

natuurkunde 1,2 (Project Moderne Natuurkunde)

Het correctievoorschrift bestaat uit:

- 1 Regels voor de beoordeling
- 2 Algemene regels
- 3 Vakspecifieke regels
- 4 Beoordelingsmodel
- 5 Inzenden scores

1 Regels voor de beoordeling

Het werk van de kandidaten wordt beoordeeld met inachtneming van de artikelen 41 en 42 van het Eindexamenbesluit v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.-v.b.o. Voorts heeft de CEVO op grond van artikel 39 van dit Besluit de *Regeling beoordeling centraal examen* vastgesteld (CEVO-02-806 van 17 juni 2002 en bekendgemaakt in Uitleg Gele katern nr 18 van 31 juli 2002).

Voor de beoordeling zijn de volgende passages van de artikelen 41, 41a en 42 van het Eindexamenbesluit 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 examinerator. Deze kijkt het werk na en zendt het met zijn beoordeling aan de directeur. De examinerator past de beoordelingsnormen en de regels voor het toekennen van scorepunten toe die zijn gegeven door de CEVO.
- 2 De directeur doet de van de examinerator 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 gecommiteerde toekomen.
- 3 De gecommiteerde beoordeelt het werk zo spoedig mogelijk en past de beoordelingsnormen en de regels voor het bepalen van de score toe die zijn gegeven door de CEVO.

- 4 De examiner en de gecommiteerde 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 examiner 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 examiner en door de gecommiteerde scorepunten toegekend, in overeenstemming met het beoordelingsmodel. 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;
 - 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, hoeft 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 punten 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 examinerator of de gecommiteerde 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 de CEVO. 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 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.

NB Het aangeven van de onvolkomenheden op het werk en/of het noteren van de behaalde scores bij de vraag is toegestaan, maar niet verplicht.

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 77 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 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.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 1 Didgeridoo

1 maximumscore 4

uitkomst: $f = 78$ Hz (met een marge van 2 Hz)

voorbeeld van een bepaling:

In de figuur komt 9,0 cm overeen met een tijd van 0,08 s.

Voor 5 periodes wordt een afstand gemeten van 7,2 cm

Dat komt overeen met een tijd van $\frac{7,2}{9,0} \cdot 0,08 = 6,4 \cdot 10^{-2}$ s.

Daarmee geldt: $T = \frac{6,4 \cdot 10^{-2}}{5} = 1,28 \cdot 10^{-2}$ s.

Met $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,28 \cdot 10^{-2}}$ volgt $f = 78$ Hz.

- bepalen tijdschaal 1
- bepalen van T uit het opmeten van minimaal 3 periodes 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling 1

2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit tabel 15A van Binas blijkt dat de geluidssnelheid groter is als de

temperatuur hoger is. De golflengte blijft gelijk, dus uit $f = \frac{v}{\lambda}$ volgt dat als

v groter is ook f groter is.

Dus de didgeridoo klinkt hoger bij hogere temperatuur.

- inzicht dat de geluidssnelheid groter is bij hogere temperatuur 1
- gebruik van $v = f\lambda$ en inzicht dat de golflengte gelijk blijft 1
- conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

3 maximumscore 3

uitkomst: $P = 3,2 \cdot 10^{-6}$ W

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Uit } L = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 82 \text{ volgt } I = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ W m}^{-2}.$$

$$P = IA = I \cdot \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot \pi\left(\frac{0,16}{2}\right)^2 = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ W}.$$

- gebruik van $L = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$ 1
- gebruik van $P = IA$ met $A = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2$ 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 2 Radioactieve schilderijen

4 maximumscore 4

uitkomst: $\lambda = 0,18$ nm

voorbeeld van een berekening:

Uit $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0,025$ eV = $4,0 \cdot 10^{-21}$ J en $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg volgt:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,0 \cdot 10^{-21}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,0 \cdot 10^{-21}}{1,67 \cdot 10^{-27}}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}.$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 2,2 \cdot 10^3} = 0,18 \text{ nm}.$$

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ met m opgezocht 1
- omrekenen van eV naar J 1
- gebruik van $\lambda = \frac{h}{mv}$ met h opgezocht 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

5 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

antwoord 1

Omdat het neutron nu gelocaliseerd is, is de golffunctie niet langer meer een zuivere sinus en is de golflengte dus onbepaald.

