nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 1

Natuurkunde

Correctievoorschrift VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**00**

Tijdvak 2

Inzenden scores
Uiterlijk 23 juni de scores van de alfabetisch eerste vijf kandidaten per school op de daartoe verstrekte optisch leesbare formulieren naar het Cito zenden.

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 2

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit VWO/HAVO/MAVO/VBO. Voorts heeft de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de Regeling beoordeling centraal examen vastgesteld (CEVO-94-427 van september 1994) en bekendgemaakt in het Gele Katern van Uitleg, nr. 22a van 28 september 1994.

Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit van belang:
1 De directeur doet het gemaakte werk met een exemplaar van de opgaven en het procesverbaal van het examen toekomen aan de examinator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinator past bij zijn beoordeling de normen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door de CEVO.
2 De directeur doet de van de examinator ontvangen stukken met een exemplaar van de opgaven, de beoordelingsnormen, het procesverbaal en de regels voor het bepalen van de cijfers onverwijld aan de gecommitteerde toekomen.
3 De gecommitteerde beoordeelt het werk zo spoedig mogelijk en past bij zijn beoordeling de normen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door de CEVO.
4 De examinator en de gecommitteerde stellen in onderling overleg het aantal scorepunten voor het centraal examen vast.
5 Komen zij daarbij niet tot overeenstemming, dan wordt het aantal scorepunten bepaald op het rekenkundig gemiddelde van het door ieder van hen voorgestelde aantal scorepunten, zo nodig naar boven afgerond.

2 Algemene regels

Voor de beoordeling van het examenwerk zijn de volgende bepalingen uit de CEVO-regeling 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 antwoordmodel. 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, 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 antwoordmodel;
3.3 indien een antwoord op een open vraag niet in het antwoordmodel 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 antwoordmodel;
3.4 indien 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 berekening of afleiding ontbreekt dan wel foutief is, worden 0 scorepunten toegekend, tenzij in het antwoordmodel anders is aangegeven;

natuurkundeuitgelegd.nl

3.7 indien in het antwoordmodel verschillende mogelijkheden zijn opgenomen, gescheiden door het teken /, gelden deze mogelijkheden als verschillende formuleringen van hetzelfde antwoord.
3.8 indien in het antwoordmodel een gedeelte van het antwoord tussen haakjes staat, behoeft dit gedeelte niet in het antwoord van de kandidaat voor te komen.

4 Een fout mag in de uitwerking van een vraag maar één keer worden aangerekend, tenzij daardoor de opgave aanzienlijk vereenvoudigd wordt en tenzij in het antwoordmodel anders is vermeld.

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

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

7 Voor deze toets kunnen maximaal 90 scorepunten worden behaald. Scorepunten worden toegekend op grond van het door de kandidaat gegeven antwoord op iedere vraag. Er worden geen scorepunten vooraf gegeven.

8 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 (artikel 42, tweede lid, Eindexamenbesluit VWO/HAVO/MAVO/VBO).
Dit cijfer kan afgelezen worden uit tabellen die beschikbaar worden gesteld. Tevens wordt er een computerprogramma verspreid waarmee voor alle scores het cijfer berekend kan worden.

3 Vakspecifieke regels

Voor het vak Natuurkunde VWO 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 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.
3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
– een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst,
– een of meer rekenfouten,
– het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

natuurkundeuitgelegd.nl

4 Antwoordmodel

Antwoorden	Deel-scores

Opgave 1 Pompen

Maximumscore 4

1 □ uitkomst: tijd = $1{,}5 \cdot 10^3$ uur

voorbeeld van een berekening:
De weg te pompen waterhoogte is: 730 – 610 + 600 = 720 mm.
Het bijbehorende volume is $V = 970 \cdot 10^6 \cdot 0{,}720 = 6{,}984 \cdot 10^8$ m^3.
Dit wordt weggepompt in $\frac{6{,}984 \cdot 10^8}{8{,}0 \cdot 10^3} = 8{,}73 \cdot 10^4$ minuten $= 1{,}5 \cdot 10^3$ uur.

