Correctievoorschrift VWO

2017

tijdvak 2

natuurkunde

Het correctievoorschrift bestaat uit:
1 Regels voor de beoordeling
2 Algemene regels
3 Vakspecifieke regels
4 Beoordelingsmodel
5 Aanleveren scores

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VO.
Voorts heeft het College voor Toetsen en Examens op grond van artikel 2 lid 2d van de Wet College voor toetsen en examens de Regeling beoordelingsnormen en bijbehorende scores centraal examen vastgesteld.
Voor de beoordeling zijn de volgende aspecten van de artikelen 36, 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit VO van belang:
1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen en het proces-verbaal van het examen toekomen aan de examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het proces-verbaal en de regels voor het bepalen van de score onverwijld aan de directeur van de school van de gecommitteerde toekomen. Deze stelt het ter hand aan de gecommitteerde.

natuurkundeuitgelegd.nl

3 De gecommitteerde beoordeelt het werk zo spoedig mogelijk en past de beoordelingsnormen en de regels voor het bepalen van de score toe die zijn gegeven door het College voor Toetsen en Examens.
De gecommitteerde voegt bij het gecorrigeerde werk een verklaring betreffende de verrichte correctie. Deze verklaring wordt mede ondertekend door het bevoegd gezag van de gecommitteerde.
4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het behaalde aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
5 Indien de examinator en de gecommitteerde daarbij niet tot overeenstemming komen, wordt het geschil voorgelegd aan het bevoegd gezag van de gecommitteerde. Dit bevoegd gezag kan hierover in overleg treden met het bevoegd gezag van de examinator. Indien het geschil niet kan worden beslecht, wordt hiervan melding gemaakt aan de inspectie. De inspectie kan een derde onafhankelijke corrector aanwijzen. De beoordeling van deze derde corrector komt in de plaats van de eerdere beoordelingen.

2 Algemene regels

Voor de beoordeling van het examenwerk zijn de volgende bepalingen uit de regeling van het College voor Toetsen en Examens van toepassing:
1 De examinator vermeldt op een lijst de namen en/of nummers van de kandidaten, het aan iedere kandidaat voor iedere vraag toegekende aantal scorepunten en het totaal aantal scorepunten van iedere kandidaat.
2 Voor het antwoord op een vraag worden door de examinator en door de gecommitteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het bij de toets behorende correctievoorschrift. Scorepunten zijn de getallen 0, 1, 2, ..., n, waarbij n het maximaal te behalen aantal scorepunten voor een vraag is. Andere scorepunten die geen gehele getallen zijn, of een score minder dan 0 zijn niet geoorloofd.
3 Scorepunten worden toegekend met inachtneming van de volgende regels:
3.1 indien een vraag volledig juist is beantwoord, wordt het maximaal te behalen aantal scorepunten toegekend;
3.2 indien een vraag gedeeltelijk juist is beantwoord, wordt een deel van de te behalen scorepunten toegekend in overeenstemming met het beoordelingsmodel;
3.3 indien een antwoord op een open vraag niet in het beoordelingsmodel voorkomt en dit antwoord op grond van aantoonbare, vakinhoudelijke argumenten als juist of gedeeltelijk juist aangemerkt kan worden, moeten scorepunten worden toegekend naar analogie of in de geest van het beoordelingsmodel;
3.4 indien slechts één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, wordt uitsluitend het eerstgegeven antwoord beoordeeld;
3.5 indien meer dan één voorbeeld, reden, uitwerking, citaat of andersoortig antwoord gevraagd wordt, worden uitsluitend de eerstgegeven antwoorden beoordeeld, tot maximaal het gevraagde aantal;
3.6 indien in een antwoord een gevraagde verklaring of uitleg of afleiding of berekening ontbreekt dan wel foutief is, worden 0 scorepunten toegekend tenzij in het beoordelingsmodel anders is aangegeven;

natuurkundeuitgelegd.nl

3.7 indien in het beoordelingsmodel verschillende mogelijkheden zijn opgenomen, gescheiden door het teken /, gelden deze mogelijkheden als verschillende formuleringen van hetzelfde antwoord of onderdeel van dat antwoord;
3.8 indien in het beoordelingsmodel een gedeelte van het antwoord tussen haakjes staat, behoeft dit gedeelte niet in het antwoord van de kandidaat voor te komen;
3.9 indien een kandidaat op grond van een algemeen geldende woordbetekenis, zoals bijvoorbeeld vermeld in een woordenboek, een antwoord geeft dat vakinhoudelijk onjuist is, worden aan dat antwoord geen scorepunten toegekend, of tenminste niet de scorepunten die met de vakinhoudelijke onjuistheid gemoeid zijn.

