

MIHAELA VĂITEANU

# EXPERIENȚE DE FIZICĂ la îndemîna oricui

[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)



EDITURA ION CREANGĂ

MIHAELA VAITEANU ● EXPERIENȚE DE FIZICĂ LA ÎNDEMÎNA ORICUI

*[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)*

*www.StartSpreViitor.ro*

Coperta de DUMITRU DOBRICĂ

MIHAELA VĂITEANU

EXPERIENȚE DE FIZICĂ  
LA ÎNDEMÎNA ORICUI

*www.StartSpreViitor.ro*



EDITURA ION CREANGĂ — BUCUREȘTI, 1980



# CUVÎNT ÎNAINTE

DRAGI ELEVI,

*www.StartSpreViitor.ro*

*Cu fizica ați făcut cunoștință încă din școala elementară. Profesorii v-au spus de la început că aceasta este o știință a naturii, deoarece cuprinde legile cărora li se supun fenomene care apar în natură. Tot la școală ați aflat că există și alte științe ale naturii, care cuprind legi cărora li se supun tot fenomene naturale.*

*S-ar părea că toate aceste științe sînt identice pentru că au aceeași definiție. Totuși, ele sînt diferite pentru că fiecare se ocupă de alte categorii de fenomene. De exemplu, fizica, spre deosebire de științele biologice, se ocupă de fenomene în care sînt implicate corpuri materiale neînsuflețite, dar, spre deosebire de chimie, fenomenele fizice nu modifică structura internă a acestor corpuri.*

*Fizica, așa cum învățați la școală, cuprinde legi care se exprimă prin formule matematice cu care se pot (și trebuie) să rezolvați diferite probleme. Din această cauză sînteți înclinați să socotiți fizica o disciplină teoretică. Acest lucru este adevărat pentru ceea ce învățăm la școală, dar, dacă ne gîndim la modul cum fizicienii au ajuns la legile teoretice pe care le cunoaștem astăzi, vom vedea că fiecare dintre acestea a fost formulată după ce oamenii de știință au făcut numeroase observații și experiențe. Chiar și atunci cînd o lege a fost dedusă teoretic, ea n-a fost considerată valabilă decît după ce a fost verificată experimental. Deci, legile teoretice nu fac decît să sintetizeze marele număr de experiențe făcute de fizicieni în decursul timpului.*

*Fiind sintetică, teoria se poate învăța mult mai repede și, de aceea, în școală vi se predau legile teoretice, dintre care, numai cîteva vă sînt demonstrate și experimental. Dar cealalte? De ce n-ați încerca să le demonstrați singuri în laboratorul cercului de*

fizică sau chiar acasă ? În felul acesta, veți înțelege mai bine legile fizice, veți ști cum să le aplicați în practică și veți învăța să lucrați ca niște mici, dar adevărați oameni de știință.

Cartea pe care ați deschis-o a fost scrisă tocmai pentru ca să vă învețe să deveniți, în scurt timp, mici fizicieni experimentatori, așteptând ca anii să vă transforme în fizicieni adevărați.

*Michael Văiteanu*

# 1. LABORATORUL MICULUI FIZICIAN

*www.StartSpreViitor.ro*

Chiar dacă sînt foarte simple, pentru efectuarea experiențelor de fizică este bine să amenajați un mic laborator, care vă va ține loc și de atelier, unde veți executa aparatele și construcțiile necesare experiențelor.

Cel mai bine ar fi să vă amenajați laboratorul într-o cămăruță unde aveți lumină suficientă și nu deranjați pe nimeni. Dacă locuința nu este suficient de spațioasă pentru a permite instalarea separată a laboratorului, îl puteți amenaja într-un colț al camerei voastre. În cameră veți face loc — cît mai aproape de fereastră — unei mese solide și cu dimensiuni de minimum  $1,20 \times 0,80$  m. Tăblia mesei trebuie să fie dreaptă și suficient de groasă (cam 2 cm) ca să nu se strîmbe și să puteți prinde de marginile ei diferite dispozitive.

Se recomandă ca masa să aibe cel puțin un sertar, în care să puteți păstra piesele mici. În dreapta mesei se montează menghina (dacă puteți procura una) și, eventual, nicovala pentru îndreptat tabla. Dacă nu aveți nicovală, o puteți înlocui cu un profil U din oțel lat de 10—16 cm și lung de 50 cm și în care veți practica găuri de 2, 3, 4, . . . . 10 mm. Profilul îl fixați de masă cu două brățări din tablă de oțel de 1,5 mm. Găurile le veți face în aripa de sus a profilului.

În partea din stînga a mesei veți fixa un opritor tăiat în unghi de  $60^\circ$  care vă va ajuta la prelucrarea pieselor din lemn.

Astfel echipată, masa va deveni un adevărat banc de lucru. Pentru a rămîne în același timp și masă de

laborator, tăblia va fi acoperită cu melacart, linoleum sau va fi netezită și băițuită.

Deasupra mesei și în stînga este bine să aveți o lampă electrică cu braț extensibil pe care s-o puteți muta după trebuință.

Dacă nu aveți o astfel de lampă, vă puteți confecționa una demontabilă, de birou, care se prinde de marginea mesei cu un șurub de fixare de la masa de traforaj. În afară de șurubul de traforaj, pentru realizarea acestei prime construcții vă mai este necesară o sîrmă de 3 mm, lungă de 0,5 m, o dulie (preferabil metalică), cordon electric cu lungimea dorită, o coală de carton și sîrmă de 2 mm.

Din sîrma de 2 mm se înfășoară strîns, pe un capăt al sîrmei de 3 mm, un cilindru de 3 cm care se lipește cu cositor de partea laterală a șurubului de prindere, ca în figura 1.1. La celălalt capăt al sîrmei de 3 mm se înfășoară, de asemenea, o bucată de sîrmă de 2 mm, care se înfășoară și în jurul duliei.

Abajurul lămpii se execută din carton de dosar sau coală de desen, din care se decupează peretele lateral, după indicațiile din figură. Abajurul se rulează, apoi se lipește.

Cordonul se prinde din loc în loc, cu bandă izolatoare, pe tija de 3 mm. Tija se poate îndoi mai mult sau mai puțin, pentru a apropia becul de locul de lucru.

Cel mai simplu este ca prizele de curent electric să se afle pe peretele pe care se sprijină masa și deasupra acesteia. Dacă această condiție nu poate fi îndeplinită, veți monta pe marginea dinspre perete



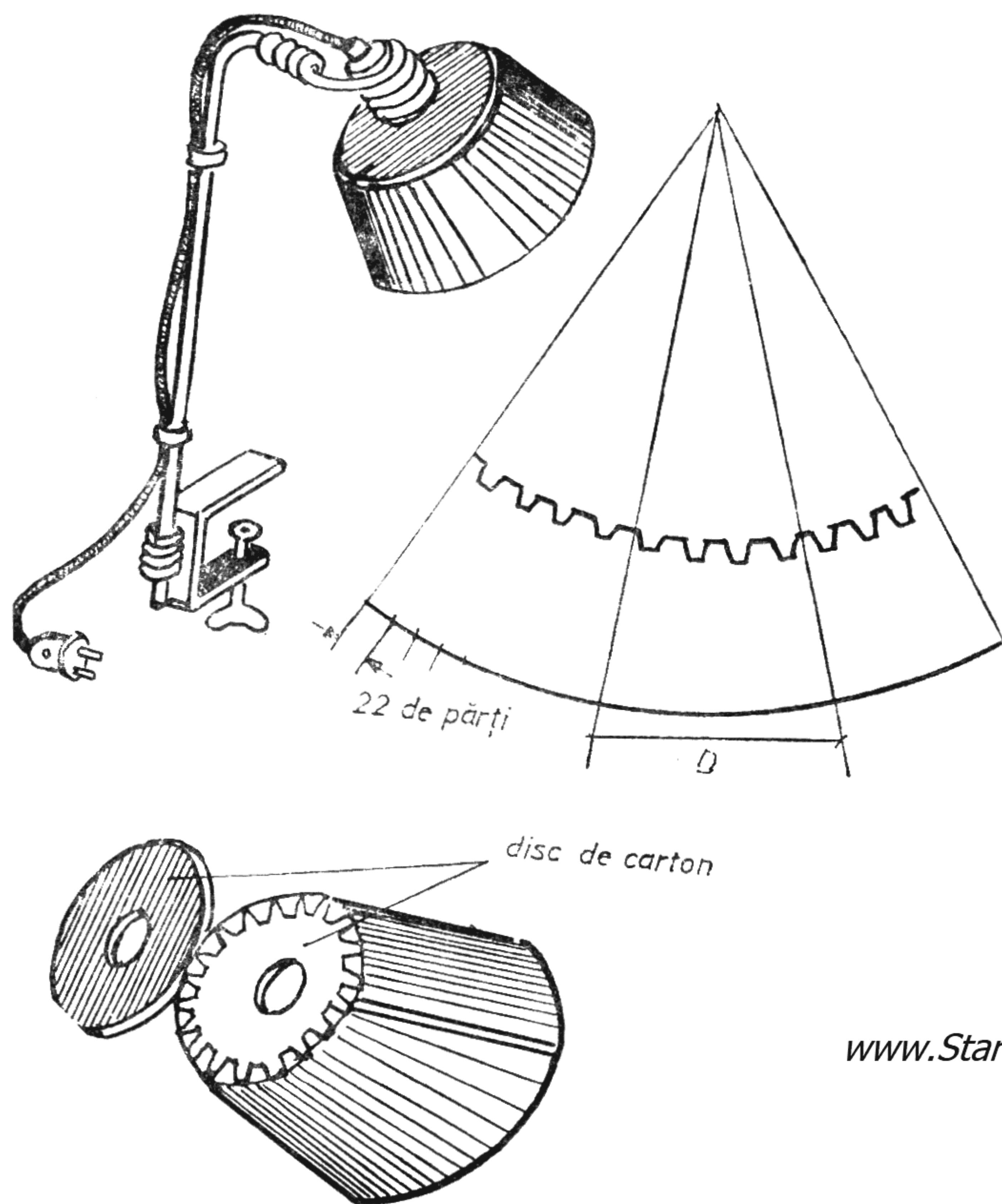


Figura 1.1. Lampa de masă

a mesei, 1 sau 2 prize racordate la rețeaua electrică. Prizele vor fi izolate de masă printr-o fișie de azbest.

Sculele cu care veți lucra se păstrează într-o cutie sau panoplie de scule fixată de perete. În cutie, sculele se prind cu brățări de tablă.

Numărul sculelor strict necesare nu este prea mare. La început, nu veți avea nevoie decât de un ciocan de fier, unul de lemn, clește patent, clește de cuie, clești de tăiat, o trusă de traforaj, 2—3 dălți, pile (rotunde, triunghiulare și dreptunghiulare), 2—3 șurubelnițe de diferite mărimi, o coarbă sau o bormașină de mână cu un set de burghie, o rindea, un fierăstrău, o foarfecă obișnuită, un briceag. Este bine să nu lipsească un ciocan electric de lipit de 60—100 W. Dacă

nu-l puteți procura de la început, acesta poate fi înlocuit de un ciocan de lipit obișnuit, pe care îl puteți încălzi pe aragaz, sau veți vedea, puțin mai departe, cum se pot face unele lipituri și fără ciocan de lipit.

Pentru diferite lucrări cu sticlă sau materiale plastice vă este necesară o lampă de spirt pe care o puteți confecționa dintr-o călimară plată. Dopul de plastic al acesteia îl înlocuiți cu unul de metal luat de la un bidon gol de „Decanol“ sau „Novolin“ pe care îl perforați pentru a trece un tub metallic cu diametrul de 4—5 mm, care se lipește cu cositor de dop. Prin tub trece fitilul de bumbac al lămpii care poate fi tăiat dintr-un fitil obișnuit de lampă cu gaz. Lampa astfel executată se poate vedea în fig. 1.2.

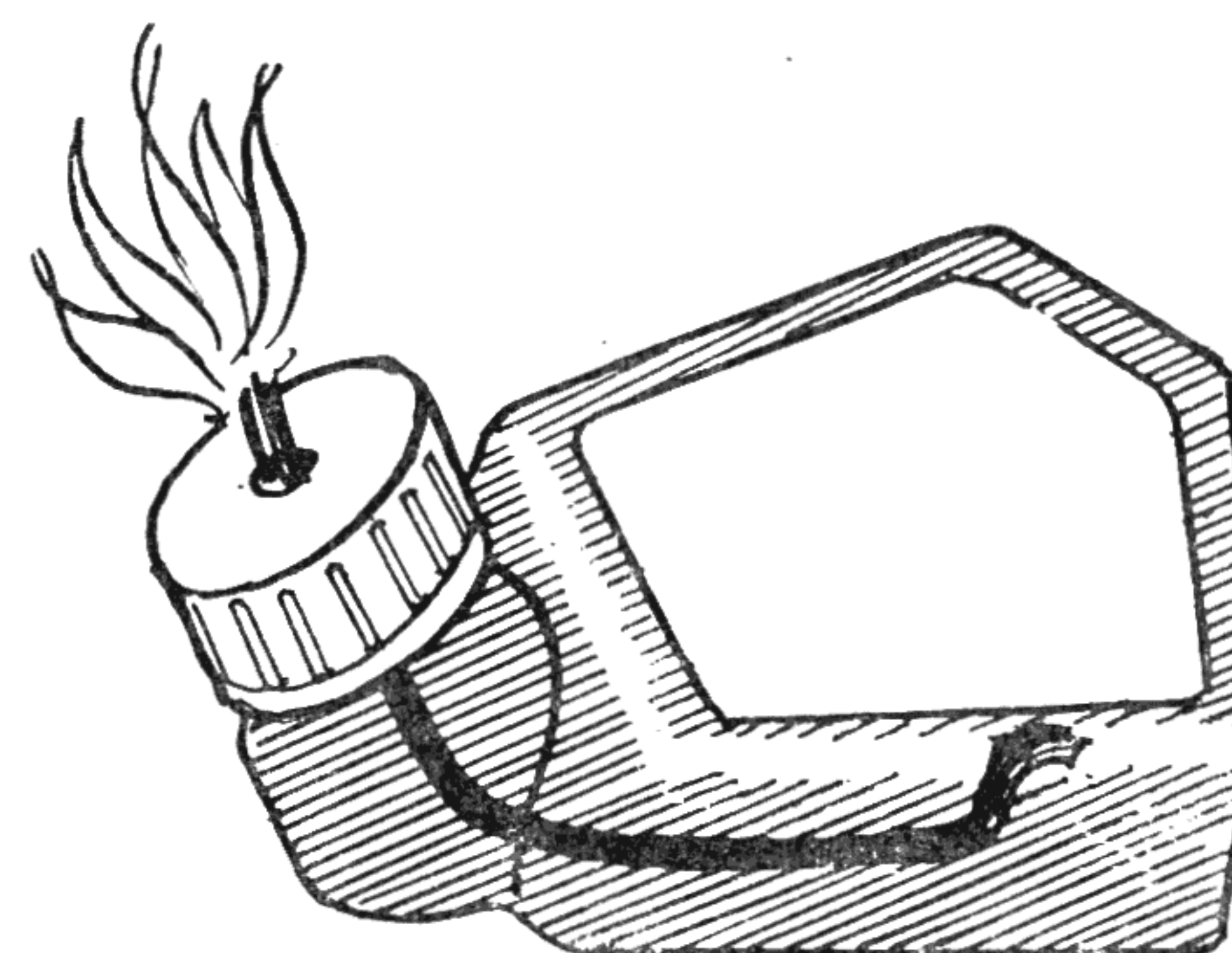


Figura 1.2. Lampa de spirt

Pentru realizarea lămpii puteți folosi și alte tipuri de sticle, dar utilizarea călimării plate are avantajul că fitilul este permanent îmbibat cu alcool pe aproape toată lungimea, indiferent de nivelul acestuia în sticlă.

După cum vedeți, sculele strict necesare nu sînt prea multe și există aproape în fiecare gospodărie.

Laboratorul astfel dotat arată ca cel din fig. 1.3. și este pregătit pentru a începe construirea aparaturilor și efectuarea experiențelor de fizică. Vă mai trebuie doar pasiune, materiale și cîteva indicații de lucru.

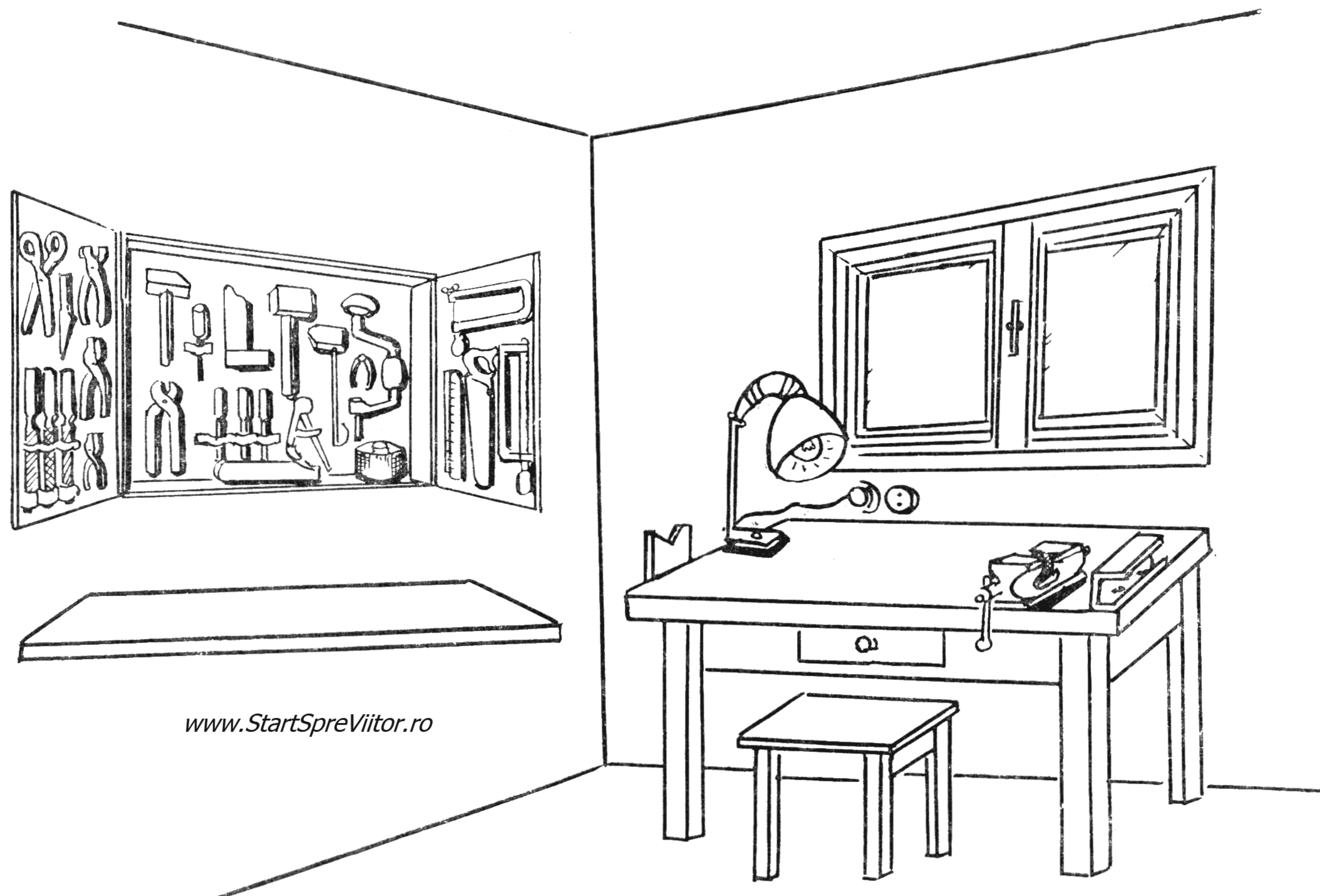


Figura 1.3. Laboratorul micului fizician

Problema materialelor se poate rezolva la fel de ușor ca și cea a sculelor. Multe dintre ele le veți găsi printre mărunțișurile din casă, altele le puteți procura de la papetărie, de la magazinele „Metalochimice” sau „Cutezătorii”.

Astfel vă veți procura bucăți de scîndură, placaj, tuburi de sticlă, sîrmă de diferite diametre, tablă de oțel, alamă, cupru, aluminiu sau duraluminiu, cositor, soluție de lipit, carton, cuie, șuruburi și piulițe de diferite dimensiuni, aracetin, lac, vopsele, acid de decapat, bandă izolatoare, șmirghel și glaspapir, plăci

de masă plastică (polistiren bachelită, PVC) de diferite grosimi, șnur sau plăci azbest, cauciuc. Nu toate aceste materiale vă sînt necesare în același timp, așa că nu vă descurajați dacă nu le puteți procura pe toate de la început. La fiecare experiență vă vor trebui doar cîteva dintre acestea, așa că aveți timp să vă faceți „aprovizionarea” pe îndelete.

Pentru fiecare lucrare practică vă vom da indicații cît mai detaliate dar este util să aflați, încă de la început, cîte ceva despre proprietățile și modul de

prelucrare al materialelor pe care vi le-am recomandat spre folosire.

*Metalele* de care veți avea nevoie deseori sînt : cuprul, aluminiul, fierul și aliajele lor.

*Cuprul* este bun conducător de căldură și electricitate, se prelucrează ușor prin deformare plastică la rece (îndoire, batere) și se lipește ușor cu cositor. Nu are proprietăți magnetice.

Dintre aliajele cuprului cel mai des se folosește *alama*, care are, de asemenea, o bună conducție electrică, dar care se și poate lamina în table foarte subțiri. Din aceste table se execută de obicei contactele electrice.

*Bronzul*, un alt aliaj al cuprului, este util în experiențele noastre pentru că, împreună cu oțelul, formează un cuplu cu frecare redusă.

În tehnica modernă își găsește tot mai multe aplicații *aluminiul*, cu aliajul său *duraluminiu* (dural), care are o rezistență mecanică mult mai mare decît aluminiul pur, dar este casant la îndoire. Ambele sînt bune conducătoare de căldură și electricitate dar, deoarece în aer aluminiul se oxidează repede, acoperindu-se cu o pojghiță mată de oxid care se topește greu, aluminiul și duralul nu se lipesc cu cositor. În schimb, stratul de oxid le protejează foarte bine contra coroziunii.

Cel mai des utilizat metal, atît în experiențele noastre, cît și în viața de toate zilele este fierul sau, mai corect spus, oțelul, aliajul format din fier și carbon, deoarece fierul nu se utilizează nealiat. Oțelurile au o rezistență mecanică bună, se prelucrează ușor și prezintă proprietăți magnetice. Proprietățile lor — atît cele magnetice cît și cele mecanice și de prelucrare — depind de conținutul de carbon al oțelului. Dacă acesta este mic, aliajul poartă denumirea de fier moale, care se prelucrează ușor prin deformare plastică, dar are o rezistență mecanică mai mică și elasticitate slabă.

Din punct de vedere magnetic, fierul moale se poate magnetiza în anumite condiții (care vor fi descrise în capitolul privind experiențele de electromagnetism), dar cînd aceste condiții nu mai există, se demagnetizează. Din acest motiv se spune că fierul moale are proprietăți magnetice *neremanente*.

Oțelurile cu mai mult carbon (pînă la aproximativ 1%) prezintă, din punct de vedere al proprietăților mecanice și de prelucrare, caracteristici diferite, în funcție de tratamentul termic care li s-a aplicat.

