



Mechanica
Natk4All



Studiewijzer 2020-2021

FOURTH **PHYSICS**
for
SCIENTISTS & ENGINEERS
with Modern Physics



GIANCOLI

Docenten

Dr. Peter Dekkers	Department of Science Education & Communication Faculty of Applied Sciences Delft University of Technology Lorentzweg 1, 2628CJ Delft Office: Gebouw 22, C-115 T: +31 (0) 15 2783035 E: p.j.j.m.dekkers@tudelft.nl	
Dr. Bernd Rieger	ImPhys/Imaging Physics Faculty of Applied Sciences Delft University of Technology Office: F 266 G22 T: +31 (0) 15 2788574 E: B.Rieger@tudelft.nl	

Locatie, tijdstip, data

Bijeenkomsten worden tweewekelijks verzorgd op vrijdag van 11:00-14:00 u

aan het Boswell-Bèta Instituut,
 Daltonlaan 400
 3584 BK Utrecht
 W: www.boswell-beta.nl

In 2020	Sessie	
	1	op 21 augustus
	2	op 4 september
	3	op 18 september
	4	op 2 oktober
	5	op 16 oktober
	6	op 30 oktober
	Tentamen	op 13 november
	Hertentamen	op 11 december

1 Inleiding over het vak

1.1 Waar gaat het over, en wat zijn je leerdoelen?

Beste student,

Klassieke mechanica is de studie van de effecten van krachten op deeltjes. Dat kan zowel statica opleveren (evenwichten) als dynamica. Voor natuurkundigen is dynamica veel belangrijker dan statica. We gaan ons dan ook vrijwel uitsluitend met dynamische systemen bezig houden. De leerdoelen zijn:

- kennen van de basiswetten van de klassieke mechanica;
- vanuit de basiswetten en begrippen een fysisch correcte redenering op kunnen zetten;
- kunnen toetsen of de uitkomsten niet in strijd zijn met de uitgangspunten van de natuurkunde;
- natuurkundige probleemstellingen kunnen visualiseren (“een model kunnen maken”), een schets kunnen maken die de essentie van het probleem bevat;
- modelbeschrijvingen kunnen maken van het probleem in fysisch/wiskundige termen;
- kwalitatief en kwantitatief kunnen werken.

Klassieke mechanica is de basis van de natuurkunde. De belangrijkste begrippen vinden hier hun oorsprong en definitie. We gaan hier systematisch en precies de theorie mee opbouwen. Het gaat om begrip, probleem-analyse en oplossing met maar een klein aantal begrippen en wetten in het hoofd. Hier schuilt de kracht en moeilijkheid van Klassieke Mechanica in: het is breed toepasbaar op allerlei verschillende situaties.

In de bijeenkomsten zullen we aandacht besteden aan problem-solving en analyseren; de stof (online video's op de website & boek) dien je zelf te bestuderen. Zo halen we meer uit onze gezamenlijke bijeenkomsten. Gebruik deze voor discussie met de docenten en je medestudenten. Zoals bij veel natuurkundevakken is het leren **analyseren** van een probleem en het maken van een **oplosstrategie** het hoofdbestanddeel. Dat leer je eigenlijk uitsluitend door 'doen'. Het devies is dus: theorie bestuderen en toepassen bij het maken van opgaven.

Het is nuttig om samen te werken: door aan een ander je gedachten uit te leggen, wordt duidelijk wat je wel en niet snapt. Door naar een ander te luisteren, leer je hoe iemand analyseert. Dan krijg je grip op verborgen aannamen en misconcepties, die mogelijk ook bij jezelf leven. Tenslotte kun je soms een duwtje krijgen in de oplosrichting door te overleggen. Nu zal je veelal alleen werken, dat wil zeggen 'op je zolderkamertje'. Daarom hebben we een discussieforum opgezet, zodat je op afstand toch kunt overleggen en discussiëren. Op de website vind je nog meer nuttig informatie en hulpmiddelen.