- berekenen van de weg te pompen waterhoogte **1**
- berekenen van het bijbehorende volume **1**
- in rekening brengen van het debiet **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 3

2 □ voorbeeld van een antwoord:
In een elektromotor draait een (stroomvoerende) spoel in een magnetisch veld, of: magneten draaien langs (stroomvoerende) spoelen. Doordat deze spoel(en) daardoor een wisselende magnetische flux omvat(ten), wordt er in de spoel(en) inductiespanning opgewekt.

- notie dat in een elektromotor een spoel draait in een magnetisch veld, of dat magneten langs spoelen draaien **1**
- inzicht dat in die spoel fluxverandering optreedt **1**
- inzicht dat fluxverandering een inductiespanning veroorzaakt **1**

Maximumscore 5

3 □ uitkomst: $\eta = 75\%$

voorbeeld van een berekening:
$P_{bron} = V_{bron} \cdot I = 3{,}00 \cdot 10^3 \cdot 220 = 660$ kW.
$P_{mech} = \frac{mg\Delta h}{t} = \frac{pVg\Delta h}{t} = 998 \cdot 540 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{5{,}6}{60} = 493$ kW.
$\eta = \frac{P_{mech}}{P_{bron}} \times 100\% = 75\%$.

- berekenen van P_{bron} **1**
- inzicht dat de mechanische energie gelijk is aan de zwaarte-energie van het water **1**
- inzicht dat $P_{mech} = \frac{pVg\Delta h}{t}$ **1**
- berekenen van het mechanische vermogen **1**
- completeren van de berekening **1**

Opmerking
Voor de dichtheid van water $1{,}0 \cdot 10^3$ kg m^{-3} genomen: goed rekenen.

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 5

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 2

4 □ voorbeeld van een antwoord:
(De actuator (de pompen) heeft effect op de te meten grootheid (waterpeil in de polder).)
Er is (dus) sprake van terugkoppeling. Het is dus een regelsysteem.

- noemen van, of inzicht in terugkoppeling **1**
- conclusie **1**

Opmerking
Antwoord zonder uitleg: 0 punten.

Maximumscore 3

5 □ voorbeeld van een antwoord:
Tijdens een depressie zal de sensor een lagere druk meten dan bij normale luchtdruk.
De sensor zal de waterstand daardoor als te laag interpreteren. (Hij zal dus (ten onrechte) een aansturing geven waarbij water binnen wordt gelaten.) Het peil wordt dus te hoog.

- inzicht dat de sensor een lagere druk meet **1**
- inzicht dat het dan lijkt alsof er te weinig water is **1**
- consequente conclusie **1**

Maximumscore 4

6 □ voorbeeld van een antwoord:
Het bereik van de sensor van type I is $400 \cdot 98 + 100000 = 139$ kPa.
Bij type II is dit $900 \cdot 98 = 88$ kPa. De gevoeligheid is 5,0 V gedeeld door het bereik.
De sensor met het kleinste bereik heeft dus de grootste gevoeligheid. Dat is type II.

- berekenen van het bereik van de sensor van type I **1**
- berekenen van het bereik van de sensor van type II **1**
- inzicht dat de gevoeligheid omgekeerd evenredig is met het bereik **1**
- consequente conclusie **1**

[redacted] **Opgave 2 Snel**

Maximumscore 3

7 □ uitkomst: $F_{res} = 1{,}1 \cdot 10^5$ N

voorbeeld van een berekening:
$\Delta v = 161$ km h^{-1} $= 44{,}7$ m s^{-1}.
$\Delta t = 4{,}0$ s, dus $\langle a \rangle = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = 11{,}2$ m s^{-2}.
$\langle F \rangle = m\langle a \rangle = 10 \cdot 10^3 \cdot 11{,}2 = 1{,}1 \cdot 10^5$ N.

