[illegible]

安政五年戊午開彫

NATUURKUNDIG
SCHOOLBOEK.
TWEEDE DEEL.

格致問答

二編

羨作

宜信齋藏梓

NATUURKUNDIG

SCHOOLBOEK.

UITGEGEVEN
DOOR DE
MAATSCHAPPIJ:
TOT NUT VAN 'T ALGEMEEN.

TWEEDE STUKJE.

Vierde, verbeterde en vermeerderde
uitgave.

MET KOPEREN PLATEN.

Te LEYDEN, DEVENTER en GRONINGEN, bij
D. du MORTIER en ZOON,
J. de LANGE en
J. OOMKENS.
MDCCCXXVIII.

VOORBERIGT.

Al datgene, hetwelk ten aanzien van dit Natuurkundig Schoolboek te berigten viel, vermeld zynde, zoowel in het Berigt der Maatschappij, als in dat van den Schrijver den Heer Johannes Buijs, beide geplaatst vóór het eerste Stukje van deze Vierde Uitgave schiet hier ter plaatse niets over dan daarbij te voegen: dat de onderwerpen, in dit tweede Stukje behandeld, geene voegzame splitsing toelieten, en dat daaraan de onevenredigheid der beide Stukken in getal van bladen moet worden toegeschreven.

De Maatschappij zich derhalve aan de genoemde Berigten ten volle gedragende, geeft ook dit tweede Stukje in het licht, in de blijde verwachting van bij voortduring daarmede dat nut te stichten, waarin zij zich sedert de eerste Uitgave zoo zeer heeft mogen verheugen.

Op last der Maatschappij:

Hend^k. Rarekes

Secretaris.

Amsterdam,

1828.

NATUURKUNDIG SCHOOLBOEK.

TWEEDE DEEL.

Eerste Zamenspraak.

Verklaring van eenige zaken, noodig tot de kennis der beweging, met eene korte schets van de Tijdrekening.

Meester. Wel, jonge vrienden! hebt gij, gedurende uwe uitspanningen, nog aleens gedacht om onze vorige gesprekken?

Heintje. Ja, Meester! ik heb, buiten zijnde, de Natuur, en vooral den Sterrenhemel, uit geheel andere oogen beschouwd dan voorheen, en verlangd reeds meer te weten.

Mr. Het strekt mij tot een groot vermaak, dat gij zoo veel nut van uwe oplettendheid getrokken hebt. Komt aan. vervorderen wij onze taak. Staat het u een' van beide nog voor, wat wij in de Derde Zamenspraak van het eerste Deel gezegd hebben te zullen behandelen?

Heintje. Ik geloof, Meester! dat gij gezegd hebt:

1. Te zullen spreken over de ligchamen zelve, en

2. Over derzelver veranderingen en werkingen op elkander.

Mr. Regt zoo. Welnu, wij hebben alreeds veel gezegd van de ligchamen zelve; het wordt tijd, dat wij van de veranderingen of werkingen spreken. Begrijpt gij wel, wat men door de veranderingen en werkingen verstaat?

Leerlingen. Neen, Meester!

Mr. Ziethier eene blaas, onopgeblazen, met een pijpje er in: zoo lang als die daar stil, volstrekt stil, blijft liggen, zal zij immers niet veranderen? Niet waar?

Jantje. Neen, Meester! maar als ik er eens in blazen mag, zal zij wel veranderen en opzwellen.

Mr. Juist, dat zal zij ook; maar wat doet dan de blaas, wanneer zij opzwelt? Dan beweegt zij zich immers voor een gedeelte: dat is, dat zoo even plat op tafel lag, staat nu in de hoogte; zoodat deze blaas, om van gedaante te veranderen, zich heeft moeten bewegen. Maar ziethier nog eene verandering. (*De Meester eerst de blaas opgeblazen hebbende, slaat dezelve met zijne hand van de tafel.*) Is de blaas nu ook niet veranderd?

Jantje. Neen, Meester! ik had de blaas al

toegebonden, en dus is dezelve even goed opgeblazen gebleven, als te voren, zoo als gij ziet.

Mr. Dat is zoo, Jantje! de blaas is van gedaante dezelfde gebleven; maar is zij daarom niet veranderd? Zoo even lag dezelve op de tafel, en nu ligt zij op den grond; is dus de blaas niet even zoo van plaats veranderd, als zij te voren van gedaante veranderd was?

Heintje. Zeer zeker, Meester! de blaas heeft nu eene geheel andere plaats.

Mr. Wat is er nu alweder bij die verandering gebeurd? Beweging, niet waar? want ik heb dezelve met mijne hand weggeworpen. Dus ziet gij als een ligchaam van gedaante of van plaats verandert, dat het altoos beweging is, welke daarmede gepaart gaat; want eigenlijk is de verandering van gedaante ook alleen eene verandering van plaats, overmits elk deeltje dus zijt en van plaats verandert. Het spreekt dan van zelf, dat alle natuurlijke verandering der ligchamen in beweging bestaat. Gij kunt geene andere verandering bedenken.

Jantje. Meester! zie hier een blaauwen rok: dezelve was vóór een jaar hoogblaauw en is nu zeer licht; dus wel degelijk veranderd, en dat zou waarschijnlijk ook gebeurd zijn, al had de rok doodstil gelegen.

Mr. Welnu, heeft er dan in uw rok geene beweging plaats gehad? De deeltjes van de verw, die het hoogblaauw uitmaakten, zijn er door de lucht uit, getrokken, en dus bewogen, en vandaar de tegenwoordige lichtheid.

Heintje. Nu begrijp ik duidelijk, dat alle verandering in beweging bestaat.

Mr. Zoo is het; hetzij dat het geheel zich beweegt, of dat eenige der deelen zich bewegen; verandering is beweging en beweging veroorzaakt werkingen op elkander; door welke werkingen niet alleen de ligchamen zelve bewogen worden, maar ook derzelver inwendige deelen, zoodat zij daardoor van staat veranderen kunnen: wij zullen dus opzettelijk eerst over de beweging moeten spreken. Weest vooral oplettend.

Laat ons thans eens zien, wat er bij de beweging noodig is.

Ten 1ste is er noodig eene ruimte, waarin de beweging geschiedt; want zonder dezelve zou zich niets bewegen kunnen.

Ten 2de is er noodig de tijd, welke tot de beweging besteed wordt. Hoe klein, hoe volstrekt onmeetbaar somtijds (bij voorbeeld in den bliksem) die ook zijn moge, er kan, zonder eenig tijdsverloop, nimmer beweging plaats hebben.

Begrijpt gij nu wel, dat er tot beweging ruimte en tijd noodig is?

Heintje. Zeer duidelijk, Meester! Wanneer de bal, bij voorbeeld, zich bewegen zal, moet er ruimte zijn,

waarin dit kan geschieden, of hij kan niet voort, en zich dus niet bewegen; er moet altijd, hoe kort ook, aan de beweging een begin of einde zijn, en dus een tijdverloop.

Mr. Zeer wel, jongen! maar laat mij u vooraf eenige nadere bepalingen en omschrijving opgeven.

Ruimte is de niet aaneenligging van twee of meer zaken; dus is de ruimte van deze kamer de niet aaneenligging van den eenen muur en den anderen, van den zolder en den vloer. Vult men deze ruimte van de kamer met zand, dan is dezelve gevuld en geene andere ruimte in dezelve over dan die, waar de zanddeeltjes of korreltjes niet aaneenliggen; dat is de holligheden tusschen de deeltjes in: neemt men de zaken, dat zijn hier de muren en de zandkorreltjes, weg, dan is ook deze bepaalde ruimte verdwenen.

Plaats is dat gedeelte van de ruimte, waarin zich een ligchaam bevindt, tegelijk met andere ligchamen. Zoo is deze stoel, waarop ik zit, de plaats, waar ik mij in deze kamer bevind, als het deel der ruimte uitmakende, waar ik ben en gij ook, die tafel, enz. Van de eene plaats tot de andere overgaande, is dus zich bewegen.

Tijd is eene gedurige opvolging van zaken; bij voorbeeld, de tijd van het eene uur tot het andere is eene gedurige opvolging van minuten, sekonden, enz. Wanneer wij den tijd op het horologie afmeten, is ieder deel waarlijk even groot; iedere minuut, ieder kwartier hetzelfde; maar wanneer wij denzelven afleiden naar denkbeelden, bij ons verkregen, is hetzelfde uur dan eens kort en dan eens lang: bij voorbeeld, als men met aandacht op eene zelfde zaak studeert, wordt de tijd, zoo als men ook met reden zegt, zeer kort; doch ergens heengaande, of in eenzaamheid zittende, zoodat de geest voor al in het laatste geval, eene reeks van verscheidene denkbeelden verkrijgt zoo noemt men den tijd lang, omdat vele denkbeelden elkander hebben opgevolgd.

Dit spreken over den tijd brengt mij op het denkbeeld, om u ook iets van de Tijdrekening te zeggen. Zeg mij eens, Heintje! weet gij wel, hoe men den Tijd verdeelt: dat is te zeggen, het tijdsverloop waarin wij leven?

Heintje. Ja, Meester! in Jaren en Maanden: bij voorbeeld, ik ben nu 9 maanden over de 12 jaren.

Mr. Zoo is het; maar ook nog in andere deelen, als in Eeuwen, Jaren, Maanden, Weken, Dagen, Uren, Minuten, Sekonden. Eene Eeuw bestaat uit 100 jaren; een jaar uit 365 of 366 dagen; eene Maand uit 28, 29, 30 of 31 dagen; eene Week uit 7 dagen; een Dag, dat is eigenlijk een dag en nacht, uit 24 uren; een Uur uit 60 minuten, en eene Minuut uit 60 sekonden.

Heintje. Dat de maanden ongelijk van dagen

zijn, wist ik; maar de jaren ook, hoe komt dat?

Mr. Ik zal het u zeggen, mits gij u wel herinnert, wat ik van de beweging der aarde om de zon gezegd heb. Ons jaar is eigenlijk om, als de aardbol juist zijnen weg om de zon volbragt heeft; en dus zijn wij heden over een half jaar zoo ver aan den anderen kant van de zon, als wij thans aan deze zijde zijn, en over een jaar wederom, nagenoeg, op dezelfde plaats als nu. Wanneer het nu waar was, dat de aardbol juist 365 dagen werk had, om dien weg om de zon af te leggen, dan zou ook ieder jaar, zonder verandering, 365 dagen tellen. Doch dit is zoo niet: de aardbol besteedt daartoe, met betrekking tot de zon, 365 dagen, 5 uren en 49 minuten; dat is alle jaren omtrent 6 uren meer dan 365 dagen. Dit verschil had in de jaartelling der Ouden reeds veel verwarring gemaakt; waarom Julius Caesar, 45 jaar vóór de geboorte van onzen Zaligmaker Jezus Christus, ondernam, met behulp van den Egyptischen Wiskundige Sosigenes, het jaar op eenen vasten voet te brengen, stellende hetzelve op 365 dagen, doch, voor de 6 jaarlijks overschietende uren, om de 4 jaren, één dag meer, en dus 366 dagen; hetwelk men nog heden volgt, en dat jaar, van één dag meer, een schrikkeljaar noemt, hebbende alsdan de maand Februarij 29, in plaats van 28 dagen. Naardien er nu van elk jaar niet volle 6 uren overschoten, maar 11 minuten minder, zoo begrijpt gij ligt, dat dit verschil van 11 minuten, door verloop van vele jaren, een merkbaar verschil in deze Tijdtelling maken moest, en in het oog beginnen te loopen. Zoo als het ook in het jaar 1582 werd opgemerkt door Paus Gregorius, die de Almanakken verbeterde, en, door eene weluitgedachte tijdverdeeling, eens voor al, dergelijke misslagen voorkwam. Het jaar reeds 10 dagen terug zijnde, door dit verschil veroorzaakt, stelde hij vast, dat men, op eenmaal 10 dagen meer zoù tellen, en dus niet 5, maar October, zoo als op dien tijd was, schrijven; en om in het vervolg deze misrekeningen eens voor al te verhoeden, bepaalde hij, even als Julius Caesar, om de 4 jaren een dag meer; doch uit hoofde dat 11 minuten in 100 jaren 18 uren bedragen, als dan geen Schrikkeljaar te nemen, nemende die 18 uren voor een dag; maar alle 100 jaren nu 6 uren te kort komende, welke in 400 jaren weder eenen dag maken, zoo moet om de 400 jaren wederom een dag meer, dat is, een Schrikkeljaar genomen worden. Op deze waarlijk vernuftige wijze de tijd verdeeld zijnde, kan er, in het tijdsverloop van 7200 jaren naauwelijks een verschil van éénen dag plaats hebben.

Heintje. Wel, Meester! dat is waarlijk aardig en vernuftig uitgedacht!

Mr. Ja, voorzeker; en evenwel zijn er nog volken in Europa, welke, alleen uit te groote gehechtheid aan het oude, zich nog naar den ouden Juliaanschen en niet naar dezen Gregoriaanschen Stijl (zoo als men het in de wandeling noemt) schikken: bij voorbeeld,

de Russen; wanneer die schrijven 17 September, dan is het bij ons, in deze Eeuw, 12 dagen meer, en dus 29 September; als gebruikende zij den Juliaanschen of Ouden Stijl.

Jantje. Meester! daar wij thans toch van den Almanak spreken, zoo zij het mij geoorloofd te vragen, wat die woorden beduiden, welke men vooraan in den Almanak vindt: als, bij voorbeeld, in het jaar 1810, vind ik Zonnecirkel 27, Guldengetal 6, Epacta 25, Zondagsletter G.

Mr. Daar ik eigenlijk voorhad met u over de beweging te spreken, zou ik met deze uitweiding over de Tijdrekening al te ver van het spoor dwalen. Doch om evenwel eenigzins aan uwen weetlust te voldoen, zal ik er u met weinig woorden een ruw denkbeeld van trachten te geven. Let dan wel op.

Daar het jaar, strikt genomen, geen 52 weken, dat is 364, maar 365 dagen, lang is, en het schrikkeljaar 366, dat is, 1 of 2 dagen meer, zoo kan elk jaar niet met denzelfden dag der week beginnen, en dus kan heden de 17de September niet zijn dezelfde dag, die in het verleden jaar de 17de September was. Maar na verloop van 28 jaren gebeurt het, dat de dagen der week weder op denzelfden datum komen. Dit tijdsverloop van 28 jaren noemt men een Zonnecirkel. En wanneer gij nu in den Almanak vindt 27, zoo wil het zeggen, dat het thans is het 27ste jaar na dat jaar, waarin de dagen der week gelijk waren met het 9de jaar vóór Christus geboorte; alwanneer de telling van dat getal begonnen is.

Guldengetal bestaat in eene ontdekking, door Meton, omtrent 430 jaren vóór Jezus Christus, gedaan, namelijk, dat na verloop van 19 jaren de maan weder op dezelfde plaats in den *Zodiak* verschijnt. dat is, dat het op denzelfden dag Nieuwe Maan wordt. Deze ontdekking werd in *Griekenland* voor zoo gewigtig aangezien, dat men de berekening derzelve met gouden letteren schreef, en dezelve daarom nog *Guldengetal* heet. Wanneer gij nu, in 1810, 6 vindt, zoo wil dit zeggen, dat het nu het 6e jaar is na dat jaar, waarin de Nieuwe Maan op denzelfden dag kwam als het jaar 1, of het jaar van Christus geboorte.

Epacta (dit woord wil zooveel zeggen als: *Ik tel bij*) is het getal, dat aanwijst, hoe oud de maan bij het begin van dat jaar geweest is.

Jantje. *Meester!* dat ik u nu in de rede val! Is de maan, even als wij, ook jaren en dagen oud? Zeg ons dan eens haren ouderdom.

Mr. Ja, jongenlief! maar niet zoo als wij; de ouderdom der maan bestaat in niet anders dan in de dagen, op welke zij schijnt: bij voorbeeld, van Nieuwe Maan af telt men den ouderdom 1, 2 dagen, enz. tot aan de andere Nieuwe Maan toe, en dan alweder om van het begin af aan. Dus, als ik zeg: de

maan is 10 dagen oud, dan wil ik zeggen, het is 10 dagen na Nieuwe Maan. Men zou derhalve beter doen van te zeggen, de ouderdom van den maanschijn, en niet der maan zelve. Dus begrijpt gij nu, dat de *Epacta* aantoont, hoe veel dagen er bij den aanvang van dit jaar verloopen waren, sedert de laatste Nieuwe Maan: zoo vindt gij in 1810, *Epacta* 25; ziet den Almanak na, gij vindt in 1809, den 7 December, Nieuwe Maan; dus met 31 December, 1809, 24 dagen oud.

In het begin van eene eeuwe geeft men de dagen der week algemeene letters, als van A tot G toe. Nu, die letter, welke op die wijze voor elk jaar den Zondag aanwijst, noemt men *Zondagsletter*. En dewijl in een Schrikkeljaar de maand Februarij één dag meer heeft, zoo moet ook, na die maand, de Zondagsletter, een dag verschuiven; waarom het schrikkeljaar twee Zondag letters heeft: de eerste tot den laatsten Februarij, en de tweede van 1 Maart tot den laatsten December. Ziet daar, leergierige jongelingen! aan uwe begeerten voldaan; rusten wij nu eens tot eene volgende gelegenheid.

x

Tweede Zamenspraak.

Verklaringen, ten vervolge van het voorgaande.

Mr. Wel, lieve kinderen! hebt gij nog al wat onthouden van hetgene wij laatst behandeld hebben?

Heintje en Jantje. Ja, *Meester!* zeer veel.

Mr. Zegt mij dan maar eens de stukken of zaken, waarvan wij gesproken hebben

Heintje. *Meester!* gij hebt ons geleerd, dat alle verandering *beweging* is, en dat daartoe behoort *ruimte*, om in te bewegen, *plaats*, om van de eene tot de andere over te gaan, en *tijd*, om zulks te verrigten.

Mr. Zoo, dat is zeer wel. Nu heeft bij de beweging nog iets plaats: bij voorbeeld, wanneer gij een stuiter of kaatsbal, of wat het ook zijn moge, van u afwerpt, zoo beweegt het zich, en dan beweegt het zich in eene *ruimte*, dat is, van u tot aan de plaats, waar het neêrvalt; het *verandert geduurig van plaats* in den voortgang, en het besteedt eenen zekeren tijd hoe klein die ook zijn moge; — maar daar is nog iets bij; wat denkt u?

Heintje. (*na eenige bedenking*). Ik weet het niet, *Meester!* of het moest zijn het in de lucht voortloopen.

