Het spreekt vanzelf dat de proeven beschreven in dit document perfect door de leerlingen kunnen uitgevoerd worden. Niets belet echter de leraar een variante van een van deze proeven uit te voeren. Dit hangt grotendeels af van het beschikbare materiaal. Belangrijk is echter dat steeds de wetenschappelijke methode gevolgd wordt die bij de beschreven proeven aan bod komt. Andere proeven of varianten van deze proeven mogen steeds aan mij gemeld worden zodat een verfijning van het proevenaanbod mogelijk wordt. Zo wordt het ook voor de leerling interessant om steeds over de nieuwste ontwikkelingen in de fysica te beschikken.

LAB FYSICA 3
EXPERIMENTEN VOOR HET DERDE JAAR

Fysica is een wetenschappelijk vak.
Je kunt het maar goed bestuderen als je de theorie voortdurend toetst aan de werkelijkheid. Experimenten bevestigen immers de theorie of gaan er aan vooraf.

Een deel van die experimenten zal je leraar uitvoeren als demonstratieproeven, maar het is de bedoeling om ook jullie aan het werk te zetten.
Hieronder staan daarom een hele reeks van proeven die je zelfstandig kan uitvoeren.
We geven daarbij de volgende wenken.

- Elke beschreven proef duurt ongeveer twee uur.
- Bij elke proef is de theoretische achtergrond genoteerd, zodat je de experimentele resultaten beter kunt begrijpen.
- 'Meten om te meten' is uit den boze. We 'meten' alleen om te begrijpen hoe onze fysische leefwereld er uitziet. Een proef met slechte meetresultaten is daardoor niet noodzakelijk waardeloos. Je kan immers op zoek gaan naar de reden voor die foute metingen.

1 Veiligheid voor alles

Labowerk is niet altijd zonder gevaar. Een ongeval ligt soms in een klein hoekje.
We zeggen dit niet om je de daver op het lijf te jagen, maar wel om je te laten inzien dat bij het uitvoeren van experimenten een aantal elementaire veiligheidsvoorschriften strikt moeten nageleefd worden.

1 Het dragen van een katoenen labojas is verplicht. Enkel een dichtgeknoopte labojas biedt een voldoende bescherming. Lange haren worden samengebonden.

2 Bij sommige proeven heb je specifiek veiligheidsmateriaal nodig. Dit zal altijd vermeld staan bij de proefbeschrijving.

3 Terwijl je de proeven uitvoert, sta je recht. Je boekentas staat onder de tafel. Er slingeren geen andere spullen op de grond. Wees kalm en werk in stilte. Onnodig heen en weer lopen is volstrekt uit den boze.

4 Snij- of brandwonden moeten onmiddellijk verzorgd worden.

5 Elk ongeluk, hoe klein ook, wordt meteen gesignaleerd aan de leraar. Die zal oordelen of het nodig is om, na de eerste verzorging, een dokter te raadplegen.

6 Gebruikt materiaal moet altijd goed gereinigd worden met leidingwater en eventueel met een detergent. Daarna wordt het zorgvuldig weggeborgen. Labtafels worden met een vochtige doek afgeveegd; labkasten worden altijd goed gesloten. Orde en netheid zijn in het labo heel belangrijke troeven.

7 Gemeenschappelijke producten en benodigdheden blijven op de aangewezen plaats staan of worden er onmiddellijk na gebruik naar teruggebracht. .

8 Controleer aan het eind van het labwerk telkens of alle gaskranen goed gesloten zijn.

9 Na het practicum was je heel zorgvuldig je handen. Ook zeep en een handdoek zijn noodzakelijk labmateriaal.

Spring niet lichtzinnig om met deze maatregelen. Indien je immers deze voorschriften niet volgt, ben je zelf verantwoordelijk voor eventuele ongevallen. Ook voor het gebruikte materiaal draag je de verantwoordelijkheid.

2 Wat heb je nodig?

Naast je labojas heb je bij sommige proeven het volgende nodig:
- een vod
- een dikke alcoholstift
- een pakje lucifers.

Voor al je schrijfwerk gebruik je het volgende:
- een map (DIN A4-formaat) met losse, geruite bladeren om het verslag te noteren
- een kladschrift om je waarnemingen in het klad te noteren. Gebruik hiervoor geen losse bladeren.
- een blok millimeterpapier voor het tekenen van de grafieken, je kan de grafieken ook op een excell file maken indien je hierover beschikt.
- een open presentatiemap waarin altijd je puntenlijst zit, samen met het af te geven verslag.

3 Algemene richtlijnen bij het uitvoeren van de proeven

In de beschreven proeven staan telkens gedetailleerde wenken.
Bij het uitvoeren van de proeven noteer je de waarnemingen in het kladschrift.
Nadien maak je een verslag. Je schrijft het in op de puntenlijst en je geeft het af, samen met de map.
Je beschrijft slechts één kant van het papier. De rugzijde dient voor de verbeteringen en voor het tekenen van een opstelling.
Grafieken worden altijd gemaakt op millimeterpapier. Teken de grafieken zeer nauwkeurig: blijf 1 cm van de rand en benoem de assen (grootheid + eenheid).
Vergeet de grafieken uiteindelijk niet bij het verslag te steken.

4 Het verslag

Van elke proef wordt een verslag gemaakt.
Dit dient niet alleen als controle op je gemaakte werk, maar bovendien kunnen de waarnemingen eventueel door iemand anders gebruikt worden.

Het verslag mag dus zeker geen kopie zijn van eigen nota's of van de waarnemingen van je klasgenoten.

