



## 21+ Toets NASK 2021/2022 – Versie C

Deze toets bestaat uit 23 vragen.

Natuurkunde: 24p + 8p

Scheikunde: 19p + 12p

### Superbus (24p)

Op de TU Delft wordt onder leiding van professor Wubbo Ockels de Superbus ontwikkeld. De bus wordt elektrisch aangedreven, biedt plaats aan ongeveer 20 personen en heeft een kruissnelheid van 250 km/h. De massa van de bus inclusief passagiers is  $8,1 \cdot 10^3$  kg.

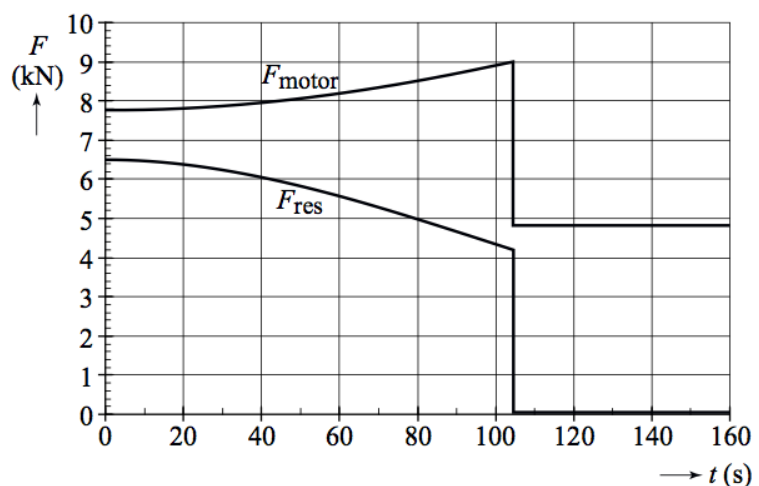
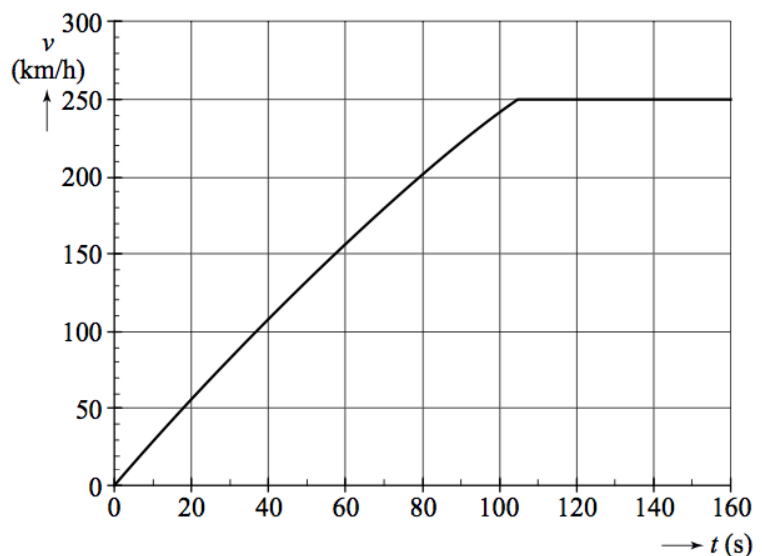


Hiernaast is het  $(v,t)$ -diagram van het optrekken van de Superbus weergegeven. We definiëren de optrekafstand als de afstand die de bus moet afleggen om van 0 tot  $v_{SEP}$  250 km/h te versnellen.

- 1 4p Bepaal met behulp van de figuur de optrekafstand van de Superbus.

Van het optrekken van de bus is ook een  $(F,t)$ -diagram gemaakt. Hierin is  $F_{motor}$  de kracht waarmee de motor de bus aandrijft en  $F_{res}$  de resulterende kracht op de bus. Tussen  $t = 0$  en  $t = 10$  s is  $F_{res}$  constant. De waarde van  $F_{res}$  is af te lezen in het  $(F,t)$ -diagram. Die waarde is ook te bepalen met behulp van het  $(v,t)$ -diagram.

- 2 4p Laat met zien dat beide waarden van  $F_{res}$  met elkaar overeenstemmen.