Succes,

dr. Peter Dekkers

dr. Bernd Rieger

1.2 Voorgestelde aanpak

Het overgrote deel van het werk doe je thuis, zelfstandig. Het moeilijkst daarbij is, meteen te beginnen met het bestuderen van de stof, die verwerken door te oefenen, en dat vol te houden, een flink aantal uren per week, tot het eind van de cursus. Je leert namelijk niet alleen wetten en formules, je leert ook probleemsituaties te herkennen, de bijbehorende aanpak te identificeren en routine op te bouwen met het uitvoeren daarvan. Het leren van formules en wetten kun je uitstellen tot de week voor het tentamen, het verwerven van inzicht in hun betekenis en routine in hun toepassing lukt niet op die manier.

De inrichting van de cursus is bedoeld om je in dit lastige proces te ondersteunen door structuur aan te brengen, mogelijkheden tot samenwerken met lotgenoten te bieden, en snelle relevante feedback te verzorgen als dat nodig blijkt. Je bepaalt echter zelf of en in hoeverre je het aanbod benut.

Lees het volgende als een suggestie die je aan kunt passen aan je eigen behoeften en voorkeuren. Het is echter ook de aanpak die je docenten van je verwachten en waarop hun ondersteuning gebaseerd is – laat het dus weten als jouw werkwijze sterk afwijkt.

Gezien de omvang van het vak is nodig dat je per week minstens één hoofdstuk bestudeert, de bijbehorende opgaven maakt en online je voortgang laat zien. Een nader uitgewerkte structurering volgt op p. 8

Bestuderen van het wekelijkse hoofdstuk kan als volgt:

1 - Lees de teksten, analyseer en verwerk ze. Bedenk bv of wat er staat aansluit bij wat je al weet, bepaal of wat je al weet niet tegengesproken wordt, of je andere situaties kent waarin het gepresenteerde geldt. Check of je alle termen kunt vertalen en begrijpt wat er bedoeld wordt. Verzamel bv genummerde formules, definities (van grootheden), principes en wetten (die overigens ook weer in de Summary aan het eind van het hoofdstuk staan).

2 - Wordt een afleiding gegeven, ga dan na dat je iedere stap kunt volgen, probeer bij iedere stap te checken 'waar die vandaan komt'.

3 - Beantwoord alle 'Exercises'; de antwoorden vind je als laatste onderdeel van ieder hoofdstuk. Exercises helpen je te checken of je de net bestudeerde stof begrepen hebt.

4 - Probeer de 'Examples' zelf op te lossen, in twee delen: bedenk een aanpak en check of het boek die ook kiest, werk die dan uit en ga na of het boek het ook zo doet. Vaak is de aanpak niet uniek: bedenk je een andere dan is die niet per se fout. Wel laat het boek meestal een systematische, gedetailleerde aanpak zien die altijd werkt.

5 - Noteer wat je niet snapt, niet kunt volgen of waarmee je het niet eens bent. Die zaken kunnen online of tijdens contactsessies besproken worden. Stuur je docent bij voorkeur een lijstje van die zaken een dag of twee voor de sessie, zodat hij optimaal input kan geven.

6 – Beantwoord alle 'Questions', of iig wat aan jou is toegewezen. Zet ze in het bijpassende discussieforum. Geef je visie bij alle antwoorden die anderen daar gegeven hebben, of iig

bij wat jou is toegewezen. 'Questions' testen je (conceptuele) begrip van de stof. Zie je de relaties tussen grootheden, en hoe de wetten en principes met de praktijk verbonden zijn?

7 - Maak de geselecteerde 'Problems'. De selectie is voldoende om te oefenen en na te gaan of je de stof begrijpt. Heb je echter moeite met een type probleem of aanpak, probeer dan aanvullende 'problems' (liefst na online of live bespreken met medestudenten of je docent). Voor 'problems' met een oneven nummer staan de antwoorden achterin het boek.