În stare decălită, oțelul este mai moale, ușor de prelucrat, dar și mai puțin rezistent, cu elasticitate slabă. În stare călită oțelul este dur, rezistent și elastic, dar foarte greu de prelucrat.

Călirea și decălirea oțelurilor se poate realiza destul de ușor și în laborator. Pentru decălire, piesele se încălzesc pînă se înroșesc în foc (eventual pe aragaz) și apoi se răcesc în cenușă sau nisip. După această operație, sîrma sau banda de oțel, de arc, de exemplu, se pot îndoii și tăia cu ușurință, dîndu-li-se forma dorită. Pentru ca să redăm elasticitatea și rezistența unui arc de oțel, piesele obținute se încălzesc din nou pînă la roșu, apoi se introduc brusc în apă sau ulei, funcție de marca oțelului. Astfel, oțelul pentru scule (de exemplu, dălți) se căleşte în apă, în timp ce oțelul de arcuri se căleşte în ulei. Calitatea călirii depinde de temperatura metalului care poate fi apreciată după culoarea pe care o capătă oțelul în timpul încălzirii. Iată culorile și temperaturile respective :

roșu închis	. . . . .	500°C
roșu vișiniu închis	. . . . .	650°C
roșu ca cireașa	. . . . .	750°C
roșu deschis	. . . . .	850°C
portocaliu	. . . . .	900°C
galben	. . . . .	1000°C
alb	. . . . .	1200°C

Piesele din oțel cu mult carbon, cum este oțelul de scule, nu se vor încălzi niciodată pînă la alb pentru că se ard, formînd o crustă casantă.

Dacă dorim să călim numai o porțiune a unei piese de oțel, amestecăm cu puțină apă două părți de praf de mangal (cărbune de lemn) cu o parte carbonat de bariu și aplicăm amestecul pe partea piesei pe care dorim să o călim. Restul piesei îl acoperim cu argilă și apoi încălzim piesa. Acest procedeu vă este util, de exemplu, atunci când, după mai multe ascuțiri, vârful unei unelte, deși este tăios, rămîne totuși moale, ceea ce înseamnă că partea călită a sculei s-a tocit și trebuie să îi creem o nouă porțiune dură.

### *Prelucrarea metalelor*

Principalele operații pe care le aveți de executat pentru confecționarea aparatelor sînt găurirea, filetarea, îndoirea, îndreptarea și tăierea tablelor și șirmelor, precum și „înfrumusețarea“ suprafețelor metalice prin colorare și nichelare.

*Găurirea tablei* se poate face cu burghiul sau cu ajutorul dornului. Atunci cînd există burghie și bormașină de mîna sau coarbă, găurirea se execută ușor.

Pentru *găurirea cu burghiul* trebuie să însemnați mai întîi locul. Însemnarea se face fără grabă, ținînd seama de toate particularitățile construcției aparatului în care se dă gaura, deoarece este aproape imposibilă astuparea unei găuri dată greșit. Ea va strica aspectul exterior al piesei și, uneori, o poate face inutilizabilă.

Însemnarea găurii se face cu un creion bine ascuțit, dar, deoarece în urma însemnării cu creionul suprafața rămîne tot netedă, cînd începe să se rotească, burghiul poate să alunece din punctul însemnat și gaura va apare în altă parte decît unde trebuie. Pentru ca să nu se întîmple acest lucru, în punctul unde s-a făcut semnul cu creionul se face o mică adîncitură cu punctatorul. Se pune vârful punctatorului (un cui cu un capăt călit și ascuțit) pe semnul făcut cu

creionul și se lovește cu ciocanul în capătul său opus. În acest timp, punctatorul se ține perpendicular pe suprafață, căci altfel va aluneca, cînd este lovit.

Găurile cu diametrul pînă la 4—5 mm se fac dintr-o dată cu un burghiu cu diametrul necesar. Dacă urmează să se facă o gaură cu diametrul mai mare, găurirea se face în două etape ; prima cu un burghiu de 2—3 mm, iar apoi cu cel cu diametrul necesar. Acest procedeu este impus de faptul că burghiele cu diametre mari alunecă din locul pe care sînt așezate, chiar atunci cînd acest loc este însemnat cu punctatorul.

În timpul găuririi bormașina se ține riguros perpendiculară pe suprafața de găurit. Fața piesei opusă aceleia în care se dă gaura trebuie să fie bine apăsată pe o altă suprafață plană (de obicei o scîndură) pentru că altfel, la ieșirea burghiului, se poate rupe materialul în jurul găurii.

În sfîrșit, piesa trebuie ținută cu unul sau două șuruburi de traforaj, ca să nu se rotească împreună cu burghiul.

*Găurirea tablei cu dornul* poate înlocui cu succes găurirea cu burghiul. Operația o veți executa folosind profilul U lat de 10—15 cm cu care v-am recomandat să înlocuiți nicovala și care are, pe aripa de sus, prevăzute găuri de 2—10 mm. Dornul îl confecționați dintr-o bucată de oțel rotund cu diametrul puțin mai mic decît diametrul găurii și lung de 10—15 cm, pe care îl ascuțiți la un capăt și îl căliți. Așezați apoi tabla astfel, ca locul unde doriți să faceți gaura să corespundă cu o gaură cu același diametru de pe profilul U, puneți dornul deasupra și loviți puternic cu ciocanul. După găurire, marginile găurii trebuie îndreptate cu ciocanul și pila, deoarece gaura iese puțin deformată.

*Filetarea găurilor* se face cu burghie speciale de filetat, denumite tarozi. Acestea se găsesc în comerț și este bine să vă procurați în special tarozi M3 și M4 pe care îi veți utiliza cel mai des. (În notația filetelor litera M reprezintă tipul filetelui — în acest caz M = metric, iar numărul — diametrul exterior al filetelui în mm.)

Dacă nu vă puteți procura tarozii, îi puteți improviza din șuruburi de oțel călit. Pentru aceasta, polițați șurubul astfel ca să devină puțin conic, apoi curățați cu un ac filetul rămas. După aceea piliți două canale, puțin mai adânci decât filetul, în lungul șurubului și îl căliți puternic. Veți obține astfel un tarod ca cel din figura 1.4.

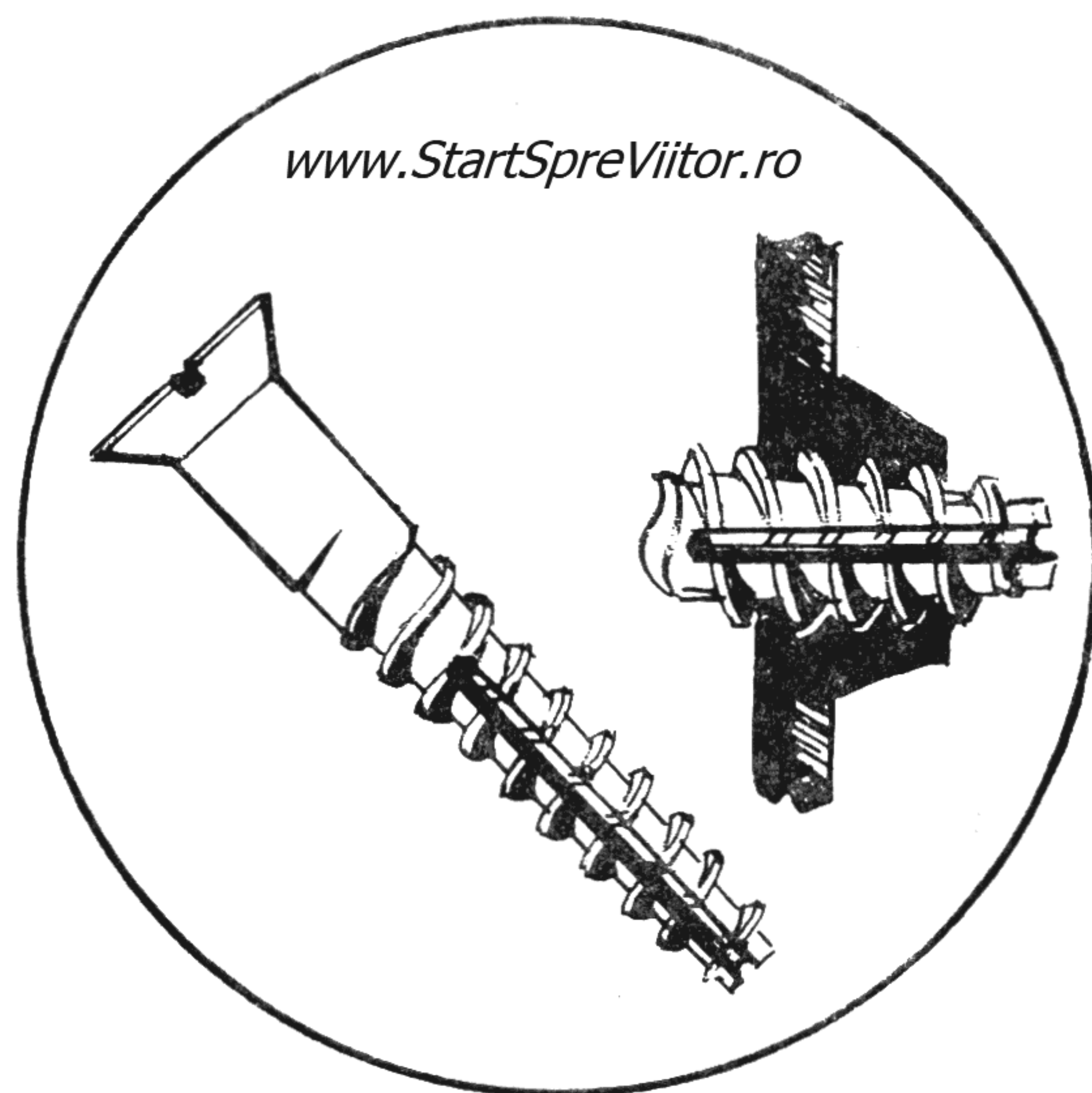


Figura 1.4. Tarodul

Pentru executarea unor găuri filetate în tablă se face o gaură cu diametrul mai mic decât al șurubului, apoi în ea se înșurubează forțat tarodul, care va tăia filetul necesar.

Cînd tabla este prea subțire, este bine ca gaura să fie făcută cu un dorn pentru a fi „trasă“, adică pen-

tru ca marginile găurii să fie răsfrînte ca în fig. 1.4. În felul acesta filetul se va forma pe o lungime mai mare de material și, deci, șurubul se va fixa mai puternic.

*Îndreptarea tablei* se va face pe nicovală, pe profilul U sau chiar pe un fier de călcat vechi fixat pe masă cu talpa în sus, lovind-o ușor cu ciocanul de lemn.

*Îndoirea tablei* sub un unghi oarecare se face folosind o bucată prismatică de fier. Dacă aveți menghină, operația se simplifică. Strîngeți tabla în menghină, avînd grija ca linia după care doriți să o îndoiți să se găsească la suprafața fălcilor, apoi îndoiiți tabla lovind-o ușor cu ciocanul de lemn.

Dacă doriți să îndoiiți tabla după o rază anumită, folosiți o tijă sau o bucată de țevă cu raza corespunzătoare, pe care o strîngeți cu menghina, împreună cu tabla de îndoit.

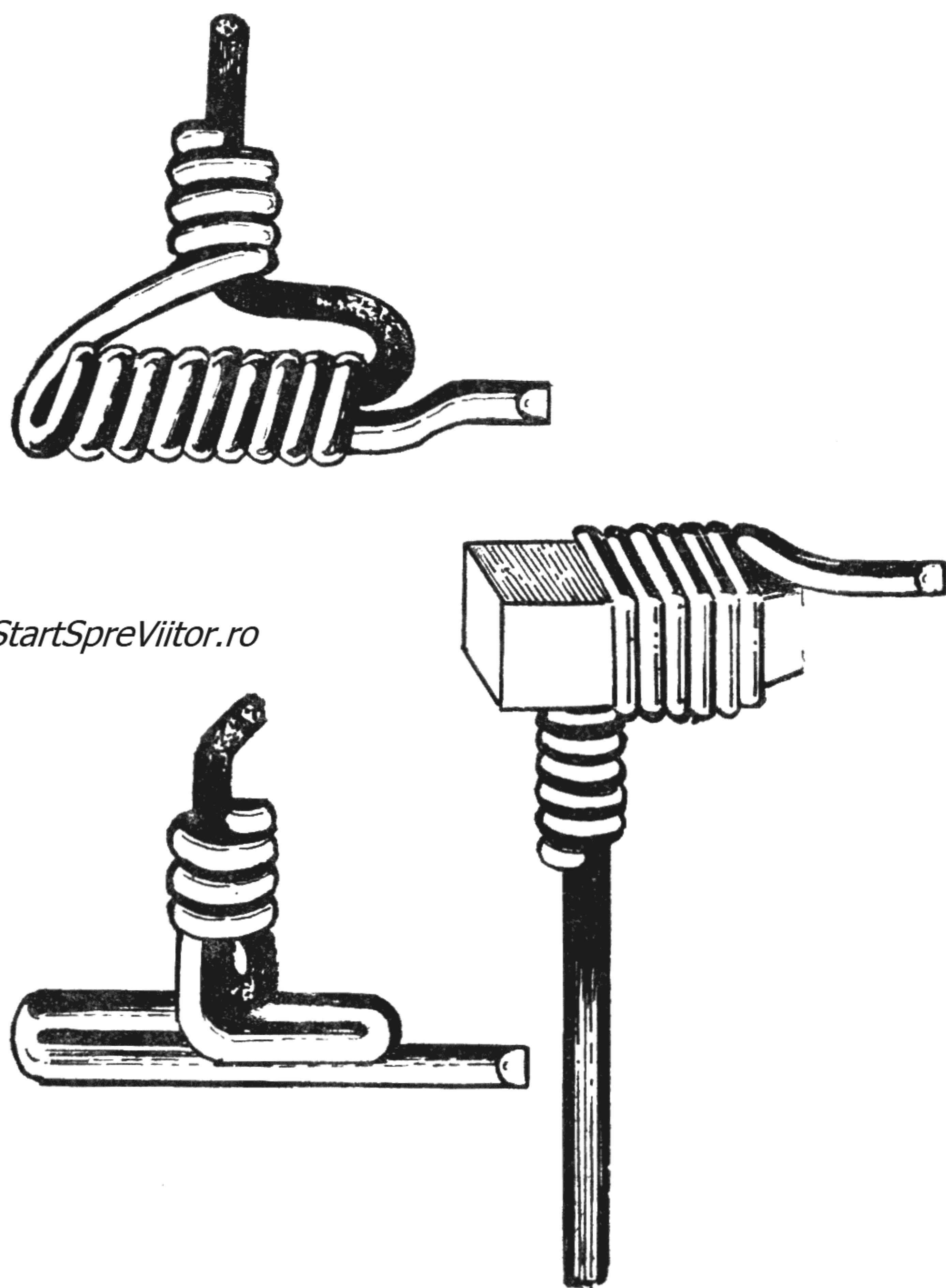
*Lipirea pieselor metalice.* Toate metalele, cu excepția aluminiului, despre care s-a vorbit, se pot îmbina prin lipire cu cositor. Operația este atît de simplă încît mulți o consideră prea ușoară și neglijează unele amănunte, ceea ce face ca lipitura să nu fie trainică. Pentru a realiza lipituri durabile, care să rămîna intacte chiar atunci cînd piesele lipite s-au deteriorat, trebuie îndeplinite trei condiții: Un ciocan de lipit *curat*, potrivit încălzit, o suprafață *curată* și un material de lipit *corespunzător*. Uneltele necesare pentru o lipitură normală sînt următoarele: ciocanul de lipit (simplu sau electric), o pilă, șmirghel, o perie de sîrmă și, eventual, o menghină pentru fixarea piesei.

Dacă nu aveți ciocan de lipit, vă puteți confecționa unul dintr-o bucată de cupru prismatică cu dimensiunile de  $80 \times 25 \times 24$  mm. Bucata de cupru se taie și se ajustează la unul din capete, astfel ca el să capete o formă ascuțită, trapezoidală. Pe una din

laturi se face o gaură în care se presează o tijă de fier de 30—40 cm, prevăzută cu un mâner de lemn.

Ciocanul descris mai sus are avantajul că nu se răcește repede, așa că odată încins se poate lucra cu el mai multă vreme. Totuși nu este destul de practic atunci când executați lipituri în locuri greu accesibile, de pildă la colțuri sau în interiorul unui aparat.

De aceea, în fig. 1.5., vă indicăm trei soluții pentru lipirea în locuri greu accesibile. Prima dintre acestea constă în înfășurarea în jurul ciocanului de lipit a unei sârme de cupru de 2—3 mm, cu un capăt ascu-



[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

Fig. 1.5. Lipirea în locuri greu accesibile

țit, care se va folosi la lipire. Celelalte două soluții din fig. 1.5 constau în realizarea unor ciocane de lipit din sîrmă de cupru, înfășurată direct pe o tijă de fier groasă de 5—6 mm.

Pentru efectuarea unei lipituri bune, ciocanul de lipit trebuie cositorit și curățat mereu de oxid, deoarece stratul de oxid joacă rolul unui izolator, împiedicînd trecerea căldurii la piesa de lipit. Curățirea și cositorirea se face ușor, folosind o bucată de țipirig (clorură de amoniu) și boabe mici de cositor care se pun în adîncitura făcută de ciocanul încălzit cînd se introduce în bucata de țipirig.

Materialul cu care se lipește este un aliaj de plumb cu cositor, în proporții egale, sau cu 60% cositor și 40% plumb, cel din urmă dînd lipituri mai solide.

Curățirea locului de lipit se face cu pila, șmirghelul sau cu peria de sîrmă. Tabla galvanizată sau tabla de zinc se curăță cu o soluție de clorură de zinc (apă tare stinsă — adică acid clorhidric în care s-au pus bucățele de zinc). După lipire, locul curățat trebuie spălat cu multă apă pentru a îndepărta soluția rămasă, deoarece aceasta corodează metalul.

Piesele de cupru sau alamă se curăță (după curățire cu șmirghelul) cu pastă decapantă. Aceasta conține un ulei vegetal, borat de sodiu și sacîz, care are proprietatea să dizolve oxizii și astfel să curețe locul.

Pentru lipirea pieselor mici și a conductorilor, ne putem chiar lipsi de ciocanul de lipit folosind o pastă care conține atît decapant cît și cositorul care are următoarea compoziție :

untură topită (fără apă)	. . . . .	35 g ;
ulei de dovleac rafinat	. . . . .	25 g ;
colofoniu (sacîz) pisat fin	. . . . .	20 g ;
țipirig pisat fin	. . . . .	10 g ;
cositor pilit fin	. . . . .	110 g ;

Pentru executarea lipiturii cu această pastă, se pune o mică cantitate din acest material (cît un bob de orez) pe locul de lipit — curăţat în prealabil — şi încălzim locul cu o lumînare sau, chiar, cu un chibrit. Pasta se topeşte, curăţă locul şi cositorul se lipeşte perfect.

Lipirea cu ciocanul nu este nici ea dificilă, dar cere o oarecare îndemînare. Parte din piesa care urmează a fi lipită trebuie încălzită la o temperatură, pe cît posibil, egală cu temperatura de topire a cositorului. Pentru aceasta se aplică ciocanul de lipit peste ambele piese care se îmbină, apoi se apropie bucata de cositor şi se topeşte puţin din el. Cositorul topit se întinde într-un strat uniform de-a lungul locului de lipit. După răcire, lipitura se curăţă cu pila şi şmirghelul, astfel ca să aibă un aspect frumos.

*Colorarea metalelor* pe cale chimică este, de asemenea, o operaţie simplă, dar care poate da aparatelor construite un aspect deosebit de atrăgător.

Colorarea oricărui metal începe prin curăţirea suprafeţei lui mai întîi cu un cuţit sau cu o perie de sîrmă şi apoi cu şmirghel fin. Urmează degresarea piesei, adică înlăturarea tuturor urmelor de grăsime de pe piesă, care se face introducînd-o în benzină sau frecînd-o bine cu un tampon înmuiat în benzină. În timpul acestei operaţii aveţi grijă să ţineţi geamul deschis şi să nu cumva să aprindeţi vreun foc prin apropiere, pentru că astfel este pericol de explozie şi incendiu.

O ultimă curăţire a piesei se face introducînd-o pentru cîteva secunde, pînă la un minut, într-o soluţie slabă de acid clorhidric diluat. Apoi piesa se spală bine cu apă, se usucă şi, în continuare, veţi avea grijă să nu o atingeţi cu degetele deoarece o veţi gresa din nou.

Piese de cupru se pot colora în diverse culori începînd de la galben pînă la negru. Colorarea se face

introducînd piesa într-o soluţie de sulfură de sodiu. Nuanţele între galben şi negru se obţin variînd concentraţia soluţiei (adică folosind o cantitate mai mare sau mai mică de sulfură de sodiu) şi timpul de menţinere a piesei în soluţie.

Piese din oţel se colorează în albastru închis fierbîndu-le într-o soluţie concentrată de bisulfid de sodiu la care se adaugă puţin acetat de plumb.

Piese de aluminiu le puteţi colora numai după ce le-aţi măţuit suprafaţa, introducîndu-le cîteva minute într-o soluţie slabă de hidroxid de sodiu (sodă caustică). După ce soda caustică a acţionat asupra aluminiului, piesa se spală de cîteva ori în apă caldă, apoi se colorează cufundînd-o într-o soluţie de colorant de anilină dizolvat în apă.

Pentru protejarea suprafeţelor metalice după colorare se întinde cu un tampon de vată o soluţie de şelac incolor sau slab colorat.

*Nichelarea* este, de obicei, o operaţie pretenţioasă, dar piese metalice mici, bine curăţate, se pot nichela cu ajutorul următorului amestec fin pulverizat :

— sulfat de nichel-amoniu . . . . .	80 g
— suflat de nichel . . . . .	50 g
— tartrat de sodiu . . . . .	35 g
— clorură de zinc . . . . .	35 g
— ţipirig . . . . .	15 g
— sare de bucătărie . . . . .	10 g
— carbonat de calciu (cretă) . . . . .	70 g
— pilitură de cupru . . . . .	35 g

În momentul utilizării, se ia puţin praf care se amestecă cu cîteva picături de apă, pînă devine o pastă, cu care se freacă metalul de nichelat pînă se formează la suprafaţă o pojghiţă lucitoare de nichel.

*Lemnul* este un material deosebit de util pentru realizarea diferitelor construcţii experimentale,

deoarece este suficient de rezistent și se prelucrează ușor. Lemnul este de diferite esențe, care se deosebesc prin caracteristicile lor de utilizare și de prelucrare.

*Bradul* este ușor, suficient de rezistent și ușor de prelucrat, în special în lungul fibrelor. În schimb, tăierea și geluirea lui perpendicular pe fibre este mai anevoioasă. În plus, colțurile ascuțite și capetele scîndurilor sau șipcilor de brad se fărîmițează ușor la prelucrare.

*Teiul* este indicat în special pentru confecționarea obiectelor mici. Fiind moale, se prelucrează ușor cu fierăstrăul, cu dalta sau cu cuțitul. Nu se fărîmă pe margini și nu crapă, dar se despică greu. Dacă nu vă puteți procura lemn de tei, acesta poate fi înlocuit cu lemn de plop care are proprietăți asemănătoare.

*Stejarul* se folosește pentru confecționarea pieselor care trebuie să aibă o rezistență mai mare. Este compact, tare și mai greu decât bradul și teiul. Se poate totuși prelucra prin metodele obișnuite, dar cere un efort fizic mai mare.

