

GLOBE-REEKS

*De elektrische proeven uit dit boekje kunnen met zaklantaarnbatterijtjes worden gedaan; daar is geen gevaar bij. Maar—ga niet experimenteren met de elektriciteit van het lichtnet thuis; dat is beslist wél gevaarlijk!*

© by Ladybird Books Ltd., Loughborough  
© Drukkerij-Uitgeverij Helmond B.V.—Helmond  
*gedrukt in Engeland*

F. E. NEWING, B.Sc. en RICHARD BOWOOD

# OVER MAGNETEN, LAMPJES en BATTERIJEN

*Illustraties van* J. H. WINGFIELD

*Nederlands van*

C. W. A. J. A. WALRAVEN

vierde druk



HERTOG-JANCOLLEGE  
VALKENSWAARD

UITGEVERIJ HELMOND—HELMOND  
UITGEVERSMIJ J. H. KOK—KAMPEN

## Experimenteren

Je kunt alle volgende proeven met heel eenvoudige hulpmiddelen doen. Als je zorgvuldig werkt, zal de proef waarschijnlijk de eerste keer al slagen. Maar als het de eerste keer niet lukt, moet je niet teleurgesteld zijn. Probeer dan te ontdekken *waarom* de proef mislukte.

Het meisje met de fiets op de tekening heeft gemerkt dat haar voorlicht niet brandt. Samen met haar broertje probeert ze nu te ontdekken waar de fout zit. Eerst proberen ze het met een nieuwe batterij, maar het licht wil nog niet branden. Dan maar een nieuw lampje geprobeerd; alwéér mis. Nu blijft nog de schakelaar over, en jawel hoor, die is vuil. Hij maakt 'slecht contact'. Nu maken ze de contactpunten met fijn schuurpapier goed schoon, zetten alles weer rustig in elkaar en—het lampje brandt!

Ze hebben hun probleem opgelost door te experimenteren (nieuwe batterij, nieuw lampje, schakelaar) en op die manier werkt eigenlijk een geleerde in zijn laboratorium ook. Hij denkt na over een probleem, en probeert de oplossing door te experimenteren (proeven doen) te vinden. Lukt het hem op de ene manier niet, dan probeert hij een andere, net zolang tot hij de oplossing heeft gevonden.

Als nu één van jôuw proeven niet lukt, moet je uitzoeken *waarom* het niet gaat. Eerst kijken of je alle verbindingen wel goed hebt gemaakt, of ze goed schoon zijn en of ze stevig vastzitten. Elke fout die je vindt *meteen* verbeteren, en dan maar weer opnieuw proberen.

Door deze proeven zul je iets leren over elektriciteit en magnetisme.



## Magneten

Er bestaat een nauw verband tussen elektriciteit en magnetisme. Zullen we dan nu maar eerst eens een paar proeven met magneten doen?

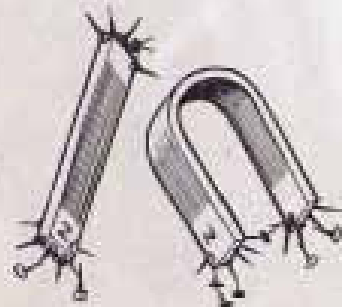
Als je geen magneet hebt, kun je er in een ijzerwinkel wel een kopen; duur zijn ze niet. Zoek nu allerlei kleine voorwerpjes bij elkaar en strooi die over tafel uit; de gekleurde tekening brengt je wel op een paar ideetjes.

Breng nu je magneet dicht bij één van de uitgestrooide voorwerpjes, dan bij een volgende, enz. Je zult dan merken, dat bepaalde dingen door de magneet *wel* worden aangetrokken, maar dat de andere rustig op hun plaats blijven liggen. Maak een lijstje van wat de magneet wel, en van wat hij niet aantrekt.

Als je alle voorwerpjes hebt geprobeerd, bekijk je het lijstje. Je zult merken dat een magneet blijkbaar alleen maar ijzer of staal aantrekt, of voorwerpen waarin ijzer of staal is verwerkt.

Als je twee, of meer, magneten te pakken kunt krijgen (misschien één ervan een *staafmagneet*) kun je hun sterkte onderzoeken met behulp van een hoopje kopspijkers. De sterkste magneet trekt de meeste kopspijkers aan. Zelfs zou je kunnen ontdekken, dat deze sterkste magneet niet eens de grootste van de twee of drie hoeft te zijn!

Je zult nog iets anders hebben opgemerkt: de kopspijkertjes zitten op een kluitje aan de einden van een magneet. We noemen die einden *de polen*.



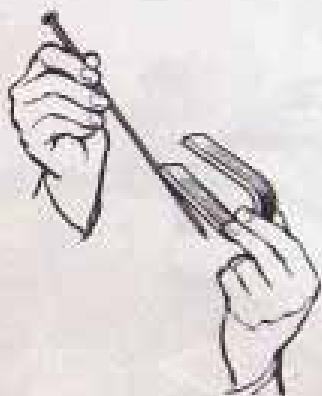
## We gebruiken magneten

De kinderen van het plaatje gebruiken magneten om er schepjes mee te besturen. Die hebben ze van kurken gemaakt, met masten van lucifers en papieren zeilen; een aantal kopspijkers is in de kiel gestoken, opdat het schip rechtop blijft varen.

De schepjes drijven op water in een plastic bak (geen ijzeren!), die op vier houten blokjes staat. Door nu de magneet onder de bak te bewegen kunnen de schepjes bestuurd worden.

Als je één magneet hebt, kun je die gebruiken om er andere mee te maken. Om een permanente (= blijvende) magneet te krijgen moet je staal gebruiken; ijzer blijft *niet* magnetisch.

En nu: hoe doen we dat? Neem een stukje staal, bijvoorbeeld een stalen breipen of stopnaald, of een stuk veer uit een oude klok. Strijk er met één pool van je magneet over heen, maar altijd in *dezelfde* richting, en na iedere streek moet je de magneet goed van de breipen lostrekken. Je zult ontdekken dat het staal waarover je strijkt, al gauw zelf een magneet is geworden—waarmee je nu ook ijzer en staal kunt aantrekken.



De magneet raakt niet 'op' als je er andere magneten mee maakt. Je verknoeit een magneet alléén door hem te verhitten in het vuur, of, als je hem niet gebruikt, wanneer je het stukje ijzer weglaat dat de polen moet verbinden. Een ijzeren spijker kan goed als verbindingsstuk dienen; we noemen dat een *poolstuk*.



## Zelf een kompas maken

Als je een naald *gemagnetiseerd* hebt, kun je een kompas maken. Je hebt een schijfje kurk nodig en een diep bord met water.

Leg de naald midden op de schijf kurk, en laat deze op het water drijven. Kijk gespannen toe. Je zult zien dat de naald naar een bepaalde richting draait. Neem de kurk met de naald een paar maal uit het water, en leg hem er dan weer in, en draai de naald steeds naar een andere kant. Als je de naald gemagnetiseerd hebt draait hij altijd naar *dezelfde* richting terug.

De naald wijst in de richting Noord-Zuid. Om precies te zijn: het ene eind wijst naar het *magnetische noorden*, dat bijna hetzelfde is als het echte noorden. Vraag iemand in de kamer waar het noorden is, en vergelijk de richting die hij aanwijst met de richting van de naald. Nu moet je op een blad papier de *streken van het kompas* tekenen, leg dit blad dan onder het bord; kijk nu op je tekening. Draai het papier tot de letter N (noord) in dezelfde richting ligt als het noordereind van de naald. Nu heb je je kompas.

Je kunt een ander kompas maken door eerst een stalen breipen te magnetiseren. Hang die breipen in een papieren 'strop' aan een draadje, aan een potlood op, zoals op de tekening. Ook nu draait de pen in de richting noord-zuid.

Je moet andere magneten goed uit de buurt van het kompas houden, want anders beïnvloeden ze de richting van de naald of de breipen!

*Verklaring letters in plaatjes*  
N = Noord; E = Oost; S = Zuid;  
W = West



## Een vuurtoren

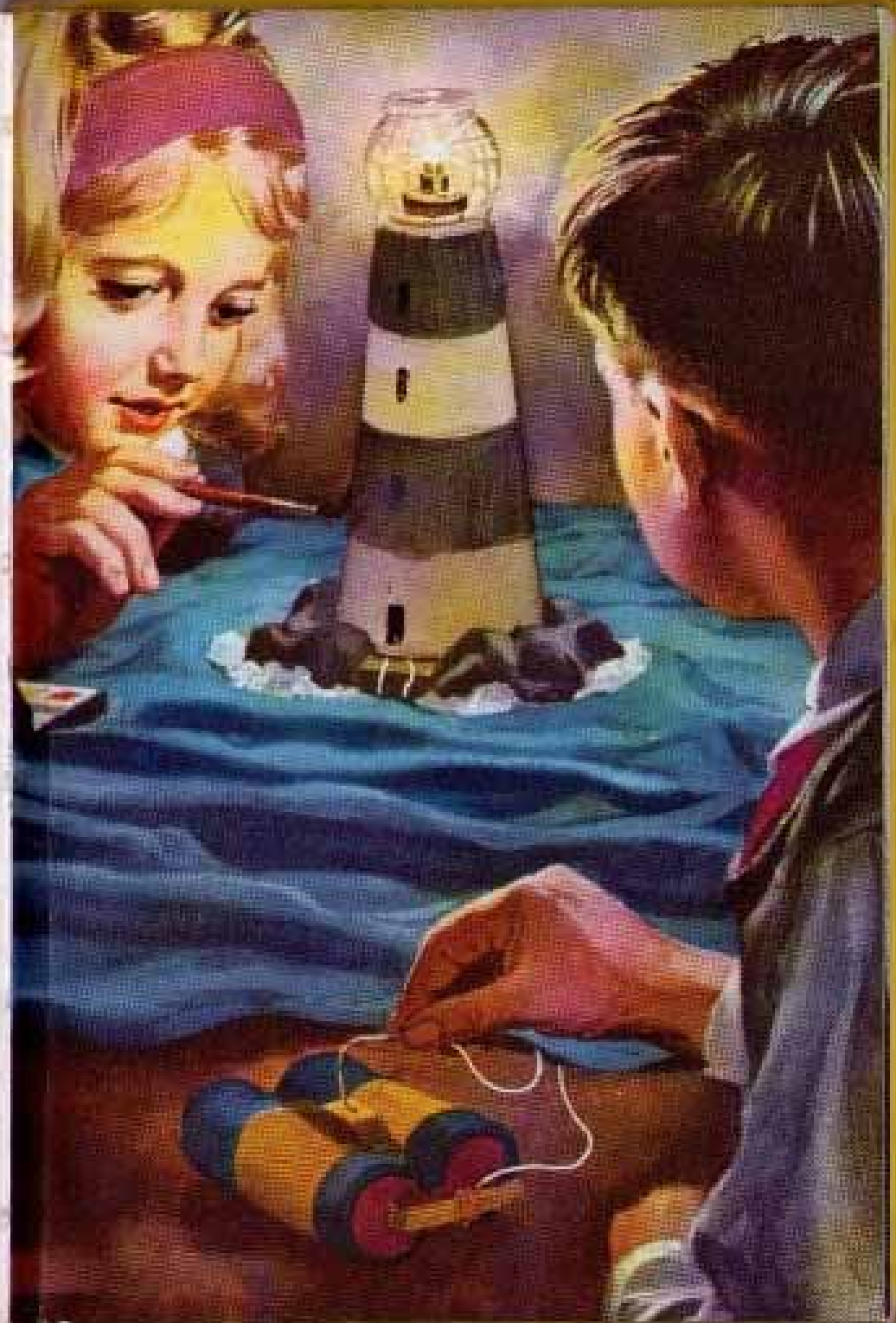
Nu gaan we elektriciteit gebruiken. We maken een vuurtoren, waarvan het licht echt branden kan. De vuurtoren zelf kun je van karton maken en de strepen zoals in de tekening er op verven. Zet de vuurtoren met een paar stukjes plasticine op een plankje vast; van die plasticine kun je ook rotsen maken aan de voet van de toren. Een klein glazen of plastic potje wordt de kop van de vuurtoren, waarin de lamp moet branden.