- omrekenen van v in m s^{-1} **1**
- gebruik van $F = ma$ **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 6

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 4

8 □ voorbeeld van een antwoord:

$v = k\sqrt{T}$ met $k = 20{,}0\ \text{m s}^{-1}\text{K}^{-\frac{1}{2}}$ of $k = 72{,}2\ \text{km h}^{-1}\text{K}^{-\frac{1}{2}}$.
voorbeeld van een berekening:
Volgens het artikel is de geluidssnelheid recht evenredig met de wortel uit de absolute temperatuur, dus $k\sqrt{T}$.
Bij 30 °C is v gelijk aan $1256\ \text{km h}^{-1} = 348{,}9\ \text{m s}^{-1}$. Dus $348{,}9 = k\sqrt{303}$ of $1256 = k\sqrt{303}$.
Hieruit volgt $k = 20{,}0\ \text{m s}^{-1}\text{K}^{-\frac{1}{2}}$ of $k = 72{,}2\ \text{km h}^{-1}\text{K}^{-\frac{1}{2}}$.

- opstellen van de formule **1**
- omrekenen naar temperatuur in kelvin **1**
- berekenen van de grootte van k **1**
- bepalen van de eenheid van k **1**

Maximumscore 3

9 □ voorbeeld van een antwoord 1:
1223 km per uur is volgens het artikel minder dan de geluidssnelheid bij 30 °C. Dus is figuur A de juiste want daar heeft de auto in elk tijdsinterval een kleinere afstand afgelegd dan de door hem geproduceerde geluidsgolven.

- inzicht dat 1223 km h^{-1} minder is dan de geluidssnelheid bij 30 °C **1**
- keuze van A met argumentatie **2**

voorbeeld van een antwoord 2:
Hij rijdt bijna met de geluidssnelheid, dus is figuur B juist (want bij figuur A is de auto veel langzamer dan de geluidssnelheid, bij C is hij sneller dan het geluid).

- inzicht dat 1223 km h^{-1} bijna gelijk is aan de geluidssnelheid bij 30 °C **1**
- keuze van B met argumentatie **2**

Maximumscore 3

10 □ voorbeeld van een antwoord:
De auto bevond zich in het middelpunt van de cirkel waarop W zich nu bevindt.
De snelheid van de auto had op dat moment geen component langs de verbindingslijn auto-W, dus hoort W geluid met dezelfde frequenties als de auto op dat moment produceerde.

- inzicht dat de auto zich bevond in het middelpunt van de cirkel waarop W staat **1**
- inzicht dat de auto geen snelheidscomponent langs de verbindingslijn auto-W had **1**
- conclusie **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 7

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 5

11 □ uitkomst: de afstand is 11 m (9,9 m < v < 11,4 m)

voorbeeld van een berekening:
De diameter op de foto is 14 mm.
Op het negatief dus $\frac{36}{153}\cdot 14 = 3{,}29$ mm.
De vergroting is dus $\frac{3{,}29}{700} = 4{,}71\cdot 10^{-3} = \frac{b}{v}$. Dus $b = 4{,}71\cdot 10^{-3}v$.
De lenzenformule wordt dan $\frac{1}{4{,}71\cdot 10^{-3}v} + \frac{1}{v} = \frac{1}{50}$, of $v = \frac{f}{N} = \frac{50\cdot 10^{-3}}{4{,}71\cdot 10^{-3}}$.
Uitrekenen levert als uitkomst v = 11 m.

- opmeten van de diameter op de foto (13 mm ≤ d ≤ 15 mm) **1**
- berekenen van de diameter op het negatief **1**
- berekenen van de vergroting N van voorwerp naar beeld op het negatief **1**
- invullen van $b = Nv$ in de lenzenformule of $v = \frac{f}{N}$ genomen **1**
- completeren van de berekening **1**

[redacted]

Opgave 3 Circusact

Maximumscore 3

12 □ uitkomst: $M = 1{,}4\cdot 10^3$ Nm

voorbeeld van een berekening :
Eén acrobaat verplaatst zich over een afstand van 0,80 m.
Het moment neemt daardoor toe met $\Delta M = F\Delta d = 90\cdot 9{,}81\cdot 0{,}80 = 706$ Nm.
De andere acrobaat zorgt voor een even grote verandering van het moment met hetzelfde teken, dus $\Delta M_{tot} = 2\Delta M = 1{,}4\cdot 10^3$ Nm.