*Prelucrarea lemnului.* Materialul lemnos se găsește sub formă de scînduri groase de 2—8 cm, late de 8—40 cm și lungi de 1—6 m sau sub formă de foi de placaj gros de 2—10 mm.

Scîndurile se taie de obicei cu fierăstrăul de mîna (coadă de vulpe). Scîndura subțire de tei și placajul se taie cu fierăstrăul de traforaj. Veți observa că pînza de traforaj se rupe foarte ușor, mai ales cînd se lucrează numai cu o porțiune a pînzei. Pentru ca pînza să taie ușor și să nu se rupă, trebuie fixată în fierăstrău cu dinții în jos și unsă cu puțin săpun. Direcția dinților o aflăm ușor, trecînd degetul de-a lungul pînzei.

Suprafața scîndurilor și a pieselor de lemn se curăță și se îndreaptă cu rindeaua. În continuare, suprafețele se finisează cu glaspapir.

O atenție deosebită trebuie dată la îmbinarea pieselor care vor forma un aparat. Îmbinarea pieselor de lemn se face prin lipire. Pentru lipire se recomandă să folosiți „Aracetin“, adeziv care se găsește în comerț. Suprafețele de îmbinat ale pieselor care se lipesc se ung cu „Aracetin“, după care se presează una de alta cu ajutorul unor șuruburi de traforaj și se țin în contact strîns pînă ce adezivul se usucă. Dacă nu aveți suficiente șuruburi și doriți să întăriți îmbinarea, o veți asigura cu cîteva ținte sau cuie subțiri. Finisarea suprafețelor obiectelor din lemn se face prin vopsire sau lăcuire. În vederea lustruirii, suprafețele se îndreaptă cu glaspapir. Dacă suprafețele au găuri sau crăpături le astupați cu chit, pe care-l preparați amestecînd ipsos cu puțină vopsea de ulei. Suprafețele se acoperă apoi cu baiț și se ung cu un amestec format dintr-o parte benzină, o parte ceară și cîteva picături de petrol lampant. Amestecul se prepară astfel : se topește ceara, se ia de pe foc și după ce se răcește pînă poate fi atinsă cu mîna se adaugă benzina, amestecînd mereu. *Atenție ! Nu țineți benzina lîngă foc și nu lucrați cu ea decît după ce ați stins focul.* Petrolul se adaugă la urmă. Pasta formată se păstrează într-o cutie de tablă închisă er-

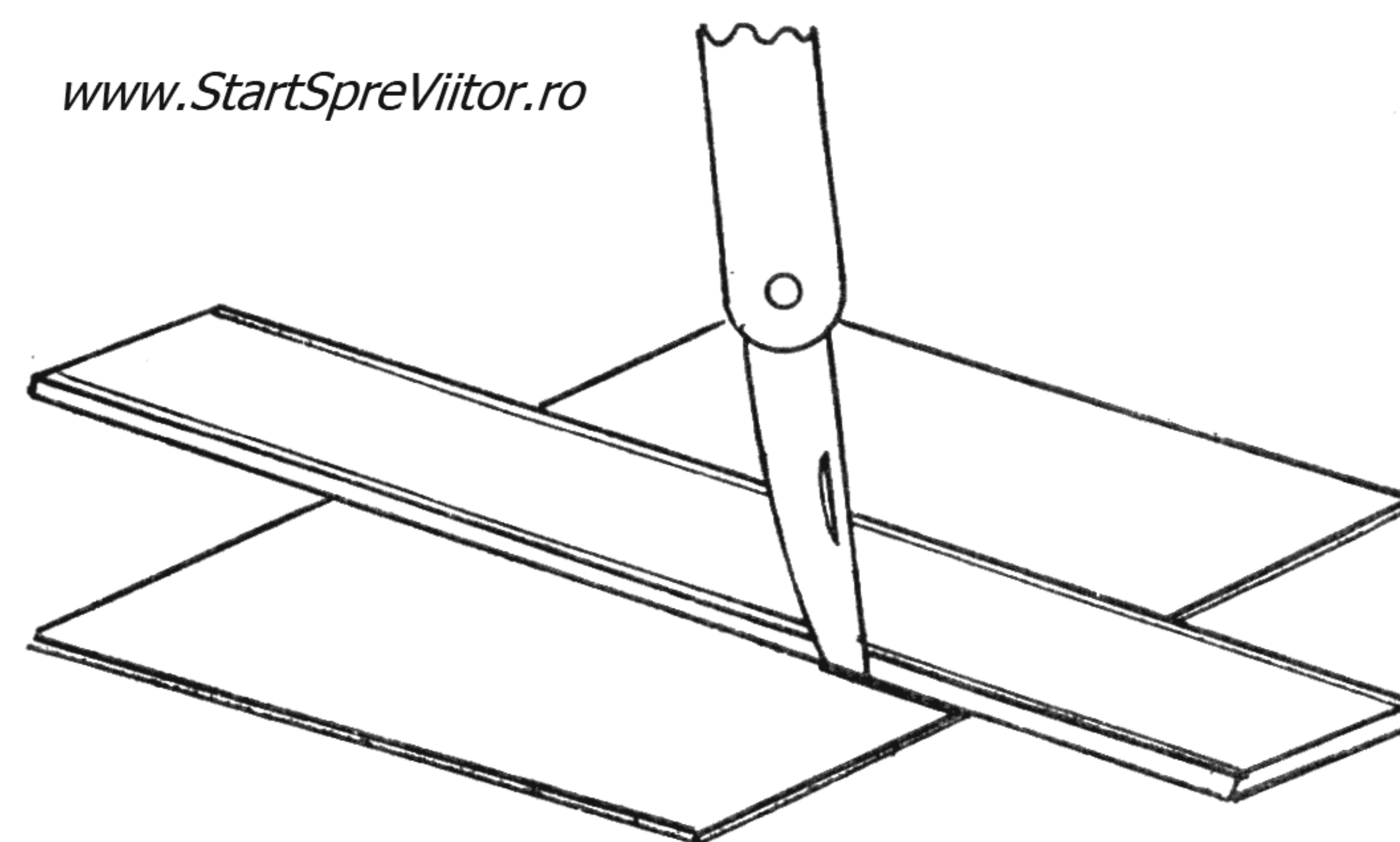


Figura 1.6. Tăierea cartonului cu rigla de lemn



metic ca să nu se evapore benzina. Peste stratul de ceară se aplică un altul de șelac dizolvat în spirt, cu un tampon de vată, frecînd foarte ușor. Cu cît șelacul este mai subțire, cu atît stratul depus va fi mai lucitor și mai rezistent.

*Cartonul, hîrtia și materialele plastice*, materialele accesibile și ușor de prelucrat, le veți folosi destul de des în experiențele demonstrative pe care le veți face.

Cartonul se taie folosind un briceag sau un cuțit bine ascuțit și o riglă metalică. Rigla se așază pe locul de tăiat și apoi se trage de cîteva ori cu briceagul de-a lungul ei. Pentru a nu tăia și masa de lucru, trebuie să se pună sub cartonul de tăiat o bucată de scîndură sau alt carton. Dacă nu aveți riglă metalică, puteți folosi una de lemn, dar în acest caz, pentru a nu ciupi marginea riglei, veți introduce vîrfurile cuțitului într-un băț de chibrit.

Găurile mici se fac în carton cu sula, iar cele mai mari cu o preducea de oțel, care are gaura centrală egală cu gaura care trebuie făcută în carton. Găurirea se face așezînd preducea peste locul de găurit, după care preducea se lovește cu ciocanul pînă se taie gaura.

Din hîrtie se vor executa diferite modele și carcase cilindrice. Cilindrii de hîrtie se confecționează astfel : se ia o baghetă rotundă, cu diametrul corespunzător dimensiunii cilindrului și se freacă cu talc sau praf de cretă. Se înfășoară bagheta o singură dată, cu o foaie de hîrtie, apoi se unge hîrtia cu „Aracetin“ și se înfășoară în continuare, de 5—6 ori. Cilindrul se scoate de pe baghetă după ce s-a uscat „Aracetinul“.

Materialele plastice mai des folosite în experiențe sînt : plexiglasul, ebonita, bachelita și celuloidul. Acestea se pot tăia cu fierăstrăul de traforaj sau, cînd sînt subțiri, cu o foarfecă obișnuită. Găurirea lor se face cu burghie pentru metal.

Plexiglasul și celuloidul se pot îndoi pe o formă cilindrică, după ce au fost înmuiate prin încălzire, pe o plită electrică sau în apă caldă.

*Sticla* se va folosi sub formă de tuburi sau plăci, în construcția cîtorva aparate. Subțierea unui tub sau tăierea lui, precum și găurirea plăcilor de sticlă sînt operații ușoare care, totuși, necesită îndemînare. Tăierea unui tub de sticlă cu diametrul pînă la 10 mm se execută astfel : se zgîrie locul unde trebuie să se facă tăietura, cu muchia ascuțită a unei pile, cam pe  $1/6$  din circumferința tubului, pînă apare o creștătură albă. Se înfășoară apoi tubul cu o cîrpă pentru a vă feri de cioburile care ar putea sări și se apucă tubul astfel ca degetele mari să vină simetrice de o parte și de alta a creștăturii ; apoi, printr-o mișcare bruscă, frîngeți tubul, care se taie după creștătura făcută.

Tăierea tuburilor cu diametrul mai mare de 10 mm este ceva mai complicată. Ea poate fi executată cu ajutorul unei sîrme de cupru groasă de 1,5—3 mm, îndoită în formă de semicerc și fixată într-un suport de lemn. Pentru tăiere se zgîrie cu muchia pilei tubul de jur împrejurul locului de tăiere, apoi se încălzește semicercul de sîrmă la o flacără puternică. După ce semicercul s-a înroșit, se așază tubul cu creștătura exact pe el, apăsîndu-l ușor și rotîndu-l încet cu ambele mîini, avînd grijă să nu-l deplasăm din loc. Tubul se va crăpa în locul însemnat.

Îndoirea tuburilor subțiri se face țînînd cu ambele mîini tubul în flacăra lămpii de spirt și răsucindu-l continuu în jurul axei sale. În momentul cînd tubul se înmoaie și începe să se îndoie de la sine, se scoate din flacăra și se îndoie printr-o mișcare lină, ridîndu-i capetele în sus.

Tuburile cu diametrul mai mare se îndoie procedînd la fel, dar înainte de încălzire le veți umple cu

nisip uscat și cernut, avînd grijă să-i astupați capetele cu dopuri.

Pentru a face unui tub un vîrf subțiat se procedează în felul următor : se introduce tubul în flacără și se rotește continuu pînă ce sticla se înmoaie, apoi se scoate afară din flacără și se trage de ambele capete, cu intensitate egală, învîrtind tot timpul tubul.

După ce tubul a fost „tras“ se ține în mîini pînă se răcește apoi se taie cu atenție.

Cu aceasta, cele cîteva sfaturi se încheie. Mai rămîne să vă atragem atenția asupra ordinii depline și curățeniei care trebuie să domnească în laborator. Găsiți fiecărei scule și material locul său, căci numai astfel veți economisi timpul pierdut cu căutarea unei scule cu care ați lucrat chiar adineauri și pe care ați pus-o bine, dar... De asemenea, lucrați cu atenție și respectați regulile de protecție a muncii, atît cele prezentate în lucrare, cît și cele învățate la școală.

## 2. EXPERIENȚE DE MECANICĂ

Mișcarea este una din proprietățile cele mai evidente ale materiei. Folosindu-și mușchii, omul poate mișca anumite părți ale corpului său și se poate deplasa dintr-un loc în altul, poate produce mișcarea altor corpuri.

Oricine știe și a simțit că, pentru punerea și menținerea în mișcare a unui corp, este necesar un efort, iar după ce efortul încetează, mișcarea se oprește. Ce poate fi, deci, mai firesc decât ipoteza că mișcarea este ceva care reclamă un efort și că ea se menține numai atât timp cât se depune efortul respectiv? Această idee pare atât de naturală, încât enunțarea ei de către Aristotel a fost suficientă pentru ca de-a lungul secolelor să fie acceptată de toată lumea.

Există însă și o dovadă a contrariului, pe care oricine o poate vedea, și anume cazul corpurilor aruncate oblic. Potrivit legii aristotelice, acestora li se imprimă un impuls, care durează un timp oarecare și în care corpul se ridică. După aceea corpul ar trebui să cadă, pur și simplu, pe verticală, ori el se deplasează, în realitate, tot timpul după o traiectorie curbă. Dar nimeni nu a folosit teoria lui Aristotel pentru a explica traiectoria proiectilelor. Toți s-au mulțumit să constate că traiectoria este curbă. Toți, cu excepția lui Galileo Galilei. El și-a afirmat convingerea că o deducție teoretică e necesar să fie verificată prin experiență și trebuie să fi încercat satisfacții deosebite de mari, constatând că ideile sale sînt confirmate de experiență și că rezultatele experiențelor sale generează idei noi.

Prima contribuție importantă a lui Galilei la tezaurul științei a fost ideea că mișcarea nu are impor-

tanță prin sine însăși. Într-adevăr, un om aflat într-un vehicul închis nu poate să știe dacă acesta se mișcă sau nu, atîta vreme cît vehiculul are o mișcare uniformă; el poate însă simți schimbările stării de mișcare.

Ca să vă convingeți de aceasta puteți face o experiență simplă, folosind o bucată de tablă subțire (de cutie de conservă), patru roți de plastic luate de la una din mașinuțele voastre stricate, cu axele lor, o bucată de elastic și puțină plastilină. Cu aceste materiale veți construi un mic cărucior.

Începeți, decupînd cu foarfeca, din tablă, căruciorul la dimensiunile din fig. 2.1 și îndoiți cele două capete și cele patru urechi prin care vor trece axele roților. Se montează apoi prin presare, pe fiecare axă, cîte o roată, se introduc axele prin găurile urechilor și se montează și celelalte două roți pe axe. Elasticul rotund cu diametrul de 2—3 mm și lung de circa 100 mm se introduce prin găurile cu diametrul de 3 mm, se întinde, nu prea tare și se înnoadă la capete. Pe mijlocul elasticului se modelează din plastilină o bilă cu diametrul de circa 20 mm. După ce prin gaura cu diametrul de 2 mm se trece o bucată de sfoară înnodată la capăt, primul nostru dispozitiv experimental este gata.

Pentru a demonstra principiul inerției, intuit de Galilei, trageți ușor și lin căruciorul pe masa din laborator, privind cu atenție bila de plastilină. Veți observa că, după ce în momentul pornirii aceasta rămîne puțin în urmă, cînd mișcarea devine uniformă, adică cu viteza constantă, bila revine în poziția pe care o avea în repaus și rămîne în această poziție

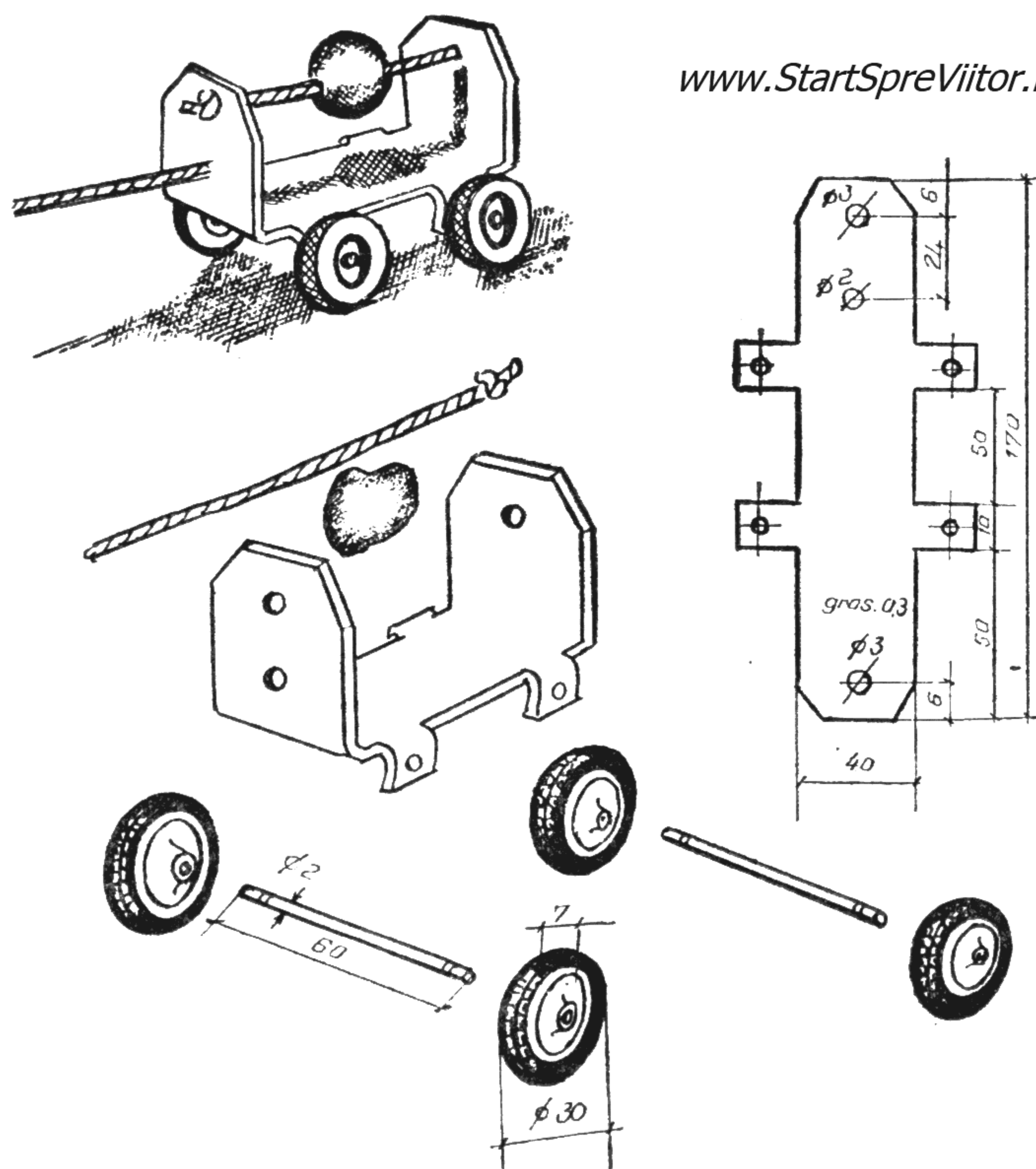


Fig. 1.2. Demonstrarea principiului inerției

pînă la oprire, cînd o ia puțin spre înaintea căruciorului. Deci, pentru bila montată pe cărucior este indiferent dacă acesta din urmă se mișcă cu viteză constantă sau se află în repaus, dar „simte” modificările stării de mișcare, respectiv pornirea, adică trecerea de la repaus la mișcarea uniformă și oprirea, adică trecerea de la mișcarea uniformă la repaus. Mărimea caracteristică schimbării mișcării nu este viteza ci accelerația, adică variația vitezei. După înțelegerea acestui adevăr, Galilei s-a găsit în fața unei noi dificultăți : ce anume se înțelege prin accelerație ? O modificare a vitezei în raport cu timpul sau cu distanța ? Pentru noi această întrebare nu mai constituie o problemă. Știți acum cu toții că accelerația prezintă variația vitezei în raport cu timpul, dar

în sec. al XVI-lea, acest lucru nu era deloc lămurit și este interesant de urmărit cum a raționat Galilei, pentru a rezolva această problemă ; dacă accelerația ar reprezenta variația vitezei în raport cu distanța, atunci un corp care se deplasează din repaus cu accelerație constantă și care atinge, după parcurgerea unei anumite distanțe de referință, o anumită viteză, după parcurgerea unei distanțe duble ar atinge o viteză dublă. Dar cum timpul de parcurgere a unei distanțe este egal cu raportul dintre distanță și viteză, înseamnă că atît distanța de referință cît și distanța dublă se parcurge în același timp, ceea ce este, evident, absurd. Deci, accelerația nu poate reprezenta decît variația vitezei în raport cu timpul. Acest raționament nu este riguros corect, pentru că se confundă viteza finală cu viteza medie, dar a condus, totuși, la o concluzie viabilă. Această concluzie era o concluzie teoretică, și Galilei ca un adevărat fizician modern, n-a considerat-o valabilă pînă n-a verificat-o experimental. Modul cum a procedat și în această situație constituie, de asemenea, un exemplu care ilustrează foarte bine ingeniozitatea de care trebuie să dea dovadă oamenii de știință.

Mai întîi, pentru a efectua experiența, Galilei a trebuit să realizeze o mișcare uniform accelerată, și aceasta constituia o problemă dificilă, dar Galilei a înlăturat-o, intuind că un corp în cădere liberă se deplasează cu accelerație constantă, astfel că nu avea altceva de făcut decît să măsoare timpii și distanțele căderii libere. Totuși și timpul era greu de măsurat, deoarece încă nu se inventaseră cronometrele. De aceea, Galilei a născocit un mijloc de încetinire a procesului, făcînd corpul să se miște în jos pe un plan ușor înclinat, modificînd astfel numai ordinul de mărime al mișcării. Pentru măsurarea timpului a folosit alt mijloc ingenios. A luat un vas plin cu apă, pe care a lăsat-o să se scurgă printr-un tub subțire și a cîntărit apa scursă în timpul deplasării corpului de la un punct de referință la altul. A constatat că distanța este proporțională cu pătratul timpului, ceea

ce corespunde unei accelerații uniforme. Presupunerea sa se verificase.

Puteți reface și voi experiența lui Galilei, privind mișcarea uniformă accelerată într-o variantă chiar mai perfecționată. Pentru aceasta aveți nevoie de o bucată de scîndură groasă de 20 mm, lungă de 1,5—2 m și lată de 100 mm, un bloc de lemn de  $100 \times 200 \times 200$  mm, o fișie de hîrtie milimetrică, o cutie cilindrică de plastic transparentă, cu capac etanș, ca cele pentru medicamente, cu diametrul de 60 mm și înălțimea de 15 mm, puțină bandă adezivă și căruciorul pe care l-ați confecționat deja. Operația cea mai delicată constă în transformarea cutiei din plastic în picurător ; pentru aceasta veți găuri fundul cutiei, într-un punct aflat cît mai aproape de peretele său lateral, cu un ac înroșit în foc. Gaura trebuie să aibe un diametru de circa 1 mm, astfel ca atunci cînd cutia este umplută cu cerneală și are capacul scos, prin gaură să se scurgă cîte o picătură de cerneală la un interval de timp egal cu aproximativ o secundă. Atunci cînd se închide cutia cu capacul cerneala nu se scurge, deoarece asupra ei nu mai apasă presiunea atmosferică îndreptată de sus în jos. După ce ați netezit suprafața scîndurii, lipiți pe fața netedă, lîngă una dintre margini, o fișie de hîrtie milimetrică lată de 20 mm (fig. 2.2). În continuare, tăiați blocul de lemn cu fierăstrăul după o diagonală a feței  $100 \times 200$  mm, astfel ca să obțineți o pernă de lemn ale cărei fețe le neteziți.