- inzicht dat het neutron nu gelocaliseerd is 1
- inzicht dat dus de golffunctie geen sinus meer is 1
- conclusie 1

antwoord 2

Omdat de plaats van het neutron niet langer volledig onbepaald is, is de impuls p ook niet langer meer volledig bepaald (Heisenberg). De golflengte

$\lambda = \frac{h}{p}$ is dus ook niet meer volledig bepaald.

- inzicht dat de plaats van het neutron niet meer volledig onbepaald is 1
- inzicht dat dus de impuls niet meer volledig bepaald is 1
- conclusie 1

6 maximumscore 4

antwoord: ${}_{33}^{75}\text{As} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{33}^{76}\text{As}$ en ${}_{33}^{76}\text{As} \rightarrow {}_{34}^{76}\text{Se} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$

of: ${}_{33}^{75}\text{As} + \text{n} \rightarrow {}_{33}^{76}\text{As}$ en ${}_{33}^{76}\text{As} \rightarrow {}_{34}^{76}\text{Se} + \beta^- + \bar{\nu}$

- neutron links van de reactiepijl van de eerste reactie 1
- eerste reactie kloppend maken 1
- elektron rechts van de reactiepijl van de tweede reactie 1
- tweede reactie kloppend maken 1

7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Na 20 uur is de verhouding van de activiteit van arseen en mangaan:

$$A(20)_{\text{arseen}} : A(20)_{\text{mangaan}} = [A(0)_{\text{arseen}} \left(\frac{1}{2}\right)^{20/26,8}] : [A(0)_{\text{mangaan}} \left(\frac{1}{2}\right)^{20/2,6}].$$

Met $A(0)_{\text{arseen}} = A(0)_{\text{mangaan}}$ volgt voor deze verhouding: 123 : 1.

(De veronderstelling is dus juist.)

- inzicht dat $A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ 1
- invullen van $t = 20$ en $\tau = 2,6$ resp. 26,8 u 1
- berekenen van $A(20)_{\text{arseen}} : A(20)_{\text{mangaan}}$ 1

Opgave 3 Koelbox

8 maximumscore 3

uitkomst: 12 (h)

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Voor de energie-inhoud van de accu geldt:

$$E_{\text{accu}} = UIt = 12 \cdot 55 \cdot 60 \cdot 60 = 2,38 \text{ MJ.}$$

Voor de omgezette energie in de koelbox geldt: $E_{\text{koelbox}} = Pt = 54 \cdot t$.

$$E_{\text{koelbox}} = E_{\text{accu}} \rightarrow 54 \cdot t = 2,38 \cdot 10^6 \rightarrow t = 4,4 \cdot 10^4 \text{ s} = \frac{4,4 \cdot 10^4}{3600} = 12 \text{ h.}$$

- inzicht $E_{\text{accu}} = UIt$ met $t = 3600 \text{ s}$ 1
- gebruik van $E_{\text{koelbox}} = Pt$ 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Voor de stroomsterkte die de accu levert, geldt: $I = \frac{P}{U} = \frac{54}{12} = 4,5 \text{ A.}$

Maximale tijd is $\frac{55 \text{ Ah}}{4,5 \text{ A}} = 12 \text{ h.}$

- gebruik van $P = UI$ 1
- inzicht dat de capaciteit gelijk is aan It met t in uur 1
- completeren van de berekening 1

methode 3

Voor de hoeveelheid lading die een volle accu bezit, geldt:

$$q = 55 \text{ Ah} = 55 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 1,98 \cdot 10^5 \text{ C.}$$

Voor de energie-inhoud van de accu geldt:

$$E = qU = 1,98 \cdot 10^5 \cdot 12 = 2,38 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

Maximale tijd: $t = \frac{E}{P} = \frac{2,38 \cdot 10^6}{54} = 4,4 \cdot 10^4 \text{ s} = 12 \text{ h.}$

- inzicht dat $q =$ capaciteit van de accu 1
- inzicht dat de energie gelijk is aan qU 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

