III. Algemene Natuurkunde

Professor: R. Silverans

Examenvorm: schriftelijk (januari), mondeling (schriftelijke voorbereiding) (juni)

Examenperiode: januari-juni

Waarschijnlijk hebben jullie al gemerkt dat er niet te spotten valt met het vak fysica dus raden we jullie ook aan dit vak regelmatig bij te houden. Prof. Silverans heeft een uitgebreide cursus waar het meeste in vermeld staat. Het is van groot belang om de afleidingen zeer grondig te kennen en iedere overgang te kunnen verklaren . Kortom, zorg ervoor dat je alles perfect begrijpt! Het is ook heel belangrijk dat je de titeltjes van de paragrafen kent, want de examenvraag is dikwijls zo opgesteld dat het titeltje van een paragraaf erin voorkomt. Ook de figuren moet je kennen, zorg ervoor dat je ze niet enkel begrijpt, maar ook zelf kan tekenen! Vergeet ook zeker de vectorstreepjes niet.

Afhankelijk van allerlei variabelen, is er een examen in januari én in juni, of alleen in juni. In het twee geval is dit vak nog extremer moeilijk dat in het eerste geval.

Het examen bestaat uit 2 theorievragen, 2 oefeningen en 2 meerkeuzevragen (alleszins, zo was het vorig jaar) De theorievragen zijn meestal vrij letterlijk (en zelfs veel recht uit de voorbeeldvragen hieronder), de oefeningen zijn zeer moeilijk en de meerkeuzevragen zijn een kans om punten op te halen.

Het is zeker van belang om de practica goed te doen ,want dit kan een groot verschil uitmaken in het eindresultaat!!!

Nota bij de vragen: hier en daar kom je vragen tegen die te maken hebben met elektriciteit. Dit gedeelte is sinds enkele jaren weggevallen. Na de typevragen komt de voor dit boekje typische opsomming van vragen van de voorbije jaren – alleen maar om aan te tonen dat hij zelden een andere vraag stelt.

**Typevragen (hoofdstukken en pagina’s kunnen gewijzigd zijn):**

**Semester 1:**

1. Verschil statische - dynamische wrijvingskracht. Definitie van wrijvingscoëfficiënten. Bepaling van wrijvingscoëfficiënten. Verloop van Fw voor groeiende tangentiële kracht, en bespreek.

Te vinden onder 2.2.3b op pagina’s 2-10, 2-11 en 2-12.

2. Kromlijnige beweging van een puntmassa: leid uitdrukkingen af voor de baanversnelling en de normaalversnelling, en analyseer de dynamica van de conische slinger.

Te vinden onder 2.3.1 en 2.3.4 op pagina’s 2-15, 2-16 en 2-19.

3. Definieer de conservatieve kracht. Toon met een voorbeeld aan waarom een puntmassa in een CKV potentiële energie bezit, en maak duidelijk waarom er een unieke relatie is tussen arbeid en verandering in potentiële energie.

Te vinden onder 3.2.1 en 3.3.3 op pagina’s 3-3, 3-4, 3-7, 3-8 en 3-9.

4. Definieer het massamiddelpunt, de impuls en het impulsmoment van een stelsel van deeltjes, en leid af en interpreteer: de bewegingsvergelijking van het massamiddelpunt en de rotationele vorm van de bewegingsvergelijking van een stelsel/

Te vinden onder 4.1.2, 4.1.3, 4.2 en 5.3 op pagina’s 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 5-8 en 5-9.

5. Leid af: de dynamische bewegingsvergelijking van de relatieve beweging in een 2-deeltjes-stelsel onder invloed van inwendige krachten, interpreteer en pas dit toe op de klassieke beschrijving van de dynamica van diatomische moleculen.

Te vinden onder 4.4 op pagina’s 4-7, 4-8 en 4-9.

6. Definitie traagheidsmoment vast lichaam. Uitdrukking impulsmoment van vast lichaam door as rond vast punt, waar traagheidsmoment in voorkomt. Toon een voorwaarde aan waarvoor de grootte van het impulsmoment evenredig is met dat van het traagheidsmoment. Vermeld dimensie en eenheden.

Te vinden onder 5.3 op pagina’s 5-10, 5-11, 5-12 en 5-13.

7. Rotatie van een vormvast object rond een vaste as in een IS: formuleer de wet van behoud van impulsmoment en toon aan met een voorbeeld naar keuze dat inwendige krachten de rotatie-energie kunnen veranderen.