Puneți picurătorul pe cărucior, astfel ca gaura prin care se scurg picăturile să se afle în afara marginilor căruciorului și asigurați-l cu două bucățele de bandă adezivă. Umpleți picurătorul cu cerneală, ținînd gaura de picurare astupată și puneți-i capacul. Așezați scîndura pe pana de lemn, ca în fig 2.2, formînd un plan înclinat și dați drumul căruciorului pe acest plan. Modificați înclinarea planului, așezîndu-l mai sus sau mai jos pe pană, pînă cînd reușiți să-l reglați astfel ca o coborîre a căruciorului să dureze circa 4 secunde. Puneți acum căruciorul la partea supe-

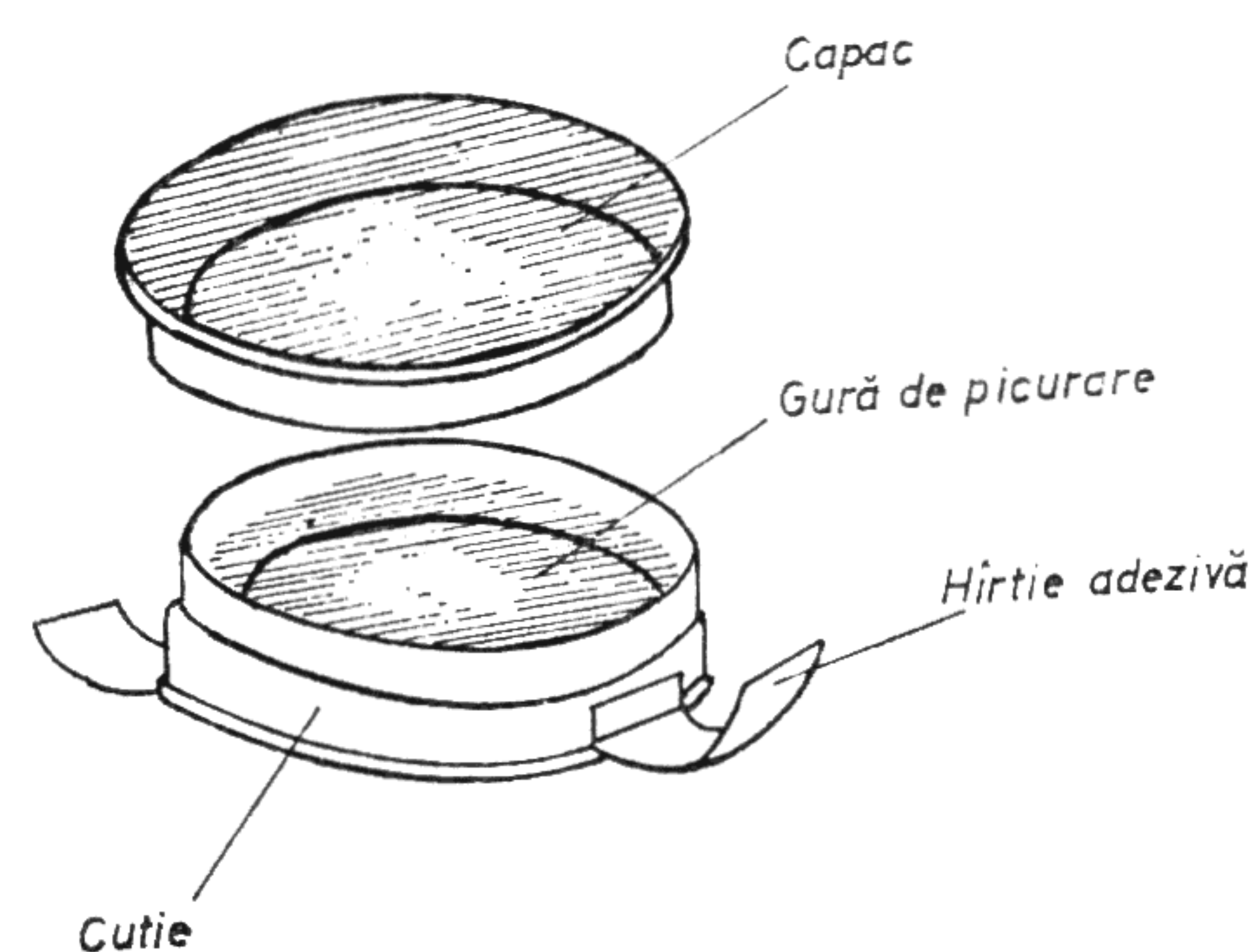
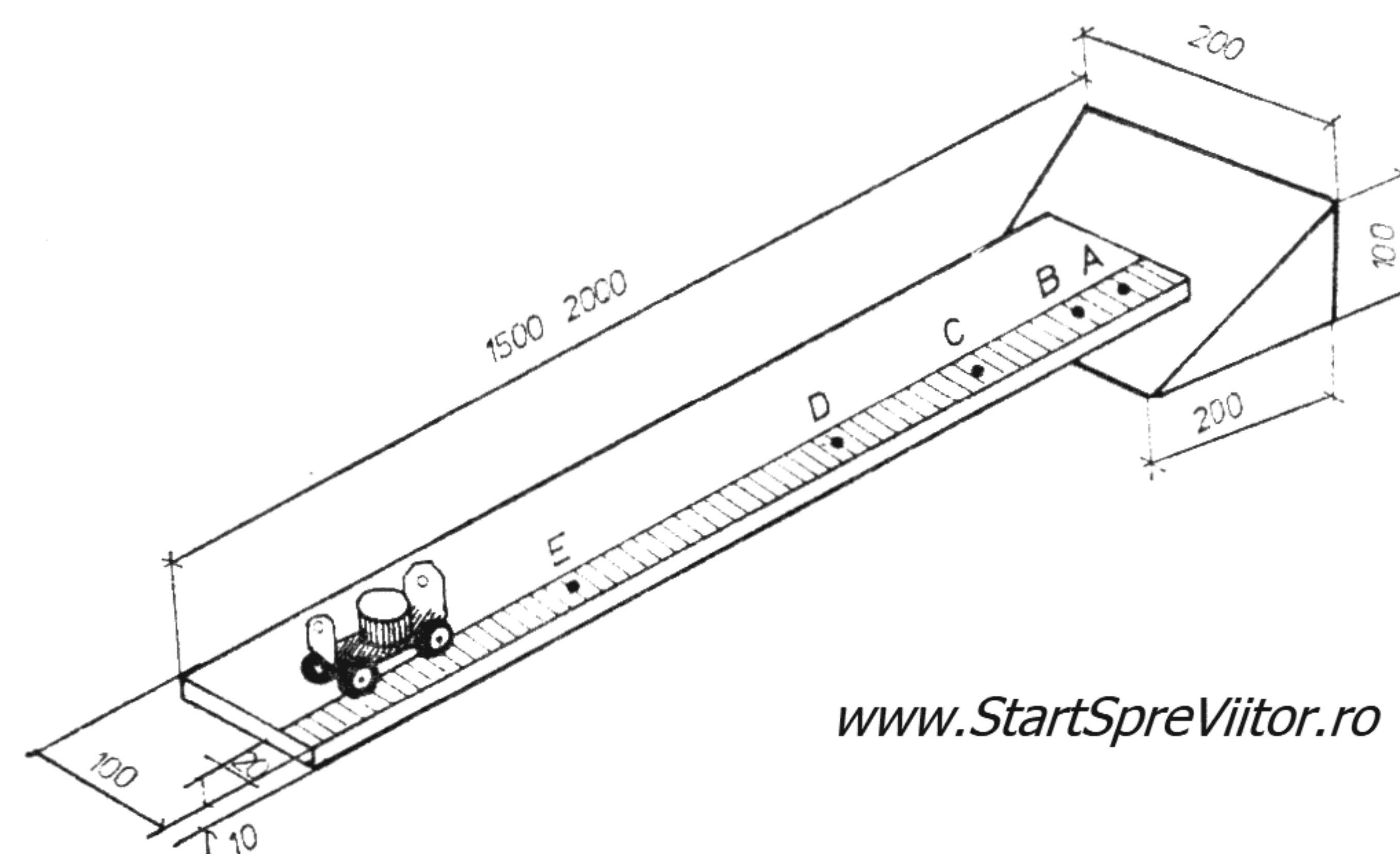


Fig. 2.2. Mișcare uniform accelerată

rioară a planului înclinat astfel ca gaura de picurare să se afle deasupra benzii de hîrtie milimetrică. Scoateți capacul picurătorului și dați-i drumul pe plan. În timpul mișcării din picurător vor cădea picături de cerneală pe banda de hîrtie milimetrică. După ce căruciorul a parcurs tot planul, puneți capacul picurătorului și lăsați să se usuce picăturile de cerneală. Măsurați, apoi, distanțele dintre picături. Veți constata că distanțele

$AC = 4AB = 2^2AB$ ,  $AD = 9AB = 3^2AB$  și  $AE = 16AB = 4^2AB$  ; picăturile au căzut la intervale de timp egale, ceea ce înseamnă că timpul pentru parcurgerea lui AC este egal cu dublul celui necesar pentru parcurgerea lui AB.  $t_{AC} = 2 \cdot t_{AB}$  și  $t_{AD} = 3 \cdot t_{AB}$  și  $t_{AE} = 4 \cdot t_{AB}$ . Aceasta înseamnă că distanțele variază

direct proporțional cu pătratul timpului. Vitezele  $v_{AC} = \frac{AC}{t_{AC}} = \frac{2^2 AB}{2t_{AB}} = 2 \frac{AB}{t_{AB}} = 2 \cdot v_{AB}$  și la fel  $v_{AD} = 3 \cdot v_{AB}$  și  $v_{AE} = 4 \cdot v_{AB}$ . Deci în fiecare secundă, viteza variază cu mărimea constantă  $\Delta v = v_{AC} - v_{AB} = v_{AD} - v_{AC} = v_{AE} - v_{AD} = v_{AB}$ ; variația vitezei în raport cu timpul fiind constantă, înseamnă că mișcarea se face cu accelerație constantă, viteza sa fiind  $v = a \cdot t$  și distanța parcursă  $s = \frac{a \cdot t^2}{2}$ . Iată deci,

cum pe cale experimentală am ajuns la o lege teoretică foarte cunoscută, dar și foarte importantă. N-am lămurit însă fenomenul pe care concepția lui Aristotel nu-l putea explica și care l-a determinat pe Galilei să-i atace teoriile și anume traiectoria curbă a corpurilor aruncate. Pentru a putea studia această mișcare, să mai facem o experiență : De data aceasta este necesară o planșetă cu dimensiunile de  $700 \times 500$  mm, două blocuri de lemn cu dimensiunile  $500 \times 200 \times 100$  mm și respectiv  $120 \times 50 \times 20$  mm, o foaie de hîrtie de desen, o bilă de metal cu diametrul de 10—15 mm și o bucată de placaj subțire de 2—3 mm.

Pentru efectuarea experienței aveți de confecționat, mai întîi „lansatorul“, format din pana de lemn cu dimensiunile de  $120 \times 50 \times 20$  mm și cei doi pereți de placaj cu dimensiunile din fig. 2.3. După ce decupați piesele, neteziți pana și finisați muchiile pereților, lipiți piesele componente cu Aracet, le presați cu greutate și le lăsați să se usuce 1/2—1 oră.

Prindeți hîrtia de desen pe planșetă cu cîteva pioane sau cîteva bucățele de hîrtie adezivă, așezați lansatorul în partea din stînga sus a planșetei, ca în fig. 2.3. și, după ce muiati bila în cerneală, așezați-o pe lansator și dați-i drumul ; bila se va rostogoli pe hîrtia de desen, marcîndu-și traiectoria curbă cu cerneală (Fig. 2.3).

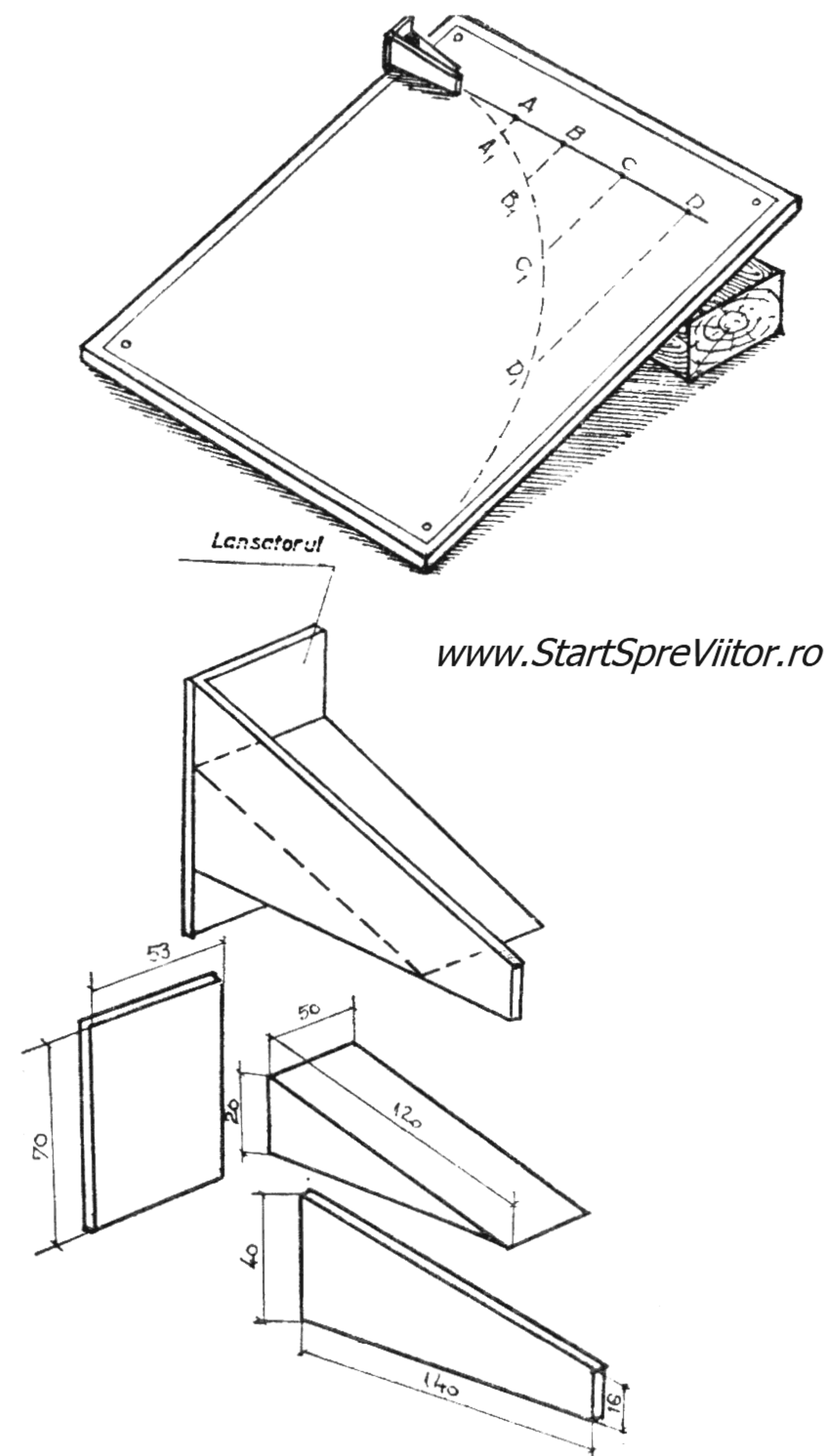


Fig. 2.3. Aruncarea pe orizontală

După terminarea experienței, trasați o linie orizontală dreaptă din punctul unde bila a părăsit lansatorul și pornind de pe această linie, mai multe drepte verticale, notate cu  $AA_1$ ,  $BB_1$ ,  $CC_1$ , etc. Măsurînd distanțele verticale  $AA_1$ ,  $BB_1$ , ..., veți observa că  $BB_1 = 2^2 AA_1$ ,  $CC_1 = 3^2 AA_1$ , adică veți constata că între aceste distanțe există aceeași relație ca și între distanțele caracteristice căderii libere a corpurilor, numai că dacă bila ar fi căzut liber, distanțele s-ar fi măsurat pe aceeași verticală, care ar fi

constituit și traiectoria sa. Deci în cazul aruncării pe orizontală, bila cade liber, dar în același timp se și deplasează pe orizontală pe direcția dreptei ABCD. Pentru că distanțele AB, BC, CD, ..., sînt egale între ele, mișcarea orizontală este uniformă, adică se face cu viteză constantă. Din compunerea acestor două mișcări rezultă traiectoria sa curbă. Faptul că aruncarea pe orizontală este o mișcare compusă din două mișcări simple (mișcarea uniformă orizontală și căderea liberă) care se petrec în același timp, poate fi demonstrat și cu ajutorul altei experiențe simple. Pentru această experiență aveți nevoie de două bucăți de scîndură cu dimensiunile de  $200 \times 60 \times 20$  mm și  $80 \times 50 \times 20$  mm, un cui lung de 40—50 mm, un cartonaș de  $30 \times 40$  mm și două bile de metal sau lemn cu diametrul de circa 20 mm.

În centrul scîndurii mici veți face o gaură cu diametrul mai mare cu 1 mm decît al cuiului și apoi, după ce treceți cuiul prin această gaură, îl veți bate în scîndura mare astfel ca unul dintre colțurile scîndurii mici să se suprapună cu unul dintre colțurile cele mari. Cuiul nu va fi bătut complet, pentru a permite rotirea liberă a scîndurii mici. După realizarea dispozitivului, îl prindeți cu ajutorul unui șurub de traforaj, la marginea unei mese, rotiți scîndura mică cu  $30\text{—}40^\circ$  în sensul acelor de ceasornic, prindeți cartonașul între cele două scînduri și așezați una dintre cele două bile pe cartonaș și cealaltă pe scîndura mare, ca în fig. 2.4. ; rotind acum, brusc, scîndura mică în sens invers acelor de ceasornic, bila de pe scîndura mare va fi aruncată orizontal și, simultan, cea de pe cartonaș va cădea liber. Veți observa că amîndouă bilele, deși se mișcă pe traiectorii diferite, ating podeaua în același moment. Acest fenomen demonstrează că indiferent dacă se compune cu o altă mișcare — respectiv mișcarea uniformă pe orizontală — sau nu, căderea liberă se supune aceluiași legi. Această concluzie este, de fapt, mai generală, fiind cunoscută sub numele de *principiul acțiunilor simultane*, care specifică că orice mișcare simplă se

efectuează respectînd aceleași legi, indiferent dacă se compune cu alte mișcări sau este singulară. Principiul este important pentru că permite determinarea mișcărilor complicate prin studierea și suprapunerea unor mișcări simple.

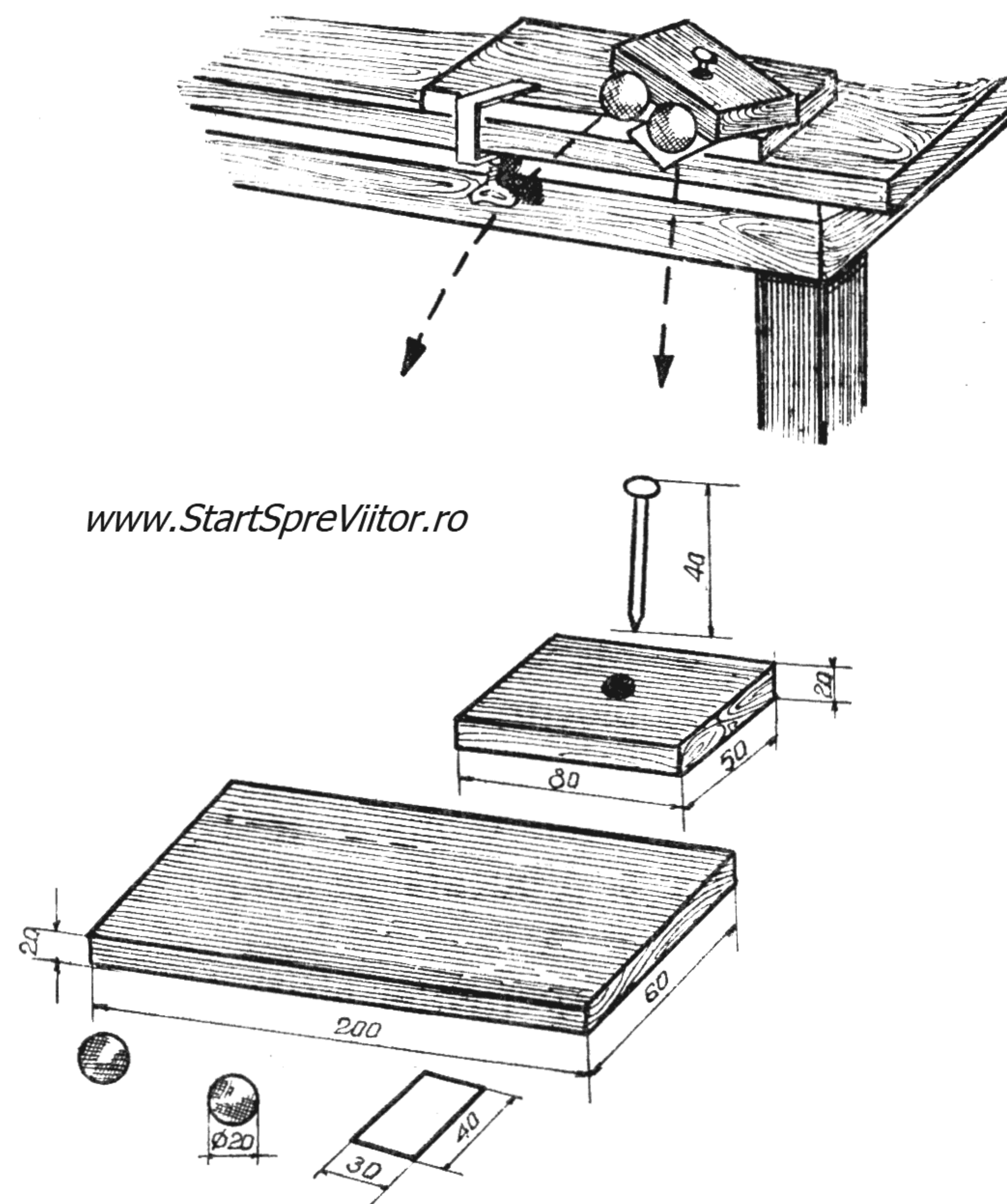


Fig. 2.4. Principiul acțiunilor simultane

Aruncarea corpurilor nu este însă singura mișcare care se efectuează după o traiectorie curbă. O asemenea traiectorie o are și mișcarea circulară, adică cea care se face după un cerc. Să încercăm să o explicăm și pe aceasta cu ajutorul unei experiențe simple. Pentru aceasta veți folosi din nou planșeta de lemn cu dimensiunile  $500 \times 700$  mm, o minge de ping-pong, o coală de desen, un cui, o bucată de ață

și o cutie de chibrituri. Găuriți cu un ac înroșit în foc mingea de ping-pong, făcând două găuri diametrice. Cu un ac de cusut treceți ața prin cele două găuri. Faceți la unul din capetele aței un nod suficient de mare ca să nu poată trece prin găuri și trageți de celălalt capăt pînă cînd nodul ajunge lîngă gaură. Întindeți coala de desen pe planșetă și fixați-o în pioane sau cu hîrtie adezivă. În centrul planșetei înfigeți un ac sau o pioneză de care legați capătul liber al aței, astfel ca lungimea acesteia să fie de 200—250 mm. Muiati mingea de ping-pong în cerneală, așezați-o pe planșetă și puneți-o în mișcare, lovind-o cu degetul ca în fig. 2.5. După ce mingea face o rotație, ardeți ața cu un chibrit. Fiind muiată