De wrijvingskracht op de bus bestaat uit de constante rolwrijvingskracht  $F_{w,rol}$  en de luchtwrijvingskracht  $F_{w,lucht}$  waarvan de grootte afhangt van de snelheid. Voor de Superbus geldt:  $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3$  N.

3 3p Leg uit hoe uit het  $(F,t)$ -diagram blijkt dat  $F_{w,rol} = 1,3 \cdot 10^3$  N.

Na  $t = 105$  s is de motorkracht constant.

4 3p Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.

De Superbus is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand

ondervindt. Voor de luchtwrijvingskracht  $F_{w,lucht}$  geldt de volgende formule:

$$F_{w,lucht} = \frac{1}{2} \times c_w \times \rho \times A \times v^2$$

Hierin is:

- $c_w$  de luchtwrijvingscoëfficiënt
- $\rho$  de dichtheid van de lucht (in  $\text{kg/m}^3$ )
- $A$  de frontale oppervlakte van de bus (in  $\text{m}^2$ )
- $v$  de snelheid van de superbus (in  $\text{m/s}$ )

De Superbus is 2,50 m breed en 1,70 m hoog. De dichtheid van de lucht is  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

5 4p Bepaal de luchtwrijvingscoëfficiënt van de Superbus.

De actieradius van de Superbus is de afstand die hij bij gemiddeld energieverbruik kan afleggen als zijn accu's helemaal gevuld zijn. De Superbus heeft 324 accu's; in elke accu kan 0,74 kWh energie worden opgeslagen. De bus verbruikt gemiddeld 0,83 kWh per kilometer.

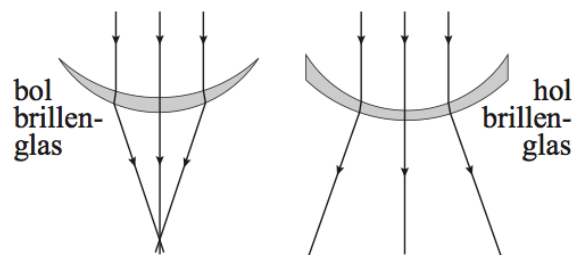
6 3p Bereken de actieradius van de Superbus. Neem daarbij aan dat alle opgeslagen energie wordt verbruikt.

Als de accu's leeg zijn, worden ze tegelijk opgeladen. De spanning over elke accu is 4,2 V. De laadstroom door één accu is 200 A.

7 3p Bereken de tijd die nodig is om een accu helemaal op te laden. Neem daarbij aan dat er geen energieverliezen optreden tijdens het opladen.

## Lord of the Flies (8p)

Er bestaan twee soorten brillenglazen: bolle (met een positieve sterkte) en holle (met een negatieve sterkte). In de figuren hiernaast is getekend hoe een evenwijdige lichtbundel door elk van glas deze brillenglazen wordt gebroken. Bijziende mensen, die zonder bril niet scherp zien in de verte, hebben holle brillenglazen.



Cynthia heeft het beroemde boek *Lord of the Flies* van William Golding gelezen. Daarin maken jongens op een onbewoond eiland vuur door de bril van een bijziende jongen als brandglas te gebruiken. Volgens Cynthia kan dat niet!

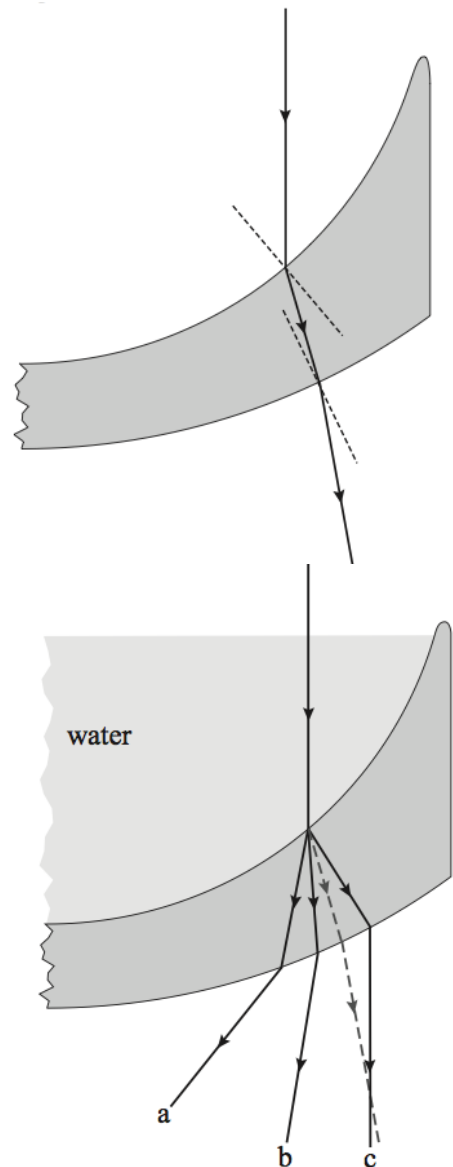
8 2p Leg uit dat Cynthia gelijk heeft.