Vervalsen van de waarnemingen om tot mooiere resultaten te komen kan absoluut niet.

Naast de titel, de datum, je naam en de klas bevat een verslag steeds de volgende vier punten.

1 Doel van de proef

2 Werkwijze: hierin geef je een korte beschrijving van de proef en maak je eventueel een tekening van de opstelling.

3 Metingen en berekeningen: Je ordent alle waarnemingen en berekeningen en past de foutenberekening toe. Ook grafieken en andere mogelijke opdrachten krijgen hier hun plaats.

4 Besluit

Uiteindelijk noteer je het resultaat van de proef in een volzin.
Is de proef mislukt, dan noteer je toch het resultaat samen met de oorzaak van de mislukking.

We wensen je alvast veel plezier en succes in de boeiende wereld van het experiment!

METEN MET DE SCHUIFMAAT

1 Theoretische beschouwingen

Met een meetlat kan je tot op 1 mm nauwkeurig meten. Met een schuifmaat kan je tot op 0,1 mm nauwkeurig meten. Een schuifmaat meet dus nauwkeuriger dan een meetlat

Aan een schuifmaat is een nonius bevestigd. Een nonius is een kleine meetlat die verschuifbaar aan de grote meetlat is bevestigd. Het is zo dat 9 verdelingen van de meetlat met 10 verdelingen van de nonius overeenkomen. Een paar voorbeelden maken het duidelijk.

Figuren

Met een schuifmaat kun je niet alleen lengtes, maar ook binnendiameters en dieptes bepalen.

2 Benodigdheden

- een meetlat van 30 cm met millimeterverdeling
- een schuifmaat met nonius
- een vijftal houten of metalen balken

3 Werkwijze

Neem één van de houten voorwerpen en meet de lengte, de breedte en de hoogte. Noteer deze metingen en vergeet niet te noteren voor welke houten blok dit geldt.

vb. l = 7,8 cm, b = 4,2 cm en h = 1,8 cm voor blok nr. 1

Meet nu de lengte, de breedte, en de hoogte van een houten en/of een metalen balk met de schuifmaat en noteer weer je waarnemingen.

Heb je dezelfde balk genomen als daarnet, dan krijg je nu:

l = 7,82 cm, b = 4,25 cm en h = 1,88 cm voor blok nr. 1

Je merkt dat in dit geval de meting nauwkeuriger verlopen is.

4 Opdracht

Meet met de schuifmaat de lengte, de breedte en de hoogte van een drietal balken.
Ga zeer nauwkeurig te werk en noteer telkens de meetnauwkeurigheid.

METEN MET DE SCHROEFMAAT

1 Theoretische beschouwingen

Je kunt meten met een meetlat tot op 0,1 cm en met een schuifmaat tot op 0,01 cm. Wil je nog nauwkeuriger meten, dit is natuurlijk voor kleine afstanden, dan kun je gebruik maken van een palmer of schroefmaat. Met dit toestel kan men tot op 0,001 cm of 0,01 mm nauwkeurig meten.
Er bestaan twee soorten nl. deze waarbij de spoed 50 en deze waarbij de spoed 100 verdelingen telt.

Figuur

In het eerste geval wordt 0.5 mm en in het tweede geval wordt 1 mm verschoven als je één keer ronddraait. Beide geven dus hetzelfde resultaat. Hou echter ook rekening met het nulpunt. Dit moet bij elke palmer gecorrigeerd worden. vb + 0.19 mm

Figuur

2 Benodigdheden

- een meetlat
- een schuifmaat
- een schroefmaat (ander woord is palmer)
- een drietal metalen buisjes van verschillende dikte (maximum 2 cm)

3 Werkwijze

Meet met de meetlat de dikte van één metalen buisje en je vind d = 1,2 cm
Meet met de schuifmaat de dikte van hetzelfde metalen buisje en je vindt d = 1,22 cm.
Meet nu de dikte van hetzelfde metalen buisje met de schroefmaat en je vind d = 1,228 cm of d = 12,28 mm

4 Opdracht

Bepaal de diameter van de drie metalen buisjes met de meetlat, met de schuifmaat en met de schroefmaat. Noteer telkens de gemeten nauwkeurigheid.

MASSADICHTHEID VAN REGELMATIGE VOORWERPEN

1 Theoretische beschouwingen

Massadichtheid is een belangrijke fysische grootheid. We gebruiken ρ als symbool voor massadichtheid. De formule voor ρ wordt gegeven door: $\rho = m/V$. Je moet dus de massa en het volume van het voorwerp meten of berekenen.
Hierin is m de massa in kg, V het volume in m^3 en ρ de dichtheid in kg/m^3. In de praktijk wordt ρ beter uitgedrukt in g/cm^3. Je kunt de ene eenheid in de andere omzetten, als je weet dat 1000 kg/m^3 = 1 g/cm^3.

2 Benodigdheden

- een balans
- een schuifmaat
- een vijftal voorwerpen (kubus, balk,..) uit verschillend materiaal. (hout, metaal, kunststof)

3 Werkwijze

Je neemt één van de regelmatige voorwerpen bv. een ijzeren balk.
Je meet eerst met de schuifmaat de lengte, de breedte en de hoogte van de balk.
Je bekomt bv. l = 7,82 cm, b = 4,25 cm en h = 1,88 cm voor dit blok Je berekent dan het volume uit de formule: $V = l.b.h = 7{,}82 \times 4{,}22 \times 1{,}88 = 62{,}0\ cm^3$

De massa bepaal je met de balans tot op 0,1 g nauwkeurig. Je vindt bv. m = 470,2 g

Je berekent dan ρ met de formule $\rho = m/V$. Hier wordt dat $\rho = 470{,}2 / 62{,}0 = 7{,}58\ g/cm^3$

Het is nu interessant in de tabellen te verifiëren of je goed gemeten hebt. Hier in dit voorbeeld vinden we dat ρ (Fe) = 7,78 g/cm^3.