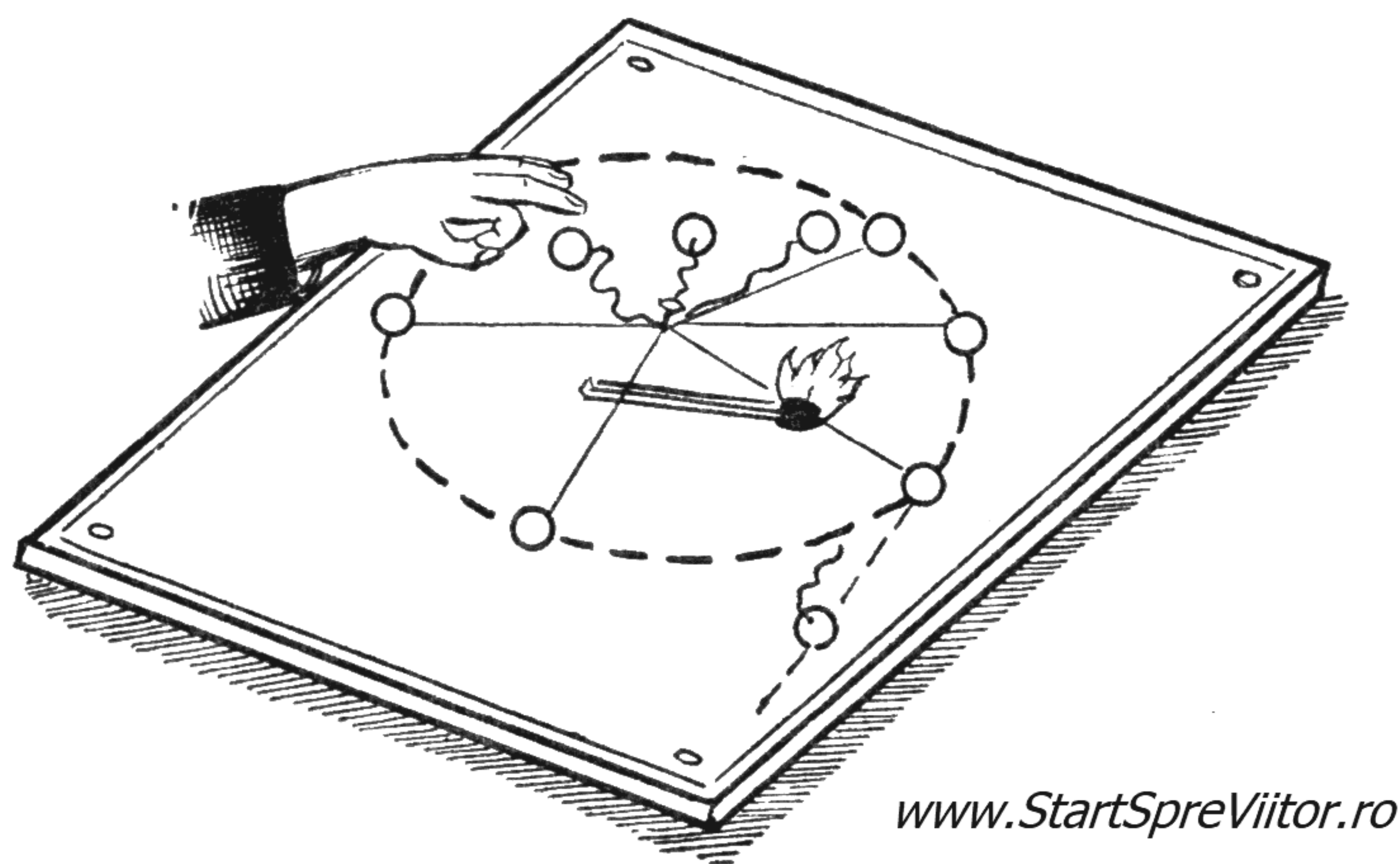


Fig. 2.5. Mișcarea circulară

în cerneală, mingea și-a trasat pe coala de desen traiectoria, astfel că va fi ușor să observați cum s-a mișcat. La început, cîtă vreme ața n-a fost întinsă mingea s-a mișcat rectiliniu. După ce sfoara a fost întinsă, mingea a descris un cerc, pentru ca atunci cînd sfoara a ars, să se miște din nou rectiliniu, după tangenta la cerc. Este, deci, ușor de constatat că atîta timp cît mingea a fost liberă — adică nu s-a aflat sub acțiunea firului de ață, acesta fiind neîntins sau ars — ea s-a deplasat rectiliniu ; în schimb, atîta

timp cît mingea se află sub acțiunea firului întins, ea se mișcă după o traiectorie curbă, circulară. Ați observat, deja, în cazul aruncării orizontale, că o traiectorie curbă apare atunci cînd mișcarea este influențată de o accelerație. La aruncarea orizontală, această accelerație era cea a căderii libere, accelerație gravitațională. Dar, în cazul mișcării circulare, ce accelerație poate apărea ? Ca să înțelegeți despre ce este vorba, reamintiți-vă că accelerația reprezintă variația vitezei în raport cu timpul ; înseamnă că viteza a variat într-un anumit fel. Viteza, fiind însă o mărime caracterizată nu numai de valoarea sa ci și de direcția și sensul pe care le are, poate varia fie în valoare, ca în cazul aruncării orizontale, fie ca direcție sau sens. La mișcarea circulară, firul de ață obligă mingea să se miște după un cerc, deci să-și schimbe continuu direcția, astfel că accelerația, numită în acest caz *accelerație centripetă*, reprezintă variația direcției vitezei în unitatea de timp.

Iată, deci, cum o mișcare care se efectuează cu o viteză constantă ca valoare, este în realitate supusă unei accelerații care modifică direcția vitezei și aceasta se datorește faptului că viteza este o mărime *vectorială* caracterizată, pe lîngă valoare, și de direcție și sens.

Aceste noțiuni fundamentale din mecanică au fost stabilite de către Galilei, dar care nu le-a consemnat pe toate, iar cele păstrate nu se găsesc în forma pe care o cunoaștem noi astăzi. Ideile sale au fost reluate și duse la bun sfîrșit de Newton, a cărui contribuție, în multe privințe, a constatat în formularea clară și concisă a legilor mecanicii, iar pentru gîndirea corectă, claritatea și concizia sînt un prețios ajutor.

De exemplu, principiul inerției, Newton l-a formulat ca prima lege a mecanicii astfel : *un corp își păstrează starea de mișcare uniformă pînă cînd o forță exterioară va acționa asupra lui*. Prin această formulare el introduce o noțiune nouă : *forța*, deosebit de importantă pentru dezvoltarea ulterioară a mecanicii.



La rîndul ei, forța este definită cantitativ de legea a doua a mecanicii, care postulează că : *forța este egală cu masa corpului în mișcare înmulțită cu accelerația acestuia*. Astfel a stabilit Newton că accelerația nu apare întîmplător, ci este cauzată de aplicarea unei forțe.

Și a doua lege a dinamicii se poate demonstra experimental. Pentru aceasta este necesar să se realizeze o forță constantă, fapt care se poate obține folosind tocmai legea a doua. Se atîrnă un corp de masă oarecare de un fir trecut peste un scripete ; în acest fel, corpului de masă constantă i se aplică accelerația gravitațională, generîndu-se o forță care, fiind produsul a două constante, va fi și ea constantă. Această forță se poate aplica, apoi, altui corp prin intermediul firului.

Această metodă de generare a forței o veți folosi și voi la demonstrarea experimentală a legii a doua a mecanicii. Pentru a realiza montajul din fig. 2.6, care ilustrează experiența, veți utiliza din nou planul înclinat, căruciorul și picătorul cu ajutorul cărora ați făcut experiența privind mișcarea uniform accelerată ; în plus veți mai confecționa din placaj, sau material plastic, un scripete, un suport pentru scripete din tablă de cutie de conserve, axul său din sîrmă de 2 mm și un taler din tablă. Mai aveți nevoie de cîteva greutateți metalice și o bucată de sfoară.

Începeți cu confecționarea pieselor noi : scripetele îl confecționați din placă de plastic (polistiren) de 2 mm, din care decupați (cu fierăstrăul de traforaj) două discuri cu diametrul de 40 mm și încă două cu diametrul de 50 mm. În centrul fiecărui disc faceți cu un ac înroșit cîte o gaură și, după ce ungeți cu „Stiropol“ ambele fețe ale discurilor cu diametrul de 40 mm și cîte o față a discurilor cu diametrul de 50 mm, le lipiți între ele, discurile de 40 mm la mijloc iar cele cu diametrul de 50 mm la margine. Înainte

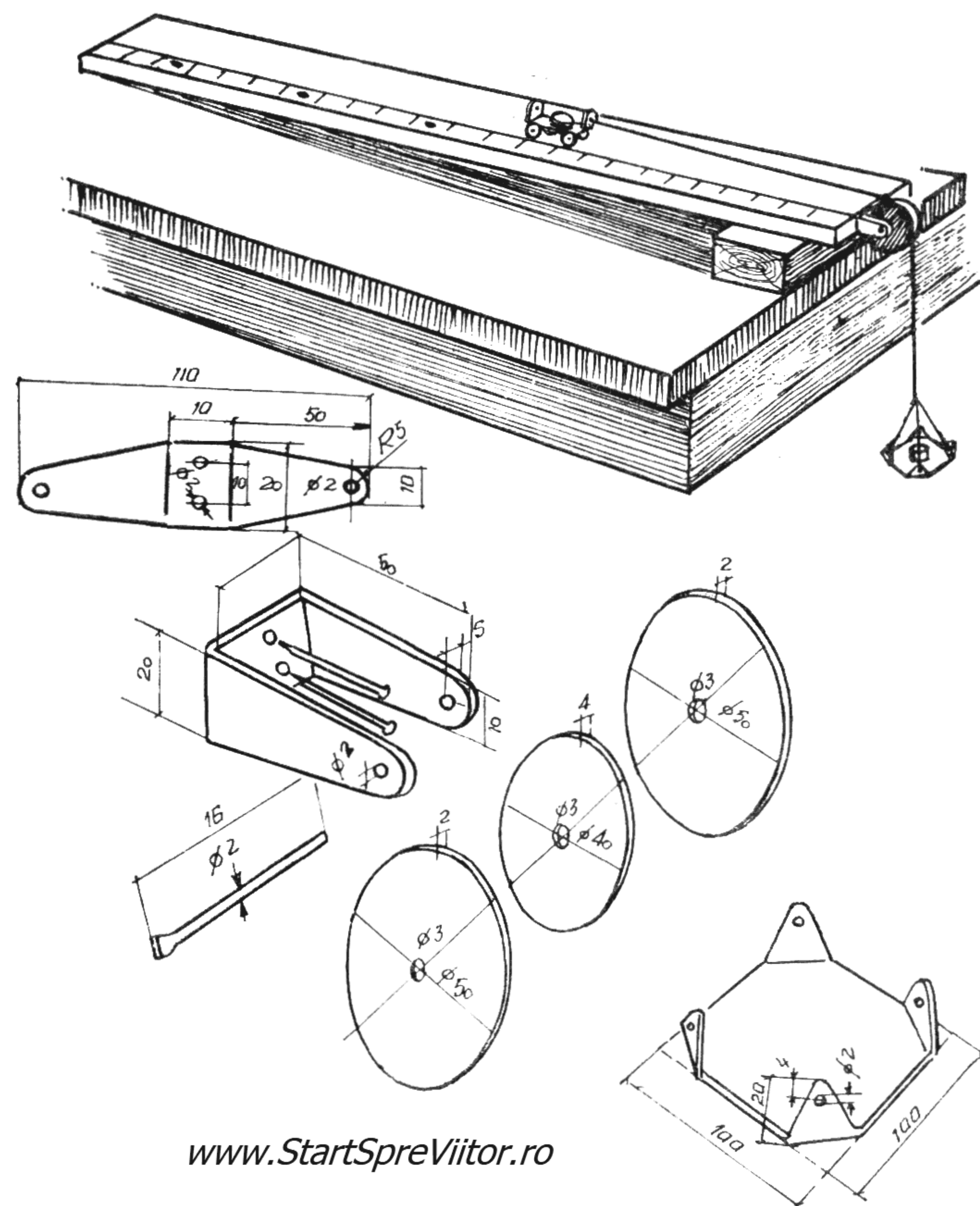


Fig. 2.6. Demonstrarea legii a doua a mecanicii

de a face priză, centrați discurile între ele cu ajutorul unui ac pe care îl introduceți în găurile din centrul celor 4 discuri ; strîngeți apoi discurile în două șuruburi de traforaj așezate simetric față de centru. Dacă nu aveți plastic, puteți confecționa scripetele din placaj, decupînd două discuri cu diametrul de 50 mm din placaj gros de 2 mm și un disc de 40 mm din placaj de 4 mm. Discurile le lipiți (după ce le centrați) cu „Aracetin“ și le asigurați cu cîteva ținte.

Suportul scripetelui îl tăiați din tablă de cutie de conserve după figura desfășurată 2.6, îl găuriți, îi îndoiți cele două aripi și îl fixați de unul din capetele

planului înclinat cu două cuie. Tot din tablă tăiați un pătrat cu latura de 100 mm care, după ce i-ați găurit și îndoit colțurile la  $90^\circ$ , ca în fig. 2.6, va deveni talerul pentru greutateți.

După ce adezivul cu care ați lipit scripetele s-a uscat, îi faceți în centru, cu burghiul, o gaură de 3 mm și, dintr-o sîrmă de cupru groasă de 2 mm și lungă de 16 mm, îi confecționați axul. Pentru ca acesta să nu iasă în timpul desfășurării experienței, după ce ați așezat scripetele între cele două urechi ale suportului și ați introdus axul prin găurile urechilor și gaura scripetelui, turțiți capetele axului cu cleștele patent, lățindu-le ca în fig. 2.6.

Leगाți patru bucățele de sfoară de colțurile talerului și apoi le uniți cu o bucată de sfoară lungă de circa 1 m. Capătul sforii îl legați de cărucior.

După ce lipiți o fișie de hîrtie milimetrică pe planul înclinat, îl așezați la marginea mesei din laborator. Puneți căruciorul pe planul înclinat, treceți sfoara peste scripete astfel ca talerul să atîrne în afara mesei. Pe cărucior fixați picurătorul și o mică greutate (circa 80 g.) un mic cub cu latura de 1 cm., pe care îl tăiați dintr-o bară metalică cu secțiunea pătratică. Puneți pe taler două sau trei greutateți de circa 80 g și, după ce ridicați capacul picurătorului, dați drumul căruciorului, veți observa că mișcarea căruciorului, în sensul planului înclinat, este uniform accelerată (distanța dintre picături crește direct proporțional cu pătratele numerelor naturale).

După ce căruciorul a făcut prima cursă, adăugați încă o greutate de 80 g pe taler, aduceți căruciorul în poziția inițială, ridicați capacul picurătorului și dați-i drumul din nou. De data aceasta, distanțele dintre picături vor fi mai mari, dar vor rămîne în același raport, ceea ce înseamnă că accelerația mișcării a crescut.

Refaceți acum experiența, ridicînd de pe cărucior

greutatea de 80 g și de pe taler una din greutateți ; distanțele vor fi egale cu cele din cazul precedent, accelerația mișcării fiind aceeași. Cum putem explica aceste fapte constatate experimental ?

La prima experiență, prin așezarea unor greutateți pe taler s-a generat o forță constantă ce s-a aplicat masei sistemului format din cărucior și încărcătura sa, prin sfoara trecută peste scripete. Sub acțiunea acestei forțe, masa a căpătat o anumită accelerație.

În a doua experiență, adăugînd o greutate pe taler, forța aplicată aceleiași mase a crescut generînd o accelerație mai mare. Deci, accelerația este direct proporțională cu forța.

În cea de a treia experiență, luînd o greutate de pe taler, forța a revenit la valoarea din prima experiență, dar luînd și greutatea de pe cărucior, masa asupra căreia acționează forța a scăzut. Deci, forța a rămas aceeași ca în prima experiență. Accelerația a crescut, cînd masa a scăzut, (accelerația este invers proporțională cu masa). Am putea scrie că accelerația este raportul dintre forță și masă  $a = \frac{F}{m}$ , sau, cum a formulat Newton  $F = m \cdot a$  (forța este egală cu produsul dintre masă și accelerație).

În experiențele descrise, forțele au fost aplicate cu ajutorul greutateților puse pe taler, putînd astfel controla cu ușurință valoarea acestora. Forțele pot fi aplicate însă în mai multe moduri. De exemplu, cînd trageți cu arcul sau cu praștia, săgeții sau pietrei i se aplică o forță elastică care a fost acumulată în arc prin deformare sau în elasticul praștiei prin întindere. Acest mod de aplicare a forței îl vom folosi și noi în experiența următoare, care, aparent, contrazice principiul inerției. Drept element elastic pentru aplicarea forței, vom folosi o șipcă de lemn, preferabil de brad, lungă de circa 600 mm și cu secțiunea de  $20 \times 2$  mm (fig. 2.7). Vă mai sînt necesare un bloc de

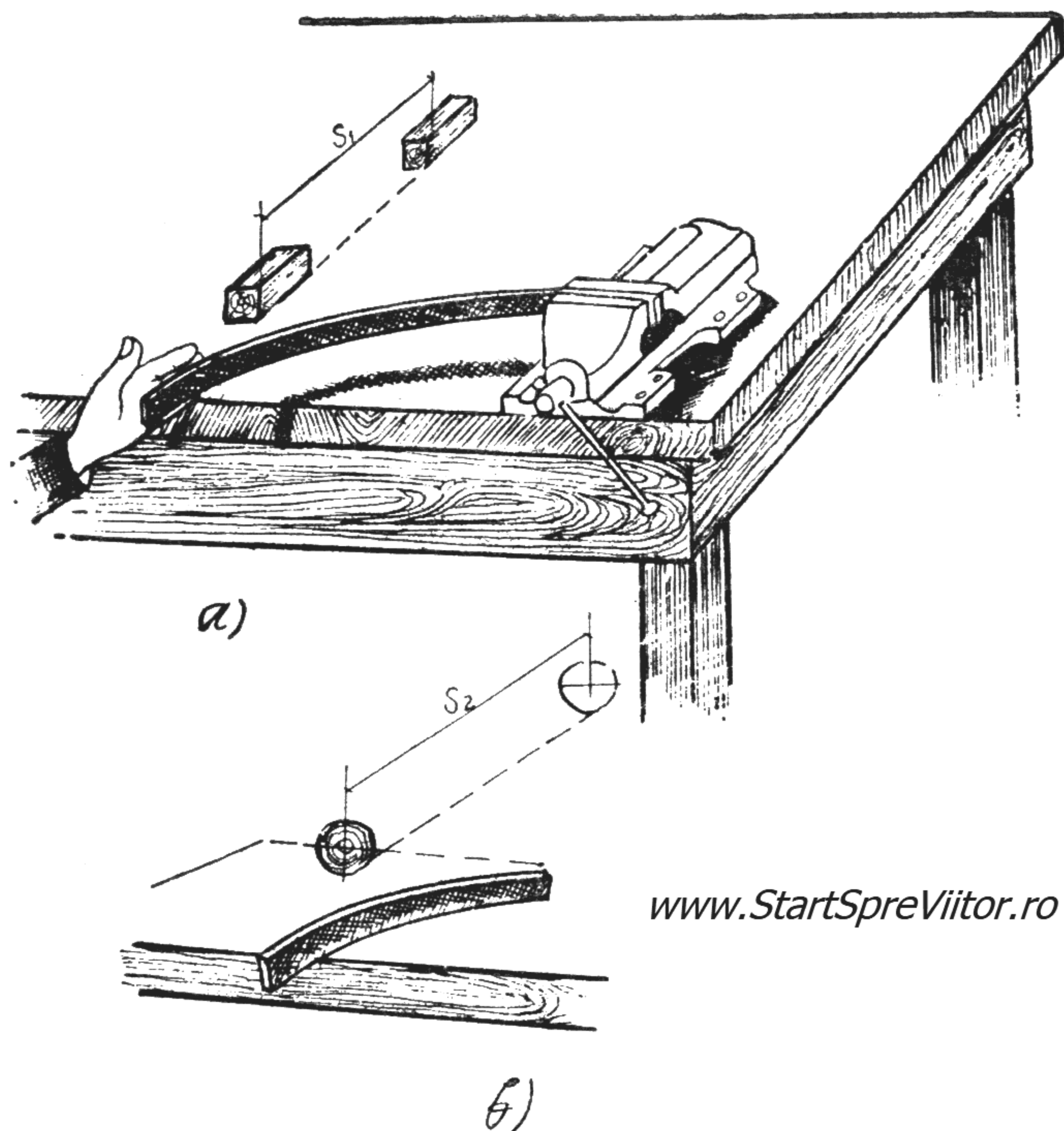


Fig. 2.7. Forța de frecare :  
a) de alunecare ; b) de rostogolire

lemn cu dimensiunile de  $100 \times 100 \times 150$  mm și o bilă confecționată din aceeași esență de lemn, cu diametrul de 140 mm, sau din orice alt material, dar care să aibă masa egală cu a blocului. Fixați în menghina de pe masa de laborator șipca, așezați blocul de lemn pe masă în dreptul capătului liber al șipcii și, apoi, deformați-o cu circa 100 mm (fig. 2.7). Dând drumul șipcii, aceasta va aplica o forță blocului care se va deplasa pe masă o distanță  $s_1$ , după care se va opri. Refaceți experiența înlocuind blocul de lemn cu bila. Aceasta se va deplasa o distanță  $s_2$ , mai mare ca în cazul blocului, dar în cele din urmă tot se va opri.

În această experiență, spre deosebire de cea anterioară, forța a acționat asupra corpului (blocul sau bila), foarte puțin timp, dar suficient pentru a le

accelera. În momentul când asupra corpului n-a mai acționat forța, conform legii a doua, accelerația s-a anulat ; dar în conformitate cu legea întâi (inertția), corpul ar trebui să-și păstreze viteza obținută la sfârșitul accelerării, cât timp nu intervine o altă forță care să-i schimbe starea de mișcare. Totuși, atât blocul, cât și bila se opresc din deplasarea lor pe masă. Prima lege a mecanicii fiind valabilă, înseamnă că asupra corpurilor a acționat o forță care le-a frânat, și această forță n-a putut fi aplicată decât de suportul (masa) pe care s-a făcut mișcarea. Forța care a frânat mișcarea este forța de frecare, ce acționează asupra corpurilor în mișcare relativă (bila sau blocul față de masă) și care se opune mișcării sau tendinței de mișcare.

Cele două corpuri au fost alese cu aceeași masă și li s-a aplicat aceeași forță, căpătînd aceleași caracteristici de mișcare (acelerație, viteză). Totuși bila s-a deplasat, pînă la oprire, pe o distanță mai mare decât blocul. Dacă forța de frecare între corp și masa de laborator a acționat în ambele cazuri, ar fi trebuit ca în ambele cazuri corpurile să se oprească după parcurgerea aceleiași distanțe. Lucrurile nu s-au petrecut, totuși, astfel, deoarece blocul a *alunecat* pe masă, în timp ce bila s-a rostogolit. Valoarea forței de frecare este diferită în aceste două cazuri, forța de frecare, de alunecare, fiind mai mare decât cea de rostogolire.