4 Het juiste antwoord op een meerkeuzevraag is de hoofdletter die behoort bij de juiste keuzemogelijkheid. Voor een juist antwoord op een meerkeuzevraag wordt het in het beoordelingsmodel vermelde aantal scorepunten toegekend. Voor elk ander antwoord worden geen scorepunten toegekend. Indien meer dan één antwoord gegeven is, worden eveneens geen scorepunten toegekend.

5 Een fout mag in de uitwerking van een vraag maar één keer worden aangerekend, tenzij daardoor de vraag aanzienlijk vereenvoudigd wordt en/of tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.

6 Een zelfde fout in de beantwoording van verschillende vragen moet steeds opnieuw worden aangerekend, tenzij in het beoordelingsmodel anders is vermeld.

7 Indien de examinator of de gecommitteerde meent dat in een examen of in het beoordelingsmodel bij dat examen een fout of onvolkomenheid zit, beoordeelt hij het werk van de kandidaten alsof examen en beoordelingsmodel juist zijn. Hij kan de fout of onvolkomenheid mededelen aan het College voor Toetsen en Examens. Het is niet toegestaan zelfstandig af te wijken van het beoordelingsmodel. Met een eventuele fout wordt bij de definitieve normering van het examen rekening gehouden.

8 Scorepunten worden met inachtneming van het correctievoorschrift toegekend op grond van het door de kandidaat gegeven antwoord op iedere vraag. Er worden geen scorepunten vooraf gegeven.

9 Het cijfer voor het centraal examen wordt als volgt verkregen.
Eerste en tweede corrector stellen de score voor iedere kandidaat vast. Deze score wordt meegedeeld aan de directeur.
De directeur stelt het cijfer voor het centraal examen vast op basis van de regels voor omzetting van score naar cijfer.

NB1 Het College voor Toetsen en Examens heeft de correctievoorschriften bij regeling vastgesteld. Het correctievoorschrift is een zogeheten algemeen verbindend voorschrift en valt onder wet- en regelgeving die van overheidswege wordt verstrekt. De corrector mag dus niet afwijken van het correctievoorschrift.

NB2 Het aangeven van de onvolkomenheden op het werk en/of het noteren van de behaalde scores bij de vraag is toegestaan, maar niet verplicht.
Evenmin is er een standaardformulier voorgeschreven voor de vermelding van de scores van de kandidaten.
Het vermelden van het schoolexamencijfer is toegestaan, maar niet verplicht.
Binnen de ruimte die de regelgeving biedt, kunnen scholen afzonderlijk of in gezamenlijk overleg keuzes maken.

natuurkundeuitgelegd.nl

NB3 Als het College voor Toetsen en Examens vaststelt dat een centraal examen een onvolkomenheid bevat, kan het besluiten tot een aanvulling op het correctievoorschrift. Een aanvulling op het correctievoorschrift wordt zo spoedig mogelijk nadat de onvolkomenheid is vastgesteld via Examenblad.nl verstuurd aan de examensecretarissen.
Soms komt een onvolkomenheid pas geruime tijd na de afname aan het licht. In die gevallen vermeldt de aanvulling:

NB
Als het werk al naar de tweede corrector is gezonden, past de tweede corrector deze aanvulling op het correctievoorschrift toe.

Een onvolkomenheid kan ook op een tijdstip geconstateerd worden dat een aanvulling op het correctievoorschrift te laat zou komen.
In dat geval houdt het College voor Toetsen en Examens bij de vaststelling van de N-term rekening met de onvolkomenheid.

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 75 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.

2 Het laatste scorepunt, aangeduid met ‘completeren van de berekening/bepaling’, wordt niet toegekend als:
- een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst gemaakt is (zie punt 3),
- een of meer rekenfouten gemaakt zijn,
- de eenheid van een uitkomst niet of verkeerd vermeld is, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is, (In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes.)
- antwoordelementen foutief met elkaar gecombineerd zijn,
- een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening/bepaling tot gevolg heeft.