4 Opdracht

Bepaal de massadichtheid van drie opgegeven voorwerpen. Controleer telkens je gevonden waarde met de waarde in de tabel. Je kunt nu ook door het bepalen van ρ van een “onbekend” voorwerp, te weten komen uit welk materiaal het vervaardigd is.

GRAFIEKEN VAN MEETRESULTATEN BIJ VASTE STOFFEN

1 Theoretische beschouwingen

Van de massadichtheid $\rho = m/V$ kunnen we grafieken maken zodat onze experimentele resultaten direct af te lezen zijn. We kunnen twee grafieken tekenen.

1 De V(m)-grafiek

We plaatsen de onafhankelijk veranderlijke, de massa m, op de horizontale as en de afhankelijk veranderlijke, het volume V op de verticale as. We verbinden de meetpunten op de grafiek door rechte lijntjes en tekenen daarna de trend van de curve die hier een rechte is. Het verband is recht evenredig. De constante verhouding is hier V/m en wordt uitgedrukt in cm^3/g.

Figuur

2 De m(V)-grafiek

We plaatsen de onafhankelijk veranderlijke, het volume V, op de horizontale as en de afhankelijk veranderlijke, de massa m, op de verticale as. We verbinden weer de meetpunten en tekenen ook hier weer de trend van de curve. De constante verhouding is hier $m/V = \rho$ en we noemen die de (massa)dichtheid. Ze wordt uitgedrukt in g/cm^3.

Figuur

3 Eenheden

De dichtheid is een heel belangrijke grootheid in de fysica . De eenheden kg/m^3 zijn voor experimenten te groot zodat we ze meestal in g/cm^3 uitdrukken.

vb. $900\ kg/m^3 = 0{,}900\ g/cm^3$
$7{,}8\ g/cm^3 = 7{,}8.10^2\ kg/m^3$

2 Benodigdheden

- een schuifmaat
- een balans
- vijf balkjes uit dezelfde houtsoort met verschillende afmetingen

3 Werkwijze

Met de schuifmaat bepaal je telkens de drie afmetingen van elk blokje. Je kan ook in groep werken. Je berekent daaruit telkens het volume (zie proef 2). Op de balans bepaal je ook de massa van elk blokje.

Zet de vijf meetresultaten uit in een tabel.

massa m (g)	volume V (cm^3)

4 Opdracht

Maak nu een V(m)-grafiek en een m(V)-grafiek van je meetresultaten op millimeterpapier. Verzorg je grafieken.

OPZOEKEN IN TABELLEN

1 Theoretische beschouwingen

Alle stoffen hebben een welbepaalde dichtheid, gegeven door de formule $\rho = m/V$. In tabellen kun je de waarde opzoeken.

2 Benodigdheden

- vier maatbekers
- een balans
- 100 ml van een viertal vaste stoffen

3 Werkwijze

In het lab bepaal je de dichtheid van de stof. Hoe doe je dat?
Je gaat daarvoor als volgt te werk. Je meet in een maatbeker 100 ml van enkele stoffen af. Je neemt bv. kristalsuiker, keukenzout, zand en bloem. Je bepaalt de massa op de balans.
Om de juiste massa van de stof te kennen moet je natuurlijk eerst de massa van de maatcilinder eraf trekken! Je berekent dan telkens ρ voor die vier stoffen.

Tabel

Massa m (g)	Volume V (l)	Dichtheid ρ (g/l = kg/m^3)
	0,100	
	0,100	
	0,100	
	0,100	

Je gaat dan verifiëren in de tabel of je meting juist is.

Je bepaalt dan de procentuele afwijking. Hoe doe je dat?
Om de procentuele afwijking te kennen gebruik je de volgende formule:

$$\left(\frac{\text{experimentele waarde}}{\text{theoretische waarde}} \times 100\right) - 100 = \text{P.A. (\%)}$$

4 Opdracht

Bepaal de massadichtheid van deze vier stoffen. Vergelijk de experimentele waarde met de theoretische waarde. Bepaal telkens je procentuele afwijking.

MASSADICHTHEID VAN VLOEISTOFFEN

1 Theoretische beschouwingen

Je kent al dat de formule voor dichtheid nl. $\rho = m/V$.
Kun je nu ook de dichtheid van vloeistoffen bepalen?
Ja, maar niet door de afmetingen van de vloeistof te bepalen met de schuifmaat.
Hoe ga je dan te werk?
De massa van een vloeistof kun je op de balans bepalen. Je bepaalt de massa van 100 ml vloeistof samen met de maatcilinder. Je mag dan niet vergeten de massa van de maatcilinder van de totale massa af te trekken.

Hoe kun je dan het volume bepalen?
Om het volume te bepalen kun je als volgt te werk gaan:
In een vijftal maatcilinders van 100 ml breng je achtereenvolgens 20 ml, 40 ml, 60 ml, 80 ml en 100 ml van een vloeistof.

De massa van de vloeistof wordt telkens op de balans bepaald.

Je maakt dan telkens de verhouding van m/V en je bekomt een constante, dit is de dichtheid.

