-exo-7b is de kleinste exoplaneet die tot nu toe is waargenomen. Zijn straal is maar 1,8 maal zo groot als die van de aarde. Voor het volume van een bol met straal r geldt $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

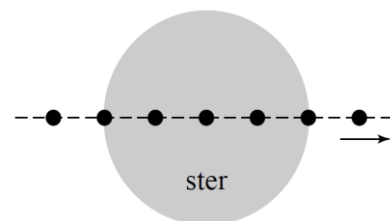
Over de massa van de planeet bestaat nog veel onzekerheid. Zie de tabel.

Veronderstel dat de exoplaneet 'aardachtig' is, dat wil zeggen dat de dichtheid van de planeet (ongeveer) gelijk is aan die van de aarde.

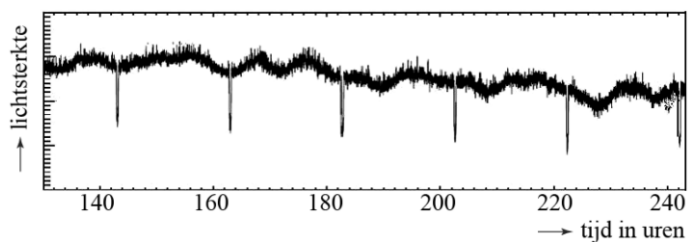
- a. (3p) Bereken in dat geval de massa van de planeet, uitgedrukt in de massa van de aarde.

figuur 1

Corot-exo-7b is ontdekt met behulp van de transitmethode. Telkens als de planeet in zijn baan voor de ster langs komt (zie figuur 1), dekt hij een klein deel van de ster af. Daardoor verandert de lichtsterkte van de ster periodiek. Zie figuur 2.



figuur 2



Een 'jaar' duurt op deze planeet erg kort.

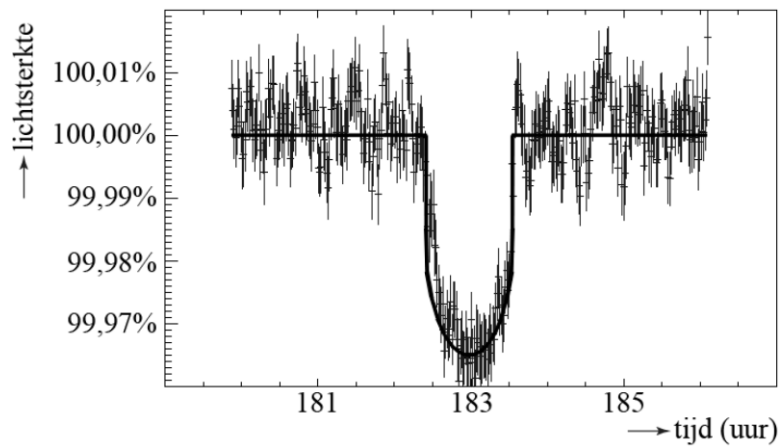
- b. (3p) Bepaal met behulp van figuur 2 hoe lang een 'jaar' op deze planeet duurt. Ga na of je antwoord overeenkomt met de waarde die in de tabel is opgegeven.

Uit de gegevens in de tabel kan men de baansnelheid van de exoplaneet berekenen.

- c. (3p) Toon dat de baansnelheid van de exoplaneet $2,2 \cdot 10^2$ km/s is.

In figuur 3 is een deel van figuur 2 uitvergroot. De getrokken lijn is de trendlijn door de meetpunten.

figuur 3



- d. (3p) Bepaal met behulp van figuur 3 de diameter van de ster. Neem daarbij aan dat de diameter van de planeet te verwaarlozen is ten opzichte van de diameter van de ster.