3 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.

4 Het scorepunt voor het gebruik van een formule wordt toegekend als de kandidaat laat zien kennis te hebben van de betekenis van de symbolen uit de formule. Dit blijkt als:
- de juiste formule is geselecteerd, én
- voor minstens één symbool een waarde is ingevuld die past bij de betreffende grootheid.

natuurkundeuitgelegd.nl

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores

Rookmelder

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$^{238}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{239}_{92}\text{U}$

$^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{241}_{95}\text{Am} + {}^{0}_{-1}\text{e}$

- inzicht dat in de eerste reactie een neutron links van de pijl staat 1
- inzicht dat in de tweede reactie een elektron rechts van de pijl staat 1
- elementsymbolen juist en massagetallen en nucleonen links en rechts gelijk in beide vergelijkingen 1

2 maximumscore 4

uitkomst: $m = 2{,}9 \cdot 10^{-10}$ kg

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$.

Invullen levert: $37 \cdot 10^{3} = \frac{\ln 2}{432 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} N$.

Dit levert: $N = 7{,}27 \cdot 10^{14}$ deeltjes.

Dan volgt: $m = N \cdot 241 \cdot \text{u} = 7{,}27 \cdot 10^{14} \cdot 241 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 2{,}9 \cdot 10^{-10}$ kg.

- gebruik van $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ 1
- opzoeken van de halveringstijd 1
- inzicht dat $m = N \cdot 241 \cdot \text{u}$ 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

3 maximumscore 3

uitkomst: $I = 9{,}8 \cdot 10^{-10}$ A

voorbeeld van een berekening:
Per seconde ontstaan $37 \cdot 10^3$ deeltjes. Elk deeltje heeft een energie van $5{,}6 \cdot 10^6$ eV. Dus geldt voor het aantal ionisaties per seconde:

$n = 37 \cdot 10^3 \cdot \frac{5{,}6 \cdot 10^6}{34} = 6{,}1 \cdot 10^9$ (s^{-1}).

Dus geldt voor de stroomsterkte: $I = 6{,}1 \cdot 10^9 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 9{,}8 \cdot 10^{-10}$ A.

- inzicht dat per deeltje $\frac{E_\alpha}{E_{ion}}$ ionisaties plaatsvinden 1
- inzicht dat $I = nq$ 1
- completeren van de berekening 1

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Bij **Marieke** hoort figuur II. Het signaal gaat naar beneden omdat de detector minder licht detecteert. Er zit ruis op het hoge en lage signaal. Bij **Hugo** hoort figuur III. Eerst is er geen straling en is er geen signaal en later is er wel een signaal. Als er geen straling is, zit er nauwelijks ruis op het signaal.
– **Hugo** heeft gelijk omdat het niveauverschil tussen geen straling en een beetje straling (met ruis) goed te zien is. Bij figuur II heeft het signaal overlap tussen het lage en hoge signaal en gaat het alarm niet af of is er vaak vals alarm.

- inzicht dat de mening van Marieke bij figuur II hoort 1
- toelichting dat het signaalverschil bij Marieke gering is 1
- inzicht dat de mening van Hugo bij figuur III hoort 1
- consequente conclusie 1

Opmerking
Als uit de uitleg van de kandidaat blijkt dat hij uitgaat van een detector die bij meer ontvangen straling een lager signaal afgeeft: goed rekenen.

natuurkundeuitgelegd.nl

5 maximumscore 3

uitkomst: $R = 1 \cdot 10^3\ \Omega$

voorbeeld van een berekening:
Bij 20 mA is de spanning over de IR-LED gelijk aan 1,3 V.
Dan geldt voor de grootte van de weerstand in serie:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 - 1,3}{0,20 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3\ \Omega.$$

- aflezen van de spanning over de IR-LED (met een marge van 0,03 V) 1
- gebruik van $U = IR$ 1
- completeren van de berekening 1

natuurkundeuitgelegd.nl

X-stream

6 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– In buisdeel AB is geen sprake van een beweging loodrecht naar beneden, maar van een beweging langs een hellend vlak met een hellingshoek (van 77°).
Er is geen sprake van een vrije val / er is sprake van wrijving.