9 maximumscore 3

uitkomst: $C = 1,1 \cdot 10^3 \text{ JK}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $C_{\text{box}} + C_{\text{water}} = 20 C_{\text{box}}$; dus $C_{\text{box}} = \frac{1}{19} C_{\text{water}}$.

$$C_{\text{box}} = \frac{c_{\text{water}} \cdot m}{19} = \frac{4,18 \cdot 10^3 \cdot 5,0}{19} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ JK}^{-1}.$$

- inzicht $C_{\text{box}} + C_{\text{water}} = 20 C_{\text{box}}$ 1
- inzicht $C_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als uitgegaan is van $C_{\text{box}} = \frac{1}{20} C_{\text{water}}$: maximaal 2 punten.

10 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- 1 De diodes laten de stroom maar in één richting door de weerstand lopen.
- 2 Als de dynamo één volledige wisselspanningsperiode in 10 ms heeft doorlopen, heeft de weerstand twee identieke pulsen ontvangen.
Dus 4 pulsen in 20 ms.
- 3 $U_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}} = \sqrt{2} \cdot 14,5 = 20,5 \text{ V}$.
- 4 Zolang de spanning van de dynamo niet groter is dan 1,4 V, geleiden de diodes niet en is de spanning over de weerstand 0,0 V.

- inzicht dat de stroom slechts in één richting door de weerstand loopt 1
- inzicht dat de diodeschakeling de negatieve spanningspuls van de dynamo omklapt 1
- inzicht dat U_{max} groter is dan U_{eff} 1
- inzicht dat $U_{PQ} = 0$ als $U_{\text{dyn}} < (2 \times)$ de drempelspanning 1

Opgave 4 Kernfusie in de zon

11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$E_k = \frac{3}{2}kT = 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^{10} = 2,1 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,3 \text{ MeV}$$

- opzoeken van k en berekening van de kinetische energie
- omrekenen van J naar MeV

1
1

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

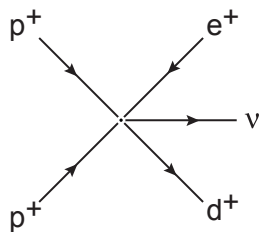
De golffuncties van de protonen overlappen elkaar. Er is dus altijd een kans dat ze voldoende dicht bij elkaar kunnen komen om te fuseren, ook als ze volgens de klassieke natuurkunde te weinig kinetische energie hebben. Dit betekent dat er meer fusies plaatsvinden dan klassiek mag worden verwacht.

- inzicht dat in de kwantumfysica de golffuncties van de protonen elkaar overlappen
- inzicht dat dit betekent dat er altijd, ook als het klassiek niet kan, een kans is dat ze elkaar voldoende dicht naderen en dat er dus meer fusies plaatsvinden dan klassiek mag worden verwacht

1
1

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- deuteriumkern aan de rechterkant
- neutrino aan de rechterkant
- consequent diagram

1
1
1

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij het fusieproces worden protonen omgezet in neutronen. Hierbij verandert de quarksmaak en dus is er sprake van zwakke wisselwerking.

- inzicht dat bij het fusieproces de quarksmaak verandert
- inzicht dat dit betekent dat er sprake is van zwakke wisselwerking

1
1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

15 maximumscore 4

uitkomst: $E = 26,729 \text{ MeV} (= 4,2825 \cdot 10^{-12} \text{ J})$

voorbeeld van een berekening:

$$m_{\text{voor}} = 4m_{\text{proton}} + 2m_{\text{elektron}} = 4 \cdot 1,007276 + 2 \cdot 0,00054858 = 4,030201 \text{ u}$$

$$m_{\text{na}} = m_{\text{He-atoom}} - 2m_{\text{elektron}} = 4,002603 - 2 \cdot 0,00054858 = 4,0015058 \text{ u}$$

$$\text{massadefect} = m_{\text{voor}} - m_{\text{na}} = 4,030201 - 4,0015058 = 0,028695 \text{ u}$$

Dit komt overeen met $26,729 \cdot 931,49 = 26,729 \text{ MeV}$.

- berekenen van de massa voor de fusie 1
- berekenen van de massa na de fusie 1
- berekenen massadefect 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Uitkomst in 3 significante cijfers: geen aftrek.