In de figuur hiernaast is getekend hoe een lichtstraal door (een gedeelte van) een hol brillenglas gebroken wordt.

9 3p Bepaal met behulp van de figuur de brekingsindex van de stof waarvan het brillenglas gemaakt is.

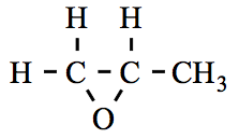
Cynthia giet water op het brillenglas.<sup>[SEP]</sup>Ze denkt dat op die manier de negatieve lens positief kan worden en dus toch als brandglas is te gebruiken. Voor lichtstralen die van water naar het brillenglas gaan, is de brekingsindex  $n_{\text{water} \rightarrow \text{bril}} > 1$  maar kleiner dan de brekingsindex die in vraag 2 is bepaald.<sup>[SEP]</sup>In figuur 2 is met een stippellijn getekend hoe de invallende lichtstraal werd gebroken toen het glas nog niet met water was gevuld.<sup>[SEP]</sup>In de figuur zijn bovendien drie lichtstralen, a, b en c, getekend. Een van deze drie lichtstralen geeft op de juiste wijze weer hoe de invallende lichtstraal door het met water gevulde brillenglas wordt gebroken.

10 3p Beantwoord de volgende vragen:<sup>[SEP]</sup>  
 - Welke lichtstraal is juist getekend?<sup>[SEP]</sup>  
 - Leg uit waarom de andere twee lichtstralen niet juist zijn getekend.



## Propeenoxide (12p)

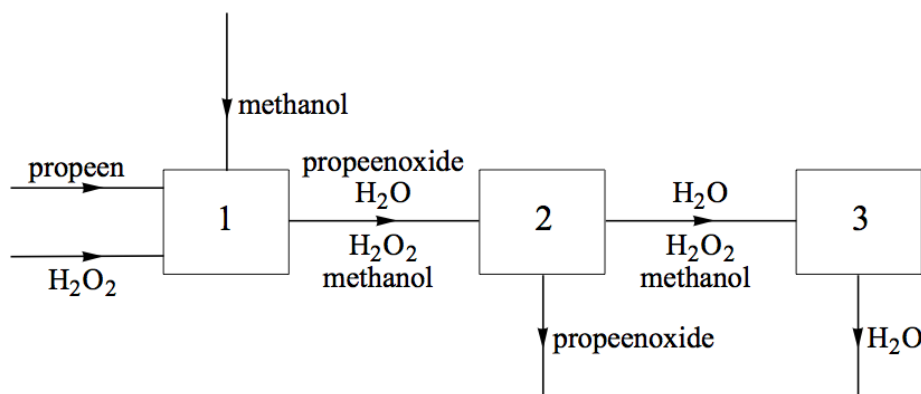
Propeenoxide is een belangrijke grondstof voor onder andere de productie van een aantal kunststoffen. Propeenoxide is een koolstofverbinding met de volgende structuurformule.



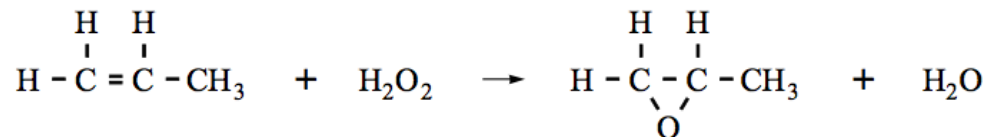
Er bestaan verschillende isomeren van propeenoxide.

- 11 3p Geef de structuurformule van een isomeer van propeenoxide die behoort tot de onverzadigde verbindingen en ook tot de alcoholen.

Hieronder is een gedeelte van het blokschema weergegeven van een nieuw ontwikkeld proces om op industriële schaal propeenoxide te produceren.