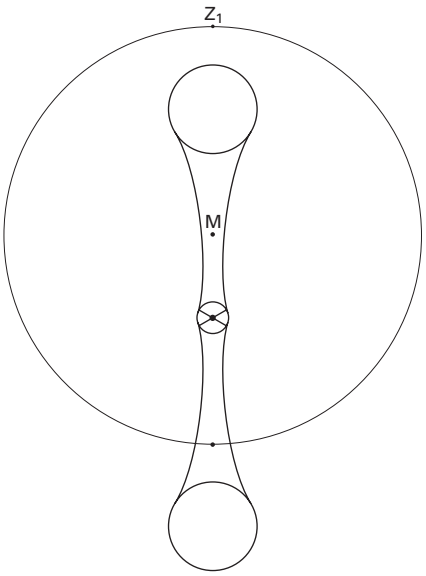
- inzicht dat $\Delta M = F\Delta d$ **1**
- inzicht dat het totale moment toeneemt met tweemaal de verandering van het moment per acrobaat **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 8

Maximumscore 2

13 □ antwoord:



- inzicht dat de baan cirkelvormig is **1**
- inzicht dat de onderkant van de cirkel even ver boven de onderste trommel ligt als de bovenkant van de cirkel boven de bovenste trommel **1**

Maximumscore 3

14 □ uitkomst: $r = 6{,}8$ m

voorbeeld van een berekening:
In het bovenste punt geldt: $F_z = F_{mpz}$, dus $mg = m\omega^2 r$.
Dan is $r = \frac{g}{\omega^2} = 6{,}8$ m.

- inzicht $F_z = F_{mpz}$ **1**
- inzicht $r = \frac{g}{\omega^2}$ **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 6

15 □ uitkomst: $v = 10$ m s^{-1}

voorbeeld van een berekening:
Z_1 gaat $2 \cdot 8{,}2 = 16{,}4$ m omlaag; Z_2 gaat $2 \cdot 5{,}3 = 10{,}6$ m omhoog.
Als $U_{z,voor} = 0$ J geldt: $U_{z,na} = -5{,}8 \cdot 90 \cdot 9{,}81 = -5121$ J.
Invullen in de gegeven formule levert $\omega_{na} = 1{,}26$ rad s^{-1}.
Dus $v = \omega r = 1{,}26 \cdot 8{,}2 = 10$ m s^{-1}.

- berekenen van h_{voor} en h_{na} of van Δh van beide acrobaten **1**
- berekenen van $U_{z,voor}$ en $U_{z,na}$ of van ΔU_z **1**
- berekenen van ω_{na}^2 **1**
- gebruik van $v = \omega r$ **1**
- inzicht dat $r = 8{,}2$ m **1**
- completeren van de berekening **1**

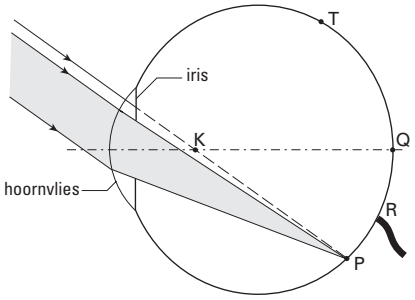
natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 14:17 Pagina 9

Opgave 4 Het oog

Maximumscore 4

16 □ antwoord:



- inzicht dat een straal door K bij het hoornvlies niet wordt gebroken **2**
- tekenen van een bundel in het oog naar P, begrensd door de iris **1**
- tekenen van een evenwijdige bundel in de lucht, evenwijdig aan PK **1**

Maximumscore 4

17 □ uitkomst: afstand = 0,071 m

voorbeeld van een berekening:

Volgens de lenzenformule is $S_o = \frac{1}{b} + \frac{1}{\infty}$. Dan volgt dat $b = \frac{1}{59} = 0{,}0169$ m.

Voor het geaccommodeerde oog geldt dat $S_{geacc} = 59+14 = 73$ dpt. Dus $73 = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}$.

