

Diagnostisch Schoolexamen Natuurkunde

Naam:
Docent:

Klas 6, periode E2 120 minuten

- Zet je **naam** bovenaan op dit opgavenblad.
- Zet een **hokje** om het eindantwoord.
- De laatste bladzijde bevat een lijst met **formules**.
- **Succes!**

$$\text{cijfer} = \frac{\text{aantal punten} + 7}{7,2}$$

Opgave Plantenkas

In een plantenkas wordt de temperatuur 's nachts op 17 °C gehouden. Overdag stijgt de temperatuur tot 33 °C. Tijdens het opwarmen blijft de luchtdruk constant doordat er lucht door kieren en gaten wegstroomt. De lucht in de kas mag beschouwd worden als een ideaal gas.

- 4p 1 Bereken welk percentage van het oorspronkelijke aantal mol lucht tijdens het opwarmen wegstroomt uit de kas.

Opgave Satellietbanen

In de figuur (bron: Newton 1^e druk Informatieboek deel 2 bladzijde 110) zie je drie mogelijke cirkelbanen om de aarde van een satelliet:

- I. Polaire baan: De rotatie-as van de aarde ligt in het vlak van de baan. De satelliet passeert beurtelings de noord- en zuidpool.
- II. Equatoriale baan: de rotatie-as van de aarde staat loodrecht op het vlak van de baan.
- III. Hellende baan: een tussenpositie.

In alle gevallen is het middelpunt van de baan tevens het middelpunt van de aarde.

- 1p 2 Leg uit waarom een satellietbaan niet een ander punt als middelpunt kan hebben.
- 1p 3 Leg uit tot welke van deze drie soorten cirkelbanen een geostationaire baan behoort.

De planeet Mars heeft een massa van $0,642 \cdot 10^{24}$ kg, een straal van $3,393 \cdot 10^6$ m en draait met een periode van 1,026 (aardse) dag om zijn eigen as. Een satelliet van 75,8 kg bevindt zich in een stationaire baan rond deze planeet.

- 4p 4 Bereken op welke hoogte boven het oppervlak van de planeet de satelliet zich bevindt. *De derde wet van Kepler moet je hiertoe eerst afleiden uit formules in Binas.*

Opgave Botsing

Een locomotief ($1,2 \cdot 10^4$ kg) botst per ongeluk op een stilstaande goederenwagon ($3,2 \cdot 10^3$ kg) en wordt daar automatisch aan vastgekoppeld. De snelheid van de locomotief is 5,0 m/s.

- 3p 5 Bereken de snelheid van de locomotief vlak na de botsing. *Geef ook aan of de bewegingsrichting van de locomotief hetzelfde is gebleven of is omgekeerd.*

Bij een ander ongelukje botst de locomotief op een pneumatisch stootblok (zie <http://nl.wikipedia.org/wiki/Stootblok>). Hierbij drukt de locomotief de lucht in twee cilinders samen.

- 3p 6 Schets het verloop van het F, x -diagram en geef een toelichting. (Hierbij is F de remkracht die het stootblok op de locomotief uitoefent en x de afstand waarover de zuigerstangen in de cilinders worden gedrukt.)

Opgave Molentje van Crookes

Het hiernaast afgebeelde molentje (zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Crookes_radiometer) gaat draaien als er licht op valt.

Elk wiekje heeft een spiegelende en een zwarte zijde. Als een wiekje zich links bevindt (zie de foto), zie je de spiegelende kant. Rechts zie je de zwarte kant.

De spiegelende zijde van een wiekje draait naar het licht toe, de zwarte kant draait van het licht af.

De intensiteit van het zonlicht dat op de molenwiekjes valt, bedraagt $1,1 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Veronderstel dat het zonlicht bestaat uit identieke fotonen met een golflengte van 550 nm.

De wiekjes zijn vierkant met zijden van 1,4 cm en hebben een massa van 0,12 g. Ze zitten met een hoekpunt aan een heel dun asje vast.

5p **7** Bereken de kracht die de fotonen uitoefenen op:

- a) de zwarte zijde van een wiekje;
- b) de spiegelende zijde van een wiekje.

Bereken daartoe eerst hoeveel fotonen per seconde op een wiekje vallen als het licht loodrecht op het oppervlak valt.

Volgens Crookes toonde zijn experiment aan dat het licht een kracht uitoefende op de wiekjes.

1p **8** Leg uit of hij hier gelijk in had.