Er is een digitaal document met modeluitwerkingen voor Giancoli. Dringend advies: pas gebruiken als je het zelf echt hebt geprobeerd en definitief bent vastgelopen. Voor veruit de meeste vragen denk je achteraf 'o natuurlijk, dat is logisch'. Echter het vinden van de eerste stap, het bedenken van de ingang tot de oplossing, is wat je werkelijke inzicht laat zien, en de kunst die je moet ontwikkelen om het tentamen te halen. Dit geldt ook voor online hulp aan je medestudenten: liever niet meteen het antwoord maar een hint of oplossingsrichting geven. NB: gebruik je een andere editie dan editie 4 van het boek dan is de nummering van de questions en problems waarschijnlijk anders dan hier, maar staan ze allemaal wel in je boek.

8 – Zet je vragen en hindernissen online, en ga na of anderen met soortgelijke issues worstelen. Je docent laat jullie waarschijnlijk even spartelen (want het zelf zoeken naar de oplossing is leerzaam) maar geeft gerichte input als hints en suggesties niet helpen.

9 – Benut de contactsessies om hulp te krijgen bij alles waar je zelf, samen met je medestudenten, niet uitkomt. De cursus is te kort en de hoeveelheid te leren stof te groot om zaken uit te stellen. Durf te laten zien wat je nog niet kunt of snapt, zodat je er hulp bij kunt krijgen. Dat is geen garantie op succes, dit vak is lastig. Het is echter wel de manier om het cursusaanbod optimaal te benutten.

1.3 Het boek

D.C. Giancoli **Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics (4th Ed.)** (ISBN-13 978-0-13-149508-1), uitgever Pearson Education Ltd., London.

1.4 Afsluiting

De cursus wordt afgesloten met een schriftelijk tentamen. Om voor het vak te slagen dient daarvoor een 6 of hoger te worden gescoord. Er worden als cijfer alleen gehele getallen van 1-10 toegekend. Een herkansingstentamen wordt afgenomen op een datum die bekend gemaakt wordt bij de start van de cursus. Volgens de regels van het programma Natk4al is slechts één maal herkansen per cursusjaar toegestaan.

De verantwoordelijkheid voor dit tentamen berust formeel bij de examencommissie van de Faculteit Technische Natuurwetenschappen, Technische Universiteit Delft, subcommissie Science Education and Communication.

2 Gebruik van de IDEA oplossingsstrategie voor opgaven

Wat voor een soort natuurkundige opgave je ook tegenkomt, de strategie om tot de oplossing te vinden verloopt veelal volgens vier simpele stappen. Het acroniem **IDEA** geeft deze stappen weer: **Interpret** (interpreteren), **Develop** (aanpak opstellen), **Evaluate** (uitwerken) en **Assess** (beoordelen). Het is zeer belangrijk een systematische aanpak van de opgaven te volgen, zodat je deze voor relatief simpele opgaven oefent en daardoor de moeilijke opgaven ook kunt oplossen.

1. Interpreteren ('Interpret') van het probleem

Je kunt niet beginnen een opgave op te lossen zonder dat je weet waar het precies over gaat. De eerste stap is dan ook om het probleem te *interpreteren* ('*interpret*') en te visualiseren zodat je weet wat er gevraagd wordt. Het **maken van een schets** is daarin een essentieel onderdeel. De schets helpt visualiseren waar het over gaat, maar dwingt ook om enkel de essentie van het probleem in te tekenen. Al te vaak zie ik studenten die de gegevens gaan overschrijven. Wellicht handig voor het overzicht wat er aan gegevens beschikbaar is, maar niet dienstbaar aan het analyseren van de situatie. Vrijwel alle wetenschappers gebruiken de schets-strategie: die schetsen zien er vaak helemaal niet zo mooi uit en dat hoeft ook niet (maar mag wel). Het is het vertrekpunt van de analyse en zet eigenlijk in een plaatje de belangrijkste ingrediënten en het model neer.