Te vinden onder 5.4.2 en 5.4.3 op pagina’s 5-14 en 5-15.

8. Kinetische energie en globale beweging afleiden van een vormvast object rond een vaste as.

Te vinden in de buurt van de vorige vraag, vermoedelijk.

9. Analyseer de beweging van een horizontale tol en gebruik deze analyse om de werking van de gyroscoop uit te leggen en de gyroscopische effecten te verklaren.

Te vinden onder 6.2.1 en 6.2.2 op pagina’s 6-4, 6-5 en 6-6.

10. Bespreek de kinematica van de zuivere rolbeweging en de kinetische energie, en analyseer de dynamica van een zuivere rolbeweging op een hellend vlak.

Te vinden onder 6.4.1 op pagina’s 6-14, 6-15 en 6-16.

**Semester 2**

1. Gravitatiepotentiaal, centraal gravitatieveld, gravitatieveldsterkte, gravitatieveldlijnen. Leid af hoe de gravitatiepotentiaal varieert met de hoogte. Bewijs dat de gravitatie conservatief is. Leid hieruit af dat het verschil in gravitatiepotentiaal op 2 hoogtes dichtbij de aarde gelijk is aan de valversnelling maal het verschil in hoogte. Analyseer de getijdenwerking op aarde en bereken het relatieve effect van maan en zon.

Te vinden onder 7.1.4, 7.2 en 7.3, op pagina's 7-5, 7-6, 7-7, 7-8 en 7-11.

(Ook voor Coulombkracht, maar is ongeveer hetzelfde met q ipv G.)

2. De Wetten van Kepler

Te vinden onder 7.1.2, op pagina's 7-3 en 7-4.

3. Toon de microscopische oorsprong van de elasticiteit van vaste stoffen aan, en geef met een voorbeeld het verband aan tussen de microscopische en macroscopische elastische contanten.

Te vinden onder 8.5.2 en 10.1.1, op pagina's 8-18 en 8-19.

4. Wiskundige voorstelling van een golf. Toepassen op harmonische golf. Verduidelijke de karateristieke grootheden en geef hun verband.

Te vinden onder 11.1.1 op pagina's 11-2 tot 11-4.

5. Energie en energietransport in een mechanische harmonische golf.

Te vinden onder 11.1.3 op pagina's 11-5 tot 11-7.

6. Longitudinale golven in een staaf en hun snelheid.

Te vinden onder 11.2.1 op pagina's 11-8 en 11-9.

7. Evenwichtsvoorwaarden van de statica, toepassen op de zwaartekracht (met grafiek) en verklaar en interpreteer dat er bij onderdompelen een opwaartse kracht ontstaat.

Te vinden onder 13.1.2, 13.1.3 en 13.1.5 op pagina's 13-2 tot 13-6.

8. Definieer en bespreek de potientiele energiedichtheid (gebruik de potentiele energiekromme) en de oppervlaktespanning en geef het verband. Leg uit: druk in een gasbel.

Te vinden onder 13.3.1 en 13.3.2 op pagina's 13-12 tot 13-17.

9. Continuïteitsvergelijking en wet van behoud van energie (en interpreteren).

Te vinden onder 14.1.2 en 14.1.3 op pagina's 14-2 tot 14-5.

10. Laminaire stroming in een buis, verklaar micro- en macroscopische oorsprong en de formule van het volumedebiet en de verbruikte arbeid en energie.

Te vinden onder 14.3.2 op pagina's 14-12 tot 14-14.

11. Lengtecontractie en relativistische energie (vertrekkend van relativistische massa).

Te vinden onder 15.1.4 en 15.2 op pagina's 15-8 tot 15-10.

12. Postulaten van Bohr en bereken baanstraal en energie. Bespreek ook het effect van screening.

Te vinden onder 16.2 op pagina's 16-5 tot 16-8.

13. Bespreek klassiek en kwantumfysisch de vibratie-energie van diatomische moleculen.

Te vinden onder 16.5 op pagina's 16-18 tot 16-19.

En misschien ook handig om te bekijken om bijvragen op te kunnen vangen:

11-2-2, 12-1-1, 12-1-2, 13, 14, 15 en 16.