Op een gegeven moment draaien de wiekjes 5,0 keer rond per seconde.

3p **9** Bereken de middelpuntzoekende kracht die het asje op een wiekje uitoefent.

Opgave Bètastraling

Oorspronkelijk was niet bekend dat bij een bètavervalsreactie een neutrino vrijkomt.

2p **10** Leg uit waarom het neutrino eerst niet bekend was.

Als een bepaalde atoomsoort vervalft onder het uitzenden van bètastraling, komt per atoomkern altijd evenveel energie vrij.

1p **11** Leg uit waar de vrijkomende energie vandaan komt.

Stel dat bij het verval van een atoomkern alleen een bètadeeltje zou vrijkomen.

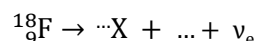
3p **12** Leg uit waarom het bètadeeltje dan verreweg het grootste deel van de energie zou krijgen die bij het proces vrijkomt. Noem de behoudswet waaruit dit volgt.

Uit metingen blijkt dat het bètadeeltje niet altijd dezelfde hoeveelheid energie krijgt, maar elke energie uit een 'continu spectrum' van mogelijke energieën kan krijgen (wel met een bepaald maximum).

Om dat te verklaren veronderstelde Wolfgang Pauli dat een derde (tot dan toe onbekend) deeltje bij bètaverval betrokken is.

2p **13** Leg uit dat het continue energiespectrum van bètastraling wel is te verklaren als er nóg een deeltje vrijkomt (het neutrino) en anders niet.

Fluor-18 is een bètastraler. Bij de reactie, die hieronder is weergegeven, ontstaat een elektronneutrino. De atoomkern die ontstaat is aangegeven met een X (dit is niet het echte symbool van het element).



2p **14** Maak de reactievergelijking compleet. Noteer de complete vergelijking op je eigen antwoordblad.

Een patiënt krijgt tijdens een behandeling fluor-18 ingespoten. Hij mag het ziekenhuis pas verlaten als de activiteit met 99% is afgenomen. De halveringstijd van fluor-18 bedraagt 110 minuten.

3p **15** Bereken na hoeveel tijd de patiënt het ziekenhuis mag verlaten.

Opgave Neutrino's

De zon zendt grote hoeveelheden neutrino's uit. Op aarde passeren per seconde 65 miljard neutrino's van de zon door een oppervlak van $1,0 \text{ cm}^2$ dat naar de zon gericht is (en dus loodrecht op de zonnestrallen staat). Om de helft van de neutrino's tegen te houden zou lood een dikte moeten hebben van 1,0 lichtjaar (9,5 biljoen km).

3p **16** Bereken de totale flux van neutrino's op aarde.

4p **17** Bereken hoeveel neutrino's van de genoemde 65 miljard neutrino's zouden worden tegengehouden door lood met een dikte gelijk aan de diameter van de aarde.

Hieronder zie je de eerste foto (zie: <http://en.wikipedia.org/wiki/Neutrino>) die ooit gemaakt is van een reactie die wordt veroorzaakt door een neutrino in een bellenvat gevuld met waterstof. Rechts zie je drie sporen ontstaan vanuit één punt. In dat punt is een neutrino op een (vrijwel) stilstaand proton gebotst. Het neutrino dat het bellenvat inschiet is onzichtbaar (veroorzaakt geen spoor). Het proton schiet door de botsing met grote snelheid weg (het spoor rechtsboven). Bij de botsing ontstaan ook twee nieuwe deeltjes, een π -meson en het μ -meson.

2p **18** Leg uit hoe het komt dat de baan van een deeltje in een bellenvat zichtbaar kan worden.

In het bellenvat heerst een magnetisch veld.

3p **19** Bepaal de richting van het magnetisch veld. *Licht je antwoord toe aan de hand van een schets op je antwoordblad.*

2p **20** Bepaal de elektrische lading van het π -meson en het μ -meson.

De deeltjes bewegen met relativistische snelheden.

3p **21** Bepaal welk deeltje na de gebeurtenis de grootste energie heeft.

2p **22** Schets uit welke richting het neutrino kwam en geef kort uitleg.

Hiernaast is de reactie schematisch weergegeven. (Bij sommige deeltjes zijn twee mogelijkheden gegeven: zie vraag 20 en 24.)

De term 'meson' betekende oorspronkelijk dat de massa van het deeltje het 'midden' hield tussen de massa van een elektron en een proton. Inmiddels is het gebruik van de term meson veranderd.