2. Opstellen ('Develop') van een plan van aanpak

De tweede stap is het *opstellen* ('*develop*') van een plan om de opgave op te lossen. Als onderdeel van het plan is het altijd nuttig en vaak essentieel om de schets te maken en te gebruiken die alle essentiële aspecten van de situatie weergeeft. Je tekening moet de voorwerpen, krachten en andere natuurkundige onderdelen weergeven. Het helpt erg om de massa's, posities, krachten, snelheidsvectoren enz. in de tekening symbolisch op te nemen. Daarna bepaal je de benodigde wiskundige formules. Pak niet zomaar een aantal formules bij elkaar, alleen maar omdat ze de juiste symbolen bevatten, maar denk na over hoe de formules de **onderliggende concepten en principes** weergeven die je hebt geïdentificeerd in stap 1 (*interpreteren*). Het plan dat je opstelt kan ook inhouden het berekenen van tussenresultaten, het opzoeken van waarden in een tabel, of zelfs het oplossen van een eerste probleem waarvan je het antwoord nodig hebt voor het bepalen van het eindantwoord.

3. Uitwerken ('Evaluate') van het plan

Natuurkundige opgaven hebben numerieke antwoorden of antwoorden in symbolen, en in deze stap moet je het plan *uitwerken* naar het eindantwoord. Hier voer je het plan uit in de volgorde van de stappen die je hebt opgesteld. Hier komen ook je wiskundige vaardigheden van pas. Gebruik algebra, trigonometrie, en rekenkundige methoden om de formules uit te werken. Het is een goed idee om alle numerieke grootheden, of je die nu wel of niet kent, in symbolische vorm te houden bij het uitwerken van het probleem (π in plaats van 3.1415, m in plaats van 1kg, etc). In de laatste stap kan je de getallen invullen om het numerieke antwoord te vinden (als de opgave hierom vraagt).

4. Beoordelen ('Assess') van de einduitkomst

Wees niet tevreden met je antwoord voordat je jezelf hebt afgevraagd of deze zinnig is! Kloppen de eenheden? Zijn de getallen begrijpelijk? Klopt de eindformule voor speciale gevallen, zoals bv. het weglaten van de zwaartekracht, of door de massa van het deeltje op nul of oneindig te stellen? Het bekijken van speciale gevallen helpt je niet alleen te *beoordelen* of je antwoord zinnig is, maar kan je ook *inzicht* geven in de onderliggende natuurkunde.

2.1 Werkwijze bij maken van opgaven

Voor vrijwel alle opgaven is een vaste strategie mogelijk. Een van de belangrijkste onderdelen van het maken van opgaven is hierin oefenen zodat het een vaste routine wordt. Een van de belangrijkste verschillen tussen een ervaren wetenschapper en een jongerejaars student is juist dit punt, dat jonge mensen nogal onderschatten. Het aantal wetten dat natuurkundigen uit het hoofd hoeven te kennen is eigenlijk heel beperkt. Iedereen kan die wel van buiten leren. Maar om daar dan ook iets zinnigs mee te doen, dat is een heel ander verhaal.

De IDEA strategie kan via onderstaande stappenplan concreet gemaakt worden. Pas dit toe op elke opgave die we oefenen, zodat het een gewoonte wordt.