Vb. voor water vind je bij V = 20 ml dat m = 120,2 - 100,0 = 20,0 g dan is ρ = 20,0/20 = 1,0 g/cm^3 en je weet dat 1 ml = 1 cm^3.

Om de procentuele afwijking te kennen bepaal je het gemiddelde van de vijf metingen en je vergelijkt met de theoretische waarde. In formule is dat

$$\left(\frac{\text{experimentele waarde}}{\text{theoretische waarde}} \times 100\right) - 100 = \text{P.A.}$$

De absolute fout kun je als volgt vinden: je neemt het verschil van het grootste getal en het kleinste getal en je deelt door twee. De absolute fout staat in dezelfde eenheden als de gemeten grootheid.

$$\text{A.F.}\ (\rho) = \frac{\text{grootste getal - kleinste getal}}{2}$$

2 Benodigdheden

- vijf maatcilinders van 100 ml
- een balans
- de nodige vloeistoffen

3 Opdracht

Bepaal de dichtheid van water, norvanol en glycerol.
Bereken telkens de absolute fout en de procentuele fout.

GRAFIEKEN VAN MEETRESULTATEN BIJ VLOEISTOFFEN

1 Theoretische beschouwingen

Om grafieken van de massadichtheid van vloeistoffen op te stellen verwijzen we naar proef 4. De formule voor massadichtheid van vloeistoffen is $\rho = m/V$. De eenheid is g/cm^3 of kg/m^3. Je kunt m(V)- en V(m)-grafieken maken.

2 Benodigdheden

- vijf maatcilinders van 100 ml
- een balans
- een liter glycerol

3 Werkwijze

1 Je neemt een massa van bv. 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g glycerol. Je weet nog uit de vorige proeven hoe je dat doet. Je leest telkens het volume af op een nauwkeurige maatcilinder. We zetten de resultaten in een tabel:

m (g)	V (ml)

Deze gegevens worden in een V(m)-diagram uitgezet op mm-papier. Dit levert een rechte en een constante nl. V/m.

2 In enkele maatcilinders brengen we achtereenvolgens een hoeveelheid norvanol van bv. 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml, 30 ml en bepalen telkens de massa op de balans. Vergeet niet de massa van de maatcilinder af te trekken!
We maken een tabel met de meetresultaten:

V (ml)	m (g)

We zetten deze resultaten in een m(V)-diagram. We bekomen een rechte. De constante is hier de dichtheid. (ρ)

4 Opdracht

We maken een V(m)-diagram en een m(V)-diagram van de gemeten waarden.

HET MATERIEMODEL

1 Theoretische beschouwingen

Al de onderstaande proeven zijn bedoeld om het materiemodel uit te testen. We resumeren hier nog eens kort de bevindingen ven het materiemodel.

2 Benodigdheden

- twee glazen plaatjes
- een zeepoplossing
- een kleine hoeveelheid kwik
- inkt
- talkpoeder
- kaliumpermanganaat
- talk
- NaOH

3 Werkwijze

<u>Proef 1</u>
Leg twee vlakke plaatjes uit glas voorzichtig op elkaar. Neem traag het bovenste weg.

Wat gebeurt er?

<u>Proef 2</u>
Neem een zeepoplossing en blaas met een gesloten ring zeepbellen.

Hangen de zeepdeeltjes vast aan elkaar?

Is de samenhang even sterk als bij de vaste stof?

<u>Proef 3</u>
Duw twee kwikdruppels voorzichtig in elkaars buurt en scheiden we ze weer.
Doe hetzelfde met twee waterdruppels.

Welke verschillen stel je vast?

<u>Proef 4</u>
Wat blijft er achter op het bord als je met krijt schrijft?

Waarom is dat zo?

<u>Proef 5</u>
Steek je vinger eerst in een beker met kwik en daarna in een beker met water.

Wat stel je vast?

Proef 6
Smeer een van je vingers in met talkpoeder en steek hem in water. De andere breng je gewoon in water.

Welke verschillen zijn er?

Proef 8
Breng een druppel inkt in een bekerglas met water.

Wat gebeurt er?

Proef 9
Neem een soepbord dat je met water vult en leg één korreltje kaliumpermanganaat in het midden van het bord. Niet meer stoten tegen het bord.

Wat gebeurt er?

Proef 10
Vul een bord met water. Doe er wat fenolftaleine bij. Roeren. Even wachten tot vloeistof in rust is. Voeg er nu één korrel NaOH bij in het midden.

Beschrijf wat er gebeurt.

Proef 11
Vul een bord met koud water en een ander met warm water. Doe gelijktijdig in het midden van elk bord een korreltje kaliumpermanganaat

Wat gebeurt er?

Proef 12
Giet 50 ml norvanol in één cilinder en 50 ml in een andere maatcilinder. Giet beide vloeistoffen nu samen.

Hoe groot is het volume?

4 Opdracht

Bestudeer het materiemodel. Noteer welke proeven welke eigenschap van het materiemodel aantoont.

DIKTE OLIEZUURLAAG

1 Theoretische beschouwingen

Als je een druppel oliezuur op water brengt, dan kun je veronderstellen dat die druppel zich in een monomoleculaire laag verspreidt.
Als je de oppervlakte van de druppel kunt meten, dan kun je er van uitgaan dat je de afmetingen van de oliezuurmolecule kunt bepalen.

2 Benodigdheden

- een oplossing van 0,1 ml oliezuur ($C_{17}H_{33}COOH$) op 200 ml benzine
- buret op statief
- glazen schaal of bord met zuiver lauw water (35° à 40 °C)
- een fijn poeder vb. talk
- klein bekerglas

3 Werkwijze

1 Was de schaal eerst flink met zuiver water om eventuele resten van detergenten te verwijderen, hetzelfde met de buret. Vul de schaal daarna met lauw water en de buret met de oliezuuroplossing.