**Voorbeeldvragen Oefeningen**

* Een staaf met massa m en lengte l rust op een wrijvingloos horizontaal vlak en kan roteren rond een eindpunt (I=ml²). Een projectiel met snelheid v op het vlak in een baan loodrecht op de staaf elastisch tegen het vrije uiteinde van de staaf, waardoor de v van het projectiel 0 wordt. Bereken de massa van het projectiel en de hoeksnelheid van de staaf na de botsing.
* Welke zou de T zijn van de atmosfeer moeten zijn opdat waterstofmoleculen uit het gravitatieveld zouden kunnen ontsnappen? Aardomtrek=40000km (ant. 10000K).
* Een student volgt duiklessen en ondervindt dat hij in het zwembad een massa van 0.5kg moet meenemen om op een bepaalde hoogte te blijven zweven. In zeewater, waarvan de dichtheid 2,5% hoger is dan in het zwembad, moet hij 5 van deze gewichten meenemen om op dezelfde hoogte te blijven zweven. Wat is de massa van de student (antw. 71 kg).

**2006-2007**

**Juni:**

Theorie:

* Energie en energietransfer in mechanische harmonische golven: bespreek.
* Kwantumfysica. Materiegolven: leg uit. Toon verband aan met de eerste onzekerheidsrelatie van Heisenberg.
* Leidt de formule af voor de energie in een elektron (klassieke manier) en leg het effect van screening uit.
* Leidt de transformatieformules af van lorenz-einstein voor tijd en verklaar de gedachtengang.
* Toon de microscopische oorsprong van de elasticiteit van vaste stoffen aan, en leid het verband af tussen de microscopische en macroscopische elastische constanten.
* Iets met vertrekkende van de compressiemodulus, de geluidssnelheid afleiden (p 12-5 tot 12-7)

Oefeningen:

* Juist dezelfde als van de oefenzittingen: koperenstaaf, bereken temperatuur waarbij breukspanning optreedt.
* Toepassing van de wet van Bernouilli.

**2005-2006**

**Januari:**

Theorie:

* Conservatieve kracht definiëren, potentiele energie aantonen en relatie potentiele energie - arbeid.
* Kinetische energie en globale beweging afleiden van een vormvast object rond een vaste as.

Denkvragen:

* Een student staat op een karreke met ne steen in z'n handen. Het karreke staat op een wrijvingsloos oppervlak. De student gooit de steen links van hem. Wat gebeurt er met het massacentrum? a) Naar linksonder b) Recht naar beneden c) Naar linksonder d) Niks, het verplaatst niet.
* Als door de opwarming van de aarde alle ijskappen smelten en in zee terechtkomen, wat gebeurt er dan met de lengte van de dagen? a) wordt langer b) wordt korter c) blijft gelijk.

Oefeningen:

* Massa m (3 kg) aan veer met lengte l0 = 0,6m. De veer is uitgerokken tot 2l0, en de massa zit bovenaan een wrijvingsloze staaf die in een boog naar beneden gaat, tot linksbeneden in het vierkant met zijde 0,6m waar de veer rechtsboven vasthangt. De veerconstante is 350N/m. Wat is de snelheid van de massa als ze aankomt in die linkeronderhoek van dat vierkant?
* Een polsstokspringster houdt haar polsstok (2,9 kg) in evenwicht. Haar ene hand oefent een kracht uit op 1,5 m van het mc van de polsstok, haar andere hand op 2,25 m van het mc van de polsstok. Bereken de grootte van de krachten en teken ze op de figuur.

**Juni:**

Theorie:

* Interatomaire kracht: Bespreek de krachten en de evenwichtstoestand in diatomische ionen
* Longitudinale golven: Analyseer en bereken de golfsnelheid

Denkvragen:

* Een asteroide voert een ellipsvormige (niet-concentrische) baan uit rond de zon. Ze heeft een periode van 90 dagen, bestaat er gevaar voor botsing?   
  a) Neen, geen gevaar   
  b) het is niet uit te sluiten   
  c) er zijn te weinig gegevens
* Een stalen blok wordt meegevoerd van op aarde naar een andere planeet met een veel grotere atmosferische druk, welke modulus geeft deze verandering weer?   
  a) elasticiteitsmodulus   
  b) afschuifmodulus   
  c) drukmodulus   
  d) compressiemodulus

Oefeningen:

* In een vat zitten twee gaten, eentje op 0,25 m onder het wateroppervlak en eentje daar nog es 0,25m onder. Wat zijn de coördinaten van de plaats waarop de uitstroomstralen elkaar kruisen? (Naar't schijnt analoog aan een toepassing in het toepassingenboek T14.4)
* Diatomisch molecule HCl, evenwichtsafstand 0,13 nm, zoek de maximale en de minimale naderingsafstand volgens de klassieke fysica, en de grootte van de atomaire kracht op deze afstanden.