- 1) **Lees de opgave in zijn geheel door.** Je kunt kernbegrippen en belangrijke informatie al vast onderstrepen. Overschrijven van gegevens mag, maar voegt niet zo veel toe. Het helpt sommige studenten om zich beter op de vraag te concentreren. Als jij zo'n student bent: schrijf maar over.
- 2) **Maak een schets van de situatie.** Hierin komen de **relevante grootheden**, zoals krachten die op een voorwerp werken, de helling waarover een voorwerp beweegt of de snelheidsvector, etc. Getallen zijn hier meestal niet zinnig. Een fysische grootheid krijgt een 'naam' die betekenis heeft. Bijvoorbeeld: de zwaartekracht kun je prima afkorten tot F_{zw} of F_g . Indien nodig kun je zichtbaar maken in je schets dat dit een vector is.
- 3) **Analyseer** wat de **connectie** is tussen de **vraagstelling en de grootheden in je schets**. Hierbij loop je de **fysische wetten** even langs en vraagt je af of die het probleem dat je beschouwt, bepalen.
- 4) Stel een **wiskundig model** op. Dit gaat in **symbolen** om een aantal redenen.
 - Symbolen hebben een fysische betekenis, getallen niet. Dus g en niet 9.81 voor de versnelling van de zwaartekracht.
 - Aan symbolen kun je de dimensies herkennen, bij getallen wordt dat verder op in de oplossing heel moeilijk. Controle van dimensies in fysische vergelijkingen is een geweldig hulpmiddel.
 - Symbolen zijn compacter dan getallen. Het is mij een raadsel waarom sommige studenten 3,14 schrijven i.p.v. π .
- 5) Tel het **aantal onbekenden** in je model / vergelijkingen. Dat leert je of (in principe) oplossen mogelijk is. Heb je meer onbekenden dan vergelijkingen, dan is je model nog niet af.
- 6) Indien je een differentiaal vergelijking hebt gemaakt, tel dan even **hoeveel rand-en/of beginvoorwaarden** er nodig zijn. Specificeer die apart, zodat je ziet wat het probleem echt vast legt.
- 7) Los je model op en controleer de zinnigheid en consistentie van je uitkomst. **Altijd de dimensies controleren**. Dat is een eenvoudig karwei en geeft snel inzicht in je fouten.
- 8) Bekijk als het kan **simpele limieten** (daar zijn natuurkundigen gek op). Die vertellen je vaak het gedrag van modelsystemen die je met je boerenverstand kunt begrijpen. Heel handig als je dat goed kan!

3. Indeling Mechanica '20-'21

Datum	Bijeenkomsten Stof	Toegewezen 'Questions'	Selectie 'Problems'	Studielast (geschat)
21 aug	Bijeenkomst 1 Inleiding	Stud. Nr. S; Questions Q		3 h
Week 1	Ch. 2: 1-9 Ch. 3: 1-9	$Q = S + 5n$ ($n=0,1,2\dots$) $Q = S + 1 + 5n$	18, 25, 41, 62, 68, 69, 88 13, 42, 49, 61, 70, 93	6 h
Week 2	Ch. 4: 1-8 Ch. 5: 1-6	$Q = S + 2 + 5n$ $Q = S + 3 + 5n$	26, 27, 32, 48, 59, 77, 84 14, 20, 47, 54, 64, 72, 73, 101	6 h
4 sep	Bijeenkomst 2 Ch. 2-4			3 h
Week 3	Ch. 6: 1-7+ App. D Ch. 7: 1-4	$Q = S + 4 + 5n$ $Q = S + 5n$	7, 22, 29, 44, 46, 49, 50, 75 11, 13, 22, 32, 36, 49, 62, 67, 82	10 h
Week 4	Ch. 8: 1-9	$Q = S + 1 + 5n$	8, 22, 36, 52, 69, 77, 82, 99	4 h
18 sep	Bijeenkomst 3 Ch. 5-7			3 h
Week 5	Ch. 9: 1-10 Ch. 10: 1-9	$Q = S + 2 + 5n$ $Q = S + 3 + 5n$	21, 29, 40, 50, 59, 63, 79, 83, 99, 105 12, 15, 20, 23, 28, 40, 47, 58, 67, 81, 103	10 h
Week 6	Ch.10 Ch. 11: 1-9	$Q = S + 4 + 5n$	restant 14, 26, 30, 37, 38, 42, 51, 55, 59, 62, 80	6 h
2 okt	Bijeenkomst 4 Ch. 8-10			3 h
Week 7	Ch. 11 Ch. 14 : 1-5	$Q = S + 5n$	restant 5, 24, 25, 37, 52, 59, 64, 75, 88, 92	6 h
Week 8	Ch. 15: 1-9	$Q = S + 1 + 5n$	9, 20, 28, 34, 35, 41, 49, 64, 76, 86	8 h
16 okt	Bijeenkomst 5 Ch. 11, 14, 15			3 h
Week 9 + 10	Revisie			10 h
30 okt	Bijeenkomst 6 Ch. 2-11, 14, 15			3 h
13 nov	11:00-14:00	Tentamen (Boswell Beta Utrecht)		Tot: 84 h
11 dec	11:00-14:00	Hertentamen (Boswell Beta Utrecht)		