Această descoperire, împreună cu legea frecării, care stabilește că forța de frecare depinde numai de forța de apăsare dintre corpurile în mișcare relativă și de natura materialelor din care sînt făcute aceste corpuri, o datorăm lui Coulomb, fizician francez, cu care ne vom mai întîlni și în capitolul consacrat electricității. Deocamdată să revenim la Newton, pentru a evidenția încă una din contribuțiile sale la dezvoltarea fizicii : legea a treia a mecanicii. În formularea

lui Newton, această lege stabilește că fiecărei acțiuni i se opune întotdeauna o reacțiune egală. Într-adevăr, o forță care acționează asupra unui corp nu apare din senin, ci își are originea în interacțiunile (acțiunile reciproce) dintre corp și mediu, adică celelalte corpuri care îl înconjoară. De aceea, orice forță izolată este numai un aspect al interacțiunii dintre două corpuri, în care acționează amîndouă. Atunci cînd un corp acționează asupra altuia (exercită o forță) acesta din urmă acționează asupra primului (exercită o forță), egală ca valoare, dar de sens contrar. O forță, ca ceva singular, izolat, este o imposibilitate.

Dar noi nu vrem să demonstrăm teoretic o lege, ci experimental, și pentru aceasta vă recomandăm montajul din figura 2.8.

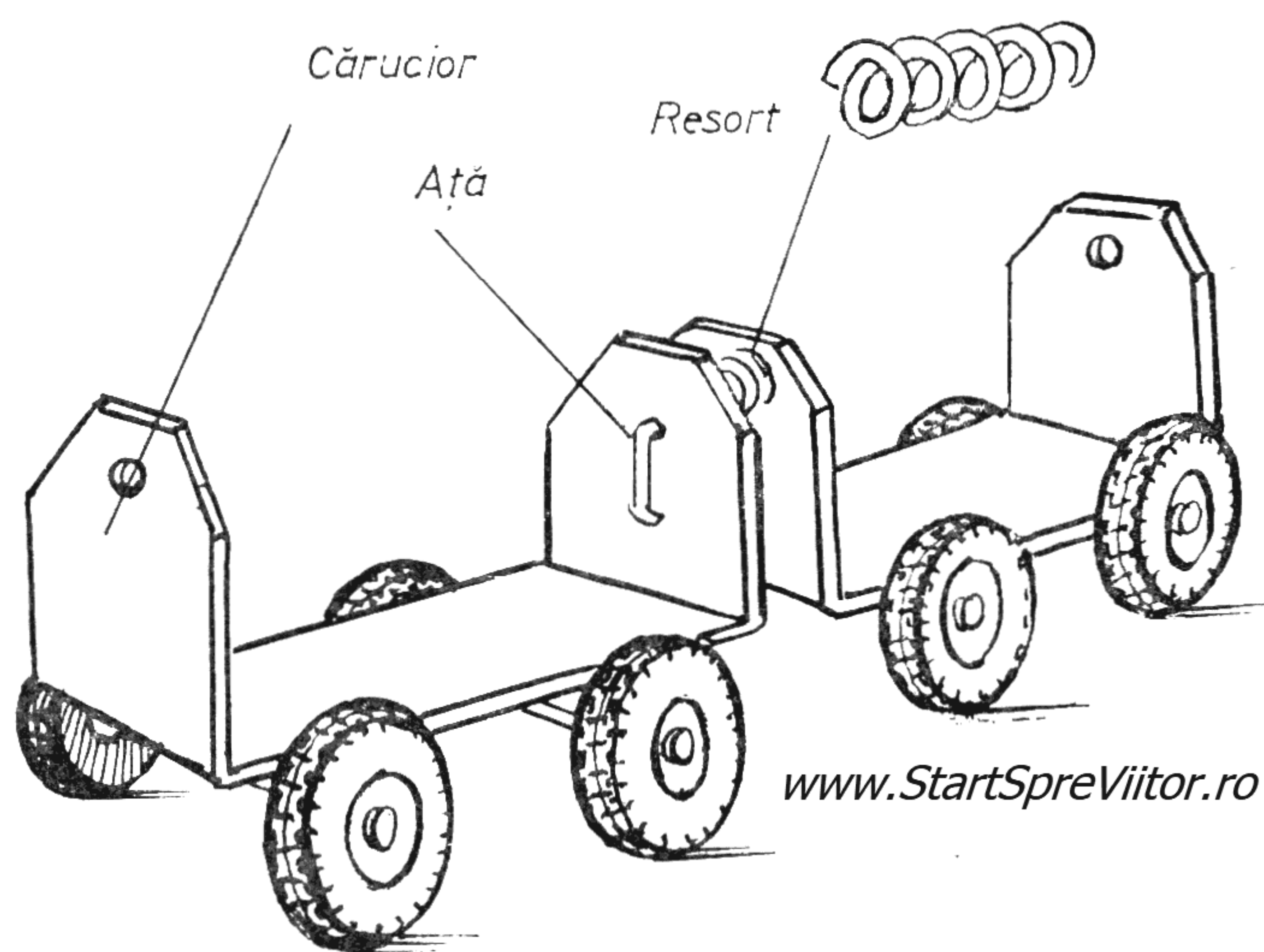


Fig. 2.8. Demonstrarea legii a treia a mecanicii și a legii impulsului.

Pentru experiență ne sînt necesare : două cărucioare, un resort, o bucată de ață și cîteva greutateți de circa 80 g (fig. 2.8).

Resortul pe care îl veți folosi este identic cu cel utilizat în construcția butoanelor de sonerie. Dacă

nu aveți un buton vechi de sonerie căruia să-i luați resortul, îl puteți confecționa din sîrmă de oțel groasă de 0,5 mm. Pentru aceasta, confecționați o baghetă din lemn (o ciopliți), lungă de 100 mm, cilindrică, cu diametrul de 10 mm. După ce șlefuiți bagheta cu șmirghelul, decăliți sîrma de oțel, și înfășurați pe baghetă 8—10 spire ca în fig. 2.8. Pasul spirelor trebuie să fie de circa 3 mm. Scoateți apoi resortul de pe baghetă și căliți-l după indicațiile din capitolul 1.

Așezați în mijlocul mesei cele două cărucioare, încărcate cu cîteva greutateți, astfel ca să aibă aceeași masă. Resortul, stînd spiră lîngă spiră pe sfoară, îl așezați între cărucioare, pe care le legați între ele cu ață ca în fig. 2.8. Însemnați cu un creion locul în care se află cărucioarele și cu un chibrit aprins ardeți ața. Cele două cărucioare vor fi puse în mișcare unul spre dreapta și celălalt spre stînga. Însemnați locul unde s-au oprit cărucioarele și apoi măsurați distanța pe care au parcurs-o. Veți constata că acestea s-au deplasat pe distanțe egale. Înseamnă că mișcările lor au fost identice, dar s-au făcut în sensuri opuse. Deci, cele două cărucioare au fost acționate de forțe egale, dar de sens contrar. Forța care acționează este cea acumulată în resort prin comprimare (strîngerea sa) și care se eliberează prin arderea aței. Această forță se aplică asupra unuia dintre cărucioare (indiferent care), punîndu-l în mișcare. Ca răspuns la această acțiune, căruciorul aplică asupra arcului o forță de reacțiune egală și de sens contrar, care se transmite prin arc celui de al doilea cărucior punîndu-l și pe acesta în mișcare. Ați demonstrat astfel legea a treia a dinamicii, dar aceeași experiență exemplifică și o altă lege importantă din mecanică — legea conservării impulsului. Impulsul este o mărime ce se definește ca produsul dintre masa și viteza unui corp ;

cum viteza este o mărime vectorială (caracterizată atât prin valoare, cât și prin direcție și sens — orientare), impulsul va fi și el o mărime vectorială. Legea conservării impulsului stabilește că pentru un sistem de corpuri (cărucioarele noastre), suma impulsurilor, în timpul mișcării, este aceeași. În experiența pe care am efectuat-o anterior, în momentul pornirii corpurile erau în repaus, deci vitezele lor erau zero, și în consecință impulsurile erau nule. Deci, impulsul total al sistemului, conform legii conservării, trebuie să fie, în tot timpul mișcării, egal cu zero. În experiență această cerință a și fost îndeplinită, deoarece cărucioarele au fost luate cu mase egale, iar mișcarea lor s-a făcut tot timpul cu viteză egală și de sens contrar. Deci, și impulsurile celor două cărucioare au fost tot timpul egale dar de sens contrare, astfel că suma lor algebrică a fost nulă. Totuși mișcarea cu viteze egale, în orice moment, este și o consecință a legii a treia a mecanicii, deci este potrivită și pentru demonstrarea legii conservării impulsului. De aceea veți repeta experiența, după ce în prealabil dublați, cu ajutorul greutăților, masa unuia dintre cărucioare. Măsurând spațiile parcurse, veți constata că deplasările nu mai sînt egale, căruciorul mai greu parcurgînd un spațiu de două ori mai mic decît cel mai ușor. Deoarece timpul este același pentru ambele mișcări, înseamnă că accelerația căruciorului mai greu este de două ori mai mică decît a celui mai ușor și, în consecință, în orice moment, viteza sa este de două ori mai mică. Ca urmare, masa fiind de două ori mai mare, iar viteza de două ori mai mică, produsul lor, adică impulsul căruciorului mai greu, rămîne egal cu al căruciorului mai ușor. Impulsurile au și în acest caz semne contrare, suma lor algebrică este nulă tot timpul mișcării, ceea ce demonstrează și de data aceasta, valabilitatea legii conservării impulsului.

Această lege a permis studiul teoretic al multor probleme de mecanică, în special al mișcării fluidelor

(corpurile în stare lichidă și gazoasă), care prezintă anumite particularități.

După ce am văzut că pentru a caracteriza o mișcare este necesar să cunoaștem accelerația, că forța este cauza care produce accelerația și că o armă importantă în studiul mișcării o oferă legea conservării impulsului, dacă ținem seama că viteza este egală cu produsul accelerației și intervalului de timp în care acesta se manifestă și ne reamintim că forța este egală cu masa înmulțită cu accelerația, se observă că impulsul se poate exprima și ca produsul dintre forță și intervalul de timp în care aceasta acționează, cum se vede și din formulele următoare :

$$m \cdot v = m(a \cdot \Delta t) = (m \cdot a) \cdot \Delta t = F \cdot \Delta t$$

Impulsul astfel exprimat arată că această mărime este direct legată de forță și de intervalul de timp în care ea acționează și deci poate fi privit, la fel ca forța, drept cauză a mișcării. Relația permite explicarea naturii impulsului, dar nu cunoaștem nimic despre originea forței, de unde și cum apare.

Rememorînd experiența care demonstrează legea a doua, ne vom reaminti modul cum s-a generat forța în acest caz : a fost suficient să se atîrne, la o înălțime oarecare deasupra podelei o masă legată de un fir trecut peste un scripete. Fiind suspendată, masei i se aplică accelerația gravitațională, rezultînd în fir o forță egală cu produsul dintre masă și accelerația gravitațională. Cît timp masa coboară, forța generată acționează asupra firului, cînd masa atinge podeaua, forța este echilibrată de reacțiunea podelei și nu mai acționează asupra firului. Analizînd profund fenomenul, se observă că pentru generarea forței nu este suficient numai să se suspende liber o masă, astfel ca să se afle sub influența accelerației gravitaționale, ci este necesar ca aceasta să se afle la o anumită înălțime (h) deasupra podelei. Cu cît

înălțimea este mai mare, cu atât forța va acționa mai mult timp asupra firului. Combinând forța cu înălțimea, se obține o mărime de forma :  $F \cdot h$  ; sau ținând seama că forța este  $F = G = m \cdot g$ , expresia noii mărimi devine :  $m \cdot g \cdot h$ . Denumirea dată acestei mărimi caracteristică pentru mișcarea care poate fi produsă de masa suspendată este aceea de *energie potențială*, adică de energie care poate face ceva. În experiența la care ne referim, energia potențială a masei suspendate poate să tragă, cu o anumită forță, căruciorul pe distanța (s), după care, masa ajungând pe podea, energia potențială s-a consumat și forța nu mai acționează căruciorul. Acest lucru efectuat de cărucior sub acțiunea forței generate de masa suspendată, poartă denumirea de *lucru mecanic* și se exprimă prin produsul dintre forță, care trage căruciorul, și distanța parcursă de acesta ( $F \cdot s$ ). Deci, ceea ce poate face energia potențială este efectuarea unui lucru mecanic, care implică forța și deplasarea. Aceasta înseamnă că forța își are originea în energie. În acest fel s-au definit încă două mărimi importante din mecanică și din fizică, în general, *energia și lucrul mecanic*. De fapt, pentru fizică, conceptul de energie este fundamental. Energia sub diferite forme se întâlnește în toate ramurile fizicii. Putându-se transforma dintr-o formă în alta, energia permite înlănțuirea fenomenelor specifice diferitelor ramuri ale fizicii, producând fenomenele complexe care stau la baza celor mai multe dintre aplicațiile practice ale fizicii.

Dar să revenim la experiența pentru demonstrarea legii a treia a mecanicii și să vedem ce se întâmplă după ce masa suspendată ajunge pe podea consumându-și întreaga energie potențială. Oare în acest moment energia a dispărut ? De fapt, masa suspendată se accelerează în tot timpul coborârii, atingând

viteză maximă în momentul ajungerii pe podea. Deci, chiar dacă masa suspendată nu mai are energie potențială, se află totuși în mișcare ; cu alte cuvinte, energia potențială nu a dispărut, ci s-a transformat în mișcare, dar cum o formă de energie nu se poate transforma decât tot într-o formă de energie, de fapt energia potențială s-a transformat în *energie de mișcare* sau *cinetică*. Expresia acestei forme de energie pentru un corp de masă (m), care se deplasează cu viteza (v), este  $\frac{m \cdot v^2}{2}$ .

Făcând aceste considerații teoretice, am definit implicit încă o lege, care, de data aceasta, se aplică nu numai în mecanică, ci întregii fizici și anume *legea conservării energiei*, care stabilește că energia nu se pierde, nu se câștigă, ci numai se transformă. Fără a ajunge să formuleze această lege universală, prima experiență care o demonstrează a fost făcută tot de Galileo Galilei.

Strălucitul savant a efectuat experiența nu ca urmare a unei intenții, ci în urma observării unui fenomen banal, neinteresant pentru mulți alți oameni. El observase, în catedrala pe care o frecventa, un candelabru balansându-se după capriciile curentului de aer. Deși în funcție de intensitatea curentului candelabru devia mai mult sau mai puțin de la poziția verticală, a remarcat că timpul unei oscilații complete — perioada — este mereu același. Era încă o simplă presupunere, care pentru a fi considerată valabilă trebuia verificată experimental. Astfel Galilei a început să studieze mișcarea pendulului, descoperind izocronismul acestuia (adică faptul că perioada unui anumit pendul este constantă) și că perioada nu depinde de masa pendulului, ci numai de lungimea lui. Pentru a face, însă, aceste experiențe, avea nevoie de un cronometru cu care să măsoare perioada, dar acestea nu existau încă. Și atunci a dat

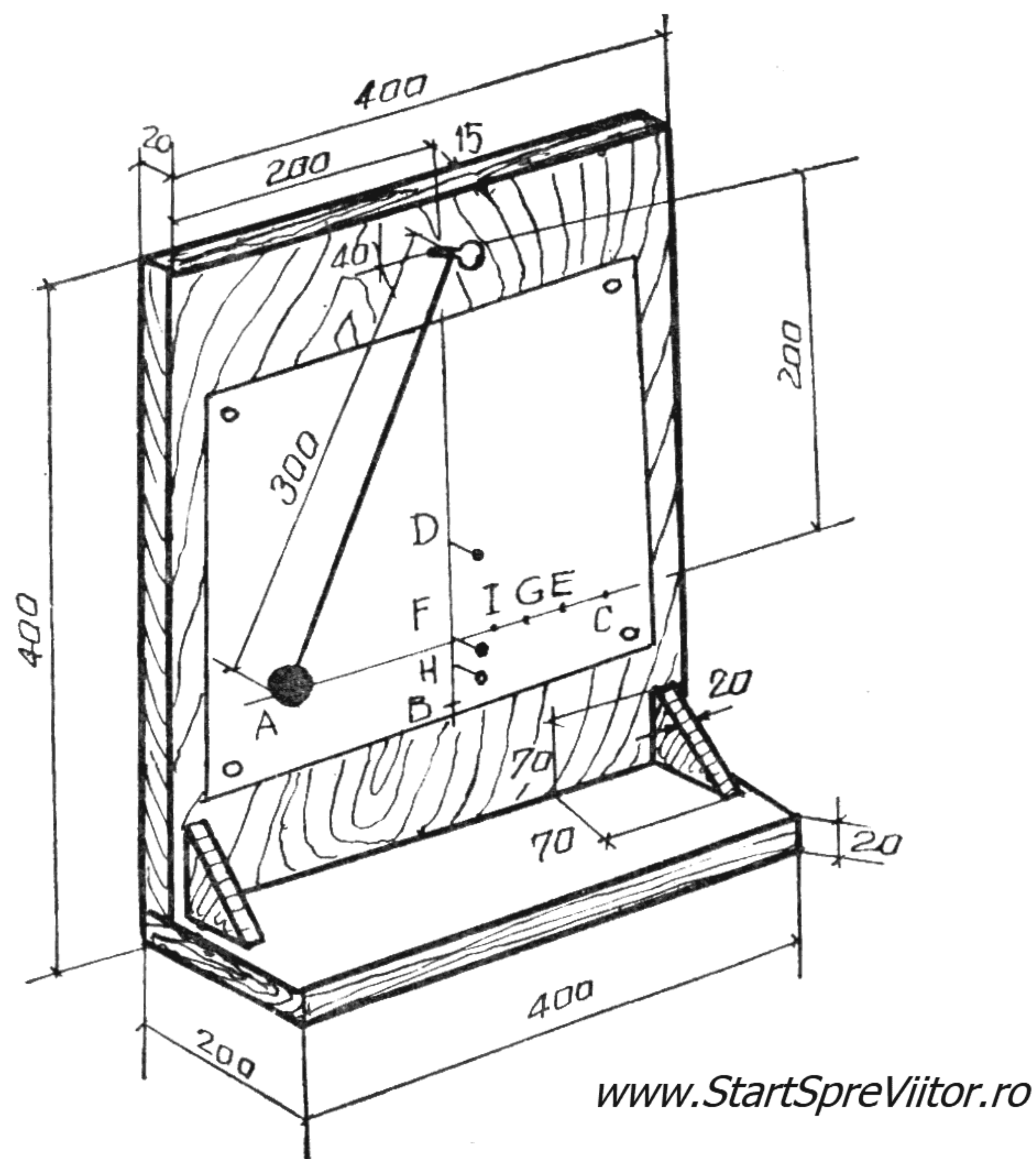


Figura 2.9. Transformarea energiei potențiale în energie cinetică

încă o dovadă a inventivității sale de fizician experimentator, folosind pentru cronometrare propriul său puls. Dealtfel, această istorie ne dezvăluie și alte trăsături de caracter ale savantului. În primul rînd, capacitatea sa de a recunoaște importanța unui fenomen în aparență banal și, în al doilea rînd, permanenta preocupare pentru problemele fizicii, chiar în momentele cele mai „nepotrivate” pentru astfel de gînduri, deoarece în secolul al XVI-lea oamenii, în ignoranța lor, nutreau un respect deosebit pentru religie.

Demonstrarea transformării energiei cinetice în energie potențială și invers a fost un rezultat al cercetărilor sale cu pendulul. El a pus în drumul pendulului care oscila un cui și a observat că, indiferent de prezența sau absența acestui obstacol, pendulul se

ridică pînă la înălțimea de la care a pornit. Dar, înainte de a discuta rezultatele, să refacem, mai bine, experiența. Pentru aceasta vă sînt necesare două bucăți de scîndură groasă de 20 mm, cu dimensiunile de 400x400 mm și, respectiv, 200x400 mm, o bucată de hîrtie de desen, cîteva cuie și ace, ață sau sfoară subțire și o mărgea cu diametrul de 15—20 mm. Cele două scînduri le lipim cu „Aracetin” una de alta în unghi drept, asigurîndu-le cu cîteva cuie și cu două colțare lipite pe cele două scînduri, ca în figura 2.9.

La 40 mm de marginea superioară a scîndurii de 400x400 mm, și pe axa de simetrie bateți un cui, pînă cînd capul său ajunge la circa 10—15 mm de scîndură. Legați apoi mărgeaua la un capăt al firului de ață sau sfoară, iar celălalt capăt îl legați de cuiul bătut în scîndura de 400x400 mm, astfel ca firul întins să fie lung de 300 mm. Prindeți pe scîndură hîrtia de desen, pe care trasați la distanță de 200 mm în jos de cui o dreaptă orizontală și o verticală care trece prin cui (fig. 2.9)

Ridicați pendulul ținînd firul întins pînă la înălțimea dreptei orizontale, punctul A, și dați-i drumul. Observați că el va coborî pînă în dreptul liniei verticale (punctul B) pe un arc de cerc și apoi se va ridica în partea opusă pînă la linia orizontală (punctul C), tot pe un arc de cerc. Înfigeți apoi un ac în punctul D, la distanță de 150 mm de cui și ridicați din nou pendulul în punctul A și dați-i drumul. El va coborî tot pînă în punctul B, apoi, deoarece firul său întîlnește acul înfipt în D, își va muta punctul de oscilație în D, deplasîndu-se pe arcu de cerc BE, dar se mișcă tot pînă la nivelul liniei orizontale. Înfigînd succesiv ace și în punctele F, H și repetînd lansarea, veți observa că de fiecare dată pendulul se ridică la aceeași înălțime (nivelul liniei orizontale) în punctele G și respectiv I.

Ce se întâmplă ? Ridicînd pendulul în punctul A, acesta capătă energie potențială, pe care, atunci cînd i se dă drumul, o transformă în energie cinetică. În punctul B, energia potențială s-a transformat integral în energie cinetică, pendulul avînd viteză maximă.

De aici el se deplasează prin inerție, transformînd energia cinetică în energie potențială prin urcarea pînă în punctele C, E, G sau I. După aceea pendulul

coboară din nou, refăcînd transformările energetice. Fenomenul s-a repetat de fiecare dată, nedepinzînd de centrul de oscilație, de schimbarea acestuia sau de lungimea pendulului.

Deși Galilei a efectuat această experiență, el nu a putut să formuleze și legea conservării energiei. De fapt, pînă s-a ajuns la această formulare, au trebuit să mai treacă mulți ani și să progreseze și celelalte ramuri ale fizicii, despre care ne ocupăm în continuare.



### 3. EXPERIENȚE DE CĂLDURĂ

*www.StartSpreViitor.ro*

În ciuda aparentei sale simplități și a caracterului evident pe care le au efectele sale, căldura a rămas multe secole o enigmă a fizicii, în timp ce fenomene aparent mult mai complicate au putut fi lămurite. Pînă la mijlocul secolului al XIX-lea, căldura a fost considerată un fel de substanță materială, adăugată materiei propriu-zise : încălzirea unui corp însemna un adaus suplimentar dintr-o substanță denumită „caloric“. Această concepție era sprijinită pe faptul că un corp mai cald, care „frige“, pus în contact cu un alt corp mai rece, îl încălzește pe acesta. Acest fenomen era explicat prin cedarea de „caloric“ de către corpul mai cald, care avea mai mult, către cel mai rece, care încorporea mai puțin.

O altă substanță era „flogisticul“, care se considera că se degajă în procesul de ardere. Flogisticul putea fi măsurat, dar, inexplicabil, masa lui apărea uneori drept pozitivă, alteori drept negativă. Ca și teoria „caloricului“, teoria „flogisticului“ nu corespundea realității fizice, dar ele au supraviețuit pentru că nimeni încă nu găsea o explicație mai bună.