Hierin kan b worden ingevuld: $\frac{1}{v} = 73 - \frac{1}{0{,}0169} = 14$. Dus $v = \frac{1}{14} = 0{,}071$ m.

- inzicht dat $b = \frac{1}{S_o}$ **1**
- inzicht dat $S_{geacc} = 73$ dpt **1**
- gebruik van de lenzenformule **1**
- completeren van de berekening **1**

Opmerking
Tengevolge van tussentijds afronden op drie significante cijfers bij de berekening van de beeldafstand wordt de uitkomst v = 0,072 m. Hiervoor geen aftrek toepassen.

Maximumscore 3

18 □ voorbeeld van een antwoord:
De volgorde is T, R, Q. (Bij T bevinden zich vooral staafjes en weinig kleurgevoelige kegeltjes.) Er wordt in T wel licht/donker waargenomen, maar geen kleur, want T bevindt zich ver van de gele vlek. Punt R bevindt zich op de blinde vlek. Daar blijven de stippen onopgemerkt. In de gele vlek (Q) worden zowel kleurverschillen als licht/donker-verschillen opgemerkt (want daar zijn veel kegeltjes).

- twee van de drie volgende verklaringen **2**
  – T bevindt zich niet op de gele vlek
  – R bevindt zich op de blinde vlek
  – Q bevindt zich op de gele vlek
- inzicht volgorde T, R, Q **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 10

	Antwoorden	Deel-scores

Opgave 5 Wetenschapsquiz

Maximumscore 4

19 □ uitkomst: $V = 5 \cdot 10^{-3}$ V

Voorbeeld van een berekening:

$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{\pi (0{,}001)^2} = 5{,}4 \cdot 10^{-3}\ \Omega$.

Dus $V = IR = 1 \cdot 5{,}4 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$ V.

- gebruik van $R = \frac{\rho l}{A}$ en opzoeken van ρ **1**
- berekenen van A **1**
- gebruik van $V = IR$ **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 5

20 □ uitkomst: $v = 2 \cdot 10^{-5}$ m s^{-1}

voorbeeld van een berekening 1:

$Q = ne$ waarin $n = 1 \cdot 10^{29} V$ (V is het volume in m^3).

Hierbij geldt: $\frac{V}{t} = Av$ (t is de tijd, A is de oppervlakte van de doorsnede, v de snelheid).

Combinatie levert: $I = \frac{Q}{t} = \frac{ne}{t} = 1 \cdot 10^{29} \frac{Ve}{t} = 1 \cdot 10^{29} Ave$.

Invullen van I, A en e levert als uitkomst $v = 2 \cdot 10^{-5}$ m s^{-1}.

- inzicht dat $Q = ne$ **1**
- inzicht dat $n = 1 \cdot 10^{29} \cdot V$ met V in m^3 **1**
- inzicht dat $\frac{V}{t} = Av$ **1**
- berekenen van A **1**
- completeren van de berekening **1**

voorbeeld van een berekening 2:

De geleidingselektronen in een draadstuk met lengte v passeren in 1 seconde een draaddoorsnede. Dat zijn dus $v\pi \cdot 1^2 \cdot 1 \cdot 10^{20}$ elektronen (met v in mm s^{-1}).

Per seconde passeert dus een lading van $v\pi \cdot 10^{20} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Aangezien de stroomsterkte 1 A is, geldt: $v\pi \cdot 10^{20} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 1$.

Daaruit volgt $v = 0{,}02$ mm s^{-1}.

- inzicht dat per seconde de elektronen in een draadstuk met lengte v een dwarsdoorsnede passeren **1**
- 'berekenen' van het volume van dit draadstuk **1**
- 'berekenen' van het aantal geleidingselektronen in dit draadstuk **1**
- 'berekenen' van de lading van deze elektronen en dit gelijkstellen aan 1 (C) **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 4

21 □ antwoord: Berrie heeft gelijk.

voorbeeld van een berekening 1:
De onzekerheid in v is $\Delta v = 0{,}005$ mm s^{-1} $= 5 \cdot 10^{-6}$ m s^{-1}.
De onzekerheid in de impuls is $\Delta p = m\Delta v = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ 5 \cdot 10^{-6} = 4{,}5 \cdot 10^{-36}$ kgm s^{-1}.

