

## Algemene instructies voor de theoretische toets (30 punten)

De theoretische toets duurt 5 uur. De opdrachten in de theoretische toets zijn samen 30 punten waard. Succes van Tan en Ignaas!

### Voor de theoretische toets

- Je mag de enveloppen met de opdrachten niet openen voordat het geluidssignaal gaat dat het begin van de toets aangeeft.
- Het begin en het einde van de toets wordt aangegeven met een geluidssignaal. Elk uur zal de verstreken tijd worden aangegeven. Zo ook een kwartier voor het einde van de toets.

### Tijdens de theoretische toets

- Er zijn speciale antwoordbladen voor je antwoorden. Noteer je antwoorden in de daarvoor bestemde kaders op deze antwoordbladen (aangegeven met A). Voor elke vraag zijn ook lege werkbladen (aangegeven met een W) om berekeningen en/of uitwerkingen te maken. Let er op dat je bladen gebruikt die bij de betreffende vraag horen (controleer het vraagnummer in de header van het blad). Zet een kruis door iets dat je hebt opgeschreven maar niet beoordeeld wilt hebben. Gebruik alleen de voorkant van elk blad.
- Wees kort en bondig in je antwoorden. Gebruik waar mogelijk vergelijkingen, logische operatoren en tekeningen om je gedachten te verduidelijken indien mogelijk. Vermijd het gebruik van lange zinnen.
- Geef numerieke antwoorden imet het juiste aantal significante cijfers.
- Het is vaak mogelijk onderdelen te doen zonder dat je de voorgaande onderdelen opgelost hebt.
- Een lijst met natuurconstanten is te vinden op de volgende pagina.
- Je mag zonder toestemming je werkgebied niet verlaten. Als je enige hulp nodig hebt (vullen van je drinkfles, kapotte calculator, toilet break etc.) maak je dat kenbaar aan een surveillant door een van de drie vlaggetjes in de houder aan je werkruimte te plaatsen. ("Refill my water bottle, please", "I need to go to the toilet, please", of "I need help, please" in alle andere gevallen).

### Aan het einde van de theoretische toets

- Aan het einde van de toets moet je direct stoppen met schrijven.
- Leg voor elke opgave (Q1, Q2 en Q3) je bladen in de volgende volgorde: Voorblad (cover sheet C), vragen (questions Q), antwoordbladen (answer sheets A) en werkbladen (worksheets W).
- Stop alle bladen van een opgave in de daarvoor bestemde envelop. Stop de algemene instructie (general instructions G) in de overgebleven envelop. Zorg ervoor dat je student code zichtbaar is in het kijkvenster van elke envelop . Lever ook de lege vellen in. Het is niet toegestaan om bladen uit de toetsruimte mee te nemen.
- Laat de blauwe (door de organisatie geleverde) rekenmachine achter op de tafel.
- Neem je schrijfgerei (2 ballpointpennen, 1 viltstift, 1 potlood, 1 schaar, 1 liniaal, 2 paar oordopjes) en je eigen rekenmachine mee als je weggaat. Neem ook je waterfles mee.

- Wacht bij je tafel totdat je enveloppen zijn opgehaald. Als alle enveloppen zijn opgehaald zal je gids je naar de uitgang begeleiden.

## Tabel met fundamentele constanten

Lichtsnelheid in vacuüm	$c$	$=$	$299\,792\,458\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Permeabiliteit in vacuüm	$\mu_0$	$=$	$4\pi \times 10^{-7}\text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$
Permittiviteit in vacuüm	$\varepsilon_0$	$=$	$8.854\,187\,817\dots \times 10^{-12}\text{ A}^2 \cdot \text{s}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$
Elementaire lading	$e$	$=$	$1.602\,176\,620\,8(98) \times 10^{-19}\text{ A} \cdot \text{s}$
Massa van een elektron	$m_e$	$=$	$9.109\,383\,56(11) \times 10^{-31}\text{ kg}$ $= 0.510\,998\,946\,1(31) \frac{\text{MeV}}{c^2}$
Massa van een proton	$m_p$	$=$	$1.672\,621\,898(21) \times 10^{-27}\text{ kg}$ $= 938.272\,081\,3(58) \frac{\text{MeV}}{c^2}$
Massa van een neutron	$m_n$	$=$	$1.674\,927\,471(21) \times 10^{-27}\text{ kg}$ $= 939.565\,413\,3(58) \frac{\text{MeV}}{c^2}$
Atomaire massa eenheid	$m_u$	$=$	$1.660\,539\,040(20) \times 10^{-27}\text{ kg}$
Rydberg constante	$R_\infty$	$=$	$10\,973\,731.568\,508(65)\text{ m}^{-1}$
Gravitatieconstante	$G$	$=$	$6.674\,08(31) \times 10^{-11}\text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Versnelling bij vrije val (in Zurich)	$g$	$=$	$9.81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Constante van Planck	$h$	$=$	$6.626\,070\,040(81) \times 10^{-34}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Getal van Avogadro	$N_A$	$=$	$6.022\,140\,857(74) \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
Algemene gasconstante	$R$	$=$	$8.314\,4598(48)\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Molaire massaconstante	$M_u$	$=$	$1 \times 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante van Boltzmann	$k_B$	$=$	$1.380\,648\,52(79) \times 10^{-23}\text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante van Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$=$	$5.670\,367(13) \times 10^{-8}\text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$