– De versnelling is: $a = g\sin\alpha = 9{,}81\sin(77°) = 9{,}6\ \text{m s}^{-2}$.

- inzicht dat er geen sprake is van een beweging loodrecht naar beneden / dat er wrijving optreedt 1
- opmeten van de hellingshoek (met een marge van 3°) 1
- inzicht in $a = g\sin\alpha$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking:
Als een kandidaat het derde scorepunt niet behaalt, mag het vierde scorepunt niet toegekend worden.

7 maximumscore 2

uitkomst: $F = 1{,}4\cdot10^{2}$ N

voorbeeld van een berekening:
Er geldt: $P = Fv$.
Invullen geeft: $1{,}5\cdot10^{3} = F\cdot11$.
Dit levert: $F = 1{,}4\cdot10^{2}$ N.

- gebruik van $P = Fv$ 1
- completeren van de berekening 1

8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Een grotere k betekent meer wrijving, dus ‘minder water’.

– De constante k heeft geen eenheid / heeft de eenheid 1.
Dit volgt uit regel Fw = k·m·g·cos(hoek): het product m·g heeft al de eenheid N net als Fw en de cosinus is dimensieloos.

- gebruik van Fw = k·m·g·cos(hoek) 1
- consequente conclusie 1
- eenheden links en rechts gelijkstellen in de vergelijking 1
- completeren van het antwoord 1

natuurkundeuitgelegd.nl

9 maximumscore 3

uitkomst: $sAB = 3{,}8$ m (met een marge van 0,3 m)

voorbeeld van een bepaling:
sAB is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek van nul tot de eerste knik.
Dit geeft: $sAB = \frac{1}{2} \cdot 0{,}92 \cdot 8{,}3 = 3{,}8$ m.

- inzicht dat de afstand overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- inzicht dat de eerste knik ligt als s = sAB 1
- completeren van de bepaling 1

10 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1
- Modelregel:
  als s > sAC dan Fw = (Fw +) $k2 \cdot v^2$ eindals
- Startwaarde: k2 = 17
- Stopvoorwaarde: $v < 0$

of

methode 2
- Modelregels:
  $Frem = 17v^2$
  als $s > sAC$: $Fres = (Fvooruit)(-Fw) - Frem$
- Stopvoorwaarde: $v < 0$

- inzicht dat als $s > sAC$ in het model de remkracht moet worden toegevoegd 1
- inzicht dat $Frem = 17v^2$ 1
- inzicht dat het model stopt als $v < 0$ 1

Opmerkingen
- *De uitbreiding van het model moet beoordeeld worden op de natuurkundige juistheid, niet op de juistheid van een modeltaal.*
- *Het tweede scorepunt kan behaald worden via een modelregel met als nodig een startwaarde.*
- *De plaats van nieuwe modelregels in het model wordt niet beoordeeld.*

11 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:
- Bij het passeren van punt B en/of C is de kracht op de persoon anders veel te groot.
- De beweging verloopt veel soepeler.
- De persoon krijgt minder schokken te verduren.

natuurkundeuitgelegd.nl

De kracht van het viriaal-theorema

12 maximumscore 4

uitkomst: $v = 7{,}67 \cdot 10^{3}\ \text{m s}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $E_g = -G\dfrac{mM}{r}$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.

Invullen in $E_g = -2E_k$ met $r = R + h$ levert:

$$-6{,}674 \cdot 10^{-11}\frac{m \cdot 5{,}972 \cdot 10^{24}}{(6{,}371 + 0{,}409) \cdot 10^{6}} = -2 \cdot \tfrac{1}{2}mv^2.$$

Dit levert: $v = 7{,}67 \cdot 10^{3}\ \text{m s}^{-1}$.

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- gebruik van $E_g = -G\dfrac{mM}{r}$ 1
- inzicht dat $r = R + h$ 1
- completeren van de berekening 1

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_g = F_{mpz}$. Invullen levert: $G\dfrac{mM}{r^2} = \dfrac{mv^2}{r}$.

Beide kanten vermenigvuldigen met $-r$ levert: $-G\dfrac{mM}{r} = -mv^2$.

Dit is gelijk aan $E_g = -2E_k$.