16 maximumscore 2

voorbeelden van een antwoord:

antwoord 1

De energie van elk niveau is evenredig met L^{-2} . Als de ster krimpt, wordt L kleiner en daarmee neemt de energie toe.

- inzicht dat de afmeting L van de doos afneemt als de ster krimpt 1
- inzicht dat de energie evenredig is aan L^{-2} en dus toeneemt 1

antwoord 2

Als de ster krimpt, neemt de golflengte van het elektron af (in welke toestand het zich dan ook bevindt). De impuls neemt dus toe en daarmee ook de (kinetische) energie.

- inzicht dat de golflengte afneemt als de ster krimpt 1
- inzicht dat de impuls en daarmee de energie toeneemt 1

Opgave 5 Kanaalspringer

17 maximumscore 3

uitkomst: $v = 7,7 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$

voorbeeld van een antwoord:

$y = \frac{1}{2} g t^2$, zodat $9000 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t^2$. Hieruit volgt: $t_{\text{vlucht}} = 42,8 \text{ s}$.

$x = v_x t_{\text{vlucht}}$, zodat $v_x = \frac{33 \cdot 10^3}{42,8} = 7,7 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

- gebruik van $y = \frac{1}{2} g t^2$ 1
- gebruik van $x = v_x \cdot t_{\text{vlucht}}$ 1
- completeren van de berekening 1

18 maximumscore 5

uitkomst: $p = 34 \text{ kPa}$

voorbeelden van een bepaling:

methode 1

Uit de formules $\frac{pV}{T} = nR$ en $\rho = \frac{m}{V}$ is af te leiden: $p = \left(\frac{nR}{m}\right) \cdot \rho T = c \rho T$

waarin c een constante is als we eenzelfde aantal mol lucht aan het aardoppervlakte en op 7,9 km hoogte vergelijken.

Dat betekent dat

$$\left(\frac{p}{\rho T}\right)_{\text{grond}} = \left(\frac{p}{\rho T}\right)_{\text{hoogte}} \rightarrow \frac{1,013 \cdot 10^5}{1,293 \cdot 273} = \frac{p}{0,51 \cdot 233} \rightarrow p = 3,4 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$$

- gebruik van algemene gaswet en $\rho = \frac{m}{V}$ 1
- inzicht dat p evenredig is met ρ en T 1
- aflezen van ρ op 7,9 km hoogte (met een marge van $0,1 \text{ kg m}^{-3}$) 1
- opzoeken van ρ_{lucht} en notie dat deze hoort bij $T = 273 \text{ K}$ en $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ 1
- completeren van de bepaling 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

methode 2
 Uit de grafiek volgt voor de dichtheid op 7,9 km hoogte: $\rho = 0,51 \text{ kg m}^{-3}$.
 Uit tabel 12 blijkt dat $\rho_{\text{lucht}} = 1,293 \text{ kg m}^{-3}$ bij $T = 273 \text{ K}$ en
 $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
 Ga uit van 1,293 kg lucht met $T = 273 \text{ K}$ en $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
 1,293 kg lucht heeft dan dus een volume van $1,00 \text{ m}^3$.
 Op 7,9 km hoogte heeft 1,293 kg lucht dus een volume van
 $\frac{1,293}{0,51} = 2,54 \text{ m}^3$.

Volgens de algemene gaswet geldt: $\left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{grond}} = \left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{hoogte}}$.

Invullen geeft: $\frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 1,00}{273} = \frac{p \cdot 2,54}{233}$ zodat $p = 3,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

- aflezen van ρ op 7,9 km hoogte (met een marge van $0,1 \text{ kg m}^{-3}$) 1
- opzoeken van ρ_{lucht} en notie dat deze hoort bij 273 K en $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ 1
- gebruik van de algemene gaswet en $\rho = \frac{m}{V}$ 1
- berekenen van volume op 7,9 km hoogte 1
- completeren van de bepaling 1

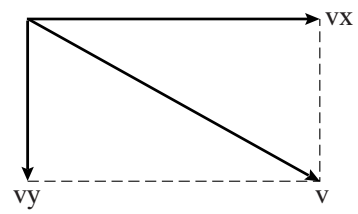
19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
 Als de baan van figuur 5 als juist moet worden opgevat, is de baan dus gekromd.
 Dat betekent dat de snelheid van richting verandert. Hiervoor is een (netto)kracht vereist, zodat $\overline{F}_{\text{res}} \neq 0$.