In ruimte 1 reageert propeen met waterstofperoxide, waarbij methanol als oplosmiddel wordt gebruikt. Deze reactie verloopt in aanwezigheid van een katalysator. Waterstofperoxide wordt in overmaat in ruimte 1 ingevoerd zodat alle propeen wordt omgezet. Hieronder is de vergelijking weergegeven van de reactie die in ruimte 1 plaatsvindt.



In een fabriek reageert bij het bovenbeschreven productieproces 90 procent van het toegevoerde waterstofperoxide in ruimte 1. De overige 10 procent van het waterstofperoxide reageert in ruimte 3. Hierbij ontstaat geen propeenoxide.

- 12 3p Bereken hoeveel ton waterstofperoxide ten minste nodig is voor de jaarproductie van  $3,0 \cdot 10^5$  ton (1,0 ton =  $1,0 \cdot 10^3$  kg) propeenoxide volgens het bovenbeschreven proces.

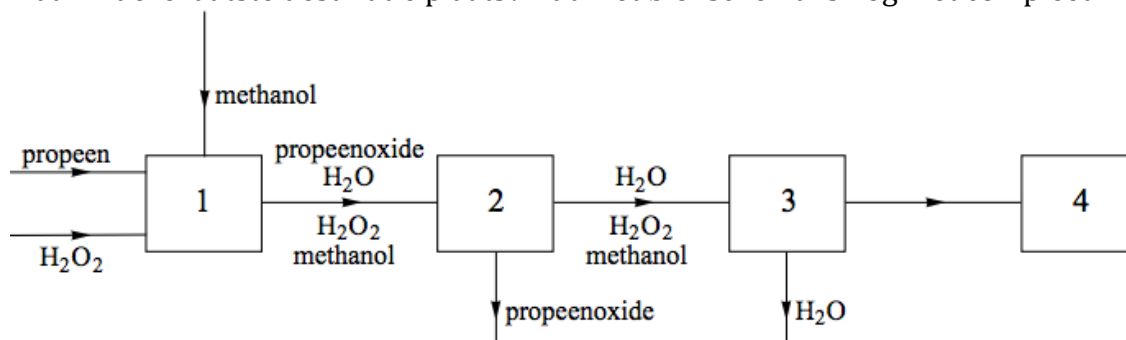
Na de eerste reactie reageert het gevormde methaanzuur in ruimte 3 met een deel van de methanol tot een ester.

13 2p Geef de structuurformule van deze ester.

In ruimte 3 wordt water afgescheiden van het mengsel van methanol en de gevormde ester. In een laatste destillatie worden methanol en de ester van elkaar gescheiden. De ester wordt afgevoerd en de methanol wordt opnieuw gebruikt in het productieproces. Hoewel de methanol opnieuw wordt gebruikt, moet toch voortdurend nieuwe methanol worden toegevoerd.

14 1p Geef aan waarom voortdurend nieuwe methanol aan het productieproces moet worden toegevoerd.

De ruimte waarin de destillatie van het mengsel van methanol en de ester plaatsvindt, is niet in blokschema 1 opgenomen. Hieronder is blokschema 1 uitgebreid met ruimte 4 waarin deze laatste destillatie plaatsvindt. Het blokschema is nog niet compleet.



15 3p Geef in het blokschema de ontbrekende stofstromen weer door het tekenen van lijnen met pijlen. Zet bij de stofstroom tussen ruimte 3 en 4 en bij de zelf getekende stofstromen de namen van de bijbehorende stoffen. De ester die in ruimte 3 is ontstaan, mag worden aangeduid met 'ester'.



## Luchtzuiverende stenen (19p)

Uitlaatgassen van auto's die op diesel rijden, bevatten stikstofoxiden. Stikstofoxiden veroorzaken zure regen en dragen bij aan smogvorming. In onderstaand krantenartikel wordt bericht over een proef die betrekking heeft op deze stikstofoxiden.