2 Laat het wateroppervlak in de schaal tot rust komen en bestrooi het pas dan met een dunne laag talkpoeder.

3 Tel hoeveel druppels uit de buret komen als je 5 cm^3 oplossing in het bekerglas laat uitvloeien. De kraan mag slechts gedeeltelijk open gedraaid worden om een te snelle druppelvorming te vermijden. Een te langzame druppelvorming is eveneens af te raden omdat de benzine dan te snel verdampt.

4 Terwijl de druppels op dezelfde manier blijven uitvloeien laat men één druppel van de oplossing in het midden van de schaal vallen van een hoogte van ongeveer 5 cm (schaal niet verplaatsen, wel de buret)

5 De benzine verdampt op het wateroppervlak en het oliezuur verdringt de poederdeeltjes buitenwaarts. Het oliezuur vormt aldus een monomoleculaire cirkelvormige laag. Op het ogenblik dat de oliezuurvlek niet meer verkleint is alle benzine verdampt en kan de diameter van de vlek gemeten worden.

<u>Gegevens</u>

moleculaire massa oliezuur M = 282 u
ρ = 0.900 +/- 0.001 g/cm^3

<u>Metingen</u>

Uitgestroomd volume V =
Aantal druppels   n =
Diameter vlek   d =

<u>Berekeningen</u>

Volume van 1 druppel $V' = V/n$
Volume oliezuur in 1 druppel $V_0 = V'/2000$
Oppervlakte van de oliezuurvlek $A = \pi d^2/4$
Dikte van de oliezuurlaag $h = V_0/A$

Afmetingen van de oliezuurmolecule
Als je aanneemt dat de structuur van de molecule in lengte te wijten is aan 18 C atomen, 1 H atoom en 1 COOH groep hoeveel is dan de afmeting?

Getal Avogadro
Als de lengte ongeveer 20 atomen en de breedte ongeveer 5 atomen is dan kunnen we dit bij benadering door een balk voorstellen die 4 maal hoger is dan breed.
$V = h \times (h/4)^2 = h^3 / 16$
De massa van 1 oliezuurmolecule is dan $m = V \times \rho$
In één mol is het aantal oliezuurmoleculen N
$N = 282/m$
Vergelijk je uitkomst met het werkelijke getal van Avogadro.

4 Opdracht

Bepaal de dikte van de oliezuurlaag

PROEVEN MET SPIEGELS

1 Theoretische beschouwingen

Als je een lichtstraal laat invallen op een vlakke spiegel, dan is de invalshoek gelijk aan de terugkaatsinghoek.

2 Benodigdheden

- een glazen spiegel gemonteerd op een houten blokje
- een lichtbakje met vlakke straal

3 Werkwijze

Je laat een lichtstraal invallen op een vlakke spiegel die op een houten blokje gemonteerd is. Hieronder leg je een blad papier dat dan met het verslag kan afgegeven worden.
Voor een achttal verschillende invalshoeken tussen 10º en 90º (willekeurig) zoek je de teruggekaatste hoek. Je bepaalt de invallende en teruggekaatste straal met behulp van twee punten bv. 11 en 1'1' enz. ...

Zie fig.

Je tekent de normaal en je meet dan de hoeken met de tekendriehoek. Je maakt een tabel.

Invalshoek i(°)	Terugkaatsingshoek t(°)	P.A.(%)

Theoretisch is i = t maar bereken telkens de procentuele afwijking. Hoe vind je nu weer de procentuele afwijking?
De afwijkingen zijn o.a. te wijten aan het feit dat de lichtstraal niet oneindig dun is.

Je kunt nog een tweede proef uitvoeren die ook op terugkaatsing gebaseerd is.
Je neemt een ander blad, maar je gebruikt dezelfde opstelling. Je laat nu de invallende straal onveranderd laten, maar je draait de spiegel over een viertal verschillende hoeken. Als je de spiegel draait over een hoek α dan zal de teruggekaatste straal over een hoek 2α draaien. Bekijk eens de onderstaande figuur.
Je meet α en 2α met de tekendriehoek. Je maakt een tabel.

Figuur

α (°)	2α (°)	P.A.(%)

4 Opdracht

Meet invalshoek en terugkaatsingshoek voor acht verschillende hoeken.
Toon aan dat voor een viertal verschillende hoeken het volgende geldt: draait de spiegel over een hoek α dan draait de teruggekaatste straal over een hoek 2α.
Bepaal telkens de procentuele afwijking tussen je gemeten waarden.

BREKINGSWETTEN

1 Theoretische beschouwingen

Een lichtstraal die verandert van midden wordt gebroken. Er zijn twee mogelijkheden. Als je van een ijl midden naar een dicht midden gaat krijg je breking naar de normaal toe. Ga je van een dicht naar een ijl midden dan krijg je breking van de normaal weg. In dat laatste geval bestaat ook de mogelijkheid van totale terugkaatsing.
De brekingsindex bepaalt of een stof ijl of dicht is. Hoe groter het getal, hoe dichter de stof.

2 Benodigdheden

- een halve glazen schijf
- een lichtbron
- een ronde schijf met hoeken

3 Werkwijze

We maken onderstaande opstelling met de schijf van Hartl.