**Augustus:**

Theorie:

* Bewijs dat de gravitatiekracht een conservatieve kracht is en leid met behulp hiervan de potentiële energie van een massa af.
* Gedwongen oscillatie   
  a) Leid de bewegingsvergelijking af   
  b) iets met energieresonantie en energieoverdracht afleiden en interpreteren.
* Interatomaire kracht: Bespreek de krachten en de evenwichtstoestand in diatomische ionen.
* Rotatie van een vormvast object + de energie en beweging van een fysische slinger

Denkvragen:

* Uitleggen dat het massacentrum van een object hetzelfde is als een zwaartepunt als het onder invloed is van de zwaartekracht.

Oefeningen:

* 2 balletjes m1=0,3 kg en m2=0,1kg hangen aan twee even lange nylonkoorden. ze worden beide van elkaar weg bewogen tot op een hoogte van 0,2 m boven de oorspronkelijke hoogte en worden dan tegelijk terug losgelaten. Ze botsen met een volkomen elastische botsing. Hoe hoog en naar waar kaatsen de balletjes terug?

**2004- 2005**

**Januari-Juni:**

Theorie:

* Leid de dynamische bewegingsvergelijking van de relatieve beweging van 2 deeltjes af en bespreek de dynamica van de diatomische molecule.
* Rotatie van een vormvast object om een vaste as in een IS: leid bewegingsvergelijking af en leid ook rotatie-energie af.
* Bespreek de invloed van de zwaartekracht op hydrostatische druk bij gassen en vloeistoffen en geef een grafiek van de druk boven en onder een wateroppervlak.
* Geef de karakteristieken van een geleider in elektrostatisch evenwicht en bewijs deze. Bereken het elektrisch veld en elektrische potentiaal van een volle geladen geleidende bol.

Oefeningen:

* Een massa (m1 = 5 kg) ligt op een oppervlak (μd = 0,2), en is verbonden met een massa aan een wrijvingloze katrol (m2 = 2 kg). Aan de andere kant van m1 werkt een trekkracht (1N), onder een hoek van 30° met de horizontale. Wat is de versnelling van beide massa's, en wat is de spankracht van het touw?
* Twee massa's, van respectievelijk 1,6 en 2,1 kg bewegen naar elkaar toe op een wrijvingloos oppervlak, met snelheden v1i = 4m/s, v2i = 2,5 m/s. Aan m2 is een veer vastgehecht met veerconstante k=600 N/m. Wat is de snelheid van m2 wanneer de snelheid v1f = 3 m/s, en wat is op dat moment de indrukking van de veer?

**Augustus:**

Theorie:

* Relatieve beweging (+ interpreteren en toepassen op diatomische moleculen)
* Energiedichtheid van een mechanische harmonische golf (+ andere grootheden van energietransport definiëren)
* Bereken elektrische veldsterkte bij twee evenwijdige tegengesteld geladen vlakke platen. Ook potentiaal berekenen.

Oefeningen:

* Twee massa's aan een touw over een wrijvingloze katrol, de ene recht naar beneden, de andere op een hellend vlak (55°) zonder wrijving. 2 en 6 kg. Bereken a) de versnelling b) de spanning in het touw en c) de snelheid na 2 sec. als het vanuit rust vertrok.
* Een massa (4 kg) beweegt aan een veer (k = 100 N/m) op een wrijvingsloos oppervlak. A = 2m. Als het zich op de evenwichtspositie bevind, dropt men er een massa bovenop van 6 kg. Bereken a) het verschil in amplitude, b) het verschil in periode, c) het verschil in energie en d) verklaar waarom er een energieverschil is.

**2003-2004:**

**Januari-Juni:**

Theorie:

* Relatieve beweging: Leid af, interpreteer en pas toe op diatomische moleculen
* Gravitatiekracht: toon aan dat de gravitatiekracht een conservatieve kracht is, leid de potentiële energie af voor gravitatieveldsterkte, en pas dit toe op de gravitatiepotentiaal. Geef ook de SI-eenheid van de gravitatiepotentiaal.
* Teken refractie en reflectie en verklaar de wetmatigheden. (cfr Principe van Huygens)
* a) Geef hydrostatische druk oiv zwaartekracht bij vloeistoffen en gassen. Teken grafiek. b) Bij onderdompelen ontstaat een opwaartse kracht, verklaar en interpreteer !
* Longitudinale golven in een staaf: analyseer en bereken de snelheid ervan.
* Laminaire stroming: a bereken de formule van het debiet, beginnende van de snelheid in een laminaire stroming (die snelheid moet je dus niet afleiden) en interpreteer. b) bespreek en bereken de omzetting van mechanische naar niet-mechanische energie

