



## Algemene instructies voor de theoretische toets

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

Het begin en het einde van de theoretische toets wordt aangegeven door de surveillant. Je mag de enveloppen of documentenmappen met de opgaven niet openen voordat de surveillant het begin van de toets aangeeft. Elk uur worden er mededelingen gedaan over de verstreken tijd, zo ook 15 minuten voor het einde en aan het einde van de toets.

### Tijdens het examen:

- Gebruik alleen de meegeleverde pen. Je mag een potlood gebruiken om je figuren/schema's/grafieken te tekenen, maar trek de contouren van de definitieve versie over met de pen om het beste contrast te garanderen wanneer je werk wordt gescand.
- Er zijn speciale antwoordbladen (aangegeven met A) voor het noteren van je definitieve antwoorden en het tekenen van grafieken: noteer de vereiste metingen in de juiste tabellen en kaders en teken de bijbehorende grafieken, zoals gevraagd in de opgavetekst. De blanco werkbladen (aangegeven met W) zijn bedoeld voor het uitvoeren van berekeningen en/of uitwerkingen. Vermeld de vraagnummers in je oplossingen en gebruik altijd de werkbladen die horen bij het probleem waar je op dat moment aan werkt (controleer het probleemnummer in de kop). Als je iets op een blad hebt geschreven dat je niet beoordeeld wilt hebben, streep het dan door. Gebruik alleen de voorkant van elke pagina en schrijf niets buiten de kantlijn.
- Als je meer lege bladen nodig hebt, kunt je dit aan de surveillant vragen. Schrijf je land- en studentcode (kopiëer die informatie van je werkbladen) evenals het paginanummer in de kop van elk extra blad.
- Wees kort en bondig in je antwoorden. Gebruik waar mogelijk vergelijkingen, logische operatoren en tekeningen om je resultaten te verduidelijken. Vermijd het gebruik van lange zinnen.
- Het is vaak mogelijk onderdelen te doen zonder dat je de voorgaande onderdelen opgelost hebt.
- Je wordt opgenomen tijdens de gehele toets. Je mag je werkplek niet verlaten zonder toestemming. Als je naar het toilet moet of andere hulp nodig hebt (bijv. extra bladen, een pen, meer water of snacks), vraag dan de surveillant.

### Aan het einde van de theoretische toets:

- Aan het einde van de toets stop je direct met schrijven.
- Leg voor elk onderdeel de antwoordbladen in de volgende volgorde: Voorblad (cover sheet), antwoorden (answer sheets A) en werkbladen (worksheets W). Ook alle lege bladen plaats je onderaan. Alles wordt door de surveillant gescand en geüpload naar de server.
- Stop alle bladen die bij één opgave horen in dezelfde envelop of documentenmap, maar laat de bladen met algemene instructies (G) op je tafel liggen buiten een envelop of documentenmap. Je mag geen papier meenemen uit de toetsruimte.

Als je surveillant het toestaat, mag je de toetsruimte verlaten. De IPhO-pennen, potloden, slijpers, gummetjes, linialen, gradenbogen en rekenmachines mag je meenemen.

## Natuurconstanten

Hieronder vind je een lijst met natuurconstanten die je in je oplossing zou kunnen gebruiken, naast de waarden die in de opgaven staan.

Natuurconstante	Symbol	Waarde
Lichtsnelheid in vacuüm	$c$	299 792 458 m/s
Permeabiliteit in vacuüm (magnetische constante)	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ; [1 N/A <sup>2</sup> = 1 Vs/Am]
Permittiviteit in vacuüm (elektrische constante)	$\epsilon_0$	$8.854187817 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ; [1 F/m = 1 As/Vm]
Elementaire lading	$e$	$1.6021766208(98) \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; [1 C = 1 A · s]
Rustmassa van een elektron	$m_e$	$9.10938356(11) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Rustmassa van een proton	$m_p$	$1.672621898(21) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Rustmassa van een neutron	$m_n$	$1.674927471(21) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Atomaire massa eenheid	$m_{\text{amu}}$	$1.660539040(20) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Gravitatieconstante	$G$	$6.67408(31) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Getal van Avogadro	$N_A$	$6.022140857(74) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Molaire gasconstante	$R$	$8.3144598(48) \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
Constante van Boltzmann	$k_B$	$1.38064852(79) \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Constante van Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5.670367(13) \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
Constante van Planck	$h$	$6.626070040(81) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Gereduceerde constante van Planck	$\hbar = h/(2\pi)$	$1.054571800(13) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$