Figuur

Hierop is een halve glazen schijf bevestigd waarvan we door meting van de invalshoeken en brekingshoeken de brekingsindex zullen bepalen.
Zorg voor een correcte opstelling. We maken eerst de opstelling van lucht naar glas. Zorg dat er een blad papier onder ligt waar je de invallende en gebroken hoeken kunt op tekenen. Je kunt nadien meten. Je maakt dan de volgende tabel.

i_0 (°)	r (°)	sin i_0	sin r	n = sin i_0/sin r

De tweede opstelling maak je volgens onderstaande figuur.

Figuur

Je merkt dat de halve schijf gedraaid is. Je meet nu voor een vijftal hoeken de overgang van glas naar lucht. Bij een bepaalde hoek is er geen breking meer maar totale terugkaatsing, bepaal deze grenshoek. Maak dan de volgende tabel.

i (°)	r_0 (°)	sin i	sin r_0	n' = sin i/sin r_0

Je merkt dat de index 0 gebruikt wordt voor lucht. Je maakt gebruik van de tabellen met sinussen achteraan in dit laboboek of je gebruikt je rekentoestel.

4 Opdracht

Je meet n en n’ en je bepaalt het gemiddelde. Als je goed gemeten hebt is n.n' = 1.

BREKING DOOR EEN PLANPARALLELLE PLAAT

1 Theoretische beschouwingen

Als een lichtstraal door een planparallelle plaat (dit is een plaat met evenwijdige grensvlakken) gebroken wordt, dan verschuift de gebroken straal over een evenwijdige afstand a.

2 Benodigdheden

- een planparallelle plaat uit glas
- een lichtbron
- een blad papier

3 Werkwijze

We meten met de schuifmaat de breedte van de plaat.
We maken dan de volgende opstelling:

Figuur

We bepalen i_0 en r uit de figuur. Vermits we d gemeten hebben kunnen we uit de formule:

$$a_{th} = \frac{d.\sin(i_0 - r)}{\cos r}$$

ook a_{th} berekenen.
We vergelijken dit met de waarde op het blad papier, dit is a_{exp}.
We meten telkens vijf maal op één blad voor vijf verschillende invalshoeken. En maken dan een tabel:

d (cm)	i_0 (°)	r (°)	a_{th} (cm)	a_{exp} (cm)	PF(%)

Vergeet niet de twee waarnemingsbladen bij te voegen!

4 Opdracht

Voer de proef uit voor de lengte, de breedte en de dikte van de plaat. Welk verband stel je vast tussen de dikte van de plaat en de evenwijdige verschuiving?

MINIMUMDEVIATIE BIJ EEN PRISMA

1 Theoretische beschouwingen

Een prisma is een glazen plaat met niet evenwijdige grensvlakken. Laten we volgens onderstaande figuur een lichtstraal invallen op het prisma dan krijgen we gebroken stralen: de gekleurde vanaf een bepaalde invalshoek i_0.

2 Benodigdheden

- een prisma
- een lichtbron
- een blad papier

3 Werkwijze

We bepalen eerst de tophoek α van het prisma bv. met tekendriehoek.
Voor invalshoeken vanaf bv. 35º opgaande per 5º (tot 90º) bepalen we telkens r_0 en D de deviatiehoek.

We maken de volgende tabel:

i_0 (º)	r_0 (º)	D (º)

We zetten beide waarden r_0 en D uit in functie van i_0.
De bissectrice snijdt de r_0 waarden in een punt S. Vanuit dit punt laten we de loodlijn neer die de D waarden snijdt in P zodat we met een horizontale de D_{min} waarde kunnen aflezen.

Uit de formule

$$n = \frac{\sin \dfrac{D_{min} + \alpha}{2}}{\sin \dfrac{\alpha}{2}}$$

bepalen we de brekingsindex van het prisma.

4 Opdracht

Voer de proef uit met een prisma uit flintglas, kroonglas of met een vloeistofprisma. Een vloeistofprisma is een glazen prisma dat je kan opvullen met de vloeistof waarvan je de brekingsindex wenst te bepalen. vb. water of azijnzuur (let op bij vullen!!)

BEELDVORMING BIJ CONVERGERENDE LENZEN

1 Theoretische beschouwingen

2 Benodigdheden

- een optische bank
- twee convergerende lenzen
- een lichtbron

3 Werkwijze

Met de optische bank maken we de volgende opstelling:
We meten telkens v en b, de hoogte van het voorwerp V en de hoogte van het beeld B. Zorg voor zo scherp mogelijke beelden!! We berekenen hieruit de brandpuntsafstand f.
Neem tien verschillende metingen en bereken het gemiddelde en de A.F. op deze metingen. Doe dit voor minstens twee lenzen en geef telkens de aard van het beeld.

Maak volgende tabel:

v(cm)	b(cm)	V(cm)	B(cm)	1/v + 1/b (cm^{-1})	f(cm)	b/v	B/V

4 Opdracht

Bepaal de brandpuntsafstand van twee convergerende lenzen

BEELDVORMING BIJ DIVERGERENDE LENZEN

1 Theoretische beschouwingen

2 Benodigdheden

- een optische bank
- een convergerende lens
- een divergerende lens
- een lichtbron

3 Werkwijze

Maak onderstaande opstelling met de optische bank:

Bepaal eerst met een convergerende lens een scherp beeld en duid de plaats aan.
Plaats nu tussen de lens en het scherm een divergerende lens en zoek het nieuwe scherp beeld.
De voorwerpsafstand v is de afstand van de divergerende lens tot de eerste plaats van het scherm en is negatief.
De beeldafstand b is de afstand van de divergerende lens tot de tweede plaats van het scherm en is positief.
Meet driemaal zonder de convergerende lens te verplaatsen (maar wel de divergerende) en neem het gemiddelde. Maak de volgende tabel:

v (cm)	b (cm)	f (cm)

4 Opdracht

Voer de proef uit voor 2 verschillende divergerende lenzen.