Het π -meson of pion staat vermeld in Binas tabel 26 bij de mesonen. Tegenwoordig noemen we het μ -meson echter **muon** (ook te vinden in tabel 26).

2p **23** Leg uit wat de huidige betekenis is van de term 'meson' en leg uit dat het ' μ -meson' volgens die betekenis geen meson kan zijn.

1p **24** Leg uit of het deeltje dat de reactie veroorzaakt een neutrino of een anti-neutrino is.

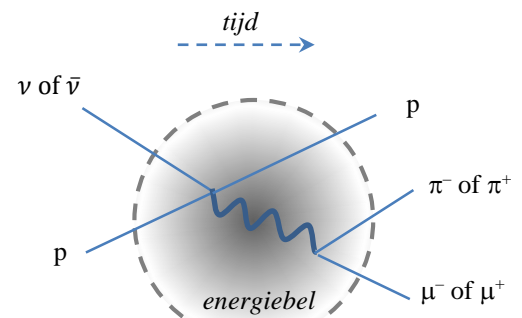
Het golvende lijntje in het afgebeelde schema stelt een krachtdeeltje voor.

5p **25** Leg uit of de reactie in het bellenvat kan plaatsvinden door middel van de onderstaande vier (virtuele) krachtdeeltjes.

Betrek in je uitleg bij elk krachtdeeltje de volgende aspecten:

- het koppelen van het krachtdeeltje aan de betrokken deeltjes;
- het overdragen van elektrische lading.

- a) een gluon;
- b) een foton;
- c) een W^+ -deeltje;
- d) een Z -deeltje.



Einde

Formules

Gebruik zo nodig ook Binas tabel 7, 25, 26, 31, 32, 35 of andere tabellen.

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Vloeistofdruk

$$D = \frac{E}{m}$$

Stralingsdosis

$$H = w_R \cdot D$$

Equivalente dosis

$$p = \frac{E}{c}$$

Impuls (relativistisch)

$$R = \frac{p}{q \cdot B}$$

Larmorstraal

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

Larmorstraal (klassiek)

$$R = \frac{E}{q \cdot B \cdot c}$$

Larmorstraal (relativistisch)

$$F_L = B \cdot q \cdot v$$

Lorentzkracht (op geladen deeltje)

$$\Phi = \frac{N}{\Delta t}$$

Flux

$$\text{fluxdichtheid} = \frac{\Phi}{A}$$

Fluxdichtheid

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Energie foton

$$c = \lambda \cdot f$$

Elektromagnetische golf

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Impuls foton

$$\Delta E_k = q \cdot \Delta V$$

Deeltjesversneller

$$E_{tot} = m_0 \cdot c^2 + E_k = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2$$

Totale energie volgens relativiteitstheorie
(als $v \approx c$)
 m_0 = rustmassa

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Gammafactor

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

Onbepaaldheidsrelatie Heisenberg

④ 1. $\frac{P_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \Rightarrow n_2 = n_1 \cdot \frac{T_1}{T_2} = n_1 \cdot \frac{290}{306}$ \rightarrow ① in Kelvin

$\frac{290}{306} = 94,77\%$ is er nog, dus $5,23 = \boxed{5,2\%}$ ① is verdwenen

① 2. De gravitatiekracht moet de F_{mpz} leveren. F_{graw} wijst naar het middelpunt v/d aarde (niet naar een ander punt).

① 3. II Equatoriale baan. Alleen dan kan de satelliet zo met de aarde 'mederaaien' dat hij boven een vast punt lijkt stil te staan.

④ 4. $F_{mpz} = F_{graw}$
 $\frac{mv^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$ ① gelijkstellen + invullen

$v = \frac{2\pi r}{T}$ invullen: $\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{G \cdot M}{r} \Rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4\pi^2}$

$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{4\pi^2} \cdot T^2} = \sqrt[3]{\frac{6,6726 \cdot 10^{-11} \cdot 0,642 \cdot 10^{24} \cdot (1,1026 \cdot 24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2}}$