Om nu dit licht te maken heb je een batterijtje nodig, een klein lampje, en wat heel dun geïsoleerd koperdraad. Als op het batterijtje 3 V staat betekent dat 3 volt, en dan heb je een lampje van  $2\frac{1}{2}$  volt nodig. Op het lampje staat dan  $2\frac{1}{2}$  V, vlak onder het glazen bolletje.

Om een (elektrische) *stroomkring* te krijgen moet je de einden van de draden met een mesje *blank maken* (=isolatie er af) en ze aan de schroefjes van het lampvoetje bevestigen. Laat nu de draden verder binnen door de vuurtoren omlaag lopen en onder het blauwe of groene gerimpelde papier of doek dat de golvende zee voorstelt. Maak ook de twee andere einden van de draden blank; bevestig het ene eind stevig aan een van de messing (=goelkoper) contactplaatjes (de *polen*, net als bij een magneet) van de batterij. Als je nu het andere blanke eind tegen de andere pool drukt dan gaat het lichtje branden. Misschien moet je eerst even de polen van de batterij met schuurpapier schoonmaken vóór je goed contact maakt.



De tekening op deze bladzijde laat een *stroomkring* zien.



## Stroomgeleiders

Als je een batterij of een lampje koopt zal de verkoper in de winkel altijd eerst even kijken of het batterijtje niet leeg of het lampje niet stuk is. Je kunt dit ook zelf doen met behulp van een schaar; bekijk het tekeningetje op deze bladzij maar.

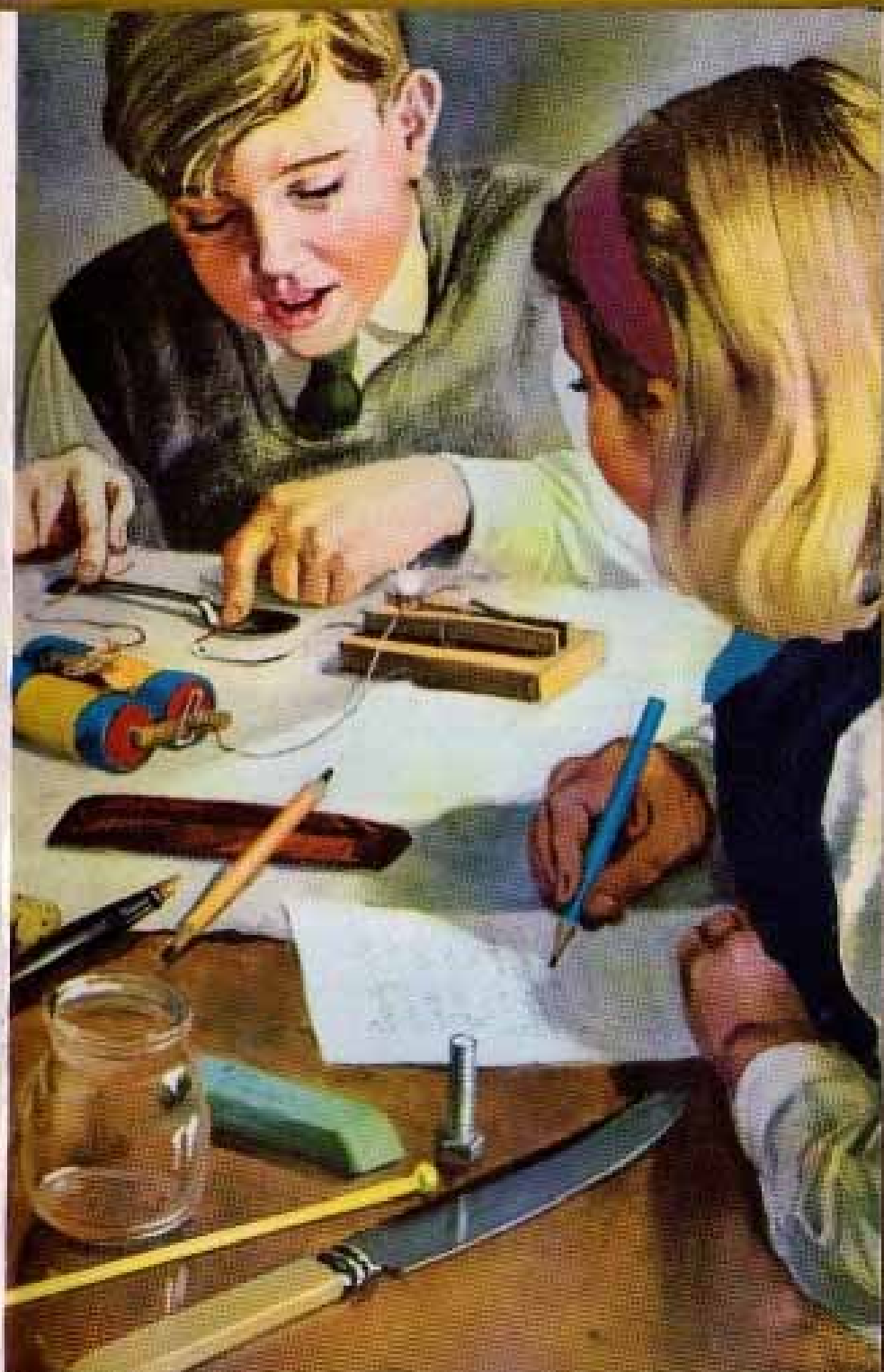
In onze vuurtoren 'stroomde' de elektriciteit door de dunne draden. Probeer je het lampje, dan gaat de *stroom* door de schaar. Waar gaat de stroom nog meer doorheen? Dat kun je makkelijk ontdekken.

Maak een eenvoudige stroomkring, met een batterij, een lamp in het lampvoetje en twee stukken dun koperdraad. Je kunt hetzelfde lampvoetje gebruiken als in de vuurtoren, of anders dat van de gekleurde tekening (in een wasknijper).

Brandt het lampje, knip dan een van de draden door. Het licht gaat uit, want nu is de *stroomkring* verbroken. Maak de einden van de draad, waar je hem hebt doorgeknipt blank. Houd nu allerlei voorwerpen tegen de blanke einden (kijk op de tekening). Je zult merken dat met bepaalde voorwerpen het lampje wél gaat branden, met andere niet. Maak twee lijstjes: één van de dingen die de *stroom geleiden*, en een ander van de stoffen die de stroom *niet geleiden*, en die *niet-geleiders* of *isolatoren* worden genoemd.

Je zult ontdekken dat metalen voorwerpen gewoonlijk de

stroom *wel* geleiden. Probeer nu eens het 'geleidingsvermogen' van een stukje gewoon zwart potloodstift. Waarschijnlijk zul je nu het lampje heel zwak zien gloeien omdat de potloodstift wel niet van metaal is, maar toch (zwakjes) de stroom geleidt.

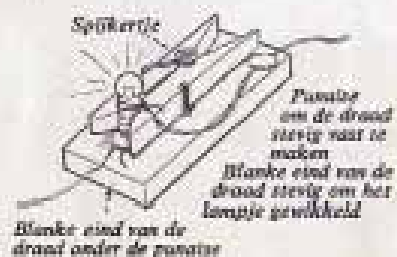


## Inschakelen en uitschakelen

Je kunt de einden van de doorgeknipte draad in de vorige proef ook met een schakelaar verbinden. Daarvoor heb je een heel klein plankje nodig, zo groot als een lucifersdoosje ongeveer, drie punaises, een paperclip en twee stukken dun geïsoleerd koperdraad. Eerst de koppen van de punaises goed met schuurpapier afwrijven, zodat het metaal glanst. Dan krijgen we straks goede contacten.