Primul pas în construirea concepției moderne a fenomenelor calorice a fost făcut de Benjamin Thompson, conte de Rumford, la sfîrșitul sec. al XVIII-lea. Și de astă dată ideea a luat naștere dintr-o observație foarte obișnuită, pe care mulți oameni o făcuseră, desigur, înaintea lui fără să-i acorde o importanță. Este vorba de căldura care se degajă atunci cînd se face o gaură într-o bucată de metal. Una din îndeletnicirile lui Rumford consta în alezarea țevelor de tun într-un arsenal din München, cu care ocazie a observat că operația era în-

soțită de încălzirea considerabilă a țevei și a burghiului. Aceeași observație ați făcut-o probabil și voi, tăind, găurind sau pilind diferitele piese ale modelelor folosite în experiențele de fizică, dar nefiind adepți ai teoriei „caloricului“, nu v-ați întrebat ca Rumford, de unde provine substanța calorică care încălzește piesa și scula. Singura explicație posibilă era că fragmentele mici de material, cum erau așchiile degajate în timpul prelucrării, au o capacitate de reținere a caloricului mai mică decît materialul compact, astfel că acesta din urmă se încălzește pe seama cedării de substanță calorică de către așchii. Această explicație ar fi putut fi satisfăcătoare, dacă observația inițială n-ar fi fost urmată de încă una. Cu cît burghiul era mai tocit și cu cît tăia mai puține așchii, cu atît era și încălzirea mai puternică, deși conform teoriei ar fi trebuit să se încălzească mai puțin. Însemna că încălzirea nu se datora unui transfer de substanță calorică, ci mișcării. Rumford a ajuns astfel să facă afirmația : „Căldura este mișcare“. El s-a oprit aici, deși mai erau multe întrebări la care trebuia găsit un răspuns : Ce fel de mișcare este căldura ? Cum se produce ea ? Ce se întîmplă cu mișcarea atunci cînd un corp se răcește ?

Oricum, Rumford făcuse un mare pas înainte ; căldura era o proprietate a materiei și nu ceva adăugat din exterior.

Mergînd mai departe, pentru a demonstra inconsistența teoriei „caloricului“ Humfrey Dawy a recurs nu la o observație, ci la o experiență. A luat două bucăți de gheață pe care le-a frecat una de

alta, producînd suficientă căldură, pentru ca o parte din gheață să se topească. Adepții teoriei substanței calorice au explicat imediat fenomenul prin cedarea către gheață a unei părți din „caloricul“ conținut în aer. Dawy a refăcut însă experiența introducînd bucățile de gheață sub un clopot în care a creat vid și le-a frecat cu ajutorul unui mecanism, obținînd același efect. De data aceasta, fenomenul s-a petrecut în absența aerului, astfel că încălzirea nu se mai putea datora cedării de „caloric“ din aer, ci numai transformării energiei cinetice. S-a făcut astfel un nou pas important : căldura s-a dovedit a fi o formă de energie. Au urmat, apoi, determinări cantitative ale echivalentului mecanic al căldurii, adică s-a determinat numărul de unități de lucru mecanic necesare a fi consumate pentru a obține o unitate de căldură.

Dar nu numai lucrul mecanic se poate transforma în căldură, ci și căldura se poate transforma în lucru mecanic. Două experiențe simple vă pot convinge de aceasta.

În prima experiență, ilustrată în fig. 3.1 veți demonstra principiul turbinei cu aburi. Pentru efectuarea ei vă sînt necesare : o sticlă cu diametrul de 60—70 mm, ca cele farmaceutice, care se pot închide ermetic cu un dop de plastic, o scîndură groasă de 20 mm, o bucată de tablă de cutie de conservă, un mosor, o sîrmă de 3 mm, două baghete de lemn și două scoabe.

Începeți tăind din tablă suportul pe care se va așeza sticlă, la dimensiunile din desfășurata din fig. 3.1. După ce o îndoiiți, ca să capete forma din figură, și după ce tăiați și postamentul din scîndură, fixați suportul pe postament cu patru șuruburi de lemn. Pentru ca sticlă să devină „cazanul“ turbinei, faceți cu un ac, în capacul filetat, o gaură cu un diametru de 1 mm.

Rotorul turbinei se confecționează folosind mosorul de ață în care faceți la distanțe egale patru fante lungi de 20 mm. Paletele le faceți din șipcă subțire

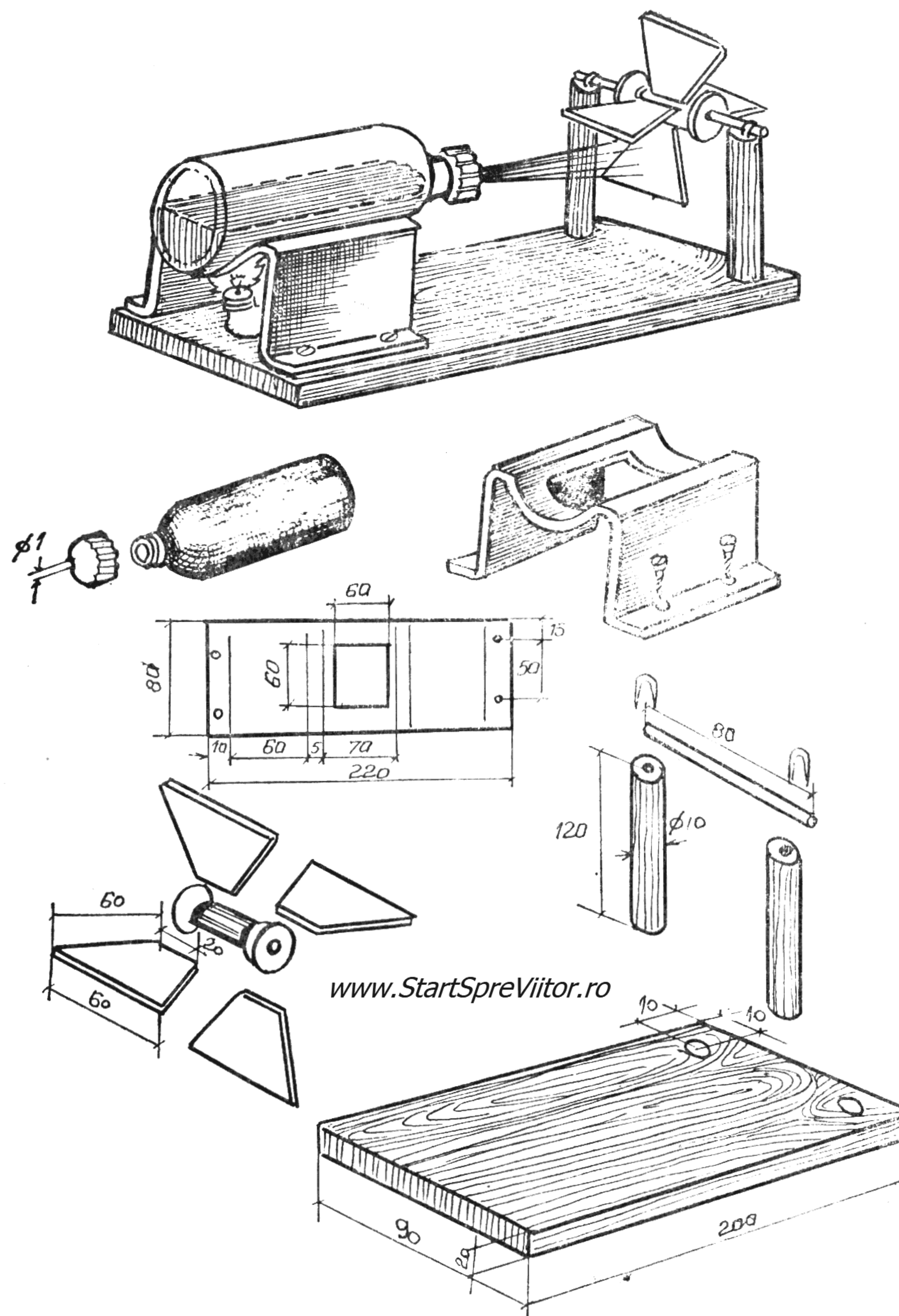


Fig. 3.1. Microturbina cu aburi

de lemn sau carton și le lipiți în fantele din mosor cu „Aracetin“.

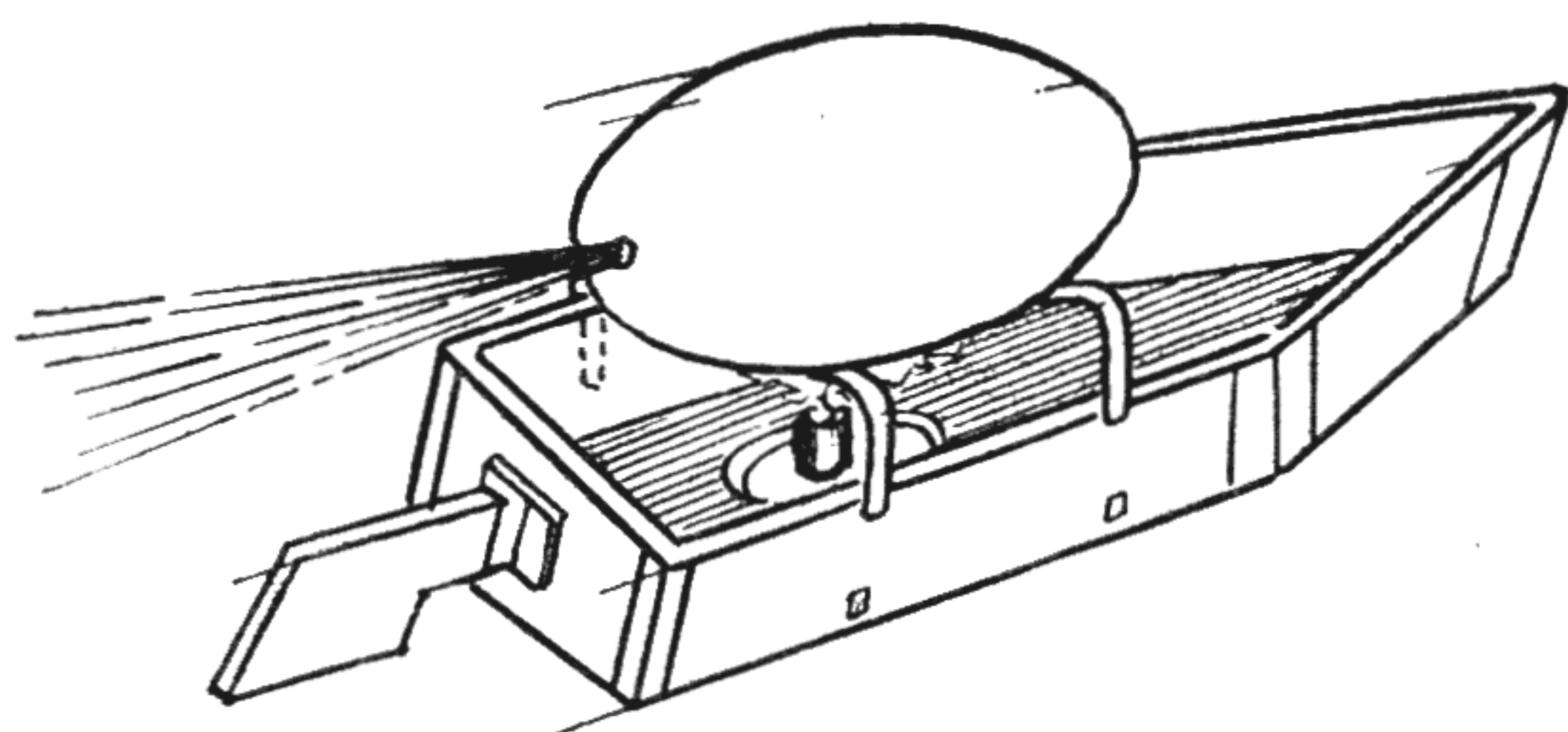
Cele două baghete de lemn cu diametrul de 10 mm și lungi de 120 mm le lipiți în găurile făcute

în postament, iar apoi pe ele fixați axul rotorului (după ce l-ați trecut prin gaura mosorului) cu cele două scoabe.

Pentru a pune în funcțiune turbina, umpleți sticluța pe jumătate cu apă, așezați-o pe suportul său, ca în figură, puneți sub suport lampa de spirt și aprindeți-o. În scurt timp, apa din „rezervor“ va începe să fiarbă; aburii vor ieși prin gaura capacului sub formă de jet, care, lovind paletetele turbinei, o vor roti din ce în ce mai repede.

Căldura degajată prin arderea spirtului se transformă astfel în energie cinetică a turbinei.

Pentru cea de a doua experiență vă propunem să confecționați o barcă autopropulsată (fig. 3.2). Materialele necesare sînt: o bucată de carton, două bucăți de cîrpă groasă de 1 mm, hîrtie adezivă, o lumînare, un capac de tablă și un ou. Acesta din



[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

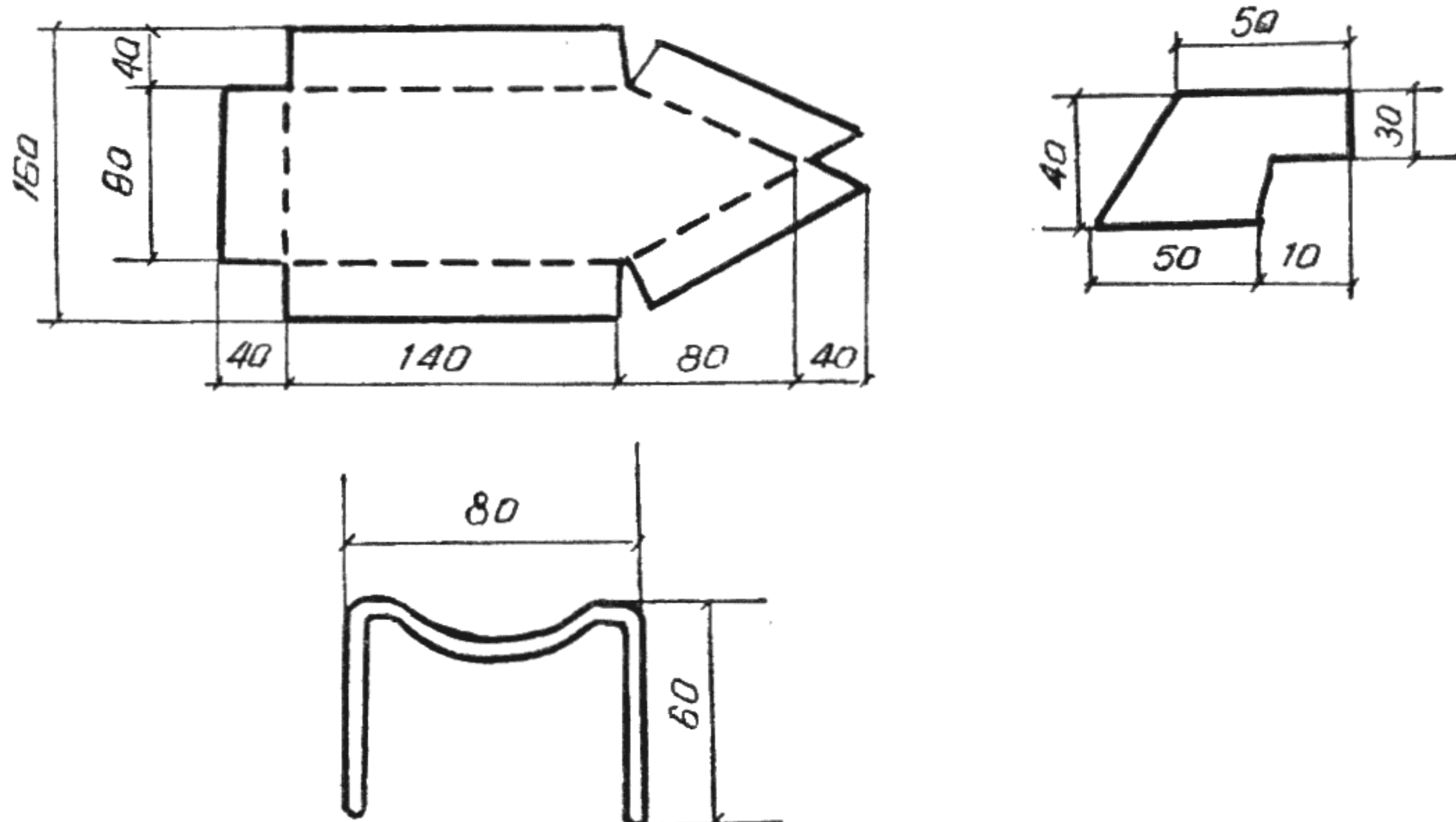


Fig. 3.2. Barca autopropulsată

urmă vă va folosi pentru confecționarea cazanului. Pentru aceasta, veți perfora oul cu un ac la una din extremități, făcîndu-i o gaură de 1—2 mm. Prin acea gaură îi aspirați conținutul și, după ce l-ați golit, introduceți, cu ajutorul unui cornet din hîrtie, apă.

Corpul bărcii și cîrma le confecționați din carton decupat la dimensiunile din figură, pe care îl îndoiiți după liniile întrerupte și îi lipiți îmbinările cu hîrtie adezivă.

Suportul cazanului îl confecționați din două bucăți de sîrmă de 1 mm îndoite ca în figură, pe care le înfigeți în bordurile bărcii. Drept sursă de căldură veți folosi un capăt de lumînare lipit cu ceară de un mic căpăcel de tablă.

După ce așezați lumînarea pe fundul bărcii și puneți „cazanul-ou“ pe suportul său, așezați barca pe apă și aprindeți lumînarea. În scurt timp apa din ou va începe să fiarbă și aburii să iasă sub formă de jet prin orificiul făcut în „cazan“. Barca va începe să alunece pe apă din ce în ce mai repede, în sens opus celui în care iese jetul de aburi. Deci, și de data aceasta, căldura degajată prin arderea lumînării se transformă în energie cinetică a bărcii.

Mai trebuie, însă, lămurit un aspect. De ce barca se deplasează în sens opus celui în care a ieșit jetul de aburi și nu se deplasează în același sens, la dreapta sau la stînga? Răspunsul la această întrebare îl cunoașteți, deoarece este dat de legea impulsului. Într-adevăr, conform acestei legi, impulsul unui sistem de corpuri în mișcare rămîne constant. În cazul de față, sistemul de corpuri este format din barcă și jetul de aburi. Cum aburii se deplasează într-un sens cu un anumit impuls, pentru ca suma impulsurilor să fie mereu nulă (cît era la începutul mișcării) trebuie ca barca să se deplaseze cu același impuls, dar în sens contrar.

Acesta este de fapt principiul propulsiei prin reacție, folosit în zborul avioanelor și rachetelor.

Din explicație, ați reținut că impulsul bărcii apare indiferent dacă în jurul acesteia se află aer sau nu. Cu alte cuvinte, barca nu este propulsată pentru că jetul apasă aerul înconjurător și acesta, conform principiului al treilea al acțiunii și reacțiunii, împinge barca, ci este propulsată de impuls. Aceasta este explicația pentru care rachetele pot fi propulsate în spațiul cosmic unde nu există aer, sau dacă există, e rarefiat atât de mult, că este aproape vid.

Experiențele efectuate nu dovedesc numai natura energetică a căldurii, ci și că, în natură, energia nu se pierde, ci se transformă dintr-o formă în alta. Descoperirea acestei legi a energiei a constituit încă un pas gigantic în dezvoltarea fizicii și ei îi datorăm, în mare parte, civilizația modernă.

Căldura este deci o formă de energie. Dar cum se poate aprecia câtă asemenea energie conține un corp? Sînteți desigur obișnuiți să spuneți că un corp este „cald“, adică conține mai multă căldură, dacă la atingerea cu mîna „frige“ și puteți spune că un corp este „rece“ (conține puțină căldură) dacă, la aceeași atingere, simțiți senzația de răceală. Aceasta este, însă, o apreciere subiectivă care diferă de la om la om. Pentru ca aprecierea stării de încălzire a unui corp să devină obiectivă, s-au construit aparate de măsură. Acestea, la fel ca și senzația de cald și rece, se bazează pe efectele fizice produse de căldură. Dintre efecte, cel mai utilizat este dilatarea corpurilor — adică mărirea dimensiunilor lor sub influența căldurii. Ceea ce se măsoară nu este, însă, căldura conținută de corp, ci o mărime a „stării de încălzire a corpului“, numită *temperatură*. Aparatele care măsoară temperatura sînt numite termometre și sînteți familiarizați cu ele de cînd ați fost prima oară bolnavi și părinții v-au măsurat temperatura. Termometrul pe care l-au folosit este de tipul cu coloană de mercur și măsoară, de fapt, lungimea

— dilatarea — unei coloane de mercur încălzită de corpul vostru. Cu cît corpul este mai încălzit, cu atît coloana se dilată mai mult și termometrul indică o temperatură mai mare.

Termometrul foarte simplu, pe care vă propunem să-l construiți, poate măsura temperaturi mult mai mari decît ale corpului uman, cum este cea a flăcărilor, și de aceea poartă numele de *pirometru*, „piros“ însemnînd în limba greacă ardere. Pentru realizarea sa aveți nevoie de un ac de cusut de 50 mm, două ace cu gămălie și o bucată de scîndură groasă de 10—20 mm. Decupați scîndura la dimensiunile din figura 3.3, înfigeți acul de cusut în mijlocul uneia din laturile decupării și acele cu gămălie, în poziție verticală, unul prin urechea acului de cusut și celălalt în spatele său, lîngă acul de cusut. Cu asta pirometrul este gata.