Uit $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$ volgt: $\Delta x \geq 12$ m, wat in de gegeven situatie teveel is.

voorbeeld van een berekening 2:
De onzekerheid in x is $\Delta x = 1$ mm $= 1 \cdot 10^{-3}$ m.
Uit $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$ volgt $\Delta p \geq \frac{h}{4\pi\Delta x} = 5{,}3 \cdot 10^{-32}$ kgm s^{-1}. Dus $\Delta v = \frac{\Delta p}{m} \geq 6 \cdot 10^{-2}$ m s^{-1}.
De onzekerheid in v zou vele malen groter zijn dan v zelf, dus $v = 0{,}02$ mm s^{-1} is géén betekenisvolle uitkomst.

- gebruik $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ **1**
- opzoeken van m en h **1**
- berekenen van Δx voor berekening 1, respectievelijk van Δv voor berekening 2 **1**
- conclusie **1**

Opmerking bij berekening 1
Voor $\Delta v = 2 \cdot 10^{-5}$ m s^{-1} genomen: geen aftrek.

Maximumscore 2

22 □ voorbeeld van een antwoord:
Bij een wisselspanning zal de driftsnelheid van het geleidingselektron steeds van richting veranderen. De gemiddelde verplaatsing langs de draad is dus nul.

- inzicht in 'schommelen' om een evenwichtsstand **1**
- conclusie dat de gemiddelde verplaatsing nul is **1**

Opgave 6 B_c-meson

Maximumscore 3

23 □ uitkomst: 1e, of $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

voorbeeld van een berekening:
De lading van het c-quark is $+\frac{2}{3}$ e, die van het anti-b-quark is $+\frac{1}{3}$ e.
De lading van het B_c-meson is dus $\frac{2}{3}$ e $+ \frac{1}{3}$ e $=$ 1e, of $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

- opzoeken van de lading van een c-quark **1**
- bepalen van de lading van een anti-b-quark **1**
- completeren van de berekening **1**

natuurkundeuitgelegd.nl

nav002dfcrv.qxd 26-01-00 10:48 Pagina 12

	Antwoorden	Deel-scores

Maximumscore 3

24 □ uitkomst: $m = 1{,}1 \cdot 10^{-26}$ kg

voorbeeld van een berekening:
In 6,4 GeVc^{-2} moet GeV in joules worden omgerekend en moet voor c de lichtsnelheid worden ingevuld.
De uitkomst wordt dan:

$$m = \frac{6{,}4 \cdot 10^{9} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{(2{,}9979 \cdot 10^{8})^2} = 1{,}1 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

- omrekenen van GeV in joules **1**
- opzoeken en invullen van de lichtsnelheid c **1**
- completeren van de berekening **1**

Maximumscore 5

25 □ uitkomst: $\Delta V = 2{,}3$ GV

voorbeeld van een berekening:
De (rust)energie van een proton en een antiproton samen is:
$U_s = 2 \cdot 1{,}01u = 2{,}02 \cdot 931 \cdot 10^6 = 1{,}88 \cdot 10^9$ eV.
Hun energietekort is dus $6{,}4 \cdot 10^9 - 1{,}88 \cdot 10^9 = 4{,}52 \cdot 10^9$ eV.

Ieder deeltje moet in de versneller dus een extra energie krijgen van $\frac{4{,}52}{2} \cdot 10^9 = 2{,}3 \cdot 10^9$ eV.

Ieder deeltje moet dus een potentiaalverschil doorlopen van $2{,}3 \cdot 10^9$ V.

- bepalen van de energie van een stilstaand proton-antiprotonpaar **1**
- bepalen van het energieverschil tussen een meson en een stilstaand proton-antiprotonpaar **1**
- inzicht dat $\Delta U = e\Delta V$ **1**
- inzicht in factor 2 **1**
- completeren van de berekening **1**

Einde

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