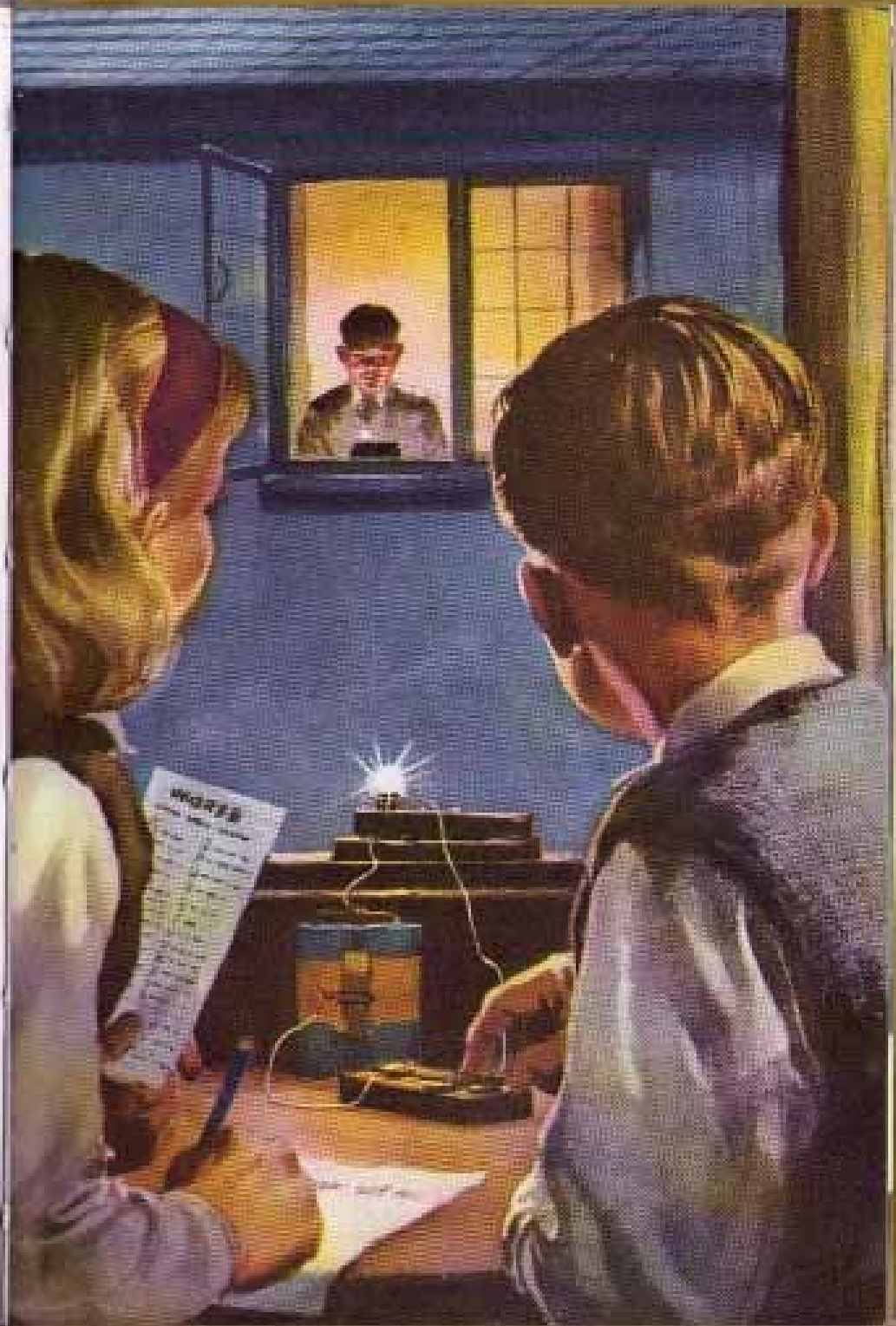
Het blanke eind van een van de draden wordt stevig om een punaise gewonden, de uitgebogen paperclip (zie het bovenste tekeningetje) wordt er omheen gehaakt en nu prikken we het geheel stevig in het hout. Een tweede punaise, ook met een blank draadeind er omheen gewonden, wordt aan de andere kant in het plankje gedrukt. Een derde punaise wordt een stukje in het hout gedrukt zodat deze de paperclip kan vasthouden, als je de stroom *ingeschakeld* hebt.

Een tweede plankje, één punaise en een wasknijper zijn nu nodig om een lampvoetje te maken. De wasknijper spijkeren we aan het plankje vast (zie tekeningetje). Het lampje, met een blank draadeind er stevig omgewonden, wordt in de knijper geklemd. Tegen het lampje drukt aan de onderkant een punaise, waar het blanke eind van de tweede draad omheen is gewonden. Ook hier weer: zorg dat de kop van de punaise *goed* schoon is gemaakt met fijn schuurpapier. Als nu de batterij, de schakelaar en het lampje onderling verbonden zijn, kun je het licht aan- en uitdoen door *in-* of *uitschakelen* van de stroom.



Je kunt met een vriendje

sein en met het lampje. Als je *Morsetekens* kent kun je hele woorden overseinen.



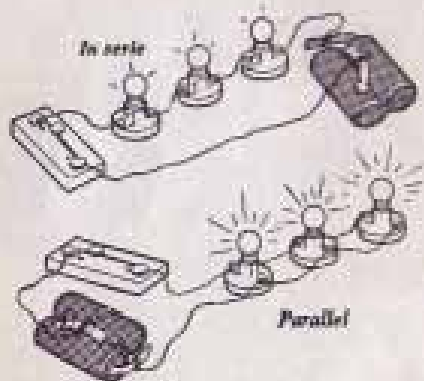
## Stroomkringen

De kinderen van de gekleurde tekening besloten hun model-schouwburg van elektrisch licht te voorzien. Drie lampvoetjes met lampjes gebruikten ze als voerlichten, waarbij ze de draden van de lampvoetjes met schakelaar en batterij verbonden.

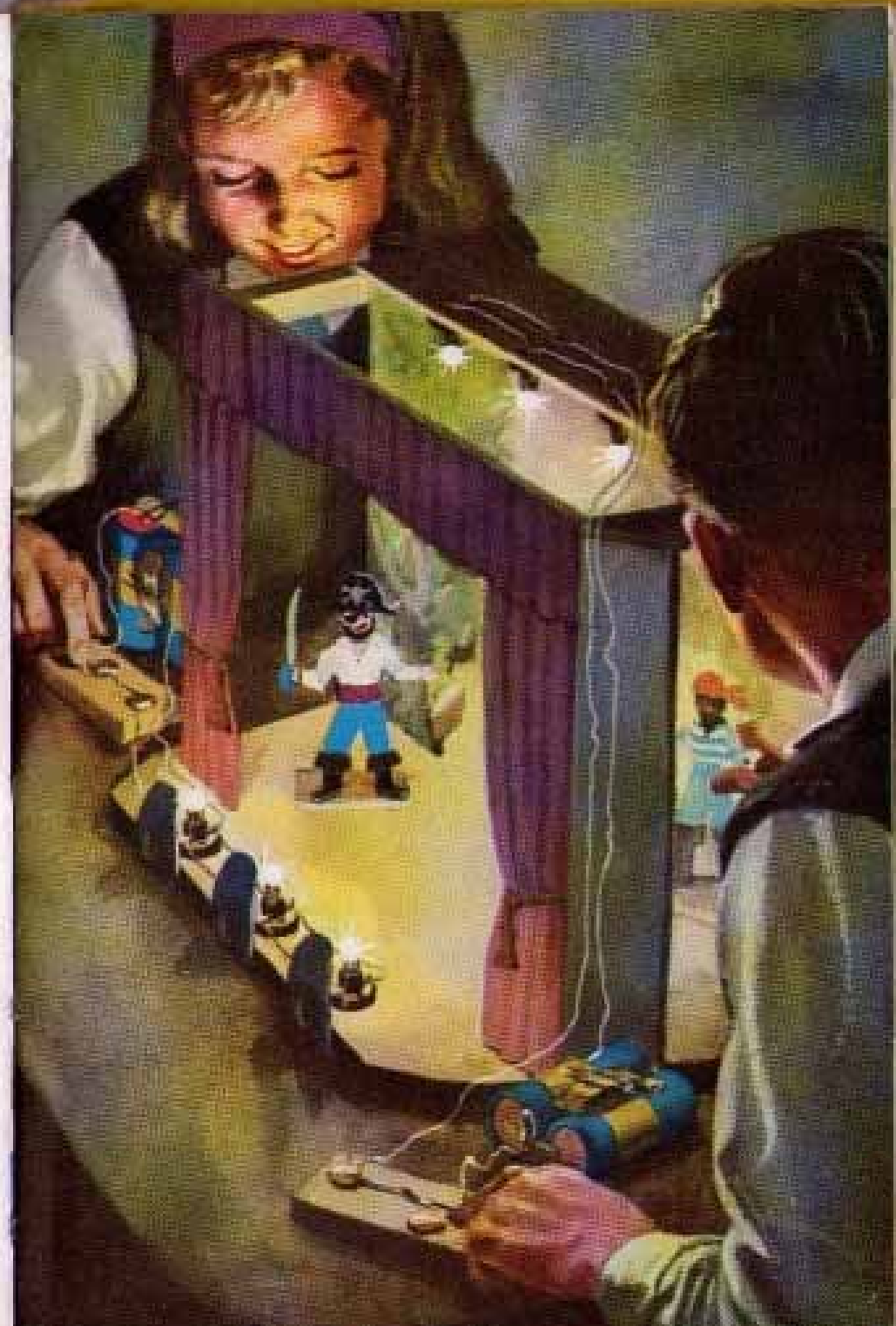
Maar toen ze met de schakelaar de stroom inschakelden gaven de lampjes maar heel zwak licht. Ze onderzochten de draden, de aansluitingen, de lampjes en de batterij. Alles scheen toch in orde. Maar waarom brandden de lampjes dan zo flauw?

De oorzaak was, dat ze de lampjes *achter elkaar* hadden verbonden—ze stonden *in serie*. Wat ze hadden moeten doen was: de lampjes *naast* elkaar schakelen, of *parallel* (=evenwijdig). Als je het tekeningetje op deze bladzij goed bestudeert dan zul je de betekenis van 'in serie' (bovenste tekening) en 'parallel' (onderste tekening) wel begrijpen.

Toen ze hun lampjes 'parallel' hadden 'geschakeld', brandden ze alle drie helder; maar helaas betekende dat ook, dat het batterijtje driemaal zo vlug leeg was!



Boven het toneel maakten ze nóg drie lampjes, verbonden met een tweede schakelaar en een tweede batterij, en toen ze alle zes lampjes hadden ingeschakeld was hun toneel helder verlicht.



## Een belangrijke proef

Ongeveer honderdvijftig jaar geleden deed een Deense geleerde—zijn naam was Oersted—een eenvoudige proef. De resultaten van deze proef waren echter heel belangrijk en ze maakten Oersted beroemd.

Deze proef kun je zelf ook doen.

Maak een naald magnetisch en leg hem op een schijfje kurk, dat op water in een diep bord drijft. Natuurlijk draait de naald weer in de richting noord-zuid; dat weten we al. Houd een magneet dicht bij de naald; die gaat nu draaien. Haal de magneet weg en de naald gaat weer naar de richting noord-zuid terug.

Verbind nu een batterij, een schakelaar en een stuk dun koperdraad van ongeveer dertig centimeter. Maak de draad aan de randen van het bord vast met stukjes plasticine (zie de gekleurde tekening), en zorg dat de draad *dezelfde* richting als de naald heeft, dus ook noord-zuid. Kijk of je alle verbindingen goed hebt vastgemaakt en schakel dan nu de stroom in.

De naald gaat draaien—net als toen je er die magneet bij hield. Wat denk je dat deze proef ons laat zien?

Toen Oersted deze proef deed beseftte hij, dat hij een belangrijke ontdekking had gedaan. Hij zag namelijk, dat er een nauw verband bestaat tussen elektriciteit en magnetisme, omdat de ingeschakelde stroom hetzelfde effect heeft als de magneet; ze brengt de naald *uit* de richting noord-zuid. Dat was het begin van de bestudering van het *elektromagnetisme*, dat daarna tot de *elektromotor* leidde, en tot het algemene gebruik van elektriciteit als krachtbron.