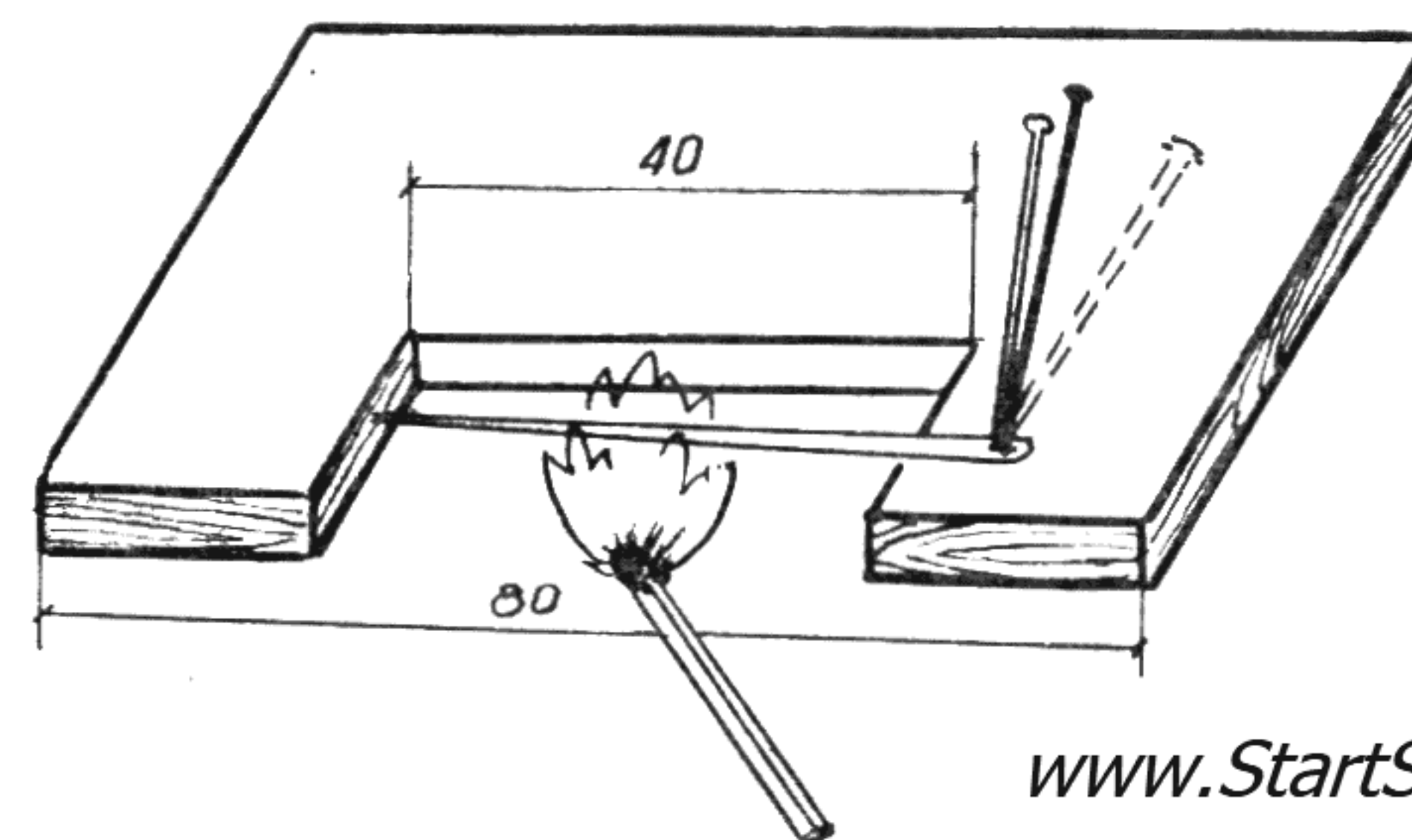


Fig. 3.3. Pirometrul

Pentru a înțelege cum funcționează, așezați pirometrul la marginea mesei de laborator, aprindeți un chibrit și încălziți acul de cusut. Veți observa că acul cu gămălie trecut prin urechea acului de cusut va devia un timp de la poziția verticală spre dreapta, după care se va opri într-o anumită poziție, unde rămîne indiferent cît timp veți încălzi acul de cusut la flacăra chibritului. Ce s-a întîmplat? Mai întîi, sub influența căldurii degajată prin arderea chibritului, acul de cusut s-a încălzit și s-a dilatat, împin-

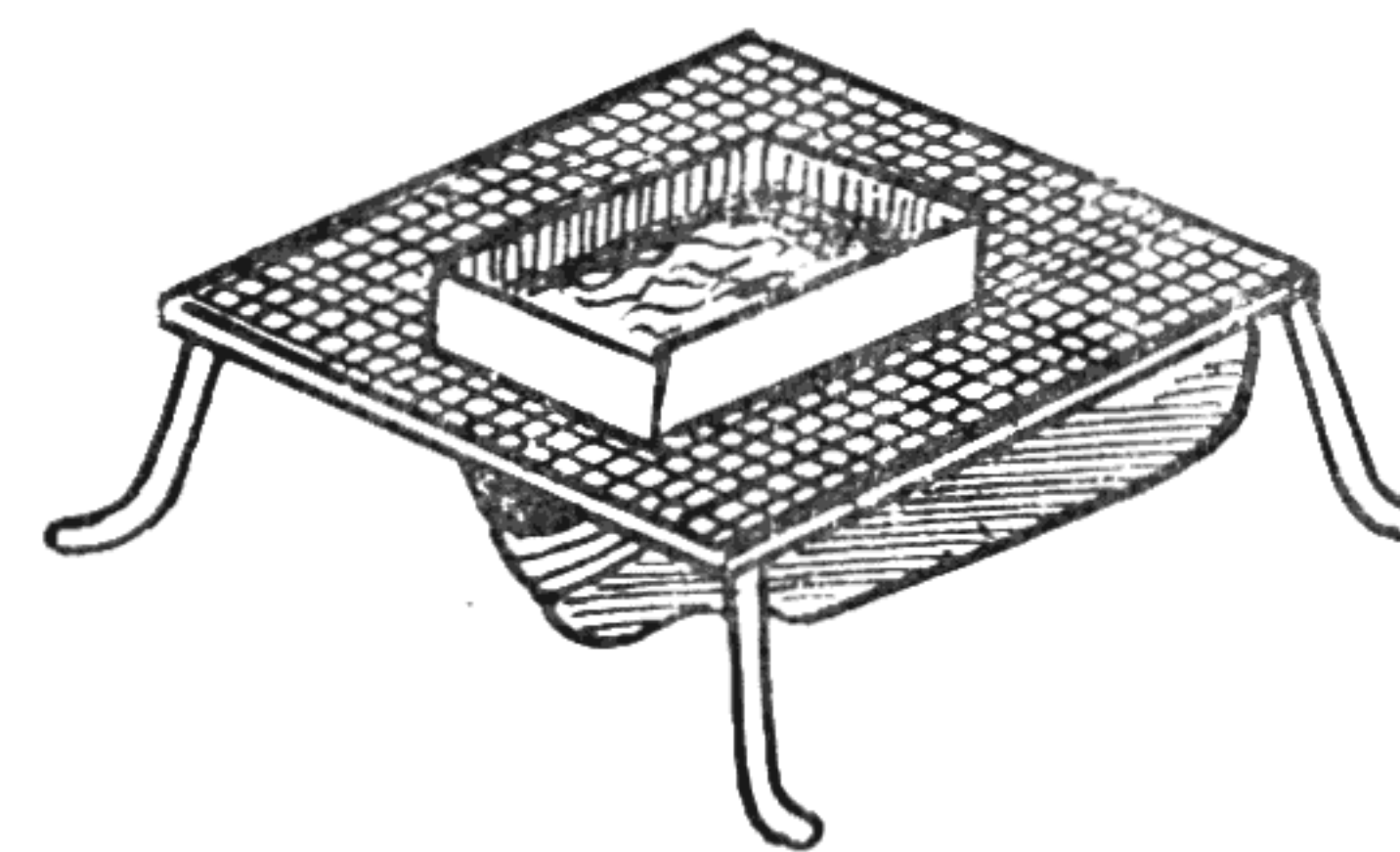
gînd acul înfipt prin urechea sa, care astfel deviază de la poziția verticală. Încălzirea și dilatarea acului de cusut nu se face însă oricît de mult, ci numai pînă ce temperatura sa devine egală cu temperatura flăcării. În continuare, acul nu se mai încălzește ci rămîne la aceeași stare de încălzire, adică la aceeași temperatură. După ce îndepărtați chibritul, veți observa că acul trecut prin urechea acului de cusut revine încet, încet la poziția verticală, deoarece acul de cusut se răcește și se scurtează — *se contractă* — pe măsură ce îi scade temperatura.

Dilatarea corpurilor sub influența căldurii este numai unul dintre efectele acesteia ; tot sub influența căldurii, corpurile își schimbă starea fizică de agregare, putînd deveni din solide — lichide și din lichide — gaze. De exemplu, pentru a transforma starea de agregare a apei din lichidă în gazoasă — vapori de apă — este suficient să o încălzim pînă la fierbere. Dar pentru a înțelege mai bine ce se petrece în timpul fierberii, vă propunem încă o experiență simplă. Pentru efectuarea sa vă sînt necesare o bucată de tablă (de cutie de conserve), una de plasă de sîrmă, patru capete de sîrmă de 1,5—2 mm și o bucată de carton cretat.

Din tablă și sîrmă veți confecționa un stativ pe care veți așeza plasa de sîrmă și cutia de carton cu apă și sub care se va așeza lampa de spirt (fig. 3.4).

După ce decupați din tablă o ramă pătrată cu dimensiunile de  $100 \times 100$  mm și lățimea de 15 mm și după ce tăiați și îndoiiți sîrmele la dimensiunile din figura 3.4, lipiți cu cositor sîrmele în colțurile ramei, realizînd stativul. Cutia în care veți pune apa o executați dintr-un pătrat de carton cretat cu dimensiunile de  $80 \times 80$  mm pe care îl îndoiiți după liniile întrerupte și îi asigurați îmbinările cu bandă adezivă.

Așezați lampa de spirt sub stativ, plasa de sîrmă pe stativ, cutia de carton pe plasă, puneți apă în cutie și numai după ce ați umplut cutia cu apă aprin-



www.StartSpreViitor.ro

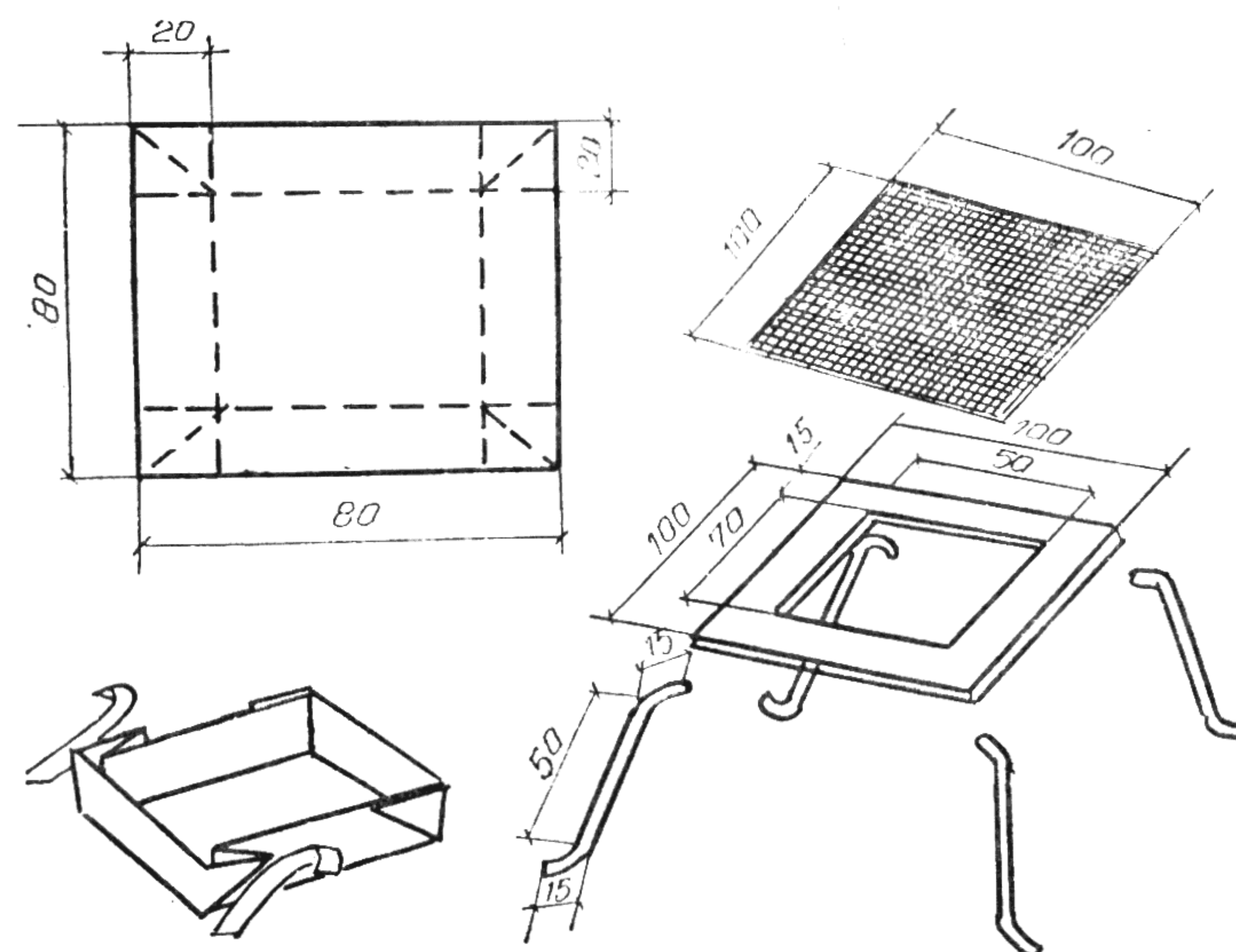


Fig. 3.4. Fierberea apei într-o cutie de carton

deți lampa de spirt. Veți observa cum apa se încălzește treptat, cum apar mici bule care se ridică la suprafață și, apoi, cum se formează alte mici bule, care se ridică pe lîngă pereți, dar care dispar cu zgomot înainte de a ajunge la suprafață și, în sfîrșit, apar bule mari care vin să se spargă la suprafață și care se produc pînă ce întreaga cantitate de apă se transformă în vapori. Abia după aceea cutia de carton se deformează și capătă o culoare brună, fiind în pericol să ardă.

Primele mici bule formate care ajung pînă la suprafața apei sînt bule de aer dizolvate în apă. Următoarele mici bule conțin vapori de apă formați la fundul și lîngă pereții încălziți ai cutiei. Aceste

bule, trecînd prin straturile de apă de la suprafață, mai reci, se răcesc și se transformă din nou în apă, se condensează cu zgomot. Abia după ce întreaga masă de apă s-a încălzit suficient, apar bulele mari de vapori care se sparg la suprafață eliberînd vaporii în atmosferă, fierberea fiind complet dezvoltată.

Fenomenul de fierbere vă pare, desigur, cunoscut. Surprinzător pare însă faptul că apa fierbe într-o cutie de carton care nu se aprinde în timpul fierberii. Explicația este, totuși, foarte simplă. Pentru ca să se aprindă, cartonul, ca și orice alt material inflamabil, trebuie mai întîi să se încălzească pînă la o temperatură destul de ridicată. Fierberea apei se face însă, la o temperatură mult mai mică, iar în timpul fierberii, temperatura rămîne constantă. Deși lampa de spirt arde în continuare degajînd căldură, temperatura apei nu crește, pentru că întreaga cantitate de căldură este absorbită de procesul de transformare a stării fizice a apei. Același fenomen, de menținere a unei temperaturi constante tot timpul cît durează procesul de transformare a stării fizice, caracterizează și topirea corpurilor solide, ca și solidificarea celor lichide, sau condensarea celor gazoase. Necesitatea comunicării unei anumite cantități de căldură — numită căldură latentă — la temperatură constantă, pentru schimbarea stării fizice a unui corp, este totuși un fapt pozitiv, pentru că este suficient să ne imaginăm ce catastrofă s-ar produce dacă la atingerea temperaturii de topire, întreaga zăpadă căzută în timpul iernii s-ar topi instantaneu.

Temperatura de topire sau de fierbere este o valoare constantă, care depinde de natura substanței respective, ca și de presiunea care acționează la suprafața apei. O experiență simplă poate dovedi și această afirmație. Pentru realizarea sa veți folosi stativul cu plasa de sîrmă, lampa de spirt, un cristalizator sau un vas cilindric cu diametrul de circa 80 mm, o sticlă și puțină sare de bucătărie.

Realizați montajul din fig. 3.5, umpleți cu apă atît vasul cilindric cît și sticla și aprindeți lampa de spirt. Veți constata că numai apa din vasul cilindric începe să fiarbă, în timp ce apa din sticlă nu fierbe. Pentru ca apa să fiarbă, așa cum știți deja, trebuie ca să-i fie dată căldură. Această căldură este folosită la început pentru a-i ridica temperatura pînă ce ajunge la temperatura de fierbere. În continuare, căldura comunicată apei este folosită pentru distrugerea coeziunii dintre molecule, adică pentru transformarea apei în vapori. Acești vapori trebuie să aibe o presiune suficientă pentru a învinge presiunea mediului de deasupra apei și a stratului de lichid de deasupra locului unde s-a format. Numai în aceste condiții vaporii pot străbate masa de apă și ies în atmosferă. Deci, fierberea are loc numai atît timp cît apa, încălzită la temperatura de fierbere, primește căldură. În același timp, căldura se transmite de la un corp la altul numai dacă există o diferență de temperatură între cele două corpuri și anume, căldura se transmite de la corpul cu temperatură mai mare, la cel cu temperatură mai mică.

*www.StartSpreViitor.ro*

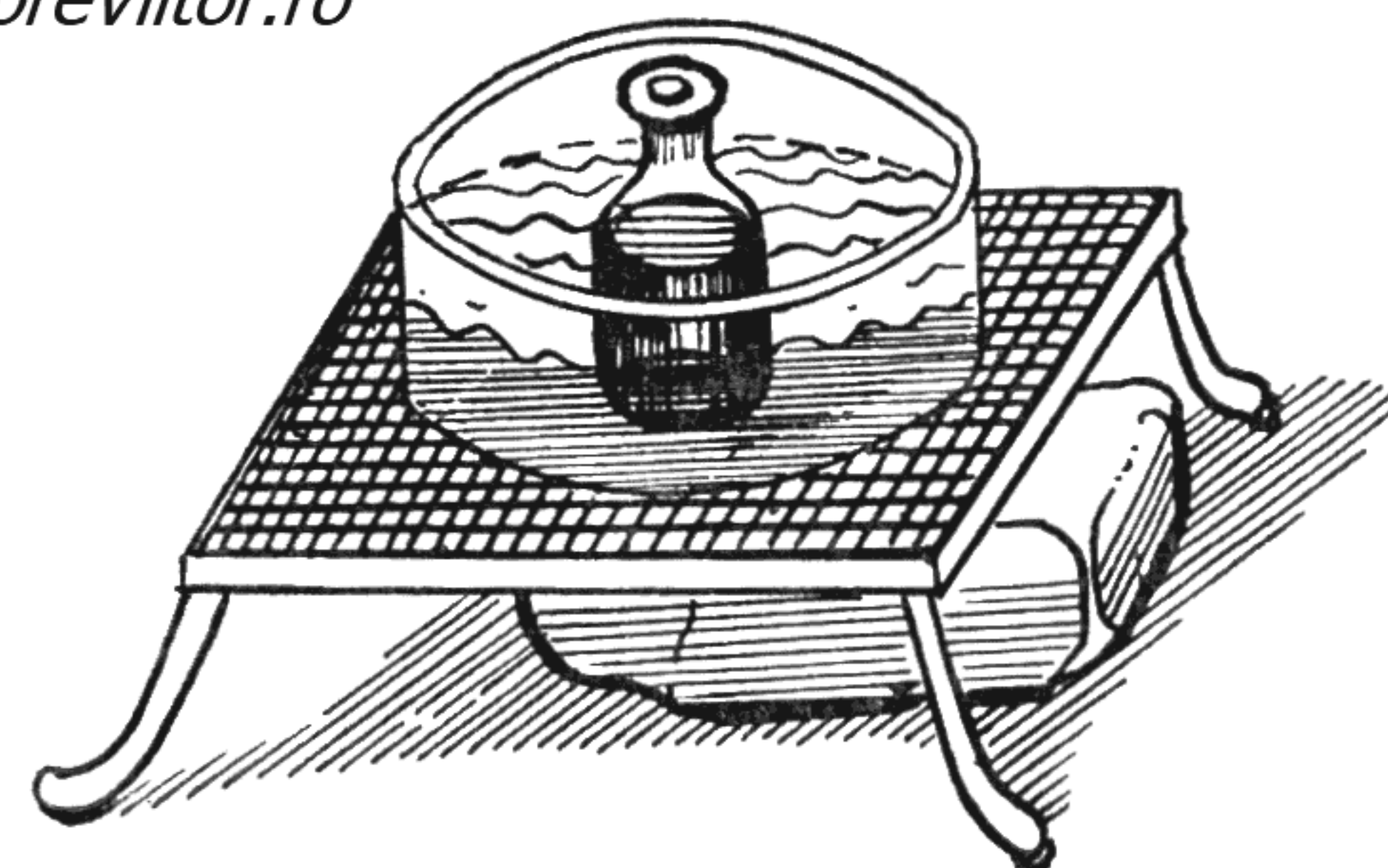


Fig. 3.5. Fierberea apei

În experiența încercată, apa din vas primește căldură de la flacăra lămpii de spirt, din care o parte o cedează apei din sticlă. În momentul începerii fierberii apei din vas, atît apa din vas, cît și cea din sticlă ajung la temperatura de fierbere, dar cea din

sticlă nu fierbe pentru că nu mai primește căldura suplimentară necesară fierberii, deoarece nu există diferență de temperatură între apa din vas și cea din sticlă.

Dizolvați acum în apa din vas puțină sare de bucătărie și refaceți experiența. Dacă ați dizolvat suficientă sare, veți observa că, de data aceasta, fierbe atât apa din vas cât și cea din sticlă. Deoarece, pentru ca apa din sticlă să fiarbă, este necesar ca apa din vas să aibe o temperatură mai mare decât cea de fierbere a apei din sticlă, înseamnă că temperatura de fierbere a apei sărate este mai mare decât a apei obișnuite. Ați dovedit astfel că temperatura de transformare a stării fizice depinde de compoziția chimică a corpului.

Acum, închideți sticla cu un dop etanș de cauciuc și refaceți experiența, păstrând în vas apa sărată. Se constată că după ce apa din vas începe să fiarbă, cea din sticlă pare că va începe și ea să fiarbă, dar nu fierbe.

Dacă vă reamintiți că vaporii trebuie să învingă presiunea mediului de deasupra apei, explicația fenomenului devine foarte simplă. Într-adevăr, la începutul experienței, apa din sticlă a ajuns la temperatura de fierbere și a început să fiarbă. Sticla fiind însă închisă, vaporii formați rămân deasupra apei mărinđ presiunea mediului, astfel că suplimentul de căldură folosit pentru vaporizarea apei nu mai ajunge pentru a comunica o presiune suficientă vaporilor, ca să străbată masa de apă. Totuși, suplimentul de căldură nu se pierde, ci mărește temperatura apei din sticlă pînă ajunge la temperatura de fierbere a apei sărate.

Deci, temperatura de fierbere depinde și de presiunea mediului, fiind cu atît mai mare cu cît presiunea este mai mare.

La explicarea ultimei experiențe s-a vorbit despre transmiterea căldurii. Aceasta se poate deci transmite de la un corp la altul, dar cum ?

Transmiterea căldurii se poate face direct prin interiorul corpurilor, prin *conducție*, într-un corp solid și unul fluid la suprafață, prin *convecție*, sau la distanță, prin *radiație*. Cîteva experiențe simple pot demonstra caracteristicile celor trei moduri de transmitere a căldurii.

Pentru prima experiență trebuie să vă procurați două sîrme cu același diametru, una de cupru și una de fier, lungi de 300 mm. Din lemn confecționați un suport cu dimensiunile din Fig. 3.6, în care înfigeți cele două sîrme astfel ca să se atingă capetele lor libere. Pe fiecare sîrmă, lipiți cu ceară, la distanță de 40 mm una de alta, ținte de cismărie. Așezați apoi pe suport lampa de spirit, astfel ca fitilul său să se afle sub capetele sîrmelor (Fig. 3.6). Aprindeți lampa de spirit și urmăriți ce se întîmplă cu țintele. Veți observa că acestea încep să cadă, mai întîi cele de pe sîrma de cupru, apoi cele de pe sîrma de fier. Mai întîi cele dinspre capetele libere ale sîrmelor și apoi, treptat, celelalte.

De ce cad țintele și de ce nu cad toate odată ? Țintele cad pentru că, prin sîrme, s-a transmis căldura degajată de flacăra lămpii de spirit și această căldură topește ceara cu care au fost lipite țintele. Căldura nu se transmite instantaneu, ci este „con-

[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