- constatering dat de baan gekromd is 1
- inzicht dat voor een gekromde baan een (netto)kracht vereist is 1

20 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
 In deze regel wordt met de stelling van Pythagoras de waarde van de snelheid berekend met behulp van de grootte van de horizontale en verticale snelheidscomponent.



- inzicht dat de stelling van Pythagoras gebruikt wordt 1
- tekening van de vectoren van de snelheidscomponenten en van v_{totaal} 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

21 maximumscore 3

uitkomst: $k = 9,1 \cdot 10^3$ (m) (met een marge van $0,4 \cdot 10^3$ m)

voorbeeld van een bepaling:

Uit de grafiek blijkt dat op 7,9 km hoogte geldt $\rho = 0,51 \text{ kg m}^{-3}$ zodat

$$0,51 = 1,22 \cdot e^{-\frac{7900}{k}}. \text{ Hieruit volgt } k = 9,1 \cdot 10^3 \text{ (m)}$$

- bij elkaar horende waarden voor h en ρ uit de grafiek afgelezen 1
- h in meter ingevuld 1
- completeren van de bepaling 1

22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Regel 9: $F_x = F_{x_lift} - F_{x_wrijving}$

Regel 13: $F_y = F_z - F_{y_lift} - F_{y_wrijving}$

- juiste krachten genoemd in regel 9 1
- plus- en mintekens in regel 9 juist 1
- juiste krachten genoemd in regel 13 1
- plus- en mintekens in regel 13 juist 1

23 maximumscore 4

uitkomst: $s = 34 \cdot 10^3$ m (met een marge van $3 \cdot 10^3$ m)

voorbeeld van een bepaling:

Gebruik de (v,t) -grafiek. De afgelegde weg komt overeen met de oppervlakte onder deze grafiek.

Deze oppervlakte is te benaderen door een rechthoek en een driehoek:

$$s = 65 \cdot 430 + \frac{1}{2} \cdot (95 - 65) \cdot 430 = 34 \cdot 10^3 \text{ m.}$$

- inzicht dat de (v,t) -grafiek gebruikt moet worden 1
- inzicht dat de oppervlakte onder deze grafiek bepaald moet worden 1
- completeren van de bepaling 2

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

24 maximumscore 5

uitkomst: $\alpha = 24^\circ$ (met een marge van 2°)

Voorbeeld van een bepaling:

Voor de hoek α met de horizon geldt: $\sin \alpha = \frac{v_y}{v}$.

De waarde van v kan worden afgelezen op de (v,t) -grafiek:

$v = 96,5 \text{ m s}^{-1}$ op $t = 16 \text{ s}$.

De waarde van v_y kan berekend worden met het (F_y,t) -diagram.

In de y -richting geldt: $\int F_y \cdot dt = m \Delta v_y$ zodat de impulstoename in de y -richting tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 16 \text{ s}$ overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek. Deze oppervlakte komt overeen met $3,4 \cdot 10^3 \text{ Ns}$.

Hieruit volgt: $v_y = \frac{3,4 \cdot 10^3}{85,5} = 40 \text{ m s}^{-1}$.

Voor hoek α geldt dan: $\sin \alpha = \frac{40}{96,5}$ zodat $\alpha = 24^\circ$.

- aflezen van v op $t = 16 \text{ s}$ 1
- inzicht dat geldt $\sin \alpha = \frac{v_y}{v}$ 1
- inzicht dat de verticale stoot de oppervlakte in het (F_y,t) -diagram is 1
- berekenen van v_y met behulp van de stoot $= m \Delta v_y$ 1
- completeren van de bepaling 1

5 Inzenden scores

Verwerk de scores van de alfabetisch eerste tien kandidaten per school in het programma WOLF.

Zend de gegevens uiterlijk op 6 juni naar Cito.

6 Bronvermeldingen

Opgave 2 naar: De Volkskrant, 22-12-2002

Opgave 5 naar: De Gelderlander, 1-8-2003