## Een elektromagneet

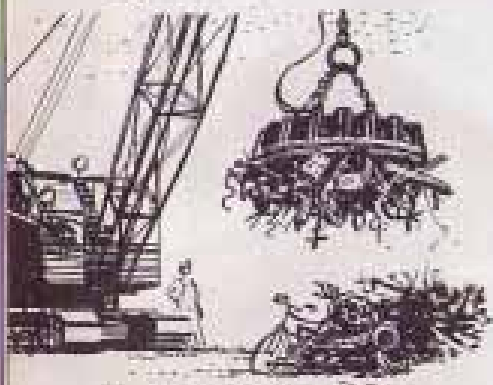
Magneten trekken bepaalde voorwerpen aan, en Oersted's proef liet zien dat een metalen draad, waar een elektrische stroom doorheen ging, hetzelfde resultaat gaf als een magneet. Zal nu een metalen draad, waar een stroom doorheen loopt ook bepaalde dingen aantrekken ('oppakken')? Het antwoord luidt: ja. Maar, deze magnetische kracht is heel zwak. Je kunt echter een sterkere magneet maken met behulp van een spijker en een daaromheen gewikkelde draad.

Wind de dunne geïsoleerde koperdraad ongeveer vijftig keer om een spijker van een centimeter of zeven, acht, en maak de einden van die draad blank. Verbind ze met een batterij en een schakelaar (zie de gekleurde tekening).

Zonder de stroom nog in te schakelen duwen we de punt van de spijker in een hoopje kopspijkers. Nu schakelen we de stroom in. De spijker trekt een kluitje kopspijkers aan! Schakel de stroom uit, en de kopspijkers vallen weer op tafel terug. Je hebt nu een *elektromagneet* gemaakt. Misschien blijven er een paar kopspijkers aan de grote spijker hangen als de stroom alweer is uitgeschakeld omdat de spijker nog een beetje magnetisch is gebleven.

Wikkel de draad (of een langere) nu eens honderd keer om de spijker, schakel de stroom in en je zult ontdekken, dat de spijkerpunt nu nog meer kopspijkers oppakt: onze elektromagneet is sterker geworden.

Als je de draad niet om een (ijzeren) spijker windt, maar bijvoorbeeld om een stalen schroevendraaier of een breipen, en je laat de stroom een paar seconden ingeschakeld, dan wordt het staal *permanent* (=blijvend) magnetisch. Op die manier maakt men magneten. Houd de stroom door je elektromagneet nooit langer dan enkele seconden ingeschakeld elke keer, want anders is je batterij heel gauw leeg!



## Magnetische velden

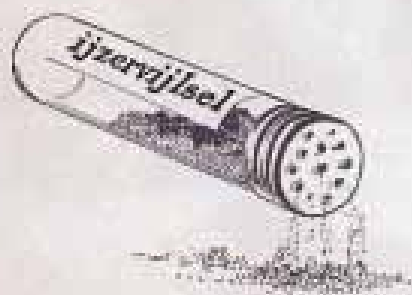
Houd in elke hand een gewone magneet en breng ze langzaam naar elkaar toe, en voel hoe ze elkaar aantrekken of afstoten. Het schijnt dat er om een magneet 'iets' is dat we niet kunnen zien, maar dat een andere magneet, of een stukje ijzer of staal aantrekt. Dat 'iets' wordt nu een *magnetisch veld* genoemd.

Je kunt een interessante proef doen als je wat ijzervijsel kunt krijgen, misschien in een ijzerwinkel, of bij een garage. Doe het ijzervijsel in een doosje met een dekseltje, waarin je een aantal *fijne* gaatjes maakt.

Leg nu een magneet op tafel (het meisje op de tekening gebruikt een hoefijzermagneet, de jongen een staafmagneet) en leg er een velletje wit papier overheen. Strooi nu *voorzichtig* wat ijzervijsel over het papier uit, van tamelijk grote hoogte, zodat het vijsel goed over het papier boven de magneet wordt verdeeld. Tik nu *heel* zachtjes tegen het papier, en je zult zien hoe er in het ijzervijsel een tekening, een patroon ontstaat. Het gaat liggen langs rechte en kromme lijnen. Kijk waar deze lijnen beginnen en eindigen.

Je kunt twee magneten gebruiken, of drie, hun onderlinge stand veranderen en kijken, hoe de patronen dan ook veranderen. Doe nu dezelfde proef met je elektromagneet. Schakel de stroom niet in vóór je het ijzervijsel hebt uitgestrooid en je klaar bent met tegen het papier tikken. Vlug, maar voorzichtig tikken en dan de stroom weer snel uitschakelen.

De patronen, die het ijzervijsel 'tekent' geven je een indruk hoe een *magnetisch veld* om een magneet er uit ziet.



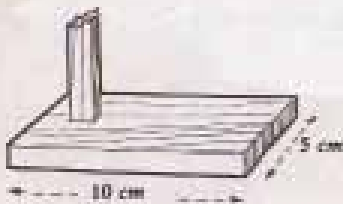
## We maken een seinpaal (I)

Je kunt een elektromagneet gebruiken om er een seinpaal voor je trein mee te maken. De paal maak je van een latje van ongeveer twintig centimeter of wat korter, één centimeter breed en ongeveer vijf millimeter dik. Het plankje waarop de seinpaal komt te staan is ongeveer tien bij vijf centimeter groot. Je kunt een gat maken in dit plankje, en er de paal in vastlijmen, of je kunt de paal in een stukje plasticine óp het plankje vastzetten. De seinarm kun je van stevig karton maken, of van balsahout, en op de gewone manier beschilderen. Maak er twee gaatjes in, bij de punten A en B (tekening op deze bladzij).

Nu het elektrisch gedeelte. Maak een rolletje van een strook plakpapier van ongeveer vijf centimeter breed en twintig centimeter lang, door het om een potlood te winden. Bevochtig niet het begin van de strook, anders plakt het aan het potlood vast! Als je eerst één hele slag om het potlood hebt gewikkeld, kun je verder gewoon plakken.

Ook heb je ongeveer drie meter dun geïsoleerd koperdraad nodig dat je zowat honderd keer om het rolletje wikkelt. Vóór je begint te wikkelen moet je dertig centimeter van de draad vrij houden om verbinding te kunnen maken. Als je de draad netjes en regelmatig om het rolletje

hebt gewikkeld, laat je aan het eind opnieuw dertig centimeter vrij. Maak beide draad-einden blank. Om te zorgen dat de draad niet van het rolletje (spoeltje) losspringt, kun je aan het begin en aan het eind wat plasticlijm eraan doen. Nu haal je het potlood uit het rolletje, en de spoel voor onze elektrisch bediende seinpaal is alvast klaar.



## We maken een seinpaal (II)

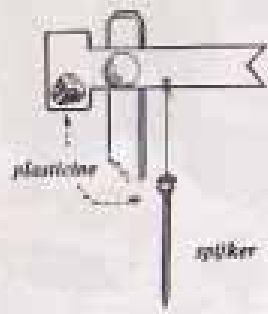
Bevestig de seinarm aan de paal met een punaise (door gat A, zie blz. 26), maar zó, dat de arm nog vrij bewegen kan. De arm gaat naar beneden hangen. Nu heb je een spijker nodig, die los in het papieren spoeltje op en neer kan bewegen. Maak een eindje dun katoenen draad aan de kop van de spijker vast (zie tekening). Het andere eind van de draad wordt door het gat B (blz. 26) gestoken en daar vastgemaakt. Breng de seinarm in horizontale stand door er een stukje plasticine aan te bevestigen, links van de gaten A en B (zie tekening op deze bladzij).

Als de seinarm, met spijker en stukje plasticine, nu horizontaal hangt, is er maar een klein duwtje tegen de arm nodig om hem omlaag te laten hangen, en dit werkje gaat nu de elektromagneet voor ons doen.

Bevestig het papieren spoeltje met het koperdraad met een stukje plasticine op het grondplankje en wel zó, dat de spijker er *vrij* in op en neer kan bewegen.

Nu maken we een stroomkring als op de gekleurde tekening wordt getoond. Als je dan de stroom inschakelt wordt

de spijker het spoeltje 'ingetrokken', en de seinarm gaat omlaag. Schakel je de stroom uit, dan komt de seinarm weer in horizontale stand terug. Nogmaals: zorg er voor, dat de spijker *vrij* in het papieren spoeltje op en neer kan bewegen!



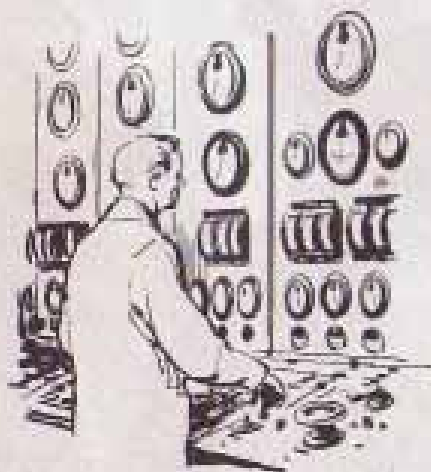
### 'Vloei' er stroom door de draad?

Hoe kun je ontdekken, of er elektrische stroom door een draad vloeit? Het antwoord vonden we al bij de proef van Oersted op bladzij 20. De draad was over een diep bord met water gespannen, in de richting noord-zuid, en als we stroom door de draad lieten gaan, draaide de naald. Wind nu de draad één keer om het bord, en verbind hem met een batterij, een lampje en een schakelaar. Schakel de stroom in: de lamp gaat branden en de naald draait. Kijk hoever de naald van de richting noord-zuid afwijkt.

Door draad om een spijker te winden heb je een elektromagneet gemaakt; hoe vaker de draad om de spijker werd gewonden, hoe sterker de elektromagneet werd. Wikkel nu tien slagen draad om het bord inplaats van één. Opnieuw verbinden we met batterij, lampje en schakelaar. Schakel weer de stroom in: het lampje brandt, en let nu goed op de richting van de naald: die is *verder* uit de beginstand (noord-zuid) gedraaid. Hoe meer keren je de draad om het bord wikkelt, des te sterker wordt het magnetisch veld en des te verder draait de naald uit zijn ruststand.

Je hebt nu een instrument gemaakt waarmee je kunt ontdekken of er door een draad elektrische stroom loopt. Een andere manier is: een zakkompasje te gebruiken. In dat geval wikkel je de draad in de richting noord-zuid om het kompasje; als er nu stroom door de draad loopt wijkt de naald af.

Dit instrument noemt men een *galvanometer*, hiermee kan de hoeveelheid elektrische stroom worden gemeten. *Galvani* was een Italiaans geleerde, die zo'n 200 jaar geleden enkele ontdekkingen op het gebied van de elektriciteit deed. *Meter* betekent maat, en dus werd het instrument (naar deze geleerde) *galvanometer* genoemd.



## Batterijen

Waar zijn batterijen van gemaakt? Dit kun je ontdekken door een oude batterij uit elkaar te halen. Eerst halen we de kartonnen mantel er af, en dan vind je twee (of drie) metalen hulzen, die door een kort metalen draadje met elkaar zijn verbonden. Zo'n huls noemt men een *cel*, en de twee of drie cellen samen vormen een *batterij*.

Trek wat van het zink-omhulsel van een van de cellen los, bijvoorbeeld met een buigtang. Binnenin de huls zul je een gelei-achtige stof vinden, om een hoeveelheid zacht, zwart, kleverig poeder heen. Pak nu de geelkoperen 'kop' van de cel stevig met de buigtang beet. Door flink te trekken en te draaien komt nu een dikke zwarte staaf naar buiten: de koolstift.

De koolstift en de zinken huls zijn de *polen* van de cel. De witte gelei en het zwarte poeder zijn scheikundige stoffen, die ervoor zorgen dat er elektrische stroom ontstaat als de polen verbonden zijn. Smeer de boel niet aan je kleren; als je het toch aan je handen hebt gekregen moet je ze meteen goed wassen!

Was het stukje zink, dat je van de cel-huls hebt afgetrokken goed af en maak het met fijn schuurpapier goed schoon. Buig het ene eind om en maak er een stuk blank draad aan vast. Vraag aan je moeder een citroen, maak er een sneetje in en steek daar het stukje zink stevig in. Maak nog een tweede sneetje, en steek daar de koolspits in.

Probeer een gewone batterij met het puntje van je tong, zoals op het tekeningetje is te zien. Je zult dan een licht prikkelend gevoel in je tong krijgen: want je tong geleidt de elektrische stroom. Nu doen we dezelfde proef met de citroen, waarin we het stukje zink en de koolspits met zijn geelkoperen 'kop' hebben gestoken (zie de gekleurde tekening). Als je nu een prikkend gevoel in je tong krijgt komt dat door de elektrische stroom, die door het zuur in de citroen wordt opgewekt.



## We gaan met meerdere batterijen werken

De batterij, die je tot nu toe hebt gebruikt is er waarschijnlijk één van  $4\frac{1}{2}$  volt geweest. Een batterij 'duwt' elektrische stroom door een stroomkring, en het aantal volt, dat op de batterij staat aangegeven vertelt hoe groot de kracht van de batterij, de *spanning* is. Als je twee batterijen in serie verbindt dan verdubbelt die spanning, en daardoor zal een lampje helderder gaan branden.

We gaan nu een proef doen met drie batterijen van  $1\frac{1}{2}$  volt en een lampje van  $3\frac{1}{2}$  volt (op het lampje staat dan 3.5 V) Deze batterijen hebben geen metalen contactstrips, en daarom moet je het blanke eind van een draad stevig om de geelkoperen 'kop' winden, en het blanke eind van een tweede draad tussen het kartonnen en het zinken omhulsel steken, beneden aan de batterij. Verbind nu één batterij met het lampje en de schakelaar (zie gekleurde tekening). Het lampje zal maar heel zwakjes branden.

Nu nemen we een tweede batterij in de stroomkring op (kijk weer op de tekening); het licht brandt al beter. Tenslotte brengen we ook de derde batterij in het spel en we zien nu een helder lichtje stralen.

De drie batterijen geven nu 3 maal  $1\frac{1}{2}$  volt =  $4\frac{1}{2}$  volt spanning, tenminste als je ze *in serie* hebt geschakeld zoals op de gekleurde tekening. Deze spanning van  $4\frac{1}{2}$  is ongevaarlijk. Maar des panning van de elektrische stroom in je huis is heel wat hoger, meestal 220 volt, en die is *wel* gevaarlijk. Ga dus nooit experimenteren met de elektriciteit uit stopcontacten, lampvoeten of zoiets. Nog veel hoger spanning 'staat' op de draden, die aan *isolatoren* aan de *hoogspanningsmasten* hangen: honderdduizend volt en nog hoger!



## Een elektromotor (I)

De krachtige elektromotoren die onze treinen, trolleybussen en machines in werkplaatsen en fabrieken in beweging brengen zijn vaak zeer ingewikkeld. Toch kun je zelf een eenvoudige elektromotor maken, die op dezelfde manier werkt.

Je hebt om te beginnen een hoefijzermagneet nodig, met tussen de polen een opening van ongeveer  $2\frac{1}{2}$  cm. Als je er geen hebt dan kun je er misschien in een ijzerwinkel wel eentje kopen. Je hebt ook een kurk van twee centimeter lengte nodig, een stuk of wat spelden, een lange stopnaald, wat dun geïsoleerd koperdraad en een paar punaises.

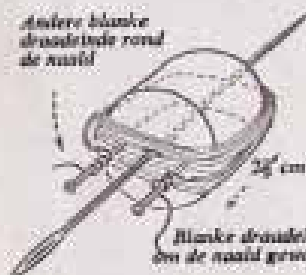
Twee onderdelen van de elektromotor zijn het belangrijkste: het gedeelte dat moet ronddraaien, en dat we het *anker* noemen, en het vaststaande gedeelte.

Steek de stopnaald *precies* door het midden van de kurk, en prik er jezelf niet aan! Laat de naald met de kurk daarna tussen je vingers ronddraaien om te zien of hij wel precies in 't midden zit.

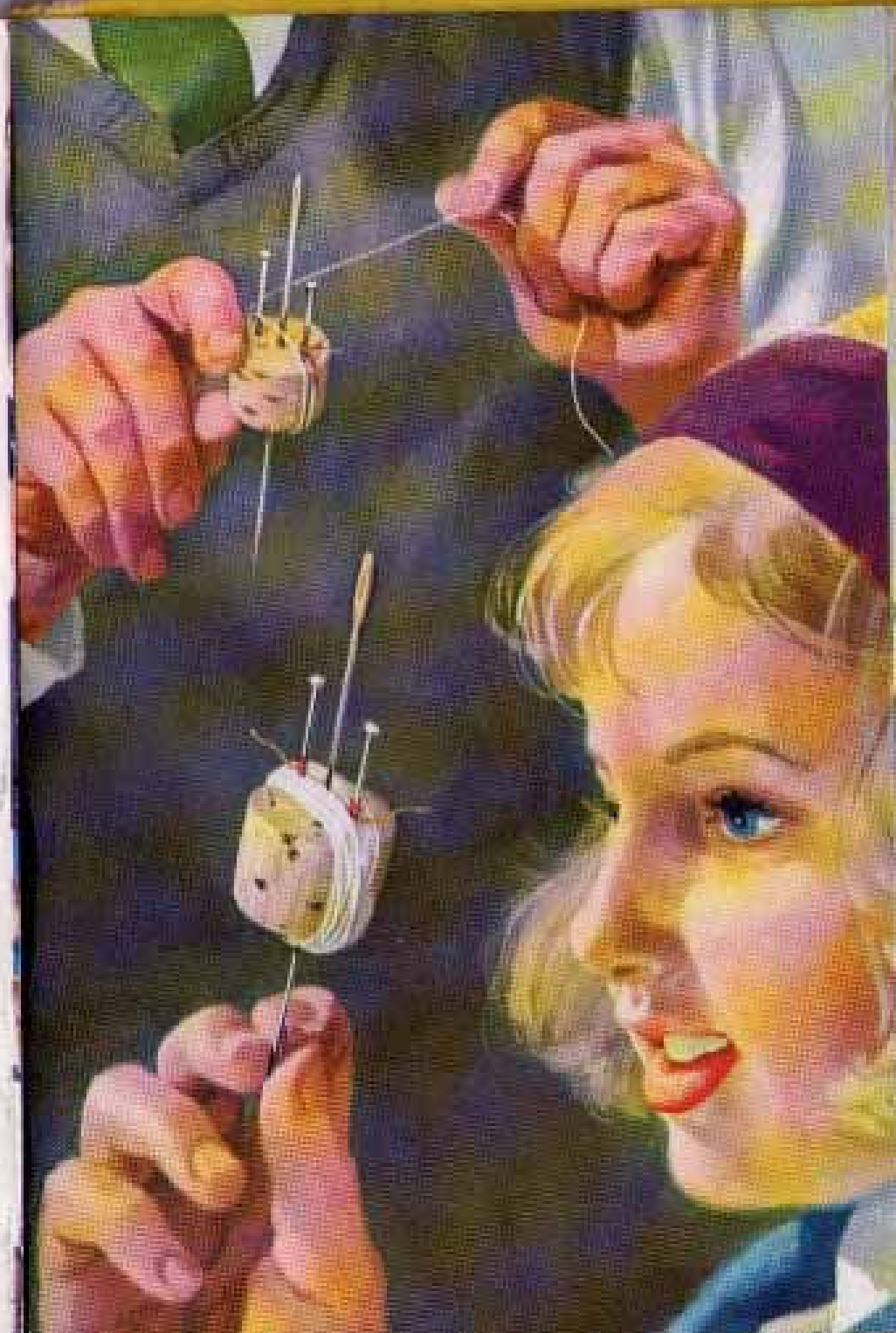
Nu begin je de draad om de kurk te winden. Steek twee spelden in de kurk als op het tekeningetje op deze bladzij is te zien: op gelijke afstand van de naald, en ze moeten nog een centimeter buiten de kurk uitsteken. Je zult ongeveer één meter twintig dun geïsoleerd koperdraad nodig hebben.

Maak één eind blank en wikkel dat stevig om één van de spelden. Dan de rest van de draad stevig om de kurk winden (zie het tekeningetje). Als je aan het andere blanke draadeind komt, wikkel dat dan om de tweede speld. Nu hebben we het *anker* voor onze elektromotor *gewikkeld*.

Andere blanke draadeinde rond de naald



Blanke draadeinde, om de naald gevonden



## Een elektromotor (II)

Om het vaststaande gedeelte van je elektromotor te bouwen nemen we een plankje zacht hout van ongeveer vijftien centimeter lang en acht centimeter breed. Het anker draait op twee paar gekruiste spelden, die over het lange midden van het plankje in het hout zijn gestoken (zie tekening), ver genoeg van het anker af dat het vrij kan draaien. Twee kleine strookjes stevig karton worden in blokjes plasticine voor en achter de naald geplaatst, zodat deze niet weg kan glijden. Nu maken we de draden vast waardoor de stroom naar het anker moet vloeien. De blanke einden van beide draden worden omhoog gebogen, tegen de spelden in het anker aan, de draden zelf worden met twee punaises aan het plankje bevestigd (kijk weer naar de tekening). Deze blanke draadeinden noemt men de *borstels*, omdat ze tegen de twee spelden 'borstelen' als het anker draait. De andere einden van deze draden worden aan de polen van de zaklantaarnbatterij bevestigd.

We maken de motor nu af door de hoefijzermagneet zó over het anker te plaatsen als de tekening laat zien. Schakel nu de stroom in, draai het anker een keer rond en de motor gaat lopen! Net zo lang tot je de stroom uitschakelt—of de batterij leeg is.

Deze motor draait, maar misschien zal het de eerste keer

nog niet lukken omdat de magneet te zwak is. De magneet moet namelijk vrij sterk zijn, en een tweede batterij erbij kan ook geen kwaad. Je zult wel even moeten experimenteren met de borstels, want ze moeten stevig en *tegelijk* tegen de spelden drukken. Misschien wil je vader wel een handje helpen als het niet helemaal lukt!