### Krantenartikel

*De Castorweg in Hengelo zal gedeeltelijk worden voorzien van zogeheten luchtzuiverende stenen, waarvan de werking is onderzocht in een testlaboratorium van de Universiteit Twente. De te gebruiken straatstenen zijn voorzien van een toplaag van titaandioxide dat de stikstofoxiden uit auto's met behulp van zonlicht omzet tot het nagenoeg onschadelijke nitraat. Na een regenbui zal de straat vervolgens schoonspoelen. Om de werking van de stenen in de praktijk te kunnen aantonen wordt de Castorweg voor 150 meter bestraat met stenen met de milieuzuiverende toplaag en 150 meter met gewone straatstenen. In beide vakken wordt de luchtkwaliteit gemeten. Het Hengelose experiment past in het streven de uitstoot van stikstofoxiden te beperken.*

*naar: Tubantia*

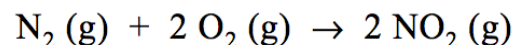
De stof die in het krantenartikel titaandioxide wordt genoemd, heeft als formule  $\text{TiO}_2$  en bestaat uit titaanionen en oxide-ionen.

16 1p Geef de systematische naam voor  $\text{TiO}_2$ . Gebruik hierbij een Romeins cijfer.

Uit het krantenartikel kan worden afgeleid welke functie  $\text{TiO}_2$  zeer waarschijnlijk heeft bij de omzetting van stikstofoxiden.

17 2p Welke functie heeft  $\text{TiO}_2$  zeer waarschijnlijk bij de omzetting van stikstofoxiden? Motiveer je antwoord.

De Europese grenswaarde voor het jaargemiddelde van de concentratie van stikstofdioxide in de lucht is  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $1 \mu\text{g} = 1 \cdot 10^{-6} \text{g}$ ). De grenswaarde voor het uurgemiddelde van de concentratie van stikstofdioxide bedraagt  $200 \mu\text{g m}^{-3}$ . Stikstofdioxide ontstaat in een automotor door de volgende reactie:



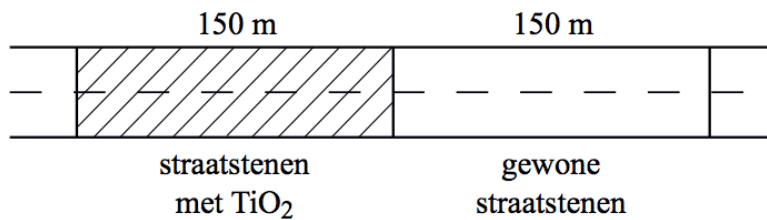
In een straat met een luchtkolom van  $3,0 \cdot 10^4 \text{m}^3$  wordt op een bepaald tijdstip een stikstofdioxideconcentratie gemeten van  $150 \mu\text{g m}^{-3}$ .

18 4p Bereken hoeveel gram  $\text{N}_2$  minstens nodig is voor de vorming van de hoeveelheid stikstofdioxide die aanwezig is in de luchtkolom op het tijdstip van de meting.

19 2p Kan uit de meting de conclusie worden getrokken dat de stikstofdioxideconcentratie voldoet aan de norm voor het uurgemiddelde? Licht je antwoord toe.

In het Hengelose experiment wordt in beide weggedeeltes (zie de figuur hieronder) de stikstofdioxideconcentratie gemeten en worden de metingen met elkaar vergeleken. Om betrouwbare resultaten te verkrijgen uit het experiment moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan. De Castorweg is over het gedeelte dat bij de proef is betrokken, een rechte weg voor doorgaand verkeer. Hij is over dit gedeelte overal even breed en heeft geen zijwegen.

bovenaanzicht Castorweg



- 20 4p Noem twee andere voorwaarden waaraan het weggedeelte van 300 meter moet voldoen om betrouwbare resultaten te verkrijgen. Geef bij elke voorwaarde een motivering.

In het krantenartikel staat dat stikstofdioxiden worden omgezet tot het nagenoeg onschadelijke nitraat. Deze beschrijving van de reactie is onduidelijk en onvolledig. In feite treedt dezelfde reactie op als bij de vorming van zure regen: er ontstaat (zeer) verdund salpeterzuur uit de reactie van stikstofdioxide met water en zuurstof.

- 21 4p Geef de vergelijking van deze reactie.<sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>

De slotzin van het krantenartikel is feitelijk onjuist.

- 22 1p Geef aan waarom bij het Hengelose experiment de uitstoot van stikstofdioxiden niet wordt beperkt.<sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>

- 23 1p Noem een argument waarom het Hengelose experiment toch zinvol is.