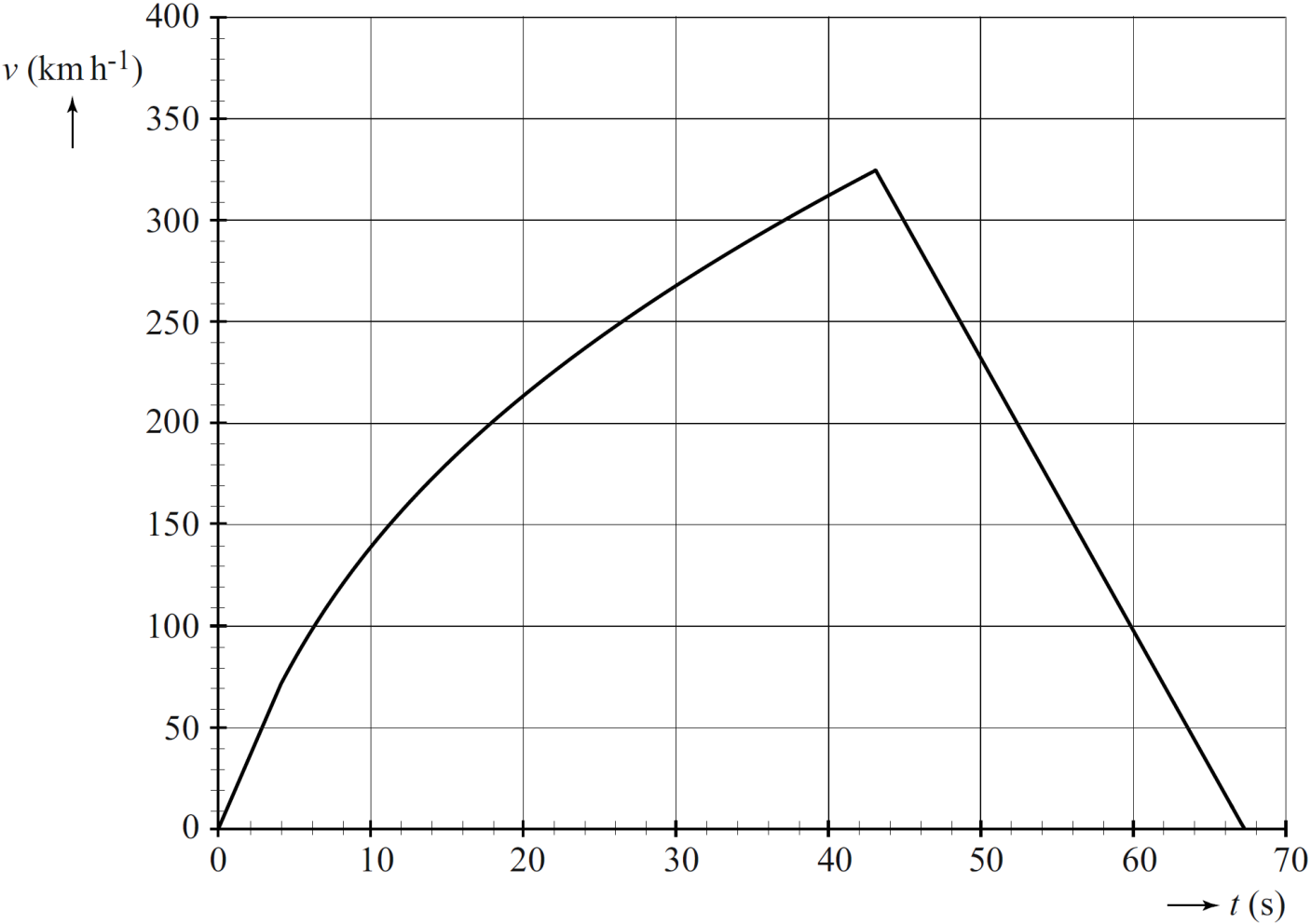
In de tabel staat de effectieve temperatuur (oppervlaktetemperatuur) van de ster waar de planeet omheen draait.

- e. (3p) Leg uit of de kleur van deze ster roder of blauwer is dan die van de zon.

EINDE

Bijlage bij opgave 1

Naam



Bijlage bij opgave 2

Naam