IJKEN VAN EEN VEER ALS DYNAMOMETER

1 Theoretische beschouwingen

Als je een massa aan een veer hangt, dan rekt die veer uit. Hoe meer massa's je aan de veer hangt, hoe meer ze uitrekt. Op die manier kun je van elke veer de verhouding tussen de kracht en de uitrekking bepalen, dit is de veerconstante.

2 Benodigdheden

- een veer
- een statief met meetlat
- een klem om de veer op te hangen

3 Werkwijze

We hangen een veer aan een haak op een statief waarlangs een meetlat is bevestigd. We noteren de nulstand van de veer. We hangen daar nu telkens massa's van 25 g of 50 g aan (naargelang het type veer) en meten telkens de uitrekking via de meetlat $dx = x - x_0$
met x de uitrekking
x_0 de nulstand

De kracht F bepalen we uit F = m . 9,8

De veerconstante of constante van Hooke k is dan k = F/dx

Maak nu de volgende tabel:

m(kg)	F (N)	dx (m)	k = F/dx (N/m)

Merk op dat 25 g = 0,025 kg!

4 Opdracht

- bereken k gemiddeld en de A.F. voor 3 veren.
- om de veren te herkennen meet men de diameter van de veer.
- maak een F(dx)-diagram voor de 3 veren, zet de drie metingen op één diagram. Je krijgt een rechte.

BEPALEN VAN HET ZWAARTEPUNT VAN ONREGELMATIGE LICHAMEN

1 Theoretische beschouwingen

Een lichaam heeft een bepaalde massa. Elk lichaam heeft een zwaartepunt. De ligging van dat zwaartepunt hangt af van het homogeen zijn van het lichaam. Zo kan je een schijf bergop laten lopen als het steunpunt van de schijf hoger ligt dan het zwaartepunt.

2 Benodigdheden

- een schietlood
- drie stukken karton

3 Werkwijze

Voor deze proef moet je een drietal stukken karton meebrengen waaruit je onderstaande vormen moet knippen. Zorg dat ze niet te groot maar ook niet te klein zijn! (bladformaat)
Het zwaartepunt vinden we als het snijpunt van twee loodlijnen, maar voor de proef nemen we drie loodlijnen (de 3^{de} als controle)!
Met een perforator maken we op de gepaste wijze drie gaatjes in elk stuk karton.
We nemen een statief met een dunne staaf! in een klem bevestigd en een schietlood.
We bepalen exact de drie loodlijnen, met een potlood duiden we de loodlijn aan!
De drie moeten mekaar in één punt nl. het zwaartepunt Z_p snijden. De kartons pas na controle inkleven.

4 Opdracht

Ieder doet individueel drie metingen.

5 Extra vragen

Hoeveel soorten evenwicht zijn er?
Geef van elke soort de kenmerken.
Waar ligt S (steunpunt) t.o.v. Z (zwaartepunt)
Kan een schijf bergop lopen? Wanneer?
Wanneer valt een toren (zoals Pisa) naar omlaag?

BEPALEN VAN HET ZWAARTEPUNT VAN HET MENSELIJK LICHAAM

1 Theoretische beschouwingen

De mens heeft een massa, dus ook een zwaartepunt.

2 Benodigdheden

- een personenbalans
- een houten balk
- een dikke vezelplaat waarop een persoon kan liggen
- een rolmeter

3 Werkwijze

Je bepaalt de verticale ligging van het zwaartepunt bij elke leerling.
Daarvoor moet je de momenten stelling toepassen en gebruik je de volgende principes:

m : massa van de persoon, $G = m.g$ het gewicht van de persoon
m' : massa van de plank, $G' = m'.g$ het gewicht van de plank
d : lengte van de plank
x : afstand van rotatiepunt tot zwaartepunt van de persoon
y : afstand van rotatiepunt tot zwaartepunt van de plank
F : aflezing van de balans x g
F' : aflezing van de balans x g

Momentenstelling
a. zonder persoon $F'd = G'y$

figuur 1

b. met persoon $Fd = G'y + Gx$ of $Fd = F'd + Gx$

figuur 2

hieruit

$$x = \frac{Fd - F'd}{G} = d \cdot (m_1 - m_2)/m$$

<u>Waarnemingen en berekeningen</u>

lengte van de plank d = cm
massa persoon m = kg
massa zonder persoon m_2 = kg
massa met persoon m_1 = kg

waaruit x.

4 Opdracht

Bepaal de ligging van je eigen zwaartepunt in aantal cm boven je voeten.

5 Extra vragen

Voer de hierna vermelde experimenten uit en verklaar ze.

Een rechtopstaande persoon is in labiel evenwicht. Verklaar.

Ga op uw tenen staan. Wat gebeurt er nu met uw zwaartepunt?
Probeer dit nu ook eens terwijl je met je gezicht naar de muur kijkt en je tenen tegen de muur staan.

Ga op één been staan door uw ander been zijdelings op te heffen. Wat gebeurt er met uw zwaartepunt? Probeer dit ook eens terwijl je met één zijde tegen de muur staat.

Probeer door voorover te buigen de toppen van je tenen te raken. Wat gebeurt er met je zwaartepunt? Probeer dit nu nog eens terwijl je met je rug tegen de muur staat.