Oefeningen:

* Een massa A (Ma=10kg) ligt op een tafel en is via een veer (k=100N/m) verbonden met een massa B (Mb=10kg).   
  a: hoever wordt de veer ingedrukt als beide massa's in rust zijn?  
  b: Over welke afstand moet de veer vervolgens verder worden ingedrukt opdat massa A kan loskomen van de tafel nadat massa B wordt losgelaten?
* Beschouw een fietswiel waarvan de as verticaal en vast is opgesteld zoals de figuur aantoont. Een kogel (m=100g) wordt volgens de raaklijn van het wiel in de met zand gevulde band geschoten met een snelheid van 370 m/s. De massa van de band bedraagt 2 kg terwijl de massa van de spaken verwaarloosbaar is. De straal van het wiel is 33 cm. Als je weet dat de kogel in het wiel, dat oorspronkelijk in rust was, blijft vaststeken, wat is dan de hoeksnelheid na het indringen van de kogel?

Practicum:

* Wat is de oppervlakte van onderstaande kader? Bepaal de imprecisie en motiveer je antwoord!

**Augustus:**

Theorie:

* Zuivere rolbeweging: bespreek de kinematica en kinetische energie. en geef de dynamica met behulp van een voorbeeld
* Geef de postulaten van het semi-klassiek atoommodel van bohr en bereken de baanstraal en energie. Bespreek het effect van screening.
* Energie en energietransport van een harmonische golf
* Definieer en bespreek de potentiele energiedichtheid (gebruik de potentiele energiekromme!) en de oppervlaktespanning en geef het verband tussen beide.

**2002-2003**

**Januari-Juni:**

Theorie:

* Leg uit en interpreteer: bewegingsvergelijkingen van stelsel van deeltjes
* a) Geef de postulaten van het semi-klassiek atoommodel van Bohr en de berekeningen voor de baanstralen en baanenergie.  
  b) waarom en hoe moet men rekening houden met effect van afscherming?
* Leid af en bespreek : energie en energietransport in een mechanische harmonische golf.
* Kinetische gastheorie. Bespreek het principe van equipartitie van energie en hoe men hieruit de temperatuursafhankelijke inwendige energie bekomt van gassen met diatomische moleculen.

Oefeningen:

* 2 sterren M1=17,5\*massa zon  
  M2=10,2\* massa zon  
  d=1,16\*10^9 m  
  De sterren bewegen als een dubbelster rond het mc. Bereken de omlooptijd.
* Een figuur: een cilinder op een helling(30°) dat zuiver rolt: I=1/2(mR²). Deze cilinder is vastgemaakt met een draad aan een kleinere cilinder die niet kan transleren: Mc=... en r=0,1m  
  a) bereken de spankracht  
  b) de rotatie energie van het totale systeem als de cilinder 2m verder is gerold

Practicum:

* s=100.0m , §s=0.1m en t=2.00s , §t= 0.01s (§ is de imprecisie) Bereken v en bereken vervolgens §v.

**Augustus:**

Theorie:

* Leid af (beginnend van relativistische massa)en interpreteer de formule van de relativistische energie.
* Bespreek de beweging van de Tol
* Wet van behoud van energie: leid af en interpreteer
* Warmtecapaciteit, soortelijke warmte: definities, soortelijke warmte van 2-atomige moleculen, microscopisch belang daarvan.

**2001-2002**

**Januari-Juni:**

Theorie:

* a. Leid de bewegingsvergelijking voor een geïsoleerd stelsel van 2 deeltjes af en interpreteer. b. Leg de vibratie van een diatomisch molecule uit, zowel klassiek als kwantumfysisch.
* a. Toon aan dat een Coulombkrachtveld een CKV (conservatief krachtveld) is. Bereken aan de hand van de vorige afleiding de potentiële energie van een lading in het Coulombkrachtveld. Geef de definitie van elektrische potentiaal en pas toe op bovenstaande. b. Leg uit hoe je de Coulombkracht in meer-elektron-atomen berekent.
* Leid de bewegingsvergelijking van een roterende puntmassa af. (beknopt antwoord)
* Geometrische optica. Leg uit wat er gebeurt aan een grensvlak tussen 2 media (cfr. principe van Huygens)
* Kinetische gastheorie.
* a) geef de definitie van de grootheden temperatuur en kwadratisch gemiddelde snelheid en verduidelijk hun fysische betekenis  
  b) leg uit hoe ze aan de absolute temperatuursschaal komen.
* Bespreek de longitudinale golven in een staaf, en leid v af
* a) definieer warmtecapaciteit en soortelijke warmte  
  b) Bespreek de soortelijke warmte van een 2-atomig gasmolecule, en welke microscopische gegevens kan je afleiden uit het verband met de temperatuur.

Oefeningen:

* Een wagen rijdt met een snelheid van 90 km/h over een weg die in de bochten een hoek van 20° met de horizontale maakt. De statische wrijvingscoëfficiënt tussen de banden van de wagen en het wegdek is 0,8. Hoe groot is de straal van de kleinste bocht die de auto kan nemen zonder te slippen.
* Een object (jojo) bestaat uit 2 delen. De straal van het grootste gedeelte is 10 keer de straal van het kleinste gedeelte (R = 10r). De massa van het totale object is M, het traagheidsmoment t.o.v. de rotatie-as wordt benaderd door Ir = ½ MR². Rond de kleinste cilinder is een touw gewikkeld. Het touw wordt op een vast punt stilgehouden. Op t = 0 laat men de jojo los. Bereken a. de baanversnelling van het massacentrum, en b. de spankracht in het touw als M = 0,1kg.
* V1=2\*V2 (deze zijn met elkaar verbonden via membraam) als de druk in beide volumes gelijk zijn, is de temperatuur verschillend. Als de druk=10^5 Pa, dan is de temperatuur in beide volumes gelijk aan 27°C en hebben we een ideaal gas. De temperatuur van volume 1 wordt tot 0°C verlaagd en dat van volume 2 tot 110°C verhoogd,de volumes blijven bij deze temperatuursverandering constant. Wat is de einddruk?

**Augustus:**

* Geef de definitie van een conservatieve kracht. Duid aan de hand van een voorbeeld aan hoe we hieraan altijd een potentiele energie kunnen verbinden en leid de formule voor die potentiele energie af.
* Leid de formule voor de totale relativistische energie af en interpreteer ze.
* Energie en energietransport:bespreek
* Continuïteitsvergelijking en wet van behoud van energie (Bernouilli)

**2000-2001**

**Januari-Juni:**

* Relativistische fysica. a) leid de formule voor lengtecontractie af en bespreek. b)Geef de afleiding voor de totale relativistische energie van een massa vertrekkende vanuit de formule voor de relativistische massa en bespreek.
* Afleiding en bespreek voor de harmonische mechanische golf de energie en energietransport.

**1999-2000**

**Januari-Juni:**

* Verklaar de evenwichtsvoorwaarden van de statica en pas deze ook toe op de zwaartekracht (geef weer met een figuur)
* Leidt de formule af voor het verband tussen de interatomaire en de macroscopische evenwichtsconstante (figuren!!!)
* Geef uitleg over de volgende begrippen: de oppervlaktespanning, energiedichtheid, de druk in een gasbel.

**Augustus:**

Theorie:

* Geef de afleiding van de laminaire stroming vanaf het snelheidsprofiel. Verklaar daarbij de micro-en macroscopische oorsrong, geef de formule van het volumedebiet en de verbruikte hoeveelheid arbeid en energie.
* Geef de gyroscoop en z’n gyroscopische effecten.

**1998-1999**

**Januari-Juni:**

* Bespreek de volkomen inelastische botsing.
* Geef en bespreek de postulaten van Bohr en bereken de Bohrstraal.
* Bespreek dispersie en kleurenschifting in een prisma.
* Bespreek het tunneleffect.
* Bespreek de zuivere rolbeweging
* Bespreek reflectie en refractie (leidt de formule met sin af). Maak een tekening (vermeld ook het principe van Huygens).

**Augustus:**

* Leidt een formule af voor de versnelling van een kromlijnige beweging.
* Bespreek: energie en energietransport in een mechanische golf.
* Bespreek laminaire stroming in een buis.

**1995-1996**

**Januari-Juni:**

* Bereken de energiedichtheid, de intensiteit en het vermogen van een golf.
* Bespreek het atoommodel van Bohr.
* Bespreek: dispersie en kleurenschifting
* Beschrijf de bewegingsvergelijking van een roterend vormvast object zonder vaste rotatie-as en bewijs dat de wetten van Newton nog steeds gelden.
* Bespreek de emissiespectra van gassen met 2 atomige moleculen.
* Laminaire stroming in een buis: leid de wet af van Hagen-Poiseuille.