- inzicht dat $F_g = F_{mpz}$ 1
- gebruik van $F_g = G\dfrac{mM}{r^2}$ en van $F_{mpz} = \dfrac{mv^2}{r}$ 1
- inzicht dat vermenigvuldigen met $-r$ het gevraagde verband oplevert 1

Opmerking
Een rekenvoorbeeld levert geen scorepunten op.

natuurkundeuitgelegd.nl

14 maximumscore 3

uitkomst: 95 (%)

voorbeeld van een berekening:

Invullen van $E_g = -2E_k$ levert: $-\frac{3}{5}\frac{GM^2}{R} = -2 \cdot \frac{1}{2}Mv^2$.

Dit levert: $M = \frac{5}{3}\frac{v^2R}{G} = \frac{5}{3}\frac{\left(1{,}7 \cdot 10^6\right)^2 8{,}4 \cdot 10^{22}}{6{,}67 \cdot 10^{-11}} = 6{,}1 \cdot 10^{45}$ kg.

Van deze massa is dus $\frac{6{,}1 \cdot 10^{45} - 3{,}2 \cdot 10^{44}}{6{,}1 \cdot 10^{45}} = 0{,}95 = 95\%$ donkere materie.

- invullen van de formules voor de grootheden in het viriaal-theorema 1
- uitrekenen van de massa die uit het viriaal-theorema volgt 1
- completeren van de berekening 1

15 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de totale potentiële energie geldt: $E_p = -185{,}9 + 27{,}9 = -158{,}0$.
Dit is gelijk aan $-2 \cdot 79{,}0 = -2E_k$.

– Uit tabel 21C blijkt dat de energie die nodig is om de elektronen van de kern te verwijderen gelijk is aan (24,59 + 54,4 =) 79,0 (eV).
Dit is gelijk aan de totale energie van het He-atoom.

- inzicht dat de twee termen van potentiële energie opgeteld moeten worden 1
- toepassen van het viraal-theorema 1
- inzicht dat de twee waarden voor He in tabel 21C samen de totale energie vormen 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

16 maximumscore 3

Energie	**eV**
E_k	13,6
$E_{p,kern}$	–27,2
$E_{p,e\text{-}e}$	0
E_{tot}	–13,6

- E_k en E_{tot} juist 1
- $E_{p,e\text{-}e}$ juist 1
- $E_{p,kern}$ juist 1

natuurkundeuitgelegd.nl

Speeldoosje

17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
De tijd voor 4 trillingen bedraagt: $t = 0{,}0091 - 0{,}0023 = 0{,}0068$ s.
De frequentie wordt daarmee: $f = \dfrac{4}{0{,}0068} = 588 \text{ Hz} = 0{,}59 \text{ kHz}$.

- bepalen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
Als we ervan uitgaan dat de golfsnelheid in beide strips gelijk is, geldt de volgende verhouding: $\lambda_1 f_1 = \lambda_7 f_7 \Leftrightarrow \dfrac{\lambda_1}{\lambda_7} = \dfrac{\ell_1}{\ell_7} = \dfrac{f_7}{f_1} = \dfrac{0{,}83}{0{,}59} = 1{,}4$.

Uit deze verhouding volgt dat strip 1 1,4 keer zo lang zou moeten zijn als strip 7. Uit de foto is op te maken dat dit niet het geval is (en dus kan de golfsnelheid in beide strips onmogelijk gelijk zijn).

- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- inzicht dat geldt $\dfrac{\ell_1}{\ell_7} = \dfrac{f_7}{f_1}$ 1
- completeren van de berekening 1

19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord.
(Een strip wordt opgetild en valt terug en trilt dan in zijn eigenfrequentie.)
De toonhoogte is niet afhankelijk van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen. Dus de toonhoogte van de melodie verandert niet.