Omboggebogen blanke draadeinden maken contact met de spelden

Punaises

Gekruiste spelden

Stukje stevig karton, in plasticine vastgezet



## Elektrolytisch verkoperen, verzilveren, vergulden

Voor deze proef heb je wat kristallen kopersulfaat nodig. Zo'n tien tot vijftien gram ervan is ruim voldoende en het kost maar heel weinig. Waarschijnlijk kun je ze bij een apotheek of drogisterij wel krijgen. Als je van dit kopersulfaat iets aan je vingers mocht krijgen: meteen je handen goed wassen!

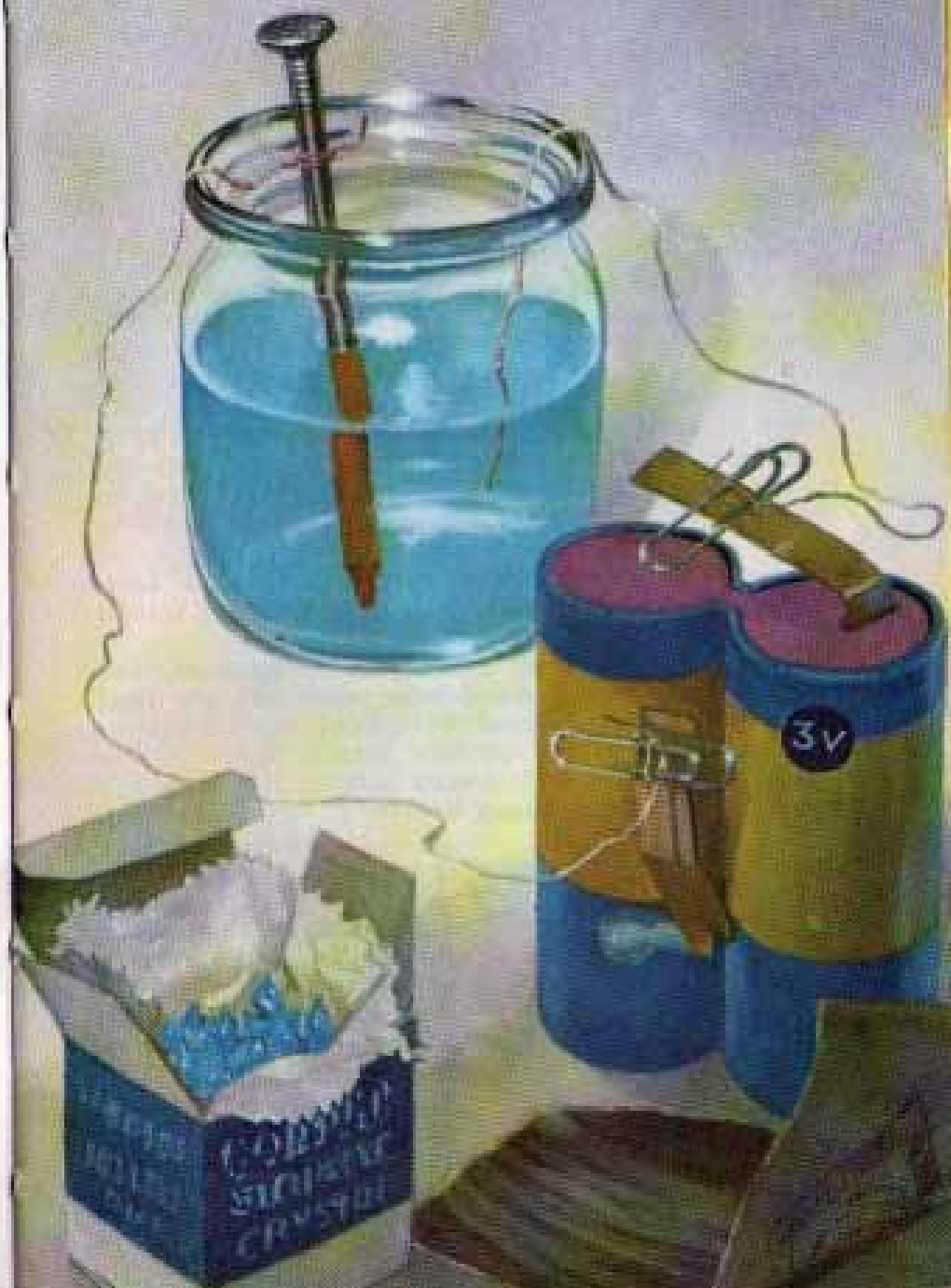
Los een paar van de kristallen in water op in een kleine glazen pot. Er ontstaat dan een diepblauwe vloeistof.

Maak een ijzeren spijker goed met fijn schuurpapier schoon, bevestig er het blanke eind van een geïsoleerde koperdraad aan, en maak het andere eind van de draad aan een batterij vast. In dit geval is het belangrijk dat je de draad aan de juiste pool van de batterij bevestigt, want: tussen de beide polen bestaat verschil. De bovenste pool (soms de langste metalen contactstrip) wordt *positieve pool* genoemd, soms aangegeven met het teken +. De andere pool is de *negatieve pool*, die soms door het teken - wordt aangeduid. De draad vanaf de spijker nu moet aan de *negatieve pool* worden vastgemaakt.

Bevestig een andere draad aan de positieve pool van de batterij, en steek het andere eind—*zorgvuldig* blank gemaakt—in de blauwe vloeistof. Hang de spijker in de vloeistof door de draad over de rand van het glas te buigen. Kijk nu goed wat er met de spijker gaat gebeuren.

Na een poosje zie je dat het gedeelte van de spijker, dat in de vloeistof hangt met een laagje koper wordt bedekt. De elektrische stroom heeft uit de kopersulfaat-oplossing

het koper op de spijker 'neergeslagen'; hoe dat gaat leer je later wel op de scheikundeles. We noemen dit *elektrolytisch verkoperen*. Dezelfde methode, maar dan natuurlijk met *andere* vloeistoffen, wordt gebruikt voor *verchromen*, *verzilveren*, *vergulden* (= met een vliesje goud bedekken), enzovoort.



## Smeltveiligheid ('zekering') en kortsluiting

Waar men elektriciteit gebruikt, heeft men ook *zekeringen* of *smeltveiligheden* ('stoppen'). Dit zijn korte stukjes speciaal metaaldraad, die in een stroomkring worden opgenomen. Als er nu iets in die stroomkring verkeerd gaat dan wordt dit speciale draadje heet, het smelt, breekt en—de stroomkring is verbroken, waarna de fout kan worden hersteld.

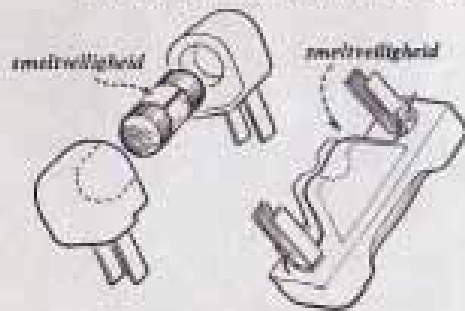
Je kunt de werking van zo'n zekering zelf ontdekken door een eenvoudige proef (kijk weer naar de gekleurde tekening). Drie batterijen van  $1\frac{1}{2}$  volt worden in serie 'geschakeld' en dan met een schakelaar verbonden. De draden worden op een apart plankje bevestigd met twee punaises, ongeveer twee centimeter van elkaar, de blanke einden omhooggebogen.

Je 'smeltveiligheid' maak je nu van een heel smal snijpertje zilverpapier, dat je ongeveer drie centimeter lang maakt. We laten de stroom nog uitgeschakeld en je wikkelt de zekering om de blanke draadeinden. Schakel nu de stroom in: de zekering moet rood worden, dan wit, en smelten. Gebeurt dat niet, dan moet je de zekering een beetje korter maken.

Zekeringen (stoppen) 'slaan' meestal 'door' als er *kortsluiting* is; dat betekent dan dat de elektriciteit een kortere weg neemt dan ze eigenlijk moet gaan.

Neem in je stroomkring een lamp in een lampvoetje op, en verbind de blanke draadeinden weer met een smal reepje zilverpapier. Schakel de stroom in: het lampje brandt, de zekering 'slaat niet door'. Schakel de stroom weer uit. Nu maak je van beide draden naar het lampvoetje een stukje blank. Schakel stroom weer in, en verbind de blank

gemaakte draadstukjes door een spijker of een naald. Je maakt nu *kortsluiting*. Het lampje gaat uit, en omdat je kortsluiting hebt gemaakt zal de zekering (het zilverpapiertje) weer rood, dan wit worden, smelten, breken en—de stroomkring is verbroken, zodat de oorzaak van de kortsluiting (die we hier expres maakten!) kan worden opgeheven.



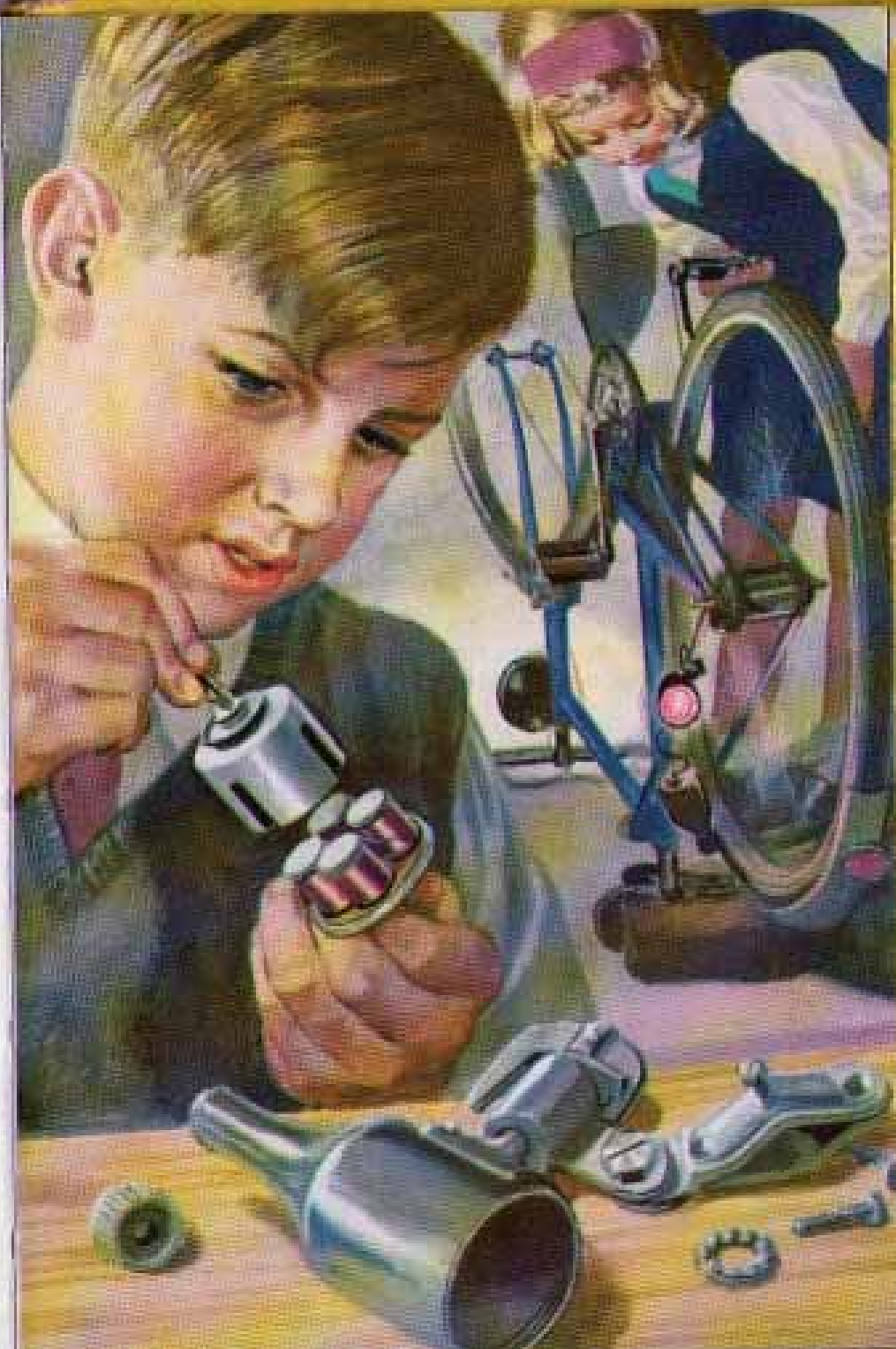
## Elektriciteit uit magnetisme

Toen je een elektrische stroom door een draad liet vloeien, zoals bij de proef van Oersted (blz. 20), ging de drijvende magneet draaien. Kun je je het *tegengestelde* daarvan voorstellen? Als je een magneet dicht bij een metaaldraad laat bewegen (draait) ontstaat er dan in die draad een elektrische stroom?

Het antwoord is: ja; maar de stroom zou zó zwak zijn, dat alleen een heel gevoelig instrument deze elektriciteit zou kunnen aantonen. De eerste mens die zich deze vraag stelde was de grote Engelse geleerde Michael Faraday, die ongeveer honderd jaar geleden leefde. En hij vond ook het antwoord op zijn eigen vraag. Faraday ontdekte dat als hij een magneet dicht bij een metaaldraad liet draaien, er in die draad een elektrische stroom werd 'opgewekt'. Hij ging verder met experimenteren en dat leidde tot de uitvinding van de *dynamo*.

Je kunt zelf geen dynamo maken, maar misschien kun je wel aan een oude fietsdynamo komen. Als de dynamo 'aan' staat, en het licht van je fiets brandt, dan moet je wat meer kracht op de pedalen zetten; voor niets krijg je geen elektriciteit: je moet er voor 'trappen'.

Als je een oude, onbruikbare fietsdynamo hebt, haal hem dan eens uit elkaar, misschien helpt je vader je er wel even mee. Binnenin die dynamo vind je een wat vreemd gevormde, maar heel krachtige magneet die kan ronddraaien vlak bij de 'zijanten' van verscheidene draadspoeltjes. Door het kleine wielje, dat tegen de band van je fiets drukt, draait de magneet om de spoeltjes en wekt dan in deze draadklosjes stroom op, waardoor je voor- en achterlamp gaan branden.

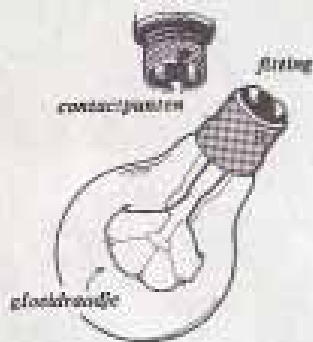


## Elektrisch licht

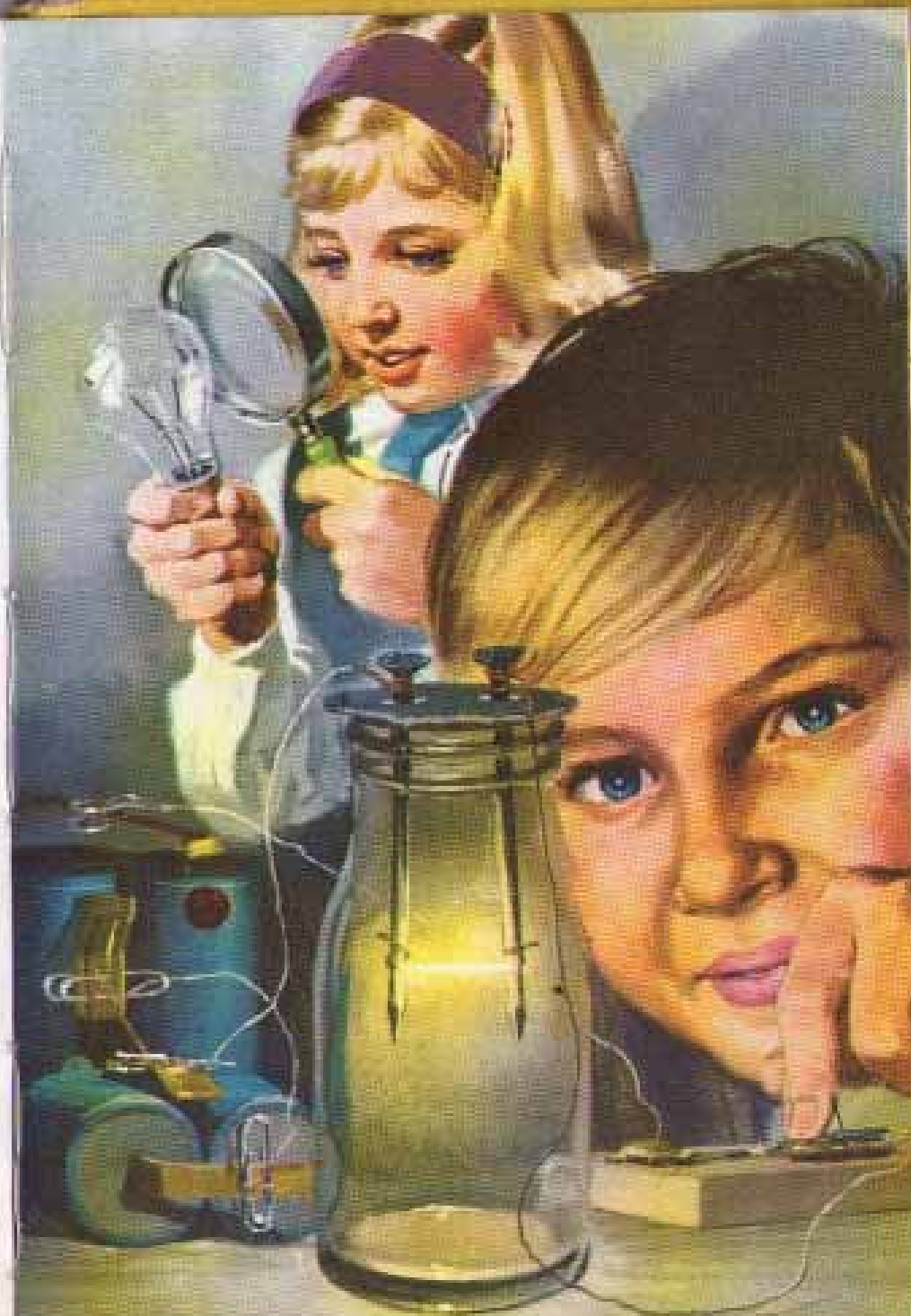
Je komt 's avonds een donkere kamer binnen, je drukt op een knop en het licht brandt. Gemakkelijker kan het al niet, je denkt er niet eens bij na *hoe* dat kan. Maar wij gaan nu eens kijken wat er precies gebeurt als je het licht 'aandoet'.

Vraag iemand, je een elektrische lamp te laten zien, één met helder glas. De meeste lampen hebben een *schroefdraad*, waarmee ze in de *lampfitting* worden gedraaid; andere lampen hebben een *bajonetsluiting*, waarbij je de lamp in de fitting steekt en ze dan een klein stukje draait tot ze in de gleuven vastzitten (zie tekening op deze bladzij). Van de zijkant en van de onderkant van de lamp gaat elk één draad naar binnen in de glazen bol of 'peer'. De draadeinden zijn binnenin die glazen bol door een typisch gevormde draad van speciaal metaal verbonden. Deze speciale draad heet de *gloeidraad* en deze is gemaakt van het metaal *wolfram*. Als de stroom door de draad vloeit wordt deze draad witheet en geeft dan helder licht.

Je kunt zelf ook een—heel eenvoudige—lamp maken. Daarvoor heb je wat *haardun* ijzerdraad nodig. Knip daarvan een stukje van ongeveer vijf centimeter af. Knip ook van een stuk stevig karton een plat deksel voor een kleine glazen pot (kijk op de gekleurde tekening). Door het karton steek je twee flinke spijkers, de punten daarvan verbind je met je haardunne gloeidraad. Zet het deksel op het glas. Bevestig nu draden aan de twee spijkerkoppen, aan een schakelaar en aan twee in serie geschakelde batterijen.



Als je nu de stroom inschakelt moet de gloeidraad rood worden. Als dat niet gebeurt: het gloeidraadje wat korter maken. Maar eerst steeds laten afkoelen! Je gloeidraad zal wel snel verbranden, maar in een echte lamp bevindt zich dan ook een speciaal gas, dat er voor zorgt dat de gloeidraad uiterst langzaam verbrandt.



## Statische elektriciteit

Scheur wat stukjes heel dun zijdepapier (vloecipapier) af en strooi ze op tafel. Wrijf een plastic ballpoint stevig tegen de mouw van je jas en breng dan de ballpoint vlak bij zo'n snippertje papier. Dat springt tegen de ballpoint aan. Het lijkt wel wat op de magneet met de kopspijkers, maar je weet dat plastic en papier niet magnetisch zijn, en ook niet van metaal. Wat is hier dan wel aan de hand?

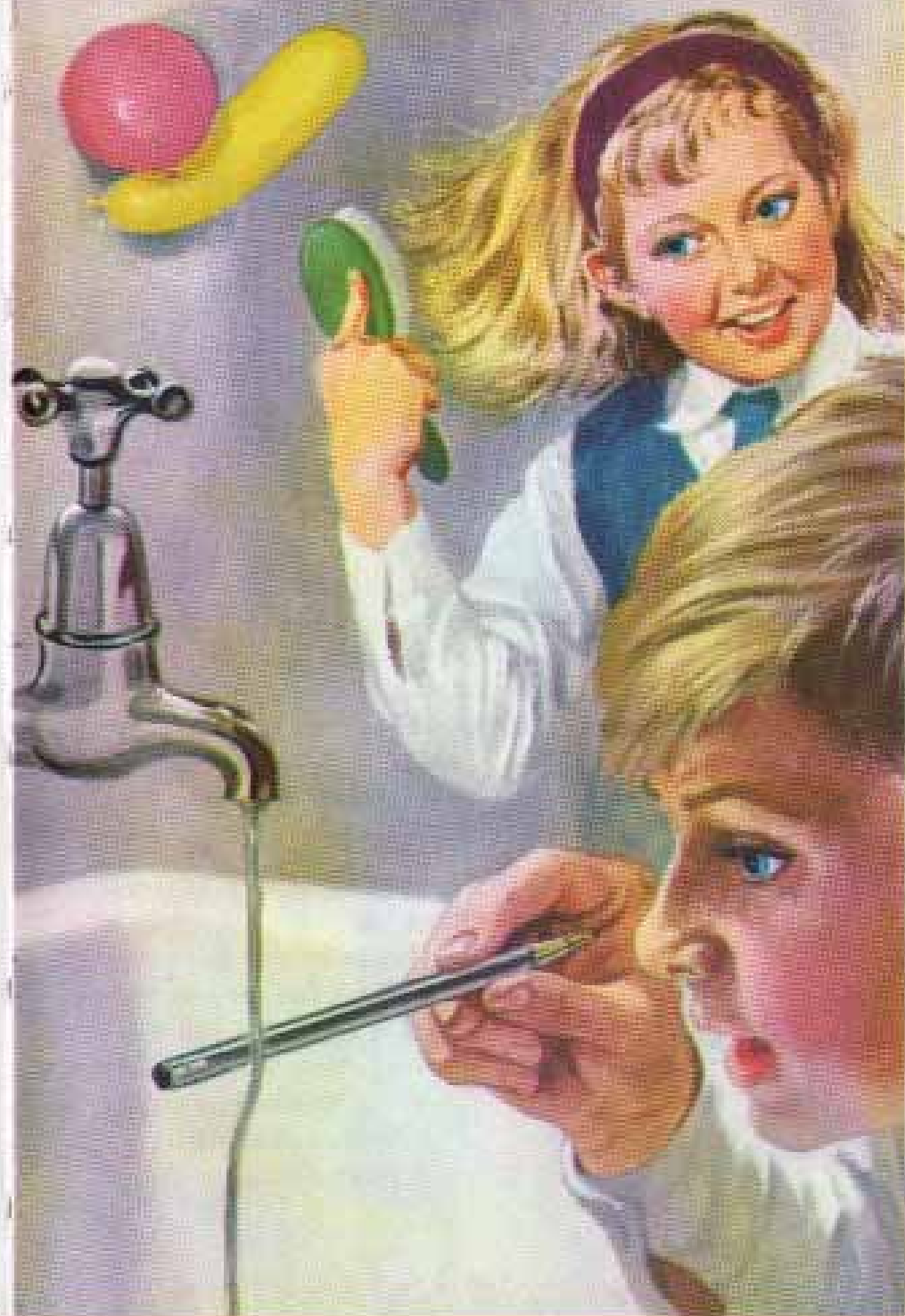
Dit is *statische* of 'rustende' elektriciteit. De andere proeven deden we met elektriciteit, die door een stroomkring vloeide: daarom wordt die wel elektrische *stroom* genoemd.

Als je de ballpoint langs je mouw opwrijft—je kunt ook wel een benen haarkam gebruiken—worden ballpoint en mouw met statische elektriciteit *geladen*. Als je bij droog weer je haar hard borstelt met een plastic haarborstel, dan worden haar en borstel geladen; soms hoor je het dan 'knetteren', en als het donker is kun je zelfs de *vonken* zien. Als je bij droog weer de rug van de kat strijkt dan zie je soms ook vonken.

Je kunt een ballon 'opladen' met statische elektriciteit. Blaas hem op, wrijf hem tegen je mouw, en daarna 'kleeft' de ballon tegen de muur of tegen het plafond, tot hij zijn elektrische 'lading' heeft verloren.

Wrijf de ballpoint weer tegen je mouw en zet de waterkraan zó open dat er een *heel dun* straaltje uitkomt. Houd nu de ballpoint er vlak bij (zie de gekleurde tekening) en het waterstraaltje buigt van de ballpoint weg omdat de ballpoint met statische elektriciteit is geladen; de ballpoint *stoot* de waterstraal *af*.

Bewegende lucht kan wolken opladen tot verscheidene *miljoenen* volt, en de geweldige vonk die een wolk naar een andere wolk of naar de aarde ontlaaft heet bliksem(flits) of bliksemlicht. Het dreigend gerommel dat door deze enorme vonken wordt veroorzaakt noemen we meestal de 'donder'.



## *Elektriciteit dient de mens*

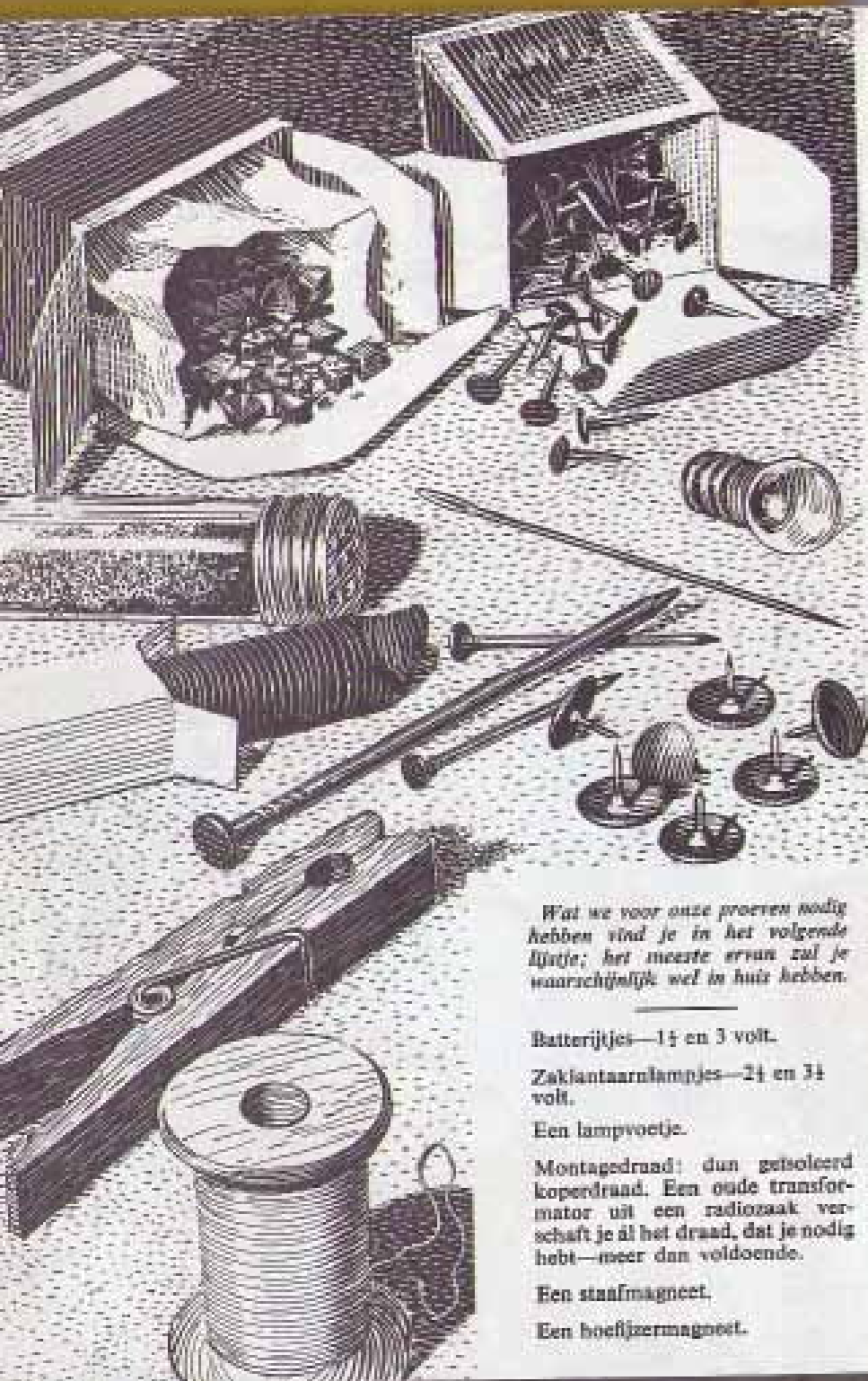
Denk er eens even over na hoe anders ons leven zou zijn als we géén elektriciteit hadden. We zouden geen licht hebben thuis, op school, op straat, en er zouden geen elektrische treinen of trams rijden. Je moeder zou niet elektrisch kunnen strijken of koken, de ijskast zou het niet doen, en nog veel meer zou er eenvoudig niet eens zijn.

Het prachtige werk in onze ziekenhuizen zou veel moeilijker worden zonder de röntgenstralen en elektrische instrumenten. We zouden geen telefoon hebben, geen bioscoop, geen radio, geen televisie. Kijk maar eens naar de elektrische voorwerpen, afgebeeld op de gekleurde tekening.

Geen van deze gemakken was honderd jaar geleden bekend. In het jaar 1860 vond Sir Joseph Swan de elektrische lamp uit. Hoewel dertig jaar eerder de elektromagneet en de elektromotor al waren uitgevonden, kwamen ze toch pas veel later in het dagelijks gebruik. Michael Faraday deed honderd jaar geleden zijn ontdekkingen, hij wordt dan ook wel de 'vader van de elektriciteit' genoemd.

Als je denkt aan alle manieren, waarop elektriciteit in ons leven wordt gebruikt en ons helpt, dan zul je het met ons eens zijn, dat je er wel iets van moet weten. Maar denk er aan: *nooit* experimenteren met de gevaarlijke elektriciteit van het lichtnet thuis!





*Wat we voor onze proeven nodig hebben vind je in het volgende lijstje; het meeste ervan zal je waarschijnlijk wel in huis hebben.*

Batterijtjes—1½ en 3 volt.

Zaklantaarnlampjes—2½ en 3½ volt.

Een lampvoetje.

Montagedraad: dun geïsoleerd koperdraad. Een oude transformator uit een radiozaak verschaff je al het draad, dat je nodig hebt—meer dan voldoende.

Een staafmagneet.

Een hoefijzermagneet.



Een paar stukjes plasticine.

Wat kopspijkertjes.

Een spijker van ongeveer 10 cm; enkele spijkers van 3 cm.

Een grote stopnaald.

Een kleine kurk.

Een glazen potje.

Een wasknijper.

20 à 25 gram ijzervijzel.

Wat kristallien kopersulfaat.

Enkele punaises en paperclips.

Een paar kleine plankjes.