$r = \sqrt[3]{8,5269 \cdot 10^{21}} = 2,043 \cdot 10^7 \text{ m}$

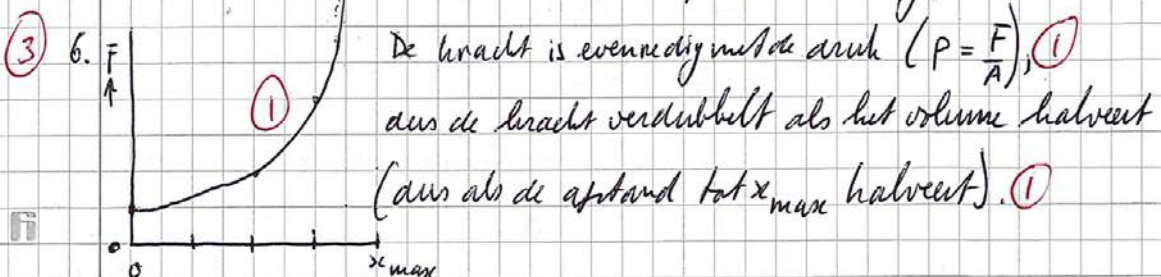
$h = r - R_{mars} = 2,043 \cdot 10^7 - 3,393 \cdot 10^6 = \boxed{1,70 \cdot 10^7 \text{ m}}$ ①

③ 5. $P_{trein,voor} + P_{wagon,voor} = P_{trein,na} + P_{wagon,na}$

$m_t \cdot v_t + 0 = (m_t + m_w) \cdot v_{na}$

$1,2 \cdot 10^4 \cdot 5,0 = (1,2 \cdot 10^4 + 3,2 \cdot 10^3) \cdot v_{na}$

$v_{na} = \boxed{3,9 \text{ m/s}}$ ① (Positief, dus in dezelfde richting als de locomotief voor de botsing).

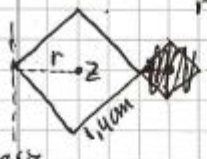


5) 7. Aantal fotonen per seconde $E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}}$
 $E_f = 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 ↳ Energie per seconde = $\frac{1,1 \cdot 10^3}{3,6 \cdot 10^{-19}} = 3,046 \cdot 10^{21}$ per m^2

Wolfs: $\square_{1,4 \text{ m}}$
 $(0,014 \text{ m})^2 \cdot 3,046 \cdot 10^{21} = 5,969 \cdot 10^{17}$ per wolfs

$F \cdot \Delta t = \Delta P_{\text{fotonen}}$
 $\Delta P_{\text{fotonen}} = \text{aantal fotonen} \cdot (P_{\text{na}} - P_{\text{voor}})$
 $\Delta t = \frac{h}{P_{\text{foton}}}$ (alles is per seconde)
 a) $F = \text{aantal fotonen} \cdot (0 - P_{\text{voor}}) = 5,969 \cdot 10^{17} \cdot \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{550 \cdot 10^{-9}} = -7,2 \cdot 10^{-10} \text{ N}$
 b) De fotonen worden weerkaatst en bewegen nu even hard terug als heen.
 $F = \text{aantal fotonen} \cdot (P_{\text{na}} - P_{\text{voor}}) = 2 \cdot -7,2 \cdot 10^{-10} = -1,4 \cdot 10^{-9} \text{ N}$

1) 8. Nee, want het licht oefent zo zoveel kracht uit op de spiegelenote leunt, dus dan zou het involente de andere kant op moeten draaien.

3) 9. $F_{\text{mpz}} = \frac{m v^2}{r} = \frac{m}{r} \cdot (2\pi r \cdot f)^2 = m \cdot 4\pi^2 r f^2$

 Het zwaartepunt bevindt zich in het midden
 $r^2 + r^2 = 0,014^2 \Rightarrow 2r^2 = 0,014^2 \Rightarrow r = 0,009899 \text{ m}$
 $F_{\text{mpz}} = 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,009899 \cdot (5,0)^2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

2) 10. Je kunt het bijna niet detecteren omdat het vrijwel geen interactie aangaat met andere deeltjes. Je ziet het niet in een vellenwaf.

1) 11. Een klein deel van de massa van de atoomkern wordt omgezet in (best veel) energie (te tekenen met: $E = m \cdot c^2$).

3) 12. $P_{\text{voor}} = P_{\text{He, na}} + P_{\beta, na}$ (Wet van behoud van impuls)
 $0 = m_{\text{He}} \cdot v_{\text{He, na}} + m_{\beta} \cdot v_{\beta, na}$
 ↑ ↑
 tegengesteld van richting (en teken)
 $m_{\text{He}} \gg m_{\beta}$, dus $v_{\beta, na} \gg v_{\text{He, na}}$
 $E_{\text{He}} = \frac{1}{2} m v^2$ v gaat kwadratisch, dus telt veel meer dan m; dus $E_{\beta} \gg E_{\text{He}}$