Ga op je knieën zitten. Breng uw handen, armen en ellebogen tegen elkaar. Steun nu met uw voorarmen op de grond zodanig dat uw ellebogen uw knieën raken. Een medeleerling plaatst nu een lucifersdoosje of een ander voorwerp juist voor uw vingertoppen. Vouw uw handen op uw rug. Leun voorover en probeer met uw neus het voorwerp omver te duwen! Bij vrouwen lukt dit meestal beter dan bij mannen. Wat leid je daaruit af i.v.m. de ligging van het zwaartepunt bij mannen en bij vrouwen?

Enkele gegevens i.v.m. de ligging van het zwaartepunt bij de mens.
volwassen man: op 57% van zijn volledige lichaamslengte boven de grond
volwassen vrouw : op 55% van haar volledige lichaamslengte boven de grond.
opgroeiende kinderen: op 60% van hun lichaamslengte boven de grond.
De ligging van het zwaartepunt is niet constant: het verandert voortdurend van plaats tijdens het bewegen! De bepaling die wij hebben uitgevoerd geldt dus enkel voor de gestrekte lichaamsstand!

SAMENSTELLEN VAN HOEKMAKENDE KRACHTEN

1 Theoretische beschouwingen

Uit de theorie weet je al dat krachten voorgesteld worden door vectoren. Een kracht is volledig bepaald als je zijn aangrijpingspunt, zijn richting, zijn zin en zijn grootte kent.
De grootte van een kracht kan op de dynamometer afgelezen worden.

Als op een lichaam twee krachten inwerken, dan kan je deze twee krachten door één enkele kracht, de resultante vervangen.
Vectorieel is $F_1 + F_2 = F$, maar numeriek is $F_1 + F_2 \neq F$.
De regel van het parallellogram maakt het duidelijk.

Figuur

Wil je er meer over weten, dan kun je volgende formule toepassen:
$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2.F_1.F_2.\cos(F_1,F_2)$

2 Benodigdheden

- een houten plank
- enkele spijkers en een hamer
- twee gelijke dynamometers
- een korte veer

3 Werkwijze

Om de proef uit te voeren ga je als volgt te werk. Op een houten plank met een blad papier (voor in het verslag) bevestig je een korte niet geijkte veer waaraan we twee dynamometers hangen. Let op dat je de veer niet te ver uitrekt.

Figuur

Je bepaalt naast het aangrijpingspunt van de veer, duidt ze aan met een potlood ook de richting van de twee dynamometers, je kunt ze met spijkers vastzetten. Je leest de aanduiding af op de twee dynamometers in g of in N. Is het in g, dan moet je omzetten in kg en dan in N (delen door 1000 en vermenigvuldigen met 9,8)
Je vervangt nu de twee dynamometers door één enkele en je doet hetzelfde: je leest de waarde af en bepaalt de richting. Zorg dat je in hetzelfde aangrijpingspunt zit!

Na controle door uitzetten van de gevonden waarden op de bepaalde richting en het verbinden van de drie eindpunten moet aan de regel van het parallellogram voldaan zijn.

4 Opdracht

Controleer de regel van het parallellogram voor drie paren dynamometers. Werk individueel!

SAMENSTELLEN VAN EVENWIJDIGE KRACHTEN

1 Theoretische beschouwingen

Uit de voorgaande proef weet je al dat je twee hoekmakende krachten kunt samenstellen volgens de regel van het parallellogram.
Wat gebeurt er nu als op het lichaam twee evenwijdige krachten inwerken?
Er zijn in principe twee mogelijkheden:
De eerste is dat de twee evenwijdige krachten in dezelfde richting zijn. De resultante is dan eveneens in dezelfde richting en de grootte is gelijk aan de som van beide krachten. Het aangrijpingspunt vind je uit volgende formule, nl. F.d = F.d.
De tweede mogelijkheid is dat de beide krachten in tegengestelde zin zijn. De resultante is dan het verschil van beide krachten in de zin van de grootste kracht. Het aangrijpingspunt is gelegen aan de kant van de grootste kracht, maar buiten de werklijn van beide krachten. Je vind het aangrijpingspunt met dezelfde formule als in deel één.

2 Benodigdheden

- twee gelijke dynamometers tot 2 N
- een massa van 25 g en één van 50 g die je kunt ophangen aan een haakje
- een lat van 80 cm met een zevental gaatjes op 5 cm afstand

3 Werkwijze

Maak de volgende opstelling:

figuur

Je bepaalt eerst de massa van de lat, dit doe je door beide dynamometers af te lezen en de waarden te noteren. Je hangt nu een massa m, die je op de balans bepaald hebt in achtereenvolgens de stand 5, 4, 3, 2, en 1. Je leest en noteert telkens op de beide dynamometers de aanduiding. Je mag niet vergeten de massa van de lat er af te trekken!
Je noteert ook telkens de afstand van het ophangpunt A en B tot de stand 5, 4, 3, 2 en 1.

Maak dan de volgende tabel:

F_1(N)	F_2(N)	F_1+F_2(N)	R(N)	d_1(m)	d_2(m)	$F_1.d_1$(N.m)	$F_2.d_2$(N.m)

Je hebt dan in totaal tien metingen.
Je merkt dat de waarden F_1 x d_1 en F_2 x d_2 ongeveer aan elkaar gelijk zijn. Om een idee van de fout te hebben neem je waarden die het meest van elkaar verschillen en je berekent de fout op beide.
Een voorbeeld maakt het duidelijk

4 Opdracht

Voer de proef uit voor een massa van 25 g en voor een massa van 50 g.