Mr. Juist, lieve vriend! dat voortloopen, hetzij in de lucht of over den grond, geschiedt immers met eene zekere vaart; naar mate men iets voortwerpt, gaat het langzaam of snel. Deze voortgang nu van een bewegend ligchaam, noemt men *snelheid*. De snelheid van een ligchaam verdient al onze

oplettendheid: het bepaalt den *tijd*, om eenen zekeren weg af te leggen, en ook de *kracht*, welke een ligchaam uitoefent op een ander ligchaam, waartegen het geworpen wordt: bij voorbeeld, wanneer ik dezen stuiter met eene zekere snelheid doe voortgaan tegen dien muur, dat is van hier eene lengte van 12 voet, en ik vervolgens den stuiter eenmaal sneller voortwerp, zal hij ook slechts de helft van den tijd onderweg zijn, dien hij te voren was. Wij zullen dit nog duidelijker maken: wanneer Jantje den weg van *Amsterdam* naar *Sloterdijk* (dat is de ruimte, die wij ons voorstellen) afloopt in drie kwartier uurs (dat is de tijd), en Heintje dien zelfden weg eenmaal zoo snel afloopt, dat is, met tweemaal zooveel snelheid als Jantje, zoo zal hij immers slechts den halven tijd, dat is $1\frac{1}{2}$ kwartier daartoe noodig hebben? Begrijpt gij dit wel?

Heintje. Ja, *Meester!* zeer klaar. Het is immers natuurlijk, als ik van mijn huis naar school eens zoo schielijk loop als mijn broertje, dat ik dan ook maar de helft van den tijd onderweg ben, dien hij daartoe besteedt, mits dat wij denzelfden weg loopen.

Mr. Zoo is het. Indien wij nu in ons voorbeeld de *ruimte* nemen gelijk aan den weg van *Amsterdam* naar *Sloterdijk*, den *tijd* op 3 kwartier, en de *snelheid* van Jantje, bij voorbeeld, op 1 genomen hadden, zoo was die van Heintje 2; of die van Jantje op een ander getal, als, bij voorbeeld, 3, zoo was die van

Heintje 6 — het doet er niet toe, wat men voor zulk een getal neme, dewijl het slechts om te vergelijken is — dus neemt men altijd de minste snelheid op 1, en de overige dan zooveel meer als het geval, dat men behandelt, mede brengt. Hieruit ziet men, dat de ruimte en snelheid den tijd uitmaken, dat is, wanneer men de getallen, die ruimte en snelheid uitdrukken, met elkander vermenigvuldigt, en dan met andere vergelijkt, zoo zijn ze gelijk aan het getal, dat den tijd uitdrukt, welke bij deze ruimte en snelheid behoort. Gelijk, bij voorbeeld, in de zoo even gezegde gevallen, was de ruimte de weg van Amsterdam naar Sloterdijk; de tijd, in het eerste geval, 3 kwartier, en de snelheid gerekend op 1, dat is dus, R voor de ruimte nemende, R gelijk aan 3 kwartier, met 1 vermenigvuldigd, blijft 3 kwartier. Nu is, in het tweede geval, weder de ruimte R, de snelheid 2 en de tijd 1½ kwartier; 2 met ½ kwartier vermenigvuldigd, geeft weder 3 kwartier, als boven: derhalve altijd, in vergelijking met andere getallen de doorgeloopene ruimte gelijk aan de snelheid met den tijd vermenigvuldigd. Insgelijks, zieden wij, bepaalt de snelheid ook de kracht, welke een zelfde ligchaam op een ander kan uitoefenen, welke kracht, gemeenlijk, beweegkracht genoemd wordt.

Ziethier een stuk glas: wanneer ik daar den stuiter zachtkens, dat is met weinig snelheid, tegen aan rol, zoo zal het nog niet breken; maar wanneer ik die snelheid 10 maal grooter maak, zal de stuiter ook

met 10 maal meer kracht tegen het glas stooten en hetzelve gemakkelijk verbrijzelen. De beweegkracht, welke een ligchaam, in vergelijking van een ander ligchaam, dat zich even snel beweegt, oefent, staat gelijk met het gewigt van het ligchaam, en wanneer de ligchamen evenveel wegen, staat de kracht gelijk met de snelheid, en in alle gevallen staan de beweegkrachten der ligchamen in vergelijking met elkander, als derzelver snelheden met hunne gewigten vermenigvuldigd; doch als een bewogen ligchaam tegen een ander ligchaam aanstoot, dan zijn de uitwerkselen dier krachten gelijk aan de vierkanten der snelheden, dat is de snelheid met zich zelve vermenigvuldigd, en dan met het gewigt, omdat de snelheid en de tijd beide in aanmerking komen. Men doet zooveel te meer kracht met een ligchaam, als het zwaarder is en sneller bewogen wordt; zoodat eigenlijk gewigt en snelheid uitmaken de beweegkracht van het ligchaam. Dat is, weder in vergelijking met andere, K voor kracht nemende, gelijk aan het gewigt met de snelheid vermenigvuldigd. Bij voorbeeld; wanneer een kanonskogel, die 10 ℔ weegt, uit een geschut geschoten wordt met eene zekere snelheid, die wij 1 noemen, zoo is de kracht gelijk aan 10, met 1 snelheid vermenigvuldigd, maar als een andere kogel, die 20 ℔ weegt, met 6 maal meer snelheid geschoten wordt, zoo is de kracht gelijk aan 6 snelheden, vermenigvuldigd met 20, of 120; op deze wijze het gewigt en de vergelijking der snelheden kennende, is men altijd in staat de beweegkrachten te bepalen; mits men, om het uitwerksel te kennen, altijd het vierkant der snelheid neme. Zoo zal een gewone hamer, zonder beweging op den kop van eenen spijker gelegd, denzelven niet in het hout drijven; doch met groote snelheid er op geslagen, wordt de kracht sterk genoeg, om dit te doen.

Jantje. Dit begrijp ik, Meester! want als de hamer stil op den spijker ligt, dan is zijne kracht alleen maar het gewigt zonder snelheid; maar sla ik zeer snel op den spijker, dan is het gewigt met snelheid vermenigvuldigd, en daar het indrijven van den spijker het uitwerksel is van de kracht, dan komt daartoe het vierkant der snelheid in aanmerking.

Mr. Wel begrepen. Nu moet ik nog aanmerken, dat de snelheid, waarmede een ligchaam zich beweegt, kan zijn gelijk en ongelijk.

Zij is gelijk bij een' mensch, een paard, of wat het ook zijn moge, dat altijd even hard of zacht loopt; ongelijk, wanneer het dan eens hard, dan eens zacht voortgaat. Hierdoor ontstaat eene gelijkmatige of ongelijkmatige beweging, en als de snelheid gedurig toeneemt, zoo noemt men de beweging versnellende, en wanneer de snelheid gedurig afneemt, vertragende. Maar, lieve kinderen! hebt gij er wel ooit eens om gedacht, hoe wonderlijk het is, dat, wanneer gij een bal uit uwe hand wegwerpt, dezelve dan in de lucht voortgaat? Wanneer de bal of iets anders op de tafel of op den grond ligt, en met de hand

voortgeduwd wordt, zoodanig als ik nu deze snuifdoos doe, dan begrijpt ieder, dat de hand meer kracht op de doos oefent dan de doos tegenstand biedt; maar als ik die doos, of een' bal, in mijne hand neem en wegwerp, hoe komt het dan toch, dat hij voortgaat?

Jantje. o, Heintje! daar komen wij nu aan hetgene Meester ons beloofde, dat hij ons zou zeggen, waarom onze kaatsbal in de lucht voortvliegt.

Mr. Ja, kinderen! het is opmerkelijk; doch vooraf moet ik u eenige vaste regelen voorstellen, welke in de Natuur onveranderlijk plaats vinden bij de beweging der ligchamen, en door den zeer beroemden Natuurkundige Izack Neuton, in Engeland, het eerst zijn opgemerkt; doch besparen wij dit tot een volgend gesprek.

Derde Zamenspraak.

Over de vrije beweging der ligchamen, der regtstandigen val en de afdaling langs eene helling.

Mr. Beste leerlingen! zijt nu geheel aandacht, en let wel op de wetten van beweging, welke ik u verklaren of liever noemen zal, voor zoo verre ik die voor u geschikt oordeel,

1. Newton merkte op, dat, wanneer een ligchaam eens in rust is, hetzelve niet uit zich zelf bewegen kan, maar er altijd eene andere oorzaak of kracht komen moet, die het in beweging brengt, en dat een ligchaam, eens in beweging zijnde, altoos zal voortgaan met eene zelfde snelheid, in dezelfde lijn, en niet tot rust komen zal, totdat het door eene andere oorzaak daarin verhinderd wordt. Bij voorbeeld: dezen bal heb ik in mijne hand; nu wil ik hem wegwerpen: wat doe ik nu? Met mijne hand hem vasthoudende, beweeg ik hem een eind wegs, en laat hem dan los; alsdan doet hij niet anders dan voortgaan met die zelfde beweging, welke hij in mijne hand, te zamen met dezelve, reeds had, en hij zou dus, zonder ophouden, in die rigting voortgaan, indien de zwaartekracht, waarvan wij in de Achtste Zamenspraak van het Eerste Deel gesproken hebben, den bal niet verhinderde voort te gaan en hem op den grond deed vallen; dus is alle voortwerping wel in den beginne in eene regte lijn, maar wordt door de zwaartekracht allengs daarvan afgetrokken, totdat het ligchaam geheel en al op den grond valt.

2. Alle verandering van beweging eens ligchaams is altijd evenredig aan de ingedrukte kracht, waardoor het bewogen wordt; en de beweging geschiedt altijd in die regte lijn, langs welke de kracht werkt.

3. Alle werking is gelijk aan hare tegenwerking; zoodat er geene werking is, of dezelve moet eenen gelijken tegenstand hebben, waartegen dezelve werkt, bij voorbeeld: wanneer een paard de slede trekt, zoo trekt ook de slede het paard even zoo veel terug. Dit blijkt klaar, als men de touwen, waarmede men iets trekt, aan stukken snijdt; want als dan zullen de einden aan beide zijden terugspringen. Vanhier ook zoo vele andere werkingen, die men door deze wet verklaren kan, en welke gemeenlijk die van reactie of wederwerking genoemd worden.

Heintje. Meester! thans begrijp ik de oorzaak waarom mijn bal buiten de hand voortgaat; als ik de gooi doe, beweeg ik mijne hand met den bal er in; nu laat ik de hand los, en de bal gaat, met de snelheid in de hand verkregen, voort; hij valt alleen, omdat de aarde hem door de zwaartekracht tot zich trekt.

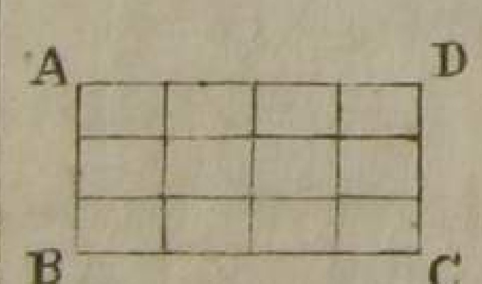
Mr. Zeer wel begrepen. Wanneer men een bal lijnregt in de hoogte werpt, loopt dezelve juist tegen de trekking van de zwaartekracht in, en dus volgt natuurlijk, dat de snelheid al minder en minder moet worden, en zoodanig, dat er eindelijk een punt van oogenblikkelijken stilstand komt; doch ook, dat alsdan de bal wederom begint te vallen met eene snelheid, welke gedurig, van oogenblik tot oogenblik, vermeerdert, naar mate hij nader aan de aarde komt; en vandaar is het, dat een vallend ligchaam zoo veel kracht heeft, dewijl het in den val alle oogenblikken meer snelheid verkrijgt. Ziethier, hoe men door waarnemingen en wiskundige berekeningen den val der ligchamen bepaalt. Wanneer in den eersten tijd een lig,

chaam eene zekere ruimte doorloopt, dan is die ruimte
in den tweeden tijd 3 maal, in den derden tijd 5 maal
zoo groot, enz., dat is, in den eersten tijd 1 zekere ruimte, in
twee volle tijden 4, en in drie volle tijden 9 ruimten, enz.;
wil men dit nu nader toepassen, dan zegt men: in de
eerste sekonde tijds valt een ligchaam (indien het zwaar
genoeg is, om niet veel door de lucht tegengehouden te wor„
den) eene hoogte van omtrent 15 voeten Rijnl., naauw„
keuriger, 4 el en 9 palm; in de tweede sekonde 45 voeten;
in de derde sekonde 75 voeten; in de vierde sekonde 105
voeten, enz. dit maakt in den tijd van

1 sekonde 15 voeten of 1 ruimte
2 sekonden 60 —— of 4 ruimten of 4 maal 15 voeten
3 —— 135 —— of 9 —— of 9 · —— 15 —— en

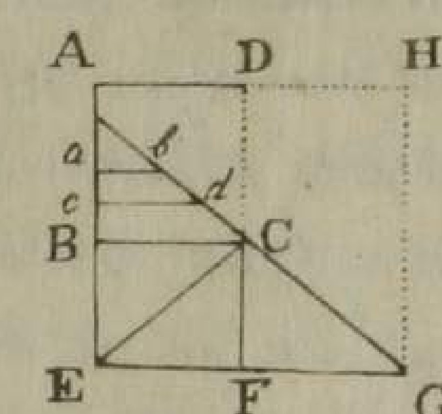
dus zijn, naar dezen regel, de doorgeloopene ruimten, als de
<u>vierkanten der tijden</u>.

Men kan dezen regel verklaren, wanneer men wel
let op hetgene wij gezegd hebben in de vorige Zamensp„
raak, bladz. 14; de ruimte, welke een ligchaam doorgeloopen
heeft, is gelijk aan den tijd, vermenigvuldigd met de snel„
heid, dat is, om het figuurlijk uit te drukken: als de lijn
AB den tijd voorstelt, en BC de snelheid, dan stelt de ge„
heele figuur ABCD de ruimte voor; want het is bekend,



dat, wanneer men de lengte der lijn AB
met die van BC vermenigvuldigt, de uit„
komst de grootte van de geheele figuur
geeft; tel slechts de ruitjes, en de zaak

zal zonneklaar zijn: de ruiten, welke men op AB heeft,
zijn 3, en op BC 4; vermenigvuldig dit te zamen, 3 met 4,
is 12 ruiten voor de geheele figuur, zoo als gij bij natellen
ook bevinden zult: dus is AB, vermenigvuldigd met BC ge„
lijk aan de geheele figuur; en daar wij nu AB voor tijd
en BC voor snelheid stellen, zoo moet ook de geheele fi„
guur de ruimte aantoonen; gaan wij nu na deze voorbereu„
ding tot het bewijs zelf over.



Stelt dan, dat van een vallend ligcha„
am de tijd van den val uitgedrukt wor„
de door de lijn AB, en de snelheid, ten
einde van dien val, door de lijn BC, regt„
hoekig op AB, dan zou de doorgeloopene
ruimte aangetoond worden door de ruit A
BCD, bijaldien het vallend ligchaam, van het begin des vals
tot aan het einde daarvan, eene en dezelfde snelheid had
gehad; doch daar dit zoo niet is, omdat een ligchaam met
geene snelheid begint, maar dezelve van oogenblik tot oo„
genblik verkrijgt, zoo kan ook de ruit ABCD niet, even
als in het vorige geval, de doorgeloopene ruimte uitdrukken;
want bij het begin des tijds in A, was de snelheid nul;
een weinig verder, iets meer; een weinig verder, alwe„
derom iets meer; zoodat deze snelheid eerst ten einde van
dezen tijd, in B, de volle lijn BC uitmaakt. Wanneer nu
deze snelheid, van A af tot B, alle oogenblikken regelmatig
aangroeit, zoodat zij eerst in B tot C komt, dan moet zij voort„
gaan volgens de lijntjes ab en cd, altijd stuitende tegen

de lijn AC, zoodanig dat de doorgeloopene ruimte voorgesteld wordt door ABC, de helft van de ruit ABCD. Gaan wij nu voort tot den tweeden tijd BE, dan zal de snelheid BC aangroeijende tot EG, gelijk tweemaal BC al langs de lijn CG, even als dezelve in A begonnen was, en de doorgeloopene ruimten voorgesteld worden door de figuur BEGC, gelijk aan drie driehoeken, ieder zoo groot als ABC; en de driehoek AEG zal de afgeloopene ruimten, in twee volle tijden, aantoonen. Aldus voortgaande, zal de figuur der toenemende driehoeken de wet der vallende ligchamen klaar voor oogen stellen: in den eersten tijd, AB, wordt de doorgeloopene ruimte voorgesteld door den driehoek ABC, in den tweeden tijd, BE, door de driehoeken BCE, CEF en CFG, dat is, door drie, en in de volle twee tijden komt de driehoek ABC er nog bij; dus door vier driehoeken, juist hetgene de regel zegt.

Heintje. Nu ik dit van u hoor, *Meester*! herinner ik mij, met mijn bal of palet spelende, dikwijls dien langzamen voortgang in de hoogte en snelle nederdaling gezien te hebben.

Mr. Ongetwijfeld kunt gij dit duidelijk zien; maar ik zal het u nog duidelijker maken. Ik heb hier eene ligt bewegende katrol; daarover zal ik eene koord doen, en aan beide einden juist even zwaar wegende schaaltjes plaatsen; als in Fig. 1; aldus hangen die schaaltjes B en C, over de katrol A loopende, in evenwigt; doch nu leg ik in de schaal B een gewigtje, en dadelijk wordt het evenwigt verbroken, en het schaaltje B valt, langs den maatstaf DE, naar beneden, echter

vrij langzaam. Maar ziet nu eens, hoe deszelfs beweging, of val, van oogenblik tot oogenblik versnelt. (*De Meester doet proeven met dit werktuig.*)

Jantje. Dat zie ik zoo duidelijk, als ik het nog nooit gezien heb. Maar waarom gebruikt gij die twee schaaltjes? Gij kunt immers het eene terstond laten vallen?

Mr. Ja! maar dan gaat het zoo snel, dat er geen oog op te houden is; ziet maar eens! (*Hij laat er één alleen vallen.*) Doch als men aan de andere zijde een gewigt heeft, zoo wordt de kracht van vallen, en dus ook de snelheid gebroken; zij wordt dus zoo veel minder, als dat overwigt een gedeelte is van beide de schaaltjes; want het eene schaaltje valt door deszelfs overwigt, volgens de wet der zwaartekracht; maar ook het andere moet, tegen de zwaartekracht in, opgetrokken worden. Op deze wijze heeft zekere Atwood, in *Engeland*, een werktuig uitgevonden, waardoor men alles, wat bij eene vallende beweging plaats heeft, waarnemen kan; ziethier hoe men daarmede werkt:

Men stelle, dat de schaal B wege 6 kwart-oncen, de schaal C 6 kwart-oncen en de wederstand en wrijving 十三
van het rad A 8 oncen zij. Legt men nu in B en C, in elke, 21½ kwart-oncen, dan weegt iedere schaal, de schaal zelve, met het daarin zijnde gewigt, medegerekend, 27½ kwart-oncen, dat is te zamen 55
hierbij de tegenstandbieding van het rad 8
dan moeten er bewogen worden 63 kwart-oncen.

Legt men voorts op de schaal B 1 kwart-once meer, dan is de geheele som der gewigten 64, te weten: B $28\frac{1}{2}$ en C $27\frac{1}{2}$ en het rad 8; zoodat er dan in B slechts een overwigt is van $\frac{1}{64}$ van het geheel, dat bewogen wordt; het dalende ligchaam in B wordt dan, door het op te trekkene gewigt in C, met $\frac{63}{64}$ tegengehouden en slaat slechts met $\frac{1}{64}$ door; waarom die schaal B ook slechts $\frac{1}{64}$ van hare volle snelheid hebben kan.

Nu loopt een ligchaam, als het vrij valt, in de eerste sekonde 192 Engelsche duimen af (in welke duimen een maatstok, aan het werktuig vastgemaakt, gemeenlijk verdeeld is), en daar de snelheid niet meer dan $\frac{1}{64}$ van die des vrijen vals is, zal het ook slechts afloopen $\frac{1}{64}$ van 192, of 3 duimen; derhalve zal de schaal B, aldus toegerust, in de eerste sekonde slechts 3 duimen, in 2 sekonden 12 duimen en in 3 sekonden 27 duimen afloopen.

Ziet daar eene zeer korte schets van dit uitmuntend werktuig, waardoor men, met het grootste gemak, deze wetten der vallende ligchamen zoo klaarblijkelijk kan aantoonen. Nu moet ik nog, ten besluite hiervan, er het volgende bijvoegen:

1. Dat een vallend ligchaam, na verloop van zekeren tijd, ophoudende te vallen, en alsdan, op eene vlakte, in eene regte lijn voortloopende met die zelfde snelheid, welke hetzelve door dien val verkregen heeft, in denzelfden tijd, eenen weg zal afleggen eenmaal zoo groot als den reeds afgevallen weg; en dat, als de snelheid blijft

EG en de tijd wederom AE, de ruimte, die doorgeloopen wordt, dan zijn zal AE vermenigvuldigd met EG, dat is, de geheele figuur AEGH; welke figuur gelijk is aan tweemaal de te voren doorgeloopene ruimte AEG.

2. Dat al hetgene ik u hier gezegd heb, ook aldus op dezelfde wijze plaats heeft, wanneer een ligchaam afrolt langs eene schuinte, welke men een hellend vlak noemt. Zoodat uw stuiter, als gij hem langs eene schuins liggende plank, of schuinen grond laat afrollen ook al sneller zal voortloopen; doch dewijl hij over de schuinte heenloopt, en dus niet vrij valt, maar door de zwaartekracht gedurig daartegen aangedrukt wordt, kan hij zekerlijk, in dien zelfden tijd, zoo veel niet afloopen, als hij doen zou van boven naar beneden, geheel zonder die aandrukking, vallende. Ziet hier hoedanig dit verschil is in Fig. 2. Wanneer ik een bal in A los laat, om regt en vrij naar beneden te vallen tot in B, en dezelve daartoe eene sekonde tijds noodig heeft, zoo zal een bal, in A losgelaten, en vallende langs de schuine plank AC, in die sekonde, niet verder dan tot D komen. Wil men nu deze plaats D vinden, zoo maakt men eene lijn BD, welke juist op die schuinte AC, winkelhaaks, regthoekig of <u>perpendiculair</u> staat, zoo als men het noemen wil, dat is, lijnregt op AC, zonder naar de eene of andere zijde over te hangen.

Eindelijk moet ik u nog doen opmerken:

3. Dat het volstrekt hetzelfde is, of er een stuk

lood, of wat het ook zijn moge, of eene veêr valt; de zwaartekracht werkt op beide even sterk, en zij zullen met dezelfde snelheid naar beneden moeten vallen, mits zij niet door iets anders verhinderd worden.

Heintje. Wel, Meester! mij dunkt, dat is onmogelijk. Ik heb dikmaals eene veêr zien vallen, en dat gaat zeer langzaam, daar een steen of tuifpol vrij snel valt.

Mr. Daar hebt gij groot gelijk in; hebt gij niet gehoord, dat ik gezegd heb, dat alle ligchamen, welke het ook zijn mogen, even snel naar beneden vallen; hoe zwaar ook het eene, of hoe ligt ook het andere zijn moge, mits zij niet door iets anders verhinderd worden? Nu heb ik u reeds voorheen gezegd, dat onze aardbol geheel omringd is van eene vloeistof, welke wij lucht noemen. Welnu, deze vloeistof moet immers ligchamen, welke vallen, tegenhouden; want zij moeten die stof doorklieven en uit den weg stooten? Naar mate nu een ligchaam zwaarder is, of liever meer gewigt heeft, heb ik u reeds onlangs gezegd en aangetoond, heeft het meer kracht, en kan dus die lucht gemakkelijker uit den weg stooten, en wordt daarom vrij minder in deszelfs val gehinderd, dan een ligter ligchaam; dit is de reden, dat eene ligte veêr, door de lucht tegengehouden, al golvende nederdaalt, terwijl een looden kogel, of een steen, de lucht met meer kracht wegstoot, en dus sneller naar beneden valt. Wilt gij hiervan een bewijs

zien, let maar eens op iets, dat door het water valt, het, gene hetzelfde is. Werpt in het water een' zwaren looden kogel of een' steen; dezelve vallen plotseling naar den grond; doch neemt een stukje lei, of een ligt steentje, en ziet dan eens hoe langzaam dat naar beneden gaat. En wanneer gij gelegenheid zult hebben, om eens eene luchtpomp te zien, dan zal men u toonen, dat, als men onder eene glazen stolp, waaruit de lucht is weggepompt, een dukaat, welke een ligchaam van de zwaarste soort is, en een pluimpje dons, dat van de ligtste is, tegelijk laat vallen, zij beide even spoedig op den grond zijn. (De Meester doet deze proef, indien hij eene luchtpomp en toestel heeft.)

Jantje. Wel, Meester! dat is verwonderlijk, nu begrijp ik ook, waarom de kuif van mijne palet met veren bestoken is, dat is zeker om dezelve langzamer te doen dalen; opdat ik er te beter mede spelen kan.

Mr. Zoo is het juist. Nu nog iets, en dan zullen wij dit gesprek besluiten.

Onze aardbol is niet geheel kogelrond, maar bij de Noord- en Zuidpool wat ingedrukt. Dus volgt dat de ligchamen, welke digt bij de polen vallen, zoo als hier en in Noorwegen of Lapland, wat nader bij het middelpunt (waarin de kracht van aantrekking zich vereenigt) zijn, dan die, welke onder of bij de Evennachtslijn, als in Peru, de Kust van Guinea, Borneo, enz. Daarom worden de ligchamen bij de polen sterker ge- 十五

trokken, dan bij de Evennachtslijn, en vallen dus spoediger. De ondervinding heeft dit bevestigd, en men heeft bevonden, dat in Lapland, bij de Noordpool, een ligchaam in eene sekonde valt de hoogte van $15\frac{117}{1000}$ Fransche voeten, terwijl hetzelfde ligchaam in Peru, of bij Evennachtslijn, in eene sekonde slechts $15\frac{515}{10000}$ Fransche voeten afloopt.

Heintje. Wel dat scheelt toch niet veel! Men zou zeggen, hoe het mogelijk geweest is, zulks zoo naauwkeurig waar te nemen.

Mr. Dat dit u zoo voorkomt, is waar; maar gij zult in de volgende Zamenspraak zien, dat deze naauwkeurigheid toch zeer mogelijk is. Onthoudt dit wel en zijt gegroet tot wederziens!

Vierde Zamenspraak.

Over de nederdaling der ligchamen in regte en kromme lijnen, toegepast op de beweging der Slingers.

Mr. Komt, brave leerlingen! vervolgen wij onze vorige les. Doch zijt er op bedacht, dat ik heden uwe aandacht en opmerking meer dan ooit noodig heb,

want ik moet met u van zoodanige zaken spreken, welke u in den eersten opslag wel zeer moeijelijk om te begrijpen zullen voorkomen, doch echter van eene ongemeene nuttigheid zijn. Ik bid u dan let wel op!

Heintje. Wij zullen ons best doen, Meester! in vertrouwen, dat gij het ons vatbaar genoeg zult maken.

Mr. Welaan, laat ons dit beproeven! In de vorige Zamenspraak heb ik u verklaard, hoedanig de ligchamen regtstandig, in de lucht, en ook langs eene helling, nederdalen: weet gij nu nog wel, hoedanig de wet der snelheid is van een ligchaam, dat, regtstandig, vrijelijk uit de lucht nedervalt?

Heintje. Ik geloof ja, Meester! Het vallend ligchaam daalt hoe langer hoe sneller, en wel zoodanig sneller, dat het in twee sekonden viermaal meer wegs afloopt, dan in ééne sekonde; in drie sekonden negenmaal meer, en in vier sekonden zestienmaal meer dan in ééne sekonde; en als het vallend ligchaam, beneden gekomen zijnde, ten einde van zijnen val, op eenen vlakken vloer, regtuit, konde voortloopen, dan zou het in denzelfden tijd, waarin de val geschied was, op dien vloer voortloopen tweemaal de lengte van de hoogte van den val.

Mr. Zeer wel onthouden. Laat ons deze wet nog eens op den val der ligchamen, langs hellende vlakten, toepassen; want daarbij heeft dezelfde wet plaats; zoodanig, dat een bal, langs eene schuins liggende plank afrollende, juist even zoo, sneller en sneller naar beneden loopt, alsof hij regtstandig van boven nederviel; alleen met dit onderscheid, zoo als gij ook wel zult kunnen denken, dat de daling niet zoo snel is, als die van eenen vrijen regtstandigen val; en let nu op dit onderscheid: Laat, zoo als in Fig. 2, een' bal vallen van A tot C, terwijl een andere tegelijk regtstandig valt van A tot B (de hoogte van de helling), dan zal, zoo als wij dit in de vorige Zamenspraak gezien hebben, de bal, die regtstandig valt, reeds op den grond in B zijn, terwijl de andere eerst tot in D is gekomen; maar als de bal, dus langs de helling voortloopende, gekomen is in C, dan zal zijne snelheid juist even groot zijn, als die van den regtstandig vallenden bal in B. Wanneer nu de regtstandig vallende bal van A tot B dien weg aflegt in ééne sekonde, zoo zal dezelve eene snelheid verkregen hebben, genoegzaam (zoo als gij mij aanstonds zeidet) om wederom in ééne sekonde op eenen vlakken vloer, die waterpas of horizontaal ligt, af te loopen eenen weg tweemaal AB lang; derhalve zal de bal, die langs de helling loopt van A tot C, bij voorbeeld in drie sekonden, beneden in C gekomen zijnde, eene snelheid hebben verkregen, om, even als de regtstandig

gevallene bal, ook in ééne sekonde, op eenen vlakken vloer, af te loopen de lengte van tweemaal AB; Wanneer nu de regte helling AC eens was eene kromme, hol-gebogene goot, zal die zelfde wet ook nog plaats hebben, omdat men eene kromme lijn kan aanmerken, als te zijn eene verzameling van vele regte lijntjes, en dus de bal, langs die kromme goot vallende, in C gekomen zijnde, ook wederom eene snelheid hebben, om in ééne sekonde (den tijd, waarin de bal de regtstandige hoogte AB valt) af te loopen, op eenen vlakken vloer, tweemaal de hoogte AB. Of dan de helling regt, krom, meer of minder ingebogen zij (zoo dezelve den val niet stuit) zal de snelheid van den bal, langs de helling, of langs de ingebogene goot, als de val geëindigd is, altijd gelijk zijn met de snelheid van den regtstandig vallenden bal, wanneer die in B op den grond is gekomen. Men kan u dit door proefneming aantoonen, door planken met verschillende holle en regte goten, beschreven en afgebeeld bij 's Gravesande, in zijne *Grondbeginselen der Natuurkunde*, Plaat XV en XVII. Maar zeg mij eens, Heintje! hebt gij wel ooit met opmerking een *Slinger* beschouwd, zoo als men dien in de uurwerken aantreft?

Heintje. Ja, *Meester*! ik heb denzelven wel gezien, doch met geene genoegzame opmerking, Mr. Welnu, die slinger bestaat, gemeenlijk, uit eene koperen staaf, waaraan van onderen een dikke koperen bol of schijf is vastgemaakt; hangende de koperen staaf van boven aan eene pen waaraan zij slingert, en dit noemt men het beweegpunt, en zulk een slinger heet men zamengestelde; doch ik zal u eenen eenvoudigen slinger maken, en daarbij zullen wij ons alleen bepalen. Zie hier het ik een koperen of looden bal, van matige zwaarte; dien zal ik, aan eenen dunnen draad, aan deze pen hangen, zoodanig toegerust, dat het gewigt van den draad als niets kan geacht worden bij het gewigt van den kogel, en dan noemt men het eenen enkelvoudigen slinger. Let nu wel op, hoe dezelve slingert. Elke nederdaling en opklimming van den slinger noemt men eene schommeling, dat is, het ligchaam des slingers, dat hier de bal is, eens nedergedaald en eens opgeklommen zijnde, doet eene geheele schommeling. Het middelpunt van zwaarte van het ligchaam, dat aan den draad hangt, bij voorbeeld, het middelpunt van den bal, noemt men het schommel- of slingerpunt, en de lengte des slingers wordt bepaald door den afstand tusschen het beweeg- en slingerpunt. Onthoudt deze benamingen wel; zij zullen zeer te pas komen. — Ziet gij nu niet, bij dit heen en weder slingeren, dat de bal niet

anders doet, dan vallen, en dan weder rijzen door zijne verkregene snelheid; zoodanig, dat, wanneer er geene wrijving, of eenige tegenstand van lucht, enz. was, de opklimming zoo hoog zoude zijn als de nederdaling, en dus altijd eeuwigdurend zoude voortbewegen zonder ophouden?

Heintje. Ja, Meester! ik zie duidelijk, dat de slingerende bal gedurig daalt, alsof hij langs eene kromme ingebogene goot liep.

Mr. Juist zoo. In plaats, dat in eene goot de bal door de goot zelve wordt opgehouden, zoo wordt dezelve hier opgehouden door het beweegpunt, waaraan hij hangt; de wetten zijn dan dezelfde, als van de langs de goot vallende ligchamen: bij voorbeeld, wanneer men, in Fig. 2, op de lijn AB, uit het midden derzelve, in E een halven cirkel met den passer maakt, dan zal die halve cirkel altijd gaan door het punt D, en men kan dus altijd weten, hoe ver een bal op een hellend vlak, of in eene holle goot, zal voortloopen, terwijl de andere bal van A tot B nedervalt, door alleen dezen halven cirkel te maken, en waar die de helling raakt zoo als hier in D, zal dit de plaats zijn. Keert deze figuur nu eens in uwe gedachten om, en verbeeldt u, dat in E eene pen zit, waaraan een slinger EA is vastgemaakt, die, opgetild wordende tot D, valt van D tot A, en dus eene halve

十八

schommeling volbrengt. Wat is er nû straks gezegd van den weg, dien een vrijvallend ligchaam viel, terwijl een ander langs A tot D, of nû, in dit geval, dat toch hetzelfde is, van D tot A liep?

Jantje. Ik geloof, dat ik het nû weet: terwijl een bal valt van A tot D, valt een ander ligchaam regtstandig van A tot B.

Mr. Regt zoo. Dûs leeren wij daarûit, dat, terwijl een slinger valt van zijn punt, waarlos men hem heeft opgetild, en daar loslaat (dat hier vooronderstеld is in D te zijn) tot het laagste punt, dat hier A is, en aldûs eene halve schommeling ûitmaakt, een ander ligchaam vrijelijk valt bijna de hoogte A B, dat is, tweemaal AE of tweemaal de lengte des slingers; zoodat dan <u>een slinger zijne halve schommeling volbrengt in denzelfden tijd, dat een ander ligchaam vrijelijk valt bijna tweemaal de hoogte of lengte des slingers</u>.

Heintje. Waarom, <u>Meester</u>! zegt gij van bij<u>na</u> tweemaal de lengte des slingers? Een vrijvallend ligchaam valt immers juist de hoogte AB, dat is, tweemaal de lengte des slingers, terwijl de slinger valt van D tot A?

Mr. Gij zoudt gelijk hebben, lieve vriend! wanneer de slinger juist liep langs de regte lijn AD, of de schuine helling zelve; maar dit is immers het geval hier niet; dewijl het van zelf spreekt,

dat de slingerbal van D tot A gaat in eene kromme lijn of boog, en daar een klein verschil maakt, zeide ik, om die reden, <u>bijna</u> tweemaal de lengte des slingers. Het wezenlijke verschil is bevonden te zijn aldûs: dat een slinger, ûitgerekend naar de regte lijn, bij voorbeeld, voor eene sekonde, slechts $\frac{11}{14}$ deel van eene sekonde slingert. — Maar zegt mij nû eens, oplettende jongelingen! van welk eene hoogte zoû een ligchaam regtstandig vallen, terwijl de slinger eene geheele schommeling volbrengt?

Jantje. Wel, <u>Meester</u>! dat is dûidelijk, van viermaal de hoogte des slingers.

Mr. Neen, vriendje! dat is te spoedig geantwoord. Weet gij dan niet, dat een vallend ligchaam, in twee sekonden, van viermaal grooter hoogte valt, dan in ééne sekonde? Stel eens, dat een slinger de halve schommeling doe in ééne sekonde, dûs de geheele in twee sekonden, nû is de halve schommeling in ééne sekonde gelijk aan den val van een ligchaam, in ééne sekonde, tweemaal de lengte des slingers; doch in twee sekonden viermaal meer wegs afvallende, is immers achtmaal de lengte des slingers; derhalve: <u>een slinger volbrengt zijne geheele schommeling in denzelfden tijd, dat een ander ligchaam vrijelijk valt van eene hoogte, gelijk aan achtmaal de lengte van den slinger</u>. Berekenen wij eens, ten voorbeelde, de lengte van eenen sekonde-slinger, dat is, een slinger, die in ééne sekonde eene geheele schommeling volbrengt. Stel, lende, dat een ligchaam, vrijelijk vallende, eene hoo, gte van 4 el 9 palm, of 49 palmen, in de eerste sekonde, afloopt, zoo doet nu de slinger eene halve schommeling in den tijd, dat een ligchaam valt tweemaal de lengte des slingers, en eene geheele schommeling, dat is, twee halve in achtmaal de lengte, enz. zoo als wij zoo even gezien hebben; dus moet de slinger zijn $\frac{1}{8}$ gedeelte van 49, is 6 pa, lm 1 duim, of 61 duimen, en naar de kromme lijn

sek. sek.

berekend, aldaar $\frac{11}{14}$: 1 = 61 duim tot de ware lengte des slingers: als men de sekonden kwadrateert, omdat de ruimten (hier de duimen) evenredig zijn aan de vierkanten der tijden, zoo geeft het deze evenredig, heid:

$$\frac{121}{196} : 1 = \frac{61}{196} \text{ tot de lengte des slingers}$$

121 / 11956 / 988 strepen, of 9 palm 8 duim en 8 streep, ruim.

Hieruit leert gij dan, hoe lang een slinger zijn moet, om juist eene geheele schommeling, in ééne sekonde, te volbrengen, en tevens ziet gij daaruit, dat men den val der ligchamen bij de schommelingen van

den slinger of kan meten; want, daar een ligcha, am achtmaal valt de lengte des slingers, terwijl de slinger eene geheele schommeling volbrengt, zoo spreekt ook van zelf, dat op die plaatsen, waar een ligchaam sneller of langzamer valt, dan hier, de slinger ook meer of minder schom, melingen in eenen bepaalden tijd volbrengen moet, en dit was nu ook het middel, waarvan men zich bediende, om te onderzoeken, of de val der ligchamen, bij de Polen, anders ware, dan onder de Evennach, tslijn: men nam zeer naauwkeurig en met veel behoed, zaamheid waar alle omstandigheden van uitzetting en inkrimping der metalen, in acht nemende, hoe veel schommelingen de slingers van gelijke lengte vol, bragten in den tijd van één, twee of meer uren bij de Polen en onder de Evennachtslijn, en men be, vond, dat de slingers bij de Polen altijd sneller slin, gerden, en dus in denzelfden tijd meer schommelingen volbragten, dan onder de Evennachtslijn; waarom dan ook de ligchamen bij de Polen sneller moesten vallen, dan op de andere plaatsen van den aardbol. De even, redigheid der sekonde-slingers tot elkander, op onder, scheidene breedten, is als de vierkanten van den sinus dier breedten. Doch laat ons nu rusten van deze les in de hoop, dat gij dezelve wel zult begrepen hebben; haar nut in de toepassing is zeer groot.

Vaartwel! tot wederzins!

Leeringen.

Uit hetgene wij in de vorige Zamenspraken van de zoo sterk versnellende beweging der vallende ligchamen gezegd hebben, blijkt:

Waarom men, van eene hoogte vallende, zich gemeenlijk meer bezeert, dan men voor, af vermoeden zoude.

Uit hetgene wij van de nederdaling van ligchamen langs hellingen, en van de tegen, standbieding der lucht, zeiden, blijkt het:

Waarom men zich veiliger langs eene hel, ling, dan lijnregt, naar beneden laat dalen, en

Waarom aan de vallende hagelsteenen niet, naar mate van de hoogte des vals, eene ver, snellende beweging wordt bespeurd.

Uit de verklaring der slingers is het blijkbaar geworden:

Dat de slinger den gang van het uur, werk regelmatig houdt, en

Waarom men den bol van eenen slinger naar boven moet schroeven, als het uurwerk to langzaam gaat, en in het tegengestelde ge, val, naar beneden.

Vijfde zamenspraak.

Over de zamengestelde beweging.

Heintje en Jantje. Geachte Meester! hier zijn wij weder, om uwe lessen, die ons hoe langer hoe meer verwonderen en aangenaam zijn, met nieuwsgie, righeid te hooren.

Mr. Zeer goed, brave kinderen! Hebben wij voorheen van uwen kaatsbal en stuiter gesproken, thans zal de vlieger eene beurt hebben.

Jantje. De vlieger! dat is goed! wat zal ik op, lettend zijn!

Mr. Nu, luistert dan naar mijne redenen.

Een ligchaam, bij voorbeeld dezen bal, kan ik voortstooten met ééne hand, dat is met ééne kracht; maar ook met twee handen of meer zaken, dat is met twee of meer krachten. Ziet eens: als ik den bal A, Fig. 3, stoot met ééne hand, regtuit, tot naar B, dan loopt die langs de regte lijn AB; maar als ik hem stoot, als in Fig. 4, met ééne hand aan de eene zijde, en ééne hand aan de tegenoverstaande zijde, even hard, dan blijft hij op zijne plaats: ziet slechts. Doch wanneer ik, als in Fig. 5, den bal A stoot met de ééne hand van A tot B, zoodat hij in ééne sekonde tot naar B loopt, en met de andere hand van A tot C, zoodat hij ook in ééne sekonde naar C loopt, zoo zal die bal niet gaan van A tot B, ook niet van A tot C, maar tusschen beide door, van A tot D, en dat wel zoodanig, dat als ik de lijnen AB en AC geteekend heb, en dan eene lijn CD maak, evenwijdig aan AB, en eene lijn BD, evenwijdig aan AC, dan zal de bal A, in ééne sekonde, juist komen in het punt D, en dus de schuine lijn AD doorloopen. Ziet hier er de reden van: Laat op een liniaal, in vier deelen verdeeld, een diertje uit A naar C kruipen (zie Fig. 6), terwijl ik te gelijker tijd het liniaal doe zakken tot in B, dan zal het diertje, voortgekropen zijnde tot 1, en het liniaal gezakt tot 1, gekomen zijn in D; het diertje, alverder voortkruipende tot 2, is het liniaal ook gezakt tot 2, en het diertje in E; nog verder voortkruipende tot in 3, is ook het liniaal tot in 3 gezakt, en het diertje is in F; hetzelve eindelijk voortgekropen zijnde tot in C, of 4, en het liniaal gezakt tot in 4, zoo is het diertje in G, juist de schuinsche lijn AG, even als in het voorgaande geval. Derhalve volgt een ligchaam, door twee krachten bewogen, welke onderscheidenlijk werken, altijd de hoeklijn tusschen de twee krachten. (De Meester heldert dit nader op, en doet, om het voorgaande te bewijzen, deze proef: Hij neemt een

tamelijk zwaar looden gewigt, maakt daar twee touwen aan vast, trekkende met één touw aan het gewigt, dat men zich in A (Fig. 5) moet voorstellen te liggen, naar AB, en met een ander touw te gelijker tijd naar AC, zoo zal het gewigt de lijn AD volgen.)

Dus zegt men: Twee krachten, uitgedrukt door de lijnen AC en AB, te zamen op één ligchaam A werkende, zijn gelijk of even groot als de lijn AD, welke zij beide voortbrengen. Dewijl nu AB even zoo groot is als CD, zoo is, in een driehoek ACD, AD, eene kracht zijnde, die werkt, altijd gelijk aan twee andere krachten, welke de rigting van de overige AC en CD hebben: en men kan dus, als eene kracht schuins op een ligchaam werkt, hierdoor altijd weten, hoe veel dezelve zoodanig ligchaam naar den eenen, en hoeveel naar den anderen kant wegstoot; bij voorbeeld: Laat, Fig. 7, AB den schuinschen stand van een vlieger zijn in de lucht, zoo blaast de wind (als eene kracht) daarop regt heen langs de lijn CD; laat nu eene zekere lijn CD (welke de rigting van de werkende kracht heeft, en die men zoo groot en zoo klein kan nemen als men wil, dewijl het alleen maar op de vergelijking met de andere lijnen aankomt) de kracht van den wind voorstellen, zoo maakt men den regten hoek CED, en dan is de kracht CD gelijk aan CE en ED te zamen, waarvan de stand of rig-

ting der lijn ons leert, dat ED het vermogen is, hetwelk den vlieger schuins op naar boven houdt, en hij daarom in de lucht omhoog blijft; CE gaat langs den vlieger en valt weg. Laat mij dit nog wat ophelderen: ziethier, in Fig. 8, een liggend stuk hout AB; drukt men daar, in het midden, C met een' stok CD tegen, welk drukken dus eene kracht is, even als de wind bij den vlieger, zoo gaat dat hout AB, immers, regtuit voort naar E, langs de lijn CE, met de volle kracht CD; maar wordt dat zelfde stuk hout, als in Fig. 9, gedrukt met een' stok CD in het midden C, doch in eene schuinsche rigting als CD aanwijst, dan is de kracht CD even zoo veel als de krachten CE en ED te zamen; zoodat de kracht CE alleen aanduidt, hoe veel het hout naar F bewogen wordt; en ED langs het hout gaat verloren, wanneer het hout geen' anderen weg dan naar F kan nemen; anders toont ED de kracht, waarmede het naar A wordt voortgestooten; zoodat hier, met zoodanig eene schuinsche kracht om hetzelve naar F te stooten, in plaats van de volle kracht CD, niet meer gedaan wordt, dan of er eene enkele kracht CE op werkte.
Keeren wij nu nog eens tot den vlieger (Fig. 7), en trekken wij de lijn EF, regt te lood op CD, dan zijn EF, FD, als krachten beschouwd, wederom gelijk aan de op den vlieger werkende kracht ED. De stand of rigting der lijnen leert ons, dat

dus EF de kracht is, waarmede de vlieger naar boven rijst, en FD de kracht, waarmede hij achteruit drukt.

Aldus verklaart men de werking van den wind op de zeilen, van het water op de roeren der schepen, van den stroom op de gierbruggen, enz. (*De Meester maakt dit met andere voorbeelden nog duidelijker.*)

Heintje. Meester! dat begint mij wat hoog te loopen; evenwel heb ik er iets van begrepen.

Mr. Ik geloof het zelf, jonge vrienden! dat ik wat te ver ben gegaan; doch de zaak is zoo nuttig, en van zoo veel toepassing in de zamenleving, dat ik dezelve onmogelijk onaangeroerd konde laten; ook zult gij bij verdere oefening alles duidelijker bevatten.

Wanneer gij slechts oplet, dat eene lijn, of lijnen, volmaakt kan, of kunnen uitdrukken de krachten, welke op een ligchaam werken: bij voorbeeld, wanneer, als in Fig. 10, een bal, door de eene hand van D komende, met zulk eene kracht gestooten wordt, dat hij in ééne sekonde tot aan C loopt, en weder eene andere hand van E denzelfden bal met zulk eene kracht stoot, dat hij in 二十三 ééne sekonde de lijn AB afloopt, zijn dan deze lijnen AC en AB niet gelijk in uitdrukking aan de krachten, omdat zij de wegen aantoonen, die in eene zelfde sekonde zijn afgeloopen? Naar mate nu een ligchaam met meer kracht geslagen wordt, zoo loopt het zoo veel verder, en de lijn, welke de krachten uitdrukt, wordt ook zoo veel grooter. Derhalve toonen immers de lijnen volmaakt de krachten aan, en men kan krachten niet anders afmeten dan met vergelijkingen uit de afgeloopene wegen. Bij voorbeeld, Fig. 11, de bal A, zegt men, wordt door Jantje geslagen met eene kracht, zoodat hij de lijn AB afloopt, dan is AB de kracht van Jantje. Maar Heintje slaat denzelfden bal in denzelfden tijd eens zoo ver, dat is dus met éénmaal meer kracht, zoodat hij loopt CD gelijk tweemaal AB; derhalve de kracht CD ook tweemaal AB. Gaan wij nu over tot de bewegingen, welke vrijelijk in de lucht geschieden, doch niet regtstandig op en neder, zoo als wij reeds behandeld hebben. Maar zeg eens, Heintje! wanneer gij over eene vlakke tafel met eenen knikker knikkert, zoodat dezelve over het einde van de tafel heenloopt, wat gebeurt er dan?

Heintje. Wel, Meester! dan valt de knikker op den grond.

Mr. Dat is zoo; doch hebt gij wel opgelet hoedanig? Niet dadelijk, maar hij valt met eenen boog naar beneden. Ziethier den knikker; let nu eens op hoe hij van de tafel loopt.

Jantje. Ik zie het duidelijk, Meester! het is een heele boog, met welken hij afspringt.

Mr. Ja; en de reden daarvan is zeer klaar. De knikker wordt door twee krachten voortgedreven, zoodra hij van de tafel is: de eene kracht werkte in het punt A, zie Fig. 12, welke hem heeft voortgeworpen, en dus volgens KC regtuit voort deed loopen naar L; maar in

C van de tafel af zijnde, trekt de zwaartekracht hem naar beneden, en wel met eene kracht, die alle oogenblikken toeneemt, zoo als wij hiervoor gezien hebben. Stel nu, dat de knikker zoodanig regtuit voortgeworpen is, dat hij in vier sekonden vier roeden afliep, en dus van C tot L zou gekomen zijn, wat is dan het geval?

In de eerste sekonde zal hij dan, altijd even snel, zoo als het geval is, van C tot L voortgaande, met de voortwerpende kracht komen tot 1*; maar stel, dat ook de zwaartekracht hem in die zelfde sekonde trekt naar beneden van C tot 1, dan zal de knikker (volgens het hiervoor verklaarde) loopen de hoeklijn CM, en in M gekomen zijn. Aldaar in M zijnde, blijft de voortwerpende kracht van de hand voortgaan met dezelfde snelheid, om den knikker in de tweede sekonde in Q te brengen, maar de zwaartekracht doet hem nu dalen drie deelen, tegen de eerste sekonde één deel, en zou hem tot R doen dalen; de knikker moet dus alweder de hoeklijn volgen, tusschen MQ en MR in, dat is, van M in N komen. Aldaar zijnde, blijft de voortwerpende kracht altijd even sterk, en dezelve zou den knikker in de derde sekonde voeren tot in S; maar de zwaartekracht trekt hem nu vijf deelen van die, welke in de eerste sekonde één was, en hij zou dus in T komen; de knikker moet dan alweder de hoeklijn tusschen beide in, namelijk NO, nemen, en in O komen; van daar gaat hij met de voortwerpende kracht in de vierde sekonde alweder voort, om in V te komen; doch de zwaarte doet hem nu zeven deelen vallen, waarvan de eerste één was, en zou hem dus in U brengen; de knikker is dan genoodzaakt weder de hoeklijn OP te volgen, en in P op den grond te vallen. Daar nu de punten M, N, O, P, door duizend andere kleine punten, tusschenbeide komende, op de voorgestelde wijze vooronderstelde kunnen worden gevuld te zijn, zoo maken deze tallooze regte lijnen, als C, M, N, O, P, enz. eene kromme lijn CMNOP, die men in de Wiskunde parabool noemt. Dat de zwaartekracht den knikker in de eerste sekonde één, in de tweede sekonde drie, in de derde vijf, in de vierde zeven gelijke deelen van de lijn C 16 dalen doet, hoop ik, dat gij begrijpen zult, dewijl ik het u verklaard heb in de Derde Zamenspraak.

Op deze wijze gaat het ook met een schuins in de lucht voortgeworpen ligchaam, zoo als den kogel van een kanon, of de bom, zie Fig. 13; deze wijkt door de zwaartekracht hoe langer hoe meer van de rigting of streeklijn AC af, en beschrijft, opklimmende tot D, vertragende, en weder dalende van D tot E versnellende in loop, de geheele parabolische lijn ADE, welke wiskundig te berekenen, en dus de worp der bom of kogel te bepalen is; ja volkomen zou te bepalen zijn, zoo niet de lucht te veel hinderlijk en tegenhoudende was. — In de Derde Zamenspraak verklaarde ik u de reden van dezen vertragenden loop naar boven en voortsnellenden naar beneden; leest

die dan nog eens na.

Heintje. Ik had weleens van mijn' vader hooren zeggen, dat men een' kogel of bom schietende, vooraf kon berekenen, hoe men de schuinsche rigting AC nemen moest, om een gebouw of toren te treffen; nimmer heb ik dit kunnen begrijpen; doch nu zie ik, dat men den weg van den kogel ADE kent, en begrijp dus min of meer, hoewel nog duister, dat het te berekenen is.

Mr Ja zeker, en, zoo de lucht door hare tegenstandbieding niet te hinderlijk was, volkomen. Ziethier hoe men door eene figuurlijke bewerking den hoek of de schuinte bepalen kan, om eene bom ergens op te werpen.

Laat A de plaats van den mortier of de bom, en E den toren zijn; nu moet men weten den afstand AE, en AB, de hoogte, welke de bom met eene zekere bepaalde hoeveelheid kruid regtop in de lucht zoude kunnen geschoten worden: deze twee zaken wetende, zoo stelt men naar die mate de lijnen AE en AB. Beschrijft nu op AB uit F een halven cirkel, en deelt AE in 4 deelen, trekt 二十五
een perpendiculair of loodlijn uit het eerste deel 1, welke den halven cirkel in N snijdt of raakt, dan zal AC, door het raak- of snijpunt N getrokken, de schuine rigting zijn, langs welke men den toren E zal kunnen treffen. In dit geval hebben wij genomen AE gelijk aan 2 maal AB, of 4 maal FN, dat is de verste worp; doch stellen wij nu eenen toren in G, terwijl wij AG weder in 4 deelen deelen

waarvan AH een vierde deel is, en trekken wij dan uit H loodregt de lijn HI, zoo zal de schuine lijn AO, door dat snijpunt I getrokken, de rigting van het geschut aantoonen, en ALG de weg der bom zijn; het punt I is altijd gelijk aan het hoogste punt L van den weg der bom; eene andere lijn Aq, door het benedenste snijpunt P getrokken, wijst ook de rigting aan om den toren G te treffen; de eerste rigting is voor die der bom, deze laatste voor den kanonskogel. — Gaan wij nu een weinig rust nemen van spreken en denken, om het verhandelde met vrucht in eenzaamheid te overwegen.

Leeringen.

Uit hetgene wij in deze Zamenspraak gezegd hebben van de zamengestelde beweging en van dezelve op den vlieger toegepast, leeren wij:

Waarom iemand, die van eenen voortrijdenden wagen achter afspringt, gemeenlijk valt, en waarom iemand, die uit eene nog langs den wal voortgaande schuit stapt, altijd vooruit moet stappen.

Waarom men een' bal, die langs den mast van een snelzeilend schip nedervalt, ook onder aan den mast ziet nederkomen; en waarom een bal, op een snel voortgaand schip, regt in de hoogte geworpen, wederom in de hand van den werper nederkomt, alschoon het schip intusschen van onder

den bal voortgaat.

Dit alles leert ons dan ook:

Waarom een kanonskogel, op dezen zoo snel wentelenden aardbol, regt in de hoogte geworpen, weer in of bij het geschut moet nedervallen.

Waarom men een' kersensteen, tusschen duim en vinger gedrukt, regtuit kan voortwerpen.

Waarom men met denzelfden wind schepen naar verschillende wegen kan sturen, en, door zekeren stand van roer en zeil, men een schip genoegzaam tegen den wind in kan doen voortgaan.

Waarom eene schuit, door het heen en weêr bewegen van het roer, of eenen, in deszelfs plaats gebezigden riem, en een visch door het heen en weder slaan van den staart, regt vooruit kunnen gaan.

Uit hetgene wij aanhaalden omtrent de voortgeworpene ligchamen, blijkt:

Dat men, om op een' verren afstand iets met een geschut of geweer te treffen, altijd hooger en als over het voorwerp heen moet aanleggen.

Daar de bom, door haren val, de daken der gebouwen moet verbrijzelen, zoo ziet men de reden:

Waarom men haar langs de hoogste rigting laat bewegen, terwijl men het kanon de laagste volgen doet.

二十六

Zesde zamenspraak.

Over de middelpuntskrachten.

Mr. Wel, lieve kinderen! reeds heb ik u aangetoond, hoedanig de wegen zijn van een ligchaam in de lucht voortloopende; bezien wij nu eens, of wij ook de beweging van de planeten, kometen en onze aarde om de zon kunnen verklaren, waarvan wij almede gesproken hebben.

Heintje. Als het u belieft, *Meester*! wij zijn zeer nieuwsgierig dit te weten.

Mr. Let dan wel op. Hebt gij wel ooit met een' slinger een' steen weggeworpen?

Jantje. Ja, *Meester*! ik wel, en hoe harder ik dan in de rondte slingerde, hoe verder de steen vloog, als ik het voorste touwtje losliet.

Mr. Ziethier hoe dit gaat. In *Fig*. 14 zij AB de slinger, waarin de steen C ligt; als dezelve dan in den cirkel is rondgeslagen, en men in B de voorste koord loslaat, zoo gaat de steen voort langs BD zoodanig, dat AB en BD eenen zuiveren winkelhaak of regten hoek maken. Dus zegt men, dat de steen van een' slinger of eenig ligchaam, slingerend bewogen, losgelaten wordende, langs de raaklijn van het punt B der loslating, voortvliegt. [Zoodanig noemt

men in de Wiskunde de lijn DB, die regthoekig op AB is.] Gaan wij nu eens de werking na in het aangehaalde voorbeeld, zie *Fig*. 15. Als de slinger begint te bewegen in B, geeft men den bal of steen eene neiging, om in BD voort te gaan, zoo als ook geschieden zou, indien het touw AB denzelven niet vasthield; derhalve werken hier twee krachten: eene, om voort te gaan langs BD, en eene, die trekt naar AB; de bal blijft dus tusschenbeide, en beschrijft, van tijd tot tijd, de hoeklijnen BC, die den cirkel uitmaken.

Men noemt dus ook eigenaardig de kracht van B naar A werkende, *middelpunttrekkende*, of *aantrekkingskracht*, terwijl men die kracht, welke door de beweging van B naar D veroorzaakt wordt, en even zoo veel trekt, om regt uit zich van het middelpunt A te verwijderen, als de aantrekking, of hier de koord daarnaar toe trekt, de *middelpuntvliedende* kracht noemt. Deze laatste kracht is oorzaak, dat, als men een' bal aan eene koord rondslingert, het touw spant, en zelfs zoo voelbaar trekt, dat als de koord wat dun is, dezelve breekt, wanneer men den bal eene groote snelheid geeft, en gij ziet die niet alleen in den slingerlap, maar in alles, wat in de rondte beweegt. Vandaar, dat de wielen van rijtuigen, die door modderige wegen gaan, den modder van zich afwerpen of weg doen vlieden. Ziethier een bierglas ter helft met water gevuld: ik zal om hetzelve een touw zoodanig vastmaken, dat ik het regtop kan houden: nu kan ik het veilig in de rondte slingeren zonder storten.

Jantje. Wel, Meester! dat is wonderlijk! het glas keert geheel het onderste boven, en het water loopt er niet uit!

Mr. Maar, jongenlief! daar is niets wonderlijks in: het water kan er niet uitloopen. Zeide ik niet zoo even, dat, door het in de rondte bewegen, het ligchaam eene kracht verkrijgt, om van het middelpunt weg te vlieden? Welnu, zoo is het ook met dit water; het wil van het middelpunt, dat mijne hand is, wegvlieden, drukt daardoor gedurig tegen den bodem van het glas aan, en zoodra die kracht sterker dan de zwaartekracht is, kan het nooit naar beneden vallen.

Ik moet u evenwel, alvorens hiervan af te gaan, de regelen opgeven, waarnaar men de middelpuntskrachten kan berekenen.

Als twee ligchamen op denzelfden afstand ieder om een middelpunt geslingerd worden, en de omloopstijden ook gelijk zijn, dat is, in dit geval, dezelfde snelheid hebben, dan zijn de middelpuntskrachten tot elkander, als derzelver gewigten of hoeveelheden stofs. Bij voorbeeld: de ééne bal woog 6 en de andere 12 lood, dan zijn de krachten als 6 tot 12, dat is, de eene zal eens zoo veel kracht als de andere hebben.

Als twee ligchamen van hetzelfde gewigt, in gelijke omloopstijden, ieder om een middelpunt geslingerd worden, dan zullen hunne krachten zijn evenredig aan ieders afstand van zijn middelpunt: dat is, hetgene aan eene eens zoo lange koord, als het andere, geslingerd wordt, zal

ook eens zoo veel middelpuntskracht hebben.

Wanneer in het laatste geval de omloopstijden wel gelijk, maar de gewigten ongelijk zijn, dan zullen de krachten overeenkomen met de vermenigvuldiging van ieders afstand van het middelpunt met zijn gewigt.

Wanneer twee ligchamen van gelijk gewigt en op denzelfden afstand ieder om een middelpunt geslingerd worden, dan zijn de krachten tot elkander in de omgekeerde vierkantsrede der omloopstijden. Bij voorbeeld: neemt twee ballen, ieder van welke één lood weegt, en op een voet afstands staat van het punt, doch de eene rondloopt in ééne sekonde, terwijl de andere er twee toe besteedt: dan zal de eerste vier krachten hebben, het vierkant van den omloopstijd des tweeden, terwijl de tweede slechts ééne kracht heeft, het vierkant des omloopstijds van den laatsten.

Naar deze wetten geschiedt de beweging van de planeten en de aarde om de zon, van de maan om de aarde, enz. De alleen-wijze god heeft, in plaats van het slingertouw AB, eene <u>aantrekkingskracht</u> in alle ligchamen gelegd, zoo als ik u reeds verklaard heb. 二十八 Daar nu de zon zoo verbazend veel grooter is dan de planeten, zoo spreekt het van zelf, dat zij dezelve alle in aantrekking overwint, en dus alle tot zich trekt; derhalve zouden, op die wijze, al de planeten in de zon vallen.

Jantje. Wel, Meester! zou dat gebeuren?

Mr. Voorzeker! maar luister slechts, en ik zal trachten het u duidelijk te maken. De groote wijsheid

van god, waarover wij ons, gelijk gij al meer en meer
bemerkt, niet genoeg verwonderen kunnen, dewijl zij
overal blijkbaar is, heeft daarvoor gezorgd, door, even
als in den slinger, twee krachten te zamen te laten
werken; bij voorbeeld: laat, in Fig. 16, Z de zon zijn
en P de planeet: wat is dan het geval? Door de aan,
trekkingskracht der zon wordt immers de planeet, langs
de lijn ZP, tot de zon getrokken, en zoû er dûs ook in
moeten vallen? Maar zoodra de Almagt deze <u>middel,
pûnttrekkende</u> kracht, zoo als men haar noemt, daar,
stelde, gaf Zij ook tegelijk aan de planeten, enz. eene an,
dere kracht, om regthoekig op ZP, langs PA, voort te
gaan; derhalve werken er twee krachten op P: eene
langs ZP, die wij zoo groot als de lijn PB zûllen stellen,
en eene langs PA, die wij ter grootte van PD nemen,
waardoor de planeet, even als de slinger, de hoeklijn tûs,
schen beide in, als PC, de kromme lijn PCG, om de zon
beschrijft, die derzelver loopbaan ûitmaakt. Want in C
gekomen, werkt wederom, als voren, eene kracht gelijk
aan CE naar de zon toe, en eene gelijk aan CF, om langs
de raaklijn weg te vlieden, waardoor de planeet de hoeklijn
CG volgen moet; daar deze twee krachten van oogenblik tot
oogenblik blijven werken, zoo wordt PCG eene kromme lijn.
Gij begrijpt nû wel, dat het volstrekt hetzelfde moet zijn,
of ZP een touw is, als de slinger, dan of er eene onzigtba,
re kracht bestaat, die hetzelfde doet, en de planeet P als
vasthoudt, om niet langs PA voort te gaan. Daar wij nû

vooronderstellen, dat de lijnen ZP en ZC zeer nabij elkan,
der zijn, en daarin boog PC ook zeer klein, zoo zûllen
dan ook deze kleinere de cirkelvormige loopbaan kunnen
ûitmaken, en daarom ook CD en CA als even groot kûn,
nen worden aangemerkt. Dewijl de middelpûntvliedende
kracht de kracht is, waarmede het ligchaam van het
middelpûnt van Z, langs ZC, regtûit naar A poogt weg
te vlieden, zoo drûkt de lijn CA de middelpûntvliedende
kracht ûit; nû is, om de kleinte des boogs, CA gelijk aan
CD en BF, welke de trekking naar de zon aandûiden, en
dûs gelijk zijn aan de wegvliedende kracht, en geen won,
der, als deze krachten van aantrekking en wegvlieding niet
gelijk waren, zoû de planeet of verder afdwalen of nader
bijkomen, en dûs geen cirkel beschrijven, zoo als wij nû
vooronderstelden: ondertûsschen is het waar, dat deze mid,
delpûntvliedende krachten dan eens toe- en dan weder
afnemen; waarom de planeten ook niet eenen cirkel, maar
een ovaal, of wel ellips beschrijven om de zon.

Heintje. <u>Meester</u>! als onze Lieve Heer nû eens
die kracht van de zon, langs ZP of ZC trekkende, losliet, 二十九
dan zoû ook onze aarde en al de planeten, even als de
slingersteen, langs PA of CF wegvlieden.

Mr. Voorzeker! doch gods volmaakte schikkingen
gedoogen geene wanorde, en vereischen, dat al de Na,
tûûrkrachten, tot onderhoud van het geheel, in dezelfde
werking blijven; zoodat gij û nimmer behoeft te bekom,
meren: noch hierover, dat eene komeet de aarde zal

botsen, wanneer dezelve dwars door ons zonnestelsel heen vliegt, noch dat er eenige planeet in de zon zal vallen, noch dat eene verwijdering, zonder einde, langs PA ons lot zal worden; noch eenige bedenking van dien aard. Alles is ten hoogste wijs en kunstig zamengeweven, en de eene Natuurkracht werkt op en met de andere, en bewaart daardoor eene standvastige en eeuwige orde.

Heintje. Ik kan, na dit alles geleerd te hebben, niet nalaten mij te verwonderen, als ik van kometen hoor spreken, dat er nog menschen in de wereld zijn, die zich verbeelden, dat god dezelve aan den hemel doet komen, ten voorteeken van kwade gebeurtenissen op de aarde, daar de zon haar, zoowel als ons, om zich heen trekt.

Mr. Ja, lieve jongen! eer gij zoo verlicht waart, al gij nu reeds zijt, zoudt gij ook weleens zoo dom kunnen gedacht hebben: erken dus wel dit voorregt, en tracht een' ieder, die met zulke of andere vooroordeelen bezet is, met bescheidenheid te overtuigen, dat alles naar vaste wetten werkt; dat de komeet, zoowel als de maan, door dezelfde krachten bestuurd en bewogen wordt, zoodat de verschijning van eene komeet, hoe zeldzaam en dus vreemder voor ons, even zoo min verwondering behoort te baren, als het zien der volle maan, derzelver eklipsen, de vaste sterren en meer andere hemellichten. god, die de goedheid zelve is, weet beter dan het zwakke menschdom, dat niets voor ons ongelukkiger zijn zou, dan

vooraf te weten, wat ons zal overkomen. Hij houdt dus de toekomst diep voor ons verborgen, en zal die, noch door staartsterren, noch door vuurklompen, noch door het gehuil der honden, noch door het geschreeuw der uilen, en wat al andere sprookjes meer, aan ons kenbaar maken. Foei! het is zelfs Godonteerend, te denken, dat dat onbegrijpelijk groot en weldadig Wezen zulke middelen bezigen zoude. Vaarwel! tot wederziens!

Leeringen.

Uit hetgene wij omtrent de werking der middelpuntskrachten hebben opgemerkt, volgt:

Dat, wanneer men eene buis, gevuld met vloeistoffen van onderscheidene gewigten rond, slingert, de zwaarste naar het boveneinde en de ligtste naar onderen zullen wijken. Door deze kracht is het, dat een rijder, die snel in eenen kring rijdt, niet regt te paard kan zitten.

Ook even daaruit zien wij de reden:

Waarom de tol om zijne as beweegt en staande blijft.

Waarom het graan in de wan, bij de ronddraaijende beweging, naar den buitenrand, en het vuil naar het midden gaat.

Waarom van schaatsenrijders, die, bij een' troep handopleggende, achter elkander rijden, de achterste; als zij schielijk omzwenken, de handen moeten loslaten, of groot gevaar loopen van te vallen.

Uit dit alles kan men ook afleiden.

Dat een mensch, die zeer snel loopt, zoo veel middelpuntskracht verkrijgt, dat zijne beenen naauwelijks den grond drukken.

Alles, wat maar eenigzins in de rondte bewogen of geslingerd wordt, moet de regelen der middelpuntskrachten volgen; zoodat deze hare toepassing van eenen te grooten omvang is, om geheel hier op te geven; eene oplettende waarneming doet ons dagelijks deze verschijnselen zien.

Zevende zamenspraak.

Over het zwaartepunt der ligchamen.

Mr. Zoo, lieve kinderen! zijt gij daar? Reeds verlangde ik naar uwe komst, om met onze beschouwingen voort te gaan. Hebt gij wel ooit eens eene pijp of een stokje op uwen vinger in evenwigt gelegd, zoo als dit, bij voorbeeld?

Jantje en Heintje. Ja, Meester! dat kunnen wij ook.

Mr. Zeer wel; maar laat ons eens zien, wat daarvan de reden zij. — Die stok of pijp ligt in evenwigt, en kan dus niet vallen; en waarom niet? Omdat aan de eene zoo wel als aan de andere zijde van den vinger evenveel deelen zijn; aan beide zijden ligt dus eene gelijke kracht van aantrekking of van zwaarte, en het eene kan niet vallen, of het andere moest naar boven gaan; derhalve belet de zwaarte van het eene het andere om te vallen, omdat dezelve aan weerskanten van den vinger, die het rust- of steunpunt is, dezelfde zwaarte hebben, hetwelk men evenwigt noemt. Nu hebben alle ligchamen zulk een punt, waarom heen al de deelen in evenwigt liggen; en dus, dit punt ondersteund zijnde, wordt het gansche ligchaam, even als de pijp of stok, belet te vallen. Ziethier, bij voorbeeld, een driehoekig plankje, Fig. 17, waarin dit punt Z is; stel nu eene punt van een mes in Z, zoo zal het plankje in evenwigt liggen, en dit punt noemt men het zwaartepunt. Het zwaartepunt is dan dat punt in eenig ligchaam, hetwelk, ondersteund zijnde, het ligchaam belet te vallen.

Jantje. Meester! ik heb dikmaals beproefd zulk een plankje op de punt van eene schaar in balans of evenwigt te stellen, doch ik heb dat punt nog nooit kunnen vinden; veel gemakkelijker is het met een' regten stok. 三十一

Mr. Dat geloof ik zeer wel, lieve jongen! want in uw plankje moest gij niet alleen het evenwigt zoeken, regts en links, maar naar alle hoeken, en dat gaat zeer bezwaarlijk; doch ziehier hoe men het doen kan. Laat (Fig. 18) ABC een plankje zijn, waarvan men het zwaarte- of evenwigtspunt vinden wil, zoo slaat men wel naauwkeurig in twee hoeken van dezelve als A en B, spijkers of stiftjes; nu hangt men hetzelve eerst op aan het stiftje B, en plaatst dan aan hetzelve een touwtje met een lood, schietlood genoemd, als BD. Dit lood toont, dat, zoo als het plankje daar vrijelijk hangt, het zwaartepunt zijn moet in de lijn BD, wijl dat de lijn is, die de zwaarte zelve in het schietlood aanwijst. Voorts hangt men hetzelfde plankje (na alvorens de lijn BD op hetzelfde geteekend te hebben) weder op (als in Fig. 19) aan het punt A, en laat weder de loodlijn uit A vallen, om de rigting der zwaarte te zien; alsnu valt dezelve langs AE; derhalve ligt ook het zwaartepunt in de lijn AE, even zoo als het ligt in BD, volgens het eerste geval. Dus kan hetzelfde punt alleen daar plaats hebben, waar de eene lijn de andere raakt, namelijk in Z.

Wanneer men nu, op deze of eene andere wijze, het zwaartepunt van een ligchaam weet, zoo kan men altijd weten, tot welk eene schuinte men het kan overbuigen, aleer het zal vallen.

Laat, bij voorbeeld in Fig. 20, AB een balk zijn, waarvan het zwaartepunt in Z is, zoo onderzoekt men in dien schuinschen stand de loodlijn ZD, en zoo lang dezelve tot D en niet buiten den voet van den balk valt, kan hij ook niet vallen; want het zwaartepunt is ondersteund door het onderste

van den balk. Doch maakt men dien balk langer, als CE in Fig. 21, zoodat er meer zwaarte naar boven is, en dus het zwaartepunt Z rijst tot in C, dan zal de loodlijn FC buiten den voet van den balk EC nederkomen, en de balk moet vallen. In Italië bevinden zich twee torens, als een te Piza en een te Bologne, welke men zegt, dat opzettelijk zoo schuins, als deze balk, gebouwd zijn, zoodanig dat de streeklijn ZD van het zwaartepunt juist op den hoek van den voet des torens valt, als in Fig. 20, en derhalve niet vallen kan; doch met het minste er op te plaatsen terstond vallen zoude.

Heintje. Ik zie dan, Meester! dat een toren nog al vrij schuins kan hangen, eer hij vallen zal.

Mr. o ja! doch het is met onderscheid hoe de bouwing is; zijn zij van boven spits toeloopende, en is dus de zwaarte in het onderste gedeelte, zoo als men veelal bouwt, dan kan de overhelling zeker vrij groot zijn; het hangt, gelijk gij gezien hebt, alleen van de zwaartelijn ZD of FG af, en daar, waar zich de meeste zwaarte bevindt, is ook het zwaartepunt het naaste bij. Gij begrijpt nu wel uit dit alles, dat het zwaartepunt in een ligchaam aanstonds verandert, zoodra er het minste af- of bijgedaan wordt. Bij voorbeeld: wanneer in eene ronde houten schijf (Fig. 22) het zwaartepunt juist in het middelpunt Z is, en men in C een stuk hout uithakt, en dat vol lood giet, zoodanig dat hetzelve veel zwaarder dan de geheele schijf is, zoo volgt immers, dat het zwaartepunt niet meer in Z, maar in of bij het stuk lood C zal zijn. — Wanneer, in eenen kegelvormigen ledigen emmer (Fig. 23) B, het zwaartepunt Z is, en het hengsel, of de draagbeugel nagenoeg gelijk, doch even boven het punt Z is vastgemaakt, zoo zal, deze vol water gedaan zijnde, het punt Z komen in S, en de emmer van zelven omslaan, doordien het zwaartepunt geen steunsel heeft, en zich boven de steunpunten bevindt. — Deze kennis van het zwaartepunt geeft aanleiding tot allerlei aardigheden; zoo als kegels, welke tegen schuinten oploopen; schijven, die van zelve eene hoogte oploopen, als de schijf, zoo even aangehaald; de Chinesche duikelaars; alle balanseringen, die gij door koordendansers en dergelijke ziet verrigten; komende dit laatste geheel daarop neder, dat het zwaartepunt wordt ondersteund gehouden, en daardoor bevrijd van vallen kan blijven.

Jantje. Dat begrijp ik, Meester! en daarom hebben zij ook zeker dien zwaren stok in de handen, om met denzelven heen en weder te keeren, en het zwaartepunt van hun ligchaam boven de koord te houden. Maar zeg mij, als het u belieft, waar zit het zwaartepunt van het menschelijk ligchaam?

Mr. Het zwaartepunt van het menschelijk ligchaam bevindt zich in het laagste gedeelte van den onderbuik, tusschen de heupen. Wanneer een kind leert loopen, ziet gij hoe moeijelijk het hem is, dat zwaartepunt altijd door de voetzolen ondersteund te houden, en hoe dikmaals zulks mislukt, en het valt.

Laat mij dit besluiten, met u, als een gevolg van deze leer, nog een kunstje te leeren.

Leg op eene tafel een stok (als in Fig. 24) AB, waarin gij in D van onderen een keepje maakt; hang aan denzelven een emmer met water, met het hengsel zoo digt tegen de tafel als mogelijk is; neem dan een stokje of latje CD, zoo lang, dat, wanneer het in het keepje D vat, het andere einde tegen den hoek van den emmer C aandrukt, zoo sterk, dat de emmer iets terugwijkt; dit gedaan zijnde, kunt gij den zwaarsten emmer met water gerust loslaten, als blijvende volkomen hangen aan den stok AB, welke los op de tafel ligt.

Jantje. Meester! dat is wonderlijk; aanstonds zal ik dat kunstje nadoen; doch zeg mij toch eens, hoe komt het, dat die emmer niet valt?

Mr. Dit komt daarvan, dat de emmer hangt aan den stok AB, en den daaraan stijf sluitenden stok CD, het zwaartepunt gesteld zijnde in Z. Wanneer nu de emmer vallen zoude, zoo moest hij ombuigen in de lijn ZE, en dus den stok AD doen van de tafel glijden; maar, om langs ZE om te buigen, moest het zwaartepunt Z van zelf rijzen, dat onmogelijk is (dalen is door de zwaartekracht de gedurige neiging); doch van zelf te rijzen is niet mogelijk, neen, maar ongerijmd, derhalve kan de emmer ook deze ombuiging niet doen, en ook niet vallen. — Nu, vaartwel! Wanneer gij intusschen dit kunstje nadoet, weest dan voorzigtig, om wel op mijne

三十三

beschrijving te letten, of gij loopt gevaar, den emmer met water over de beenen te krijgen. Hierbij zullen wij het laten tot eene volgende zamenkomst.

Leeringen.

De kennis van het zwaartepunt doet ons zien:

Waarom men vaster gaat, als men, zoo als gewoonlijk, de voeten op zijde, dan wel vóór elkander plaatst.

Waarom de watervogels, door het groote bovenlijf, eenen waggelenden gang hebben.

Waardoor de duikelaars, van vlierpitten gemaakt, werken.

Wat men doet, als men iets op de hand balanseert.

Waarom men balanseren kan met drie messen, waarvan het eene op de punt van eene naald rust, en de twee andere in het oog daarvan gestoken worden.

Waarom een mensch achterover loopt, als hij eenen zwaren last van voren draagt, of de eene hand uitsteekt, als de andere een emmer water draagt.

Waarom een bal, op de biljarttafel met het scherp der hand buiten het midden geslagen wordende, terug loopt, nadat dezelve eenigen tijd is voortgegaan: men lette hierbij ook op hetgene wij van de middelpunts krachten gezegd hebben, en ook op den tegenstand van het laken der tafel.

Eindelijk leeren wij hieruit:

Dat hoe meer iets topzwaar is, hoe meer zich het zwaartepunt naar boven bevindt, en hoe eerder het, zelve valt, en waarom dus een wagen met hooi beladen veel eerder omvalt, dan een zonder hooi daarop, eene chais, koets, of wat het zijn moge, op hooge, eerder omvalt dan eene op lage wielen; zoo als wij in het aangehaalde voorbeeld van de twee balken duidelijk geleerd hebben.

Achtste zamenspraak.

Over de eenvoudige Werktuigen, bijzonder den Hefboom.

Mr. Wel, jonge liefhebbers! hebt gij al braaf kunstjes gedaan met het zwaartepunt?

Jantje. ja, Meester! dat met den emmer is zeer goed gegaan, en vader heeft mij beloofd nog het een en ander, daartoe betrekkelijk, te zullen koopen.

Mr. Zeer wel. Het wordt tijd, dat wij nu eens over de Werktuigkunde spreken, dat is, over dat gedeelte der Natuurkunde, waarin men de vermogens en werkingen der kunstwerktuigen leert, der zoodanige ten minste, welke wij dagelijks zien gebruiken, als Koevoeten, Handspaken, Balansen, Windassen, Katrollen, Takels, enz., altemaal dienende om, of met veel vermogen iets met groote snelheid te doen bewegen, of, en dat wel meestendeels het geval is, met weinig vermogen eene groote kracht te oefenen. Bij voorbeeld: met een Windas doet men zoo veel met één man, als anders, zonder hetzelve, met acht mannen naauwelijks zoude kunnen gedaan worden.

Jantje. Wel, Meester! dat is raar! Kan door een werktuig met één man voor acht mannen werk gedaan worden? Wat is daarvan de reden?

Mr. Ja, zeker, en somtijds wel voor twintig mannen en meer. Dat is juist het oogmerk der werktuigen, die men tot het hijschen, verplaatsen der goederen, en anderzins, gebruikt. En om u dat alles wel te doen verstaan, zullen wij eerst spreken

I. Over enkelvoudige, en dan
II. Over zamengestelde Werktuigen.

De enkelvoudige zullen wij in zeven soorten verdeelen, als:

1. Den Hefboom.
2. De Balans.
3. Het Katrol en Takelgestel.

4. Het Windas.
5. Het Hellend vlak.
6. De Wig, en
7. De Schroef.

1. Door den Hefboom verstaat men een stok of balk (als in Fig. 25) AB, onbuigzaam, en, als men het naauwkeurig noemen wil, ook zonder zwaarte; doch dit heeft in de Natuur geene plaats. Deze stok of balk rust op het punt of den stut C, op welk punt, dat men het rustpunt noemt, dezelve vrijelijk bewegen kan, en dient om zwaarten op te ligten, zoo als onze Koevoeten, Dokkerstokken, enz. zijn. Wanneer wij nu met dezen stok AB een gewigt, dat op A ligt, willen opligten, moeten wij immers denzelven aan het andere einde B, hetzij met de hand of met eenig ander gewigt, drukken. Bij voorbeeld: (De Meester neemt een linial, legt het op iets, dat het steunpunt uitmaakt, en ligt er iets mede op.) nu kan men de kracht van drukking met de hand niet wel bepalen, dewijl dezelve ongelijk is, zijnde dan eens harder en dan eens zachter. Dus neemt men in de Werktuigkunde altijd gewigten, die men op het einde B legt, of er aan hangt, dat hetzelfde is; ook bepaalt men niet zulk een vermogen in B, als men noodig heeft, om werkelijk het gewigt in A op te ligten, maar eigenlijk het gene er mede in evenwigt staat. Daar wij nu reeds eenige malen het woord gewigt gebruikt hebben, en thans van gewigt spreken moeten, kan ik niet voorbij, u te doen opmerken het

三十五

onderscheid tusschen gewigt en zwaarte, opdat gij in uwe denkbeelden niet het eene met het andere verwarren zoudt. Gewigt bestaat eigenlijk in de hoeveelheid van stofdeelen, die eenig ligchaam bevat, of wel de som der zwaarte in de deelen, welke een ligchaam uitmaken; terwijl de zwaarte alleen de neiging der stofdeelen zelve is naar het middelpunt der aarde, waarvan wij reeds in eene vorige Zamenspraak (de Zevende van het eerste Deel) gehandeld hebben. De plaats A, waar het gewigt, dat men evenaren wil, staat of hangt, noemt men het lastpunt, en het gewigt zelf den last. Daarentegen het punt B, alwaar het vermogen aangewend wordt om den last op te houden, het magtpunt, en het gewigt zelf de magt; voorts het punt C, waarop de Hefboom ligt, het rustpunt. Onthoudt deze punten wel, en let er op, dat wij nu, en in de gansche Werktuigkunde, alleen maar te zoeken hebben, welk gewigt men in B noodig heeft, om den last A in balans te houden.

Heintje. Maar, Meester! moeten die gewigten niet evenveel zijn?

Mr. Dat is niet altijd noodig. Ziethier dit liniaal op mijnen vinger rustende; nu leg ik aan dit korte einde een gewigt van twee looden, en op het andere einde, dat eens zoo ver van den vinger is, ook twee looden; en wat gebeurt er? het slaat door en ligt het andere op; maar leg ik er één lood op, dan is alles in evenwigt.

Heintje. Wel, Meester! dat is wonderlijk, dat één

lood in evenwigt met twee looden is; mij dunkt, dat is onmogelijk, want ieder der gewigten van twee looden wordt toch met dezelfde zwaartekracht naar beneden getrokken?

Mr. Gij zoudt volkomen gelijk hebben, zoo de gewigten ieder afzonderlijk hingen of werkten, en niet door eenen stok of staaf aan elkander vereenigd waren. Let slechts op de werking van het zwaartepunt, te voren door ons (in de Zevende Zamenspraak van dit Deel) behandeld, waarin wij zagen, dat, zal iets in evenwigt zijn, het zwaartepunt ondersteund moet worden; en zal dat geschieden tusschen twee ligchamen, welke met eene staaf of stok (zoo als hier het geval is) aan elkander verbonden zijn, dan is het zwaartepunt daar, waar de vermenigvuldiging van het gewigt met den afstand over en weêr gelijk is. Bij voorbeeld: neemt een' stok, aan welks eene einde een bal hangt, die vier looden weegt, en aan het andere einde een bal, welke één lood weegt, zoo is het zwaartepunt, tusschen die ballen, in den stok nabij den zwaarsten bal op $\frac{1}{5}$ gedeelte der geheele lengte van den stok, immers vier looden vermenigvuldigd met $\frac{1}{5}$ is $\frac{4}{5}$, en één lood vermenigvuldigd met de overige $\frac{4}{5}$ is ook $\frac{4}{5}$, want alle beweegkracht is, zoo als wij reeds in de Tweede Zamenspraak van dit Deel gezien hebben, gelijk aan het gewigt met de snelheid vermenigvuldigd. Laat nu (Fig. 26) AB den Hefboom, in A het lastpunt, en B het magtpunt zijn; hang dan in L drie looden, en in M drie looden, zoo is er, wel is waar, gelijk

三十六

gewigt, doch geene gelijke kracht van zwaart en deze
maakt juist het evenwigt en de werking op elkander uit;
want, laat het gewigt B het gewigt A opligten, hoe is het
dan met de snelheid gelegen? Stel dat dan de Hefboom
AB de rigting van DE krijgt, zoo is de weg AD, welken
de last afgelegd heeft, veel kleiner dan de weg BE, wel,
ken de magt gedaald is, en wel juist zoo veel als BE is
in vergelijking tot AD; en de Wiskundigen leeren ons,
dat deze cirkelbogen BE en AD juist in grootte tot elkan,
der zijn als de lijnen CB en CA, waarmede zij gemaakt
zijn; dat is BE is, juist zoo veel maal grooter dan AD,
als BC grooter dan AC is; derhalve is de weg BE van de
magt juist zoo veel grooter dan AD van den last, als BC
grooter dan CA is. Dewijl nu de wegen BE en AD in
denzelfden tijd zijn afgelegd, zoo is de snelheid even zoo gro,
ot als de ruimte of de afgelegde weg; derhalve de snelheid
van magt M in vergelijking van die van L, als BC is in
vergelijking tot AC. Stel nu dat BC drie duimen lang
is en AC maar één duim, zoo zal de snelheid van de magt
M ook drie zijn, tegendat die van L één is. Hangt er nu
aan A een last van 9 looden, zoo is 9 gewigt met 1 snel,
heid vermenigvuldigd, negen krachten van zwaarte. Maar
in B zijn 3 snelheden, dus 3 gewigten, of in dit geval looden
noodig, om ook 9 krachten te bekomen; derhalve zal men
evenwigt hebben, wanneer in L 9 looden hangen en in
B 3 looden. De gewigten, welke in eene hefboom even
wigt zijn, moeten in B, met den afstand BC van het rust,

punt vermenigvuldigd, overeenkomen met het gewigt L, met
den anderen afstand AC vermenigvuldigd. Hieruit volgt dan
een grondregel, welke in de geheele Werktuigkunde doorgaat,
dat het onderscheid van snelheid tusschen magt en last, welke
in evenwigt zijn, ook juist het onderscheid van derzelver
gewigten of vermogens uitmaakt; dat is, dat, wanneer de
magt, welke aan een werktuig werkt, te gelijker tijd met den
last, eenige malen meer wegs moet afloopen dan de last, het,
zelve ook zoo veel malen meer kracht doet, en dus ook zoo
veel maal kleiner dan de last zijn kan; zoodat hij, die de
minste snelheid heeft, het meeste in gewigt zijn moet. Bij
voorbeeld: de snelheid van L in A is driemaal kleiner dan
van M in B en juist ook moet het gewigt M driemaal klei,
ner dan L zijn, om evenwigt te maken. Gij ziet dit dui,
delijk, wanneer gij maar eens oplet op het naar boven gaan
van eene turfmand met touw en blok, en dat van eene
baal of vat, welke met een windas worden geheschen, met
het laatste is slechts omtrent $\frac{1}{8}$ van het gewigt noodig, de,
wijl één man voor acht mannen werk doet. Doch ook
is de snelheid van dien last in het windas achtmaal klei, 三
ner dan van de turfmand als last beschouwd. 十七

Jantje. Ja, Meester! daar heb ik weleens op gelet:
eene turfmand is heel schielijk boven, terwijl een vat of
baal met een windas zeer langzaam gaat.

Mr. Ja, voorzeker; en let nu eens vooral op hetgene
ik gezegd heb, dan kunt gij altijd berekenen, wat in een werk,
tuig het evenwigt tusschen last en magt uitmaakt.

Verbeeld u eens bij een werktuig te zijn (hetzelfde waarvan gij het evenwigt tusschen magt en last bepalen wildet), zoo hebt gij niets meer te doen, dan het werktuig in beweging te brengen, en voorts de snelheid of den voortgang van den last tegen de magt te meten, en gij weet aanstonds het evenwigt: Bij voorbeeld: gij bevondt, dat de magt eenen weg maakt van 12 voeten, terwijl de last slechts 1 voet doorliep, zoo was het klaar, dat 1 pond magt 12 ponden last kan tegenhouden en opwegen. Deze regel nu gaat onveranderlijk door, en blijft, in welk werktuig ook, altijd dezelfde: hoe minder magt men noodig heeft, hoe minder snelheid in den last; het gewigt van de magt is altijd gelijk aan de snelheid van den last en de snelheid van de magt gelijk aan het gewigt van den last; dus, al wat men bij een werktuig in snelheid wint, verliest men in magt, en wat men in magt wint, verliest men in snelheid van den last. — Alleer wij dit werktuig verlaten, moet ik nog aanmerken, dat hetzelve den grondslag van de geheele Werktuigkunde uitmaakt, en alle werktuigen in hetzelve gegrond zijn. Men onderscheidt de Hefboomen gemeenlijk in drie soorten, naar mate de rust- magt- en lastpunten onderling geplaatst zijn. Is het rustpunt tusschen het last en magtpunt in, als in Fig. 25 dan is het een Hefboom van de eerste soort; doch is het rustpunt op een der einden, als in A, het lastpunt in C en de magt in B, dan is hij van de tweede soort, en

plaatst men het magtpunt in C tusschen A steunpunt en B lastpunt in, dan is het een Hefboom van de derde soort. Vele werktuigen, die wij dagelijks gebruiken, komen er mede overeen, als ijzeren koevoeten, snuiters en scharen, zijnde niet anders dan Hefboomen. In den snuiter is de nagel, waarover de twee bladen bewegen, het rustpunt, de hand de magt en de kaarspit de last. In de schaar is de hand de magt, en hetgene men snijden wil de last. De koevoet, snuiter en schaar zijn Hefboomen van de eerste soort. Hoe dikker stof men nu knippen moet, hoe zwaarder de last is, en derhalve, hoe verder men de magt van het rustpunt (dat de nagel is, om welken de schaar zich beweegt) moet verwijderen, en dus lange stelen en korte bladen hebben, zoo als de scharen van de Blikslagers en Smids zijn; doch als men veel snelheid hebben wil, en niet in magt winnen, neemt men scharen met zeer lange bladen en korte stelen, zoo als de scharen der Droogscheerders zijn; deze moeten zeer spoedig veel wol tegelijk kunnen afscheren, welke stof geene of weinig magt vereischt.

De stokken van de Bakkers zijn ook Hefboomen, zoo ook de kruiwagens. Van deze laatste is het wiel het rustpunt, de vracht het lastpunt, en de magt zijn de handen, welke de boomen dragen, en daarom Hefboomen van de tweede soort; hoe verder almeder de magt van het wiel is, dat is, hoe langer de boomen zijn, en hoe digter de last op het wiel ligt, hoe minder magt men noodig heeft; daarom leggen de Kruijers altijd geldzakken, of andere zware vrachten, digt op het wiel en hebben lange boomen aan hunne wagens. De vuurtang, eindelijk, is ook een Hefboom, en wel van de derde soort omdat het scharnier het rustpunt, de bladen het lastpunt en de hand tusschen beide in, het magtpunt uitmaakt; deze werken voor de magt altijd onvoordeelig.

Heintje. Ja, Meester! ik heb weleens gedacht: waarom zijn sommige kruiwagens zoo lang? Maar verstaan dan al de Kruijers de regelen der Werktuigkunde, dat zij dat zoo doen?

Mr. O Neen! het is alleen de ondervinding, die hun dat geleerd heeft. Voorts zijn de roeren van schepen, de riemen van roeijers, de kerfmessen, als ook de ledematen van het menschelijk ligchaam, alle Hefboomen. Onze arm, bij voorbeeld, is volstrekt een Hefboom, welke door de spieren, als magten, wordt opgetild, en rust in het gewricht van den schouder. De arm is een Hefboom, en wel van de derde soort, geschikt om veel snelheid voort te brengen, en welke dus verbazend veel magt vereischt. Vijftig pond, gehangen aan den elleboog vereischt eene magt in de spieren, om dezelve op te houden van omtrent zeven honderd pond. Welk eene wondere wijsheid in dit zamenstel, dat de kracht onzer spieren zoo verbazend is, dat wij onze armen en andere ledematen niet alleen tot gemak onzer werkzaamheden, op de snelste wijze, kunnen bewegen, maar ook nog zulke zware lasten opligten, en andere krachten oefenen!

Denkt hierover nu eens met aandacht na, en sparen wij het vervolg tot de volgende bijeenkomst.

Negende zamenspraak.

Over de Balans, de Katrol, het Windas, het Hellend-vlak, de Wig en de Schroef.

Mr. Komt, jonge vrienden! gaan wij voort met onze beschouwing.

2. Het tweede werktuig is de Balans: deze staat gelijk met een Hefboom, waaraan de last en magt zich op eenen gelijken afstand van het rustpunt bevinden. Hieruit volgt dus, dat de armen of jukken van eene Balans juist even lang moeten zijn, of de beweging is valsch; dewijl alsdan de magt en de last van gelijk gewigt geen evenwigt hebben, dat juist in eene Balans noodzakelijk is, doordien men er goederen mede weegt, en dus 1 pond in de schaal in evenwigt moet zijn met 1 pond aan de andere zijde. 三十九

Het pennetje moet regt loodlijnig op de Balans staan. Het zwaartepunt moet iets lager zijn dan het beweegpunt of rustpunt van de Balans, opdat hetzelve, door het laagste punt te zoeken, de Balans in evenwigt brenge. Hoe nader, ondertusschen, de werkman het zwaartepunt onder het beweegpunt gebragt heeft, hoe naauwkeuriger de Balans zal zijn. Op deze wijze vervaardigt men goede Balansen, waarin het gewogene met het ingelegde gewigt overeenkomt; doch wanneer men den eenen arm iets langer dan den anderen maakt, en, door het een weinig verdunnen van dien arm, de Balans in evenwigt doet hangen, even als eene goede, dan is dezelve valsch en bedriegelijk; de schaal aan den langsten arm moet dan ook zoo veel ligter gemaakt worden, om evenwigt te vertoonen: men ontdekt deze valschheid terstond, als men de schalen omhangt; dit moet de bedriegelijke Balans geheel uit het evenwigt brengen, terwijl het aan eene goede volstrekt niets hinderen kan. Wil men met zulk eene valsche Balans evenwel juist wegen, dan wege men de waar eerst in de eene schaal, en legge die dan over in de andere, en wege dezelve weder. Het spreekt van zelf, dat deze gewigten verschillen, omdat de eene arm langer dan de andere is. Om dan nu de ware zwaarte daarvan te vinden, vermenigvuldige men dezelve te zamen, en trekke daaruit den wortel. Stel eens, een stuk kaas weegt in de eene schaal 4 lood en in de andere 9 lood, zoo is $9 \times 4 = 36$

$\sqrt{}$ ——

is 6 voor het ware gewigt.

3. De <u>Katrol</u>, als in Fig. 27 AB, is even als eene Balans, zoo als de lijn AB aantoont; C is het steunpunt, en dus is het gewigt L altijd gelijk aan M, om evenwigt te maken. Men wint dus met eene Katrol niets dan gemak

van werking. Bij voorbeeld: in plaats dat men, boven uit een venster liggende, eene turfmand zou moeten tot zich trekken van beneden naar boven hijscht men dezelve met touw en blok op, dat veel gemakkelijker is.

Maar zoodra wij meer dan ééne Katrol nemen, en eene of meer van dezelve beweegt, dan helpt dit in de magt. Bij voorbeeld: laat eene Katrol, als in Fig. 28 in A, van boven vastzijn, en eene andere in C beweegbaar, daar de last in L aan hangt, dan zal 1 ℔ in M 2 ℔ in L kunnen opwegen; want de helft van het gewigt L draagt het punt B, daar het touw vast is gemaakt; dus wordt in M, over Katrol A, slechts de andere helft gedragen. Ook zal M, naar beneden trekkende, mede twee voet dalen, tegen L één voet rijzen. Op deze wijze stelt men Katrollen, zoo boven als onder, in blokken bij elkander, die men <u>Takels</u> noemt, waarin men de magt, welke er tot eenen last noodig is, even als in het reeds gemelde geval, altijd ophouden kan door een zooveelste gedeelte, als er Katrollen zijn. Bij voorbeeld: Fig. 29 stelt een Takel voor van vier schijven; met denzelven kan in M, met viermaal minder gewigt dan de last L zwaar is, deze last L opgehouden worden. 四十 Gij weet het gebruik van dezen en andere Takels, om goederen uit de schepen te hijschen, en andere zwaare lasten te verplaatsen. De voorzegde regel gaat altijd door, mits, zoo als in de gewone Takels plaats heeft er slechts één touw gebruikt worde, dat om al de Katrollen wordt heengeschoren. Behalve deze gewone zijn er nog andere Takels, doch weinig in gebruik, welker zamenstel gij, verder gevorderd zijnde ligtelijk op deze gronden kunt onder, zoeken. De Spaansche Takel, ondertusschen wordt nog al veel op de schepen gebruikt en bestaat, als in Fig. 30 afgebe, eld is, uit twee verschillende koorden. Men kan in M het ma gtpunt 1 pond plaatsende, een last, in L, van 7 pond in even wigt houden; want in den Takel BC houdt 1 pond in M 3 pond in L tegen, omdat het een Takel is, die in het geheel drie schijven heeft; 3 pond in L, met 1 pond in M, maakt te zamen 4 pond, welke 4 pond aan de Katrol A hangt, en dus door het touw AB naar beneden getrokken wordt. De 3 pond, welke wij ons voorstellen moeten in L hangende, in evenwigt met 1 pond in M, wordt nu, langs het touw BAC, met vier pond naar boven getrokken; dat is, het touw AC oefent eene magt van 4 pond, wel, ke, gevoegd bij de gemelde 3 pond, 7 pond evenwigt maakt in L.

4. Het Windas is genoeg bekend, bestaande uit een rad en spil, om welke het touw, dat den last opwindt, zich rolt; zie Fig. 31. Wanneer wij weten willen, hoe in het Windas de last met de magt gelijk zal staan, zoo moeten wij slechts opletten op onzen regel van snelheid; en hoe is die? Als het rad, waar, aan de magt beweegt, éénmaal omloopt, zoo loopt de spil B, om welke de last werkt, ook éénmaal rond; derhalve, als de snelheid van de magt de omtrek van het rad A is, zoo is de snelheid van den last de omtrek van de spil B; en men zal dus, volgens den algemeenen grondregel, in M zoo veel min, der magt noodig hebben, om den last L op te houden, als de omtrek van B kleiner is dan die van A. Laat den om, trek van A zijn 9 voet en van B 1 voet, zoo zal 1 pond in

M 9 pond in L ophouden. In het Windas is dus de magt tot den last te vergelijken, als de omtrek der spil tot den omtrek van het rad, of, dat hetzelfde is, gelijk de dikte van de spil tot de middellijn van het rad. Dat dit het geval is, blijkt ook duidelijk uit Fig. 32, wanneer men het Windas bij den Hefboom vergelijkt. Laat AEF den omtrek zijn van het groote rad van het Windas, en BGD dien van de spil, wa, arop het rad draait en waarom het touw van den last L gewonden wordt. Terwijl de magt M in A werkt, hangt de last L als tegenwigt in D; men ziet dus klaar den Hefboom ACD geboren worden; en daar het geheele rad met de spil uit dezen Hefboom bestaat, en er bij elke bewe, ging altijd zulk een Hefboom ACD blijft bestaan, zoo volgt, dat deze Hefboom de werking van de magt tot den last in het Windas aantoont. Nu is in dezen Hefboom M tot L, gelijk CD tot AC, dat is, de halve dikte der as tot de halve middellijn van het rad, of dit verdubbeld, gelijk de geheele dikte van de spil tot de middellijn van het rad.

Jantje. Meester! hoe duidelijk is deze verklaring door dien algemeenen regel, en vooral door dien, welken gij daar nog bijgevoegd hebt! Hoe grooter dus het rad is, en hoe dunner de spil, hoe gemakkelijker hijschen. 四十一

Mr. Juist; doch men kan de spil niet zoo dun nemen als men wil, om het breken. Gemeenlijk ondervindt men, dat een last, met een Windas opgeheschen, hoe hooger opko, mende, hoe langer hoe zwaarder wordt; want het touw windt zich, de eene bogt al over de andere, om de spil, en maakt daardoor de spil dikker, en alzoo moet de aan te wendene magt grooter zijn.

5. Het *Hellend vlak* is eene vlakte, welke schuins ligt, even als onze bruggen, de hellingen in kelders, enz.; zie Fig. 33. Laat eene rol D met eene koord DEM over eene Katrol I langs de helling opgetrokken worden; dan beweegt zich de magt M tot K, even zoo veel als de weg DE; doch de magt is niet meer gerezen dan HG; daar nu GH met de hoogte van de helling overeenkomt, en DE met de schuinte, zoo is de magt, om eenen last op de helling tegen te houden, in vergelijking tot het gewigt van den last, even als de hoogte van de helling tot de schuinte. Laat de helling AB lang zijn 12 voet en de hoogte BC 4 voet, zoo zal 4 pond in M 12 pond in D tegenhouden mits de werking der koord DE evenwijdig aan de helling werke; want horizontaal, of in de streek AC werkende, zoo is de magt in M tot den last D, als BC tot AC. Hieruit leeren wij dan, dat hoe schuiner eene brug is, hoe gemakkelijker men er met eene vracht kan opkomen; want zoo veel te grooter is de lengte of schuinte tegen de hoogte.

6. De *Wig*, of *Beitel*, is even als twee Hellende vlakken tegen elkander, en dient om stukken hout vaneen te splijten. Dit werktuig komt in alle deelen met een Hellend vlak overeen. De magt wordt aangevoerd door eenen hamer, of ander werktuig, in A, Fig. 34; de last is het hout, waarin het geslagen wordt.

In de Wig is dan ook, even als in het Hellend vlak,

de magt, welke op den rug BC wordt aangewend, tegen den last of de zamenhechting van het hout, in verhouding, als de halve dikte des rugs CA tot de hoogte der Wig AD; omdat men in de Wig de magt kan aanmerken te werken in de streek AD, dat is, zoo als wij bij het Hellend vlak de horizontale werking der magt verklaarden. Met de Wig vergelijkt men alle beitels, messen, scharen, spijkers, enz.

Heintje. Dus, *Meester*! hoe dunner de Wig is, hoe minder magt er noodig zal zijn, en vandaar ook zeker de reden, dat de messen, om wel te snijden, dun geslepen moeten worden.

Mr. Zoo is het. Gaan wij nu over tot ons laatste werktuig, de *Schroef* namelijk.

7. De *Schroef* is een tweeledig werktuig, bestaande uit een' cilinder of rol, rondom welke een draad, overal evenwijdig, geslingerd is, en uit eene holle, uitgekeepte opening, waarin het eerste stuk sluiten moet, als Fig. 35.— Bezien wij eens, hoe het hier met de snelheid staat van magt en last.

De last ligt op de Schroef in L, en wordt opgeworden de hoogte CD van eenen schroefdraad, wanneer de magt in M den geheelen omtrek doorgeloopen heeft van den boom AM, waaraan zij werkt. Derhalve is weder de magt tot den last, in de Schroef, als de wijdte van iederen schroefdraad CD tot den omtrek van de kruk of den boom van de Schroef, die opgeschroefd wordt; dat is hier: M tot L, gelijk CD tot den omtrek van den cirkel, waarvan AM de middellijn is. Verbeeldt u nu, zoo als veel plaats heeft, eene Schroef, met schroefdraden, die ½ duim van elkander zijn, en dan aan het andere stuk een' boom AB van 8 voet, dat is, de omtrek van 24 voet, zoo gaat de magt 24 voet wegs, als de last ½ duim rijst; dus de magt tot den last als ½ tot vier en twintig maal twaalf, is 288 duim, of als 1 tot 576. Met het vermogen dan van 1 pond kan men 576 pond tegenwerken. Dus leert ons dit, dat eene Schroef dat werktuig is, waarmede men de meeste kracht met de minste magt kan oefenen, gelijk in de persen van de fabrijken genoeg te zien is. — Doch rusten wij nu wat tot wederziens, alswanneer wij ook eens, met weinige woorden, over de zamengestelde Werktuigen spreken zullen.

Leeringen.

Uit hetgene wij omtrent den Hefboom opgemerkt hebben, leeren wij de werking der scharen, tangen, snuiters, notenkrakers, roeiriemen, kruiwagens, koevoeten, hengsels, klinken van deuren, tuimelaars van schellen, slingers van pompen, masten van schepen, menschelijke ledematen, enz.; en men ziet de reden:

Waarom men met eene schaar het sterkste snijdt, als men dit het digtst aan het scharnier doet.

Waarom een schip sneller voortgaat, als het zeil of de ra, waaraan het zeil vast is, hooger wordt opgehaald.

Uit de Balans leeren wij:

Hoedanig iemand, die op de schaal van eene Balans staat, zich schijnbaar zwaarder en ligter kan maken, naar mate hij met een' stok binnen of buiten het hangpunt der schaal tegen de Balans stoot.

Door het Windas zagen wij de werking der kaapstanders, braadspitten, koffijmolens, oventoomen, molenwieken, enz.

Het Hellend vlak leert ons deszelfs nuttig gebruik door het halen van lasten uit kelders en schuiten; en waarom iemand, die eenen zwaren last tegen eene brug opkruit, nog dwars opwerkt, en de helling daardoor zooveel te grooter maakt.

De Wig leert ons het gebruik der messen, bijlen, beitels, scharen, spijkers, heipalen, bekken en klaauwen van vogels, hoornen en tanden van dieren, enz.

De Schroef toont ons het uitstekend gebruik, dat daarvan te maken is bij het persen van lakens, linnens, stempels, mededeeling aan raderwerken, en vooral in de zoogenaamde vijzels, waarmede men de grootste gebouwen kan opligten. 四十三

Men leert ook hierdoor, waarom men, door het winden van eenen draad om den vinger, een' al te naauw geknelden ring kan losmaken.

Tiende zamenspraak.

Over de zamengestelde Werktuigen.

M r. Zoo, jongelieden! zijt gij daar weder? Dat behaagt mij. Welaan! ik zal uwen weetlust trachten te voldoen met het voortzetten van onze taak.

Heintje. Als het u gelieft, Meester! wij verlangen naar uwe nuttige lessen; want nog dezen morgen zag ik het voordeel daarvan. Onze kruijer was bezig, om de wasch, die mijne moeder gepakt had, met touwen toe te halen, en om zulks met kracht te doen, had hij een' stok bij wijze van een' Hefboom, daar hij het touw met eenen strik om sloeg, en dan het eene einde van dien stok tegen de mand deed rusten, en aan het andere einde trok; doch hij had den strik omtrent in het midden van den stok, en won dus maar de helft in magt. Ik ried hem denzelven meer naar het rustpunt te schuiven; en toen deed hij met de helft van de kracht zoo veel als te voren, dat hem bijzonder wel beviel.

M r. Het is mij aangenaam, te vernemen, dat gij mijne lessen zoo wel begrepen hebt. — Wanneer twee of meer der hiervoor verklaarde enkelvoudige Werktuigen worden te zamengekoppeld, zoo noemt men het een zamengesteld Werktuig. Zoo zijn sommige zamengesteld uit een Windas

en een Hellend vlak, als de overtoomen of schuinten, gelijk, bij voorbeeld, te Amsterdam, buiten de Weteringspoort, en aan den Overtoom, daar men de schuiten, op rollen gesteld, overhaalt (zie Fig. 36). Het groote rad A is het Windas, en de schuinte B het Hellend vlak. Daar ik u hier doe opmerken, dat dit rad een Windas, is, zoo moet ik er bijvoegen, dat alle spillen, waar zich, even als in een Windas, een touw, waaraan de last vast is, omwindt, Windassen zijn; zoo is een Kaapstander (afgebeeld in Fig. 37) een Windas, en een Braadspit, als vóór op de schepen ligt, Fig. 38, en daar het anker mede wordt opgewonden, ook een Windas. Zoo heeft men een werktuig (Fig. 39), Bok genaamd, geschikt om zeer vastzittende palen uit den grond te halen, hetwelk alsdan op eene zware schuit ligt. Hetzelve heeft in A een Braadspit of Windas, waarom een touw loopt, dat men met kettingen om den paal D vastmaakt; aan het einde van de handspaak E van het Braadspit A, is een Takel van 4 of meer schijven (hier van 4), welke men vervolgens windt om den Kaapstander C, die door menschen wordt omgedraaid. Dusdanig kan men werktuigen zamenstellen en 四十四
verbazende krachten aanrigten. Wil men nu van zulk of eenig ander zamengesteld werktuig het vermogen kennen, zoo behoeft men het slechts van ieder afzonderlijk te bepalen, en dan met elkander te vermenigvuldigen. Bij voorbeeld: laat Fig. 40 drie op elkander werkende Hefboomen voorstellen, dan vindt men aldus het evenwigt van magt in last:

In den Hefboom A is magt tot last, als 1 : 3
B ——— 1 : 3
C ——— 1 : 4

Dus de geheele magt tot last, als 1 : 36.

En ziethier de reden: laat den last in L zijn 36 pond, dan draagt N°. 3 van den Hefboom A slechts 12 pond, en dus N°. 3 van den Hefboom B niet meer dan 4 pond; derhalve M, in den Hefboom C, op het 4 de deel van het rust-punt, slechts 1 pond: dus 1 pond in evenwigt met 36 pond. Nemen wij nu, in den voorbeschrevenen Bok, het Braadspit dik 1 voet en de handspaak 3 voet, dat is 6 voet middellijns voor het geheele rad, wanneer men het als een Windas aanmerkt:

Dus in het Braadspit magt tot last, gelijk 1 : 6
De Takel van 4 schijven m. tot l., gelijk 1 : 4
En in den Kaapstander, de spil G stellende op ½ voet dik, en de geheele spaak FG lang 6 voet, zoo is hier magt tot last, als ½ tot 6, of als 1 : 12

En derhalve magt tot last, als 1 : 288.

Stel nu, dat een mensch, aan de spaak FG duwende, eene kracht oefent van omtrent 30 pond, zoo kan een mensch in evenwigt zijn met 8640 pond; en dus doet met zulk één werktuig een man zoo veel, als 288 mannen, zonder hetzelve, doen zouden.

Hierbij zouden wij het, volgens ons bestek, kunnen laten, ware het niet, dat ik u eene bijzondere dienst meende te doen met de verklaring van een werktuig, waarmede men de zwaarste lasten, als gebouwen, koepels, enz. opwindt en verplaatst; een werktuig, dagelijks in handen van elken werkman, die met het verplaatsen van zware lasten te doen heeft; ik bedoel de Dommekracht. Zie derzelver afbeelding, zoo als het werk van binnen is, in Fig. 41.

Op de getande staaf AK wordt in A de last gesteld, of aan den haak of den klaauw K. Het rad C vat, met een rondsel B, in de tanden van de staaf AK. Dit rad C wordt weder bewogen door het rondsel D, en dit door den slinger of de kruk EF. Hier is magt in F tot last in A, gelijk radius rondsel B tot rad C, en radius rondsel D tot slinger EF. Stel radius rondsels B en D gelijk 1, en radius rad C gelijk 6, en slinger of handratsel EF gelijk 6;

dan is m. tot l., gelijk 1 : 6 in het rad;
nog eens 1 : 6 in het handratsel;

als 1 : 36.

Men heeft ook eenvoudige Dommekrachten, waarin het rad C niet is, maar het rondsel D terstond in de staaf AK vat: dan is alleen magt tot last, gelijk radius rondsel D, als 1 tot de lengte van het handratsel EF, gelijk 6.

Jantje. Wel, <u>Meester</u>! ik sta verbaasd over de kra,
cht, welke men door zulke werktuigen oefenen kan! Op
die wijze zou één mensch wel alle lasten, al waren dezelve
ook nog zoo zwaar, kunnen verplaatsen.

Mr. o ja: welke het ook maar zijn. Doch wij
hebben nu nog maar van <u>in</u> <u>evenwigt</u> <u>houden</u> gesproken,
en niet van <u>verplaatsen</u>. Wanneer men verplaatsen
wil, moet men, vooreerst, meer kracht aanwenden, dan het
evenwigt behoeft; want ik kan 50 pond wel met 50 pond in
evenwigt houden, maar niet verplaatsen; alsdan heb ik
51 of meer ponden noodig. Ten andere moet men, om te
verplaatsen, de schuring of wrijving overwinnen, welke
de deelen der werktuigen op elkander oefenen, zoo als die van
de draaijingen in de spillen der Windassen, enz.; ook komt
nog zeer in aanmerking de stijfheid der touwen, zijnde de
wederstand, welken zij bieden, als zij om de schijven der
Katrollen gebogen worden. Hoe meer zamengesteld nu
de werktuigen zijn, hoe meer schuring; en dus ziet gij, dat
als men dezelve al te zamengesteld maakt, men met de
schuring of wrijving meer verliezen kan, dan men met de
vermogens wint. De wrijving kan bedragen (naar mate
van het werktuig) van $\frac{1}{3}$ af tot [illegible] van den last toe. Hoe
gladder en hoe kleiner de oppervlakten zijn, die op elkander
werken hoe minder de wrijving, en hoe ruwer, hoe meerder
dezelve is. Door smeer, of olie, geschikt om onzigtbare ope,
ningen (poriën) te stoppen, kan men dikmaals de wrij,
ving verminderen, zoo als men dagelijks ziet; en daarom

is het ook, dat de slepers zich van vetlappen bedienen, waar,
over zij hunne sleden laten trekken.

Daar wij nu zoo veel belang hebben bij de molenwer,
ken, die door den wind bewegen, zal ik u nog, ten besluite
dezer les, het zamenstel onzer gewone Watermolens verkla,
ren.

De eerste beweegoorzaak zijn de Wieken of Roeden
(zie Fig. 42 in A), over welker hek- en zeilwerk, uit hoof,
de van den schuinen stand, de wind henenstroomt, en dit
dus teragdrukt, om van G naar H te bewegen. Hierdoor
beweegt de As, waaraan de wieken of roeden vastzijn, en
doet het daaraan vastgemaakte rad B, bij de molenaars
<u>Bonkelaar</u> genoemd, omgaan; welk rad vat in de groeven
van het rad C, <u>Kroonrad</u> of <u>Schijfloop</u> geheeten, en doet
de Groote Spil omgaan, die midden in den Molen staat,
en waaraan, van onderen, het rad D, <u>Schijfloop</u> genoemd,
gevonden wordt; hetwelk wederom vat in de groeven van het
Kroonrad E, aan welks as vast is het Scheprad F, hetwelk,
snel in het water ombewogen wordende, hetzelve (het water)
ter hoogte van vier of vijf voet opwerpt, en datgene verrigt, 四十六
wat wij <u>uitmalen</u> noemen en waardoor wij onze polders en
lage landerijen van onderloopen en al te grooten overvloed
van water bevrijden. Zoo als men nu hier, aan die middel,
spil, een rad heeft vastgemaakt, zoo kan men daardoor
ook andere zaken doen bewegen, hetzij steenen en stampers
voor Olie- en Oelmolens, over elkander wrijvende steenen
voor Korenmolens, enz.

Jantje. Al dikmaals heb ik gedacht: waarom hangen de molenwieken, of roeden, zoo achterover? Doch nú begrijp ik het: de wind moet over de zeilen kúnnen heenschúiven, en dezelve dús kúnnen vonddrúkken.

Mr. Júist zoo.— Ik zoú ú nog vele werktúigen kúnnen verklaren; doch ik vlei mij, dat gij úit dit weinige genoeg begrijpen zúlt, om ú, daarin lúst hebbende, hetzij in andere Werken, of dadelijk bij de werktúigen zelve, meer en meer te oefenen. Rústen wij nú weder wat úit van onzen arbeid, en denkt onder úwe úitspanningen dikwijls na over hetgene gij geleerd hebt.

Heintje. Ja, Meester! dit zúllen wij, en ik geloof dat het ons nog al dikmaals te pas zal komen. Als wij knikkeren of stúiteren, zúllen wij denken aan hetgene gij ons wegens de voortgeworpene ligchamen gezegd hebt. Elke vlieger, dien wij in de lúcht zien, zal onze aandacht tot zich trekken, daar wij de reden geleerd hebben, waarom dezelve boven in de lúcht blijft. Alle kúnstjes van balanseringen zúllen ons aan het zwaartepúnt doen denken; terwijl alle werktúigen van molens en fabrijken, zoowel als deze zelve, al onze oplettendheid gaande zúllen maken van wege derzelver zamenstelling.

Mr. Zeer wel, brave leerlingen! dús voortgaande, wordt gij ware Natúurkenners. Binnen kort wacht ik ú weder.

beweegt, dan is de snelheid, na den stoot, 4 × 9 is 36; hierbij 3 × 2 is 6, maakt 42; gedeeld door de som van de gewigten der beide ligchamen, te weten, 4 en 3 is 7, geeft dús 6 graden voor de snelheid na den stoot; in dit geval onderstellen wij, dat het eene ligchaam het andere naloopt en achterhale; bij voorbeeld: hierboven haalde natúurlijk het ligchaam, dat 9 snelheden had, het andere van 2 snelheden in, en toen het den stoot gaf, gingen zij (zoo als boven gevonden is) te zamen voort met 6 graden snelheid; doch wanneer zij van tegenstrijdige kanten tegen elkander aanloopen, dan moeten de vermenigvúldigingen van gewigt en snelheden der ligchamen niet, zoo als hierboven, bij elkander geteld, maar van elkander afgetrokken worden; bij voorbeeld: wanneer een ligchaam van 6 lood met 3 graden snelheid loopt tegen een ligchaam van 3 lood met 6 graden snelheid, dan zal de snelheid na de botsing 0 zijn, en dús zúllen zij beide stil liggen; want 6 × 3 is 18, en 3 × 6 is ook 18; dit van elkander af, is 0, gedeeld door de som der gewigten 6 en 3 is 9, blijft 0 voor de snelheden. 五十八

Gaan wij nú over tot de veerkrachtige ligchamen, zoo als de meeste zijn, bij voorbeeld, ivoren ballen, stúiters, enz.; daarvan zal ú de toepassing gemakkelijker vallen. Wat veerkrachtig is, heb ik ú reeds te voren (in de Elfde Zamenspraak van het Eerste Deel) gezegd. Daar een veerkrachtig ligchaam zich door eenen stoot of val laat indrúkken, doch, de oorzaak van indrúkking weg,

genomen zijnde, zich weder herstelt, ziet gij reeds, dat
hierdoor eenig verschil in den voorgaanden regel moet
worden te weeg gebragt: zoo heb ik hier twee ivoren
ballen; wanneer ik die tegen een ander veêrkrachtig
ligchaam, een' marmersteen, bij voorbeeld, aanwerp,
springen zij terúg; een onveêrkrachtig ligchaam doet
zúlks niet, maar valt er bij neer; wat is hiervan de
reden? geene andere, dan dat door het geheele vermo-
gen, of wel door de kracht van den bal, eene deuk in
den steen wordt gemaakt, welke steen ook tegelijk
eene deuk in den bal maakt, zoodat de bal op dat
oogenblik van botsing niet meer rond is, maar ovaal
wordt ingedrúkt aan de zijde van den stoot en ook
daartegenover, terwijl de andere deelen zich zijdelings
úitzetten; in dezen staat dan, trachten de steen en de
bal zich weêr te herstellen, en drúkken zich daardoor,
als van zelve, met dezelfde kracht, waardoor de deuken
gemaakt zijn, van elkander af; hierúit volgt, dat, wan-
neer een veêrkrachtige bal regtstreeks geworpen wordt,
of liever loodlijnig valt op een ander veêrkrachtig lig-
chaam, dezelve weêr terúg zal springen tot dezelfde hoogte,
van waar hij gekomen is. Ziethier een' vlakken zwartachti-
gen marmersteen; dezen zal ik even met een vochtig sponsje
bestrijken, en dezen ivoren bal er op laten vallen; wat gebeurt
er nú? de bal springt tot mijne hand wederom, en gij ziet op
den vochtigen steen een merkbaar plekje, hetwelk de waarheid
van mijn zoo even gezegde aantoont, dat, namelijk, de bal en

de steen zijn ingedrúkt geweest, want anders kon dit plekje
zoo groot niet zijn.

Heintje. Hoe wonderlijk ook úw gezegde van het
indrúkken van den bal mij voorkwam, Meester! zie ik
het nú volkomen, door deze vlak op den steen; want een
bal, als deze, kan een' vlakken steen maar in een klein
púntje raken, en ziehier hoe breed deze vlak is.

Mr. Regt zoo; en wanneer gij wel oplet, zúlt gij
zien, dat de vlek grooter en grooter worden zal, naar
mate ik den bal van eene meerdere hoogte vallen laat;
— wanneer ik nú den bal schúins op den steen werp,
dan springt hij ook terúg, en wel zoo ver aan de andere
zijde van de loodlijn, als de opwerping aan dezen kant
geschiedde; dat is: de hoek van invalling is gelijk aan
den hoek van weêromstúiting.

Letten wij thans op de snelheden, die er geboren wor-
den, wanneer twee veêrkrachtige ligchamen elkander bo-
tsen; dan heeft hetzelfde plaats, als hetgene ik zoo even
gezegd heb van de onveêrkrachtige, doch met dat onder-
scheid, dat iedere bal de deuk, als het úitwerksel der kracht,
weder herstelt; waardoor dús de gevondene snelheid verdub-
beld wordt, echter op de ballen een zeer ongelijk úitwerk-
sel heeft, als den eenen voortzettende, en den anderen
terúghoudende; want de eene maakt eene deuk met zijn
geheel vermogen in den anderen, en wordt daardoor de
voorúitloopende bal voortgezet; doch de achtervolgende
zoo veel door het herstel van de deuk terúggehouden;

五十九

bij voorbeeld: als twee ballen, die even zwaar zijn, el„
kander naloopen, de eene met 5 graden snelheid vooruit,
en de andere met 10 graden snelheid achteraan, zoo zal
de laatste noodwendig den eersten achterhalen en bo„
tsen, de deuk, door 10 graden snelheid alsdan in beide
de ballen gemaakt, zich over en weer herstellende, moet
deze schok van 10 graden snelheid onder de twee botsen„
de ballen worden verdeeld: die met 10 graden achter„
aankomt, verliest door de terugzetting bij het herstel
van de deuk 5 graden, en de andere zal om dezelfde reden
5 graden winnen; derhalve verwisselen de snelheden: de
eene, die 10 had, behoudt slechts 5, en die 5 had, krijgt
er 10, waarmede hij dus vooruit gaat; hieruit volgt, dat,
wanneer men (zoo als gij hier, in deze proef, zien zult)
twee ivoren ballen, van gelijk gewigt, naast elkander
hangt aan evenlange draden, zoodat zij elkander even
raken, en men dan den eenen optilt en tegen den anderen
met eene zekere snelheid aan laat vallen, de stilhangende
bal al de snelheid van den anderen zal overnemen, en
daarmede even hoog voortspringen, als de andere is los„
gelaten, terwijl de eerst bewegende stil zal blijven han„
gen; en ziethier de reden: de snelheid van den eersten
bal maakt eene deuk in den stilhangenden met geheel
zijn vermogen; het herstel dier deuken stoot den eersten
met zoo veel snelheid terug, als dezelve bezat, en deze blij„
ft dus stilhangen, terwijl de andere, door die zelfde oorza„
ak, met de volle snelheid wordt voortgestooten; hieruit

anderen, over het besluit, dat de boven aangehaalde proe„
ven opgemaakt, naderhand zag men meer bedaard de zaak
in, en lette alleen op hetgene er uitgewerkt werd, zonder zi„
ch over de verschillende toepassingen van het woord kracht
te bekommeren, waardoor alles zeer eenvoudig werd, en na
hetgene wij nu reeds behandeld hebben, ook wel door de begre„
pen zal kunnen worden. Let dan wel op! Stelt u voor eenen
wal van weeke klei, waartegen een kanonskogel geworpen wor„
dt met eene zekere snelheid, die wij 1 zullen noemen, dan
zal de deuk, in deze klei gemaakt, het uitwerksel zijn van
den schok des kogels tegen den wal; doch in welk tijdsverlo„
op is deze deuk gemaakt, want zonder tijdsverloop geschiedt
er niets? Laat ons daarvoor nemen 1 sekonde, dan is de
deuk of het uitwerksel der kracht in 1 sekonde met 1 snel„
heid gemaakt. Stellen wij nu, dat dezelfde kogel geworpen
wordt tegen denzelfden wal met 2 snelheden, wat zal er dan
gebeuren? Wij hebben gezegd: de beweegkrachten zijn gelijk
aan de snelheden met de gewigten vermenigvuldigd, of, bij
hetzelfde ligchaam, als hier het geval is, gelijk de snelheden
zelve, dus bij dezen kogel gelijk 2: hij zal derhalve 2 maal 五
meer klei verplaatsen dan in het eerste geval; maar zal 十
hij daar ook 1 sekonde over bezig zijn? Wel neen! hij 一
gaat 2 maal sneller, en alzoo geschiedt deze verplaatsing
in eene halve sekonde: hij moet dus, om met den vorigen
kogel vergeleken te worden, nog eene halve sekonde blijven
werken, en daardoor het uitwerksel noodwendig verdubbelen,
dat is viermaal meer, zijnde het vierkant van zijne snelheid

2. Laat nu alles weder gelijk gesteld zijn en denzelfden kogel met 3 snelheden tegen den wal geworpen worden, dan is ook zijne beweegkracht 3, en hij verplaatst dus vooreerst 3 maal zoo veel stof als de eerste, en, dewijl zijne snelheid 3 maal grooter is, ook in $\frac{1}{3}$ van eene sekonde: hij kan derhalve, in vergelijking van het eerste geval, eer de sekonde verloopen is, nog 3 maal zoo veel stof verplaatsen, dat is dus 9 maal zoo veel, ook weder het vierkant zijner snelheid, welke 3 was — Het spreekt van zelf, dat, als de kogels niet dezelfde, maar van ongelijk gewigt zijn, dan het gewigt met het vierkant der snelheid vermenigvuldigd moet worden; en wij zien alzoo, dat hier zoowel om den tijd, wa in de kogel werkt, als om de snelheid, die zijne beweegkracht uitmaakt, moet gedacht worden; daarom zeide ik ook bij deze gelegenheid, in de Tweede Zamenspraak, tot u, dat de snelheid en de tijd beide in aanmerking moesten komen. De beweegkracht blijft dus altijd gelijk aan de enkele snelheid, met het gewigt vermenigvuldigd; maar het uitwerksel der krachten van een bewogen ligchaam op een ander wordt door het vierkant der snelheid, met het gewigt vermenigvuldigd, aangewezen.

Zietdaar van uwe aandacht genoeg gevergd. Rusten wij nu eenigen tijd, om met nieuwen ijver tot een allergewigtigst en vermakelijk deel der Natuurkunde over te gaan.

Leeringen.

Uit de wetten der botsende ligchamen leert men:

Dat een haas met meer kracht geschoten wordt, als hij dwars afloopt, dan regt voorüit.

Dat voor een sterk man eene zware kolf verkieslijk is boven eene ligte.

Waarom men zwaargespierde, sterke lieden een ijzeren aanbeeld op hunnen buik ziet dragen, en daarop zware hamerslagen verduren.

Waarom van eene pijp, die men loodregt met den steel op eene ijzeren plaat laat vallen, de kop afspringt.

Waarom steentjes, op het water geworpen, en geschotene kogels, weder opspringen, en wel herhaalde malen.

Het raketten, biljarten, knikkeren en kolven is alles gegrond op het herstellen der ingedrukte veêrkrachtige deelen door den slag of stoot.

物理全志　十二冊

物理日記　六冊

萬國新志史　上編六冊　中編六冊

普法戰記　十冊

晩業堂藏書

藏書目錄