- inzicht dat de toonhoogte niet afhankelijk is van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen 1
- consequente conclusie 1

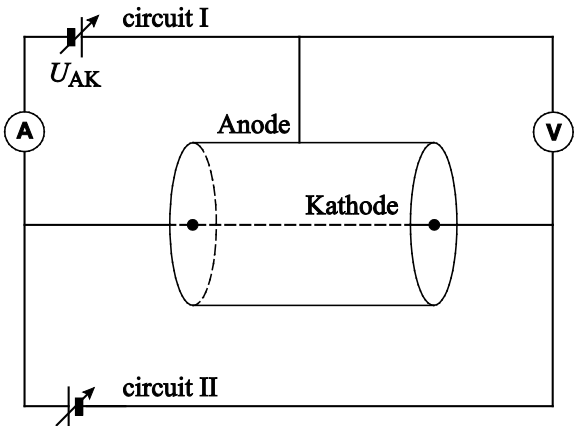
natuurkundeuitgelegd.nl

Elektronen uit metaal ‘stoken’

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

–



– Door de spanning in circuit II te verhogen, loopt er een grotere stroom door de gloeidraad en zal de temperatuur stijgen.

- plaatsing van de stroommeter in circuit I 1
- plaatsing van de spanningsmeter over de bron (U_{AK}) of over AK 1
- inzicht in het verband tussen de variabele spanning in circuit II en de temperatuur 1

21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Boven een bepaalde spanning zullen alle elektronen die per seconde uit de gloeidraad (kathode) vrijkomen, ook bij de anode aankomen. Verder verhogen van de spanning heeft dan geen effect meer, de stroomsterkte is verzadigd.

- inzicht dat boven een bepaalde spanning alle elektronen die uit de kathode vrijkomen de anode bereiken 1
- inzicht dat de stroomsterkte in dat geval niet verder kan stijgen 1

natuurkundeuitgelegd.nl

22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Omdat de verzwakking onafhankelijk is van de golflengte, zal de kromme van de gloeidraad alleen een lagere intensiteit hebben en heeft λ_{max} dezelfde waarde als de planck-kromme. De krommes van de gloeidraad en de planck-kromme verschillen dus alleen in verticale richting. Alleen figuur 3b voldoet hieraan.

– Aflezen levert: $\lambda_{max} \approx 1150$ nm. Omschrijven en invullen levert:

$$T = \frac{k_W}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}898 \cdot 10^{-3}}{1150 \cdot 10^{-9}} = 2{,}5 \cdot 10^{3} \text{ K (met een marge van } 0{,}2 \cdot 10^{3} \text{ K).}$$

- inzicht dat een golflengte-onafhankelijke verzwakking alleen een verticale verschuiving in de kromme oplevert 1
- consequente conclusie 1
- gebruik van de wet van Wien 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking
Bij deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.

23 maximumscore 3

uitkomst: $r = 0{,}40$ (met een marge van 0,10)

voorbeeld van een bepaling:
Bijvoorbeeld bij $T = 3000$ K valt in figuur 4 af te lezen dat $J = 1{,}5 \cdot 10^{5}$ A m^{-2}.

Invullen levert: $J = (1-r) C_0 \cdot T^2 \cdot e^{\left(\frac{-W_u}{k_B T}\right)}$.

Dit levert: $15 \cdot 10^{4} = (1-r) \cdot 1{,}20 \cdot 10^{6} \cdot (3000)^2 \, e^{\left(\frac{-7{,}29 \cdot 10^{-19}}{1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 3000}\right)}$.

Dit levert: $r = 0{,}40$.

- aflezen van (T, J) waarden in figuur 4 1
- opzoeken van k_B 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking
In deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.

natuurkundeuitgelegd.nl

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– Bij $T = 2000$ K geldt: $\lambda_B = \frac{7{,}45 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2000}} = 1{,}7 \cdot 10^{-9}$ m.

Dit is in de orde van grootte van de dikte van moleculen, het effect van de coating kan dus zeer goed een quantumverschijnsel zijn.

– Bij lagere temperaturen neemt λ_B toe, waardoor het quantumeffect sterker wordt.

- berekening van λ_B met $T = 2000$ K 1
- conclusie door vergelijking met de dikte van de coating 1
- inzicht dat het quantumeffect bij lagere temperaturen sterker is 1

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Men brengt op het metaal een coating aan met een zo klein mogelijke dikte (voor een grotere tunnelkans), waarvan de uittree-energie $W_{u,coating}$ kleiner is dan die van het metaal.

- inzicht dat een kleine dikte een grote tunnelkans oplevert 1
- inzicht dat een lagere uittree-energie het tunnelen bevordert 1

5 Aanleveren scores

Verwerk de scores van alle kandidaten per examinator in de applicatie Wolf. Accordeer deze gegevens voor Cito uiterlijk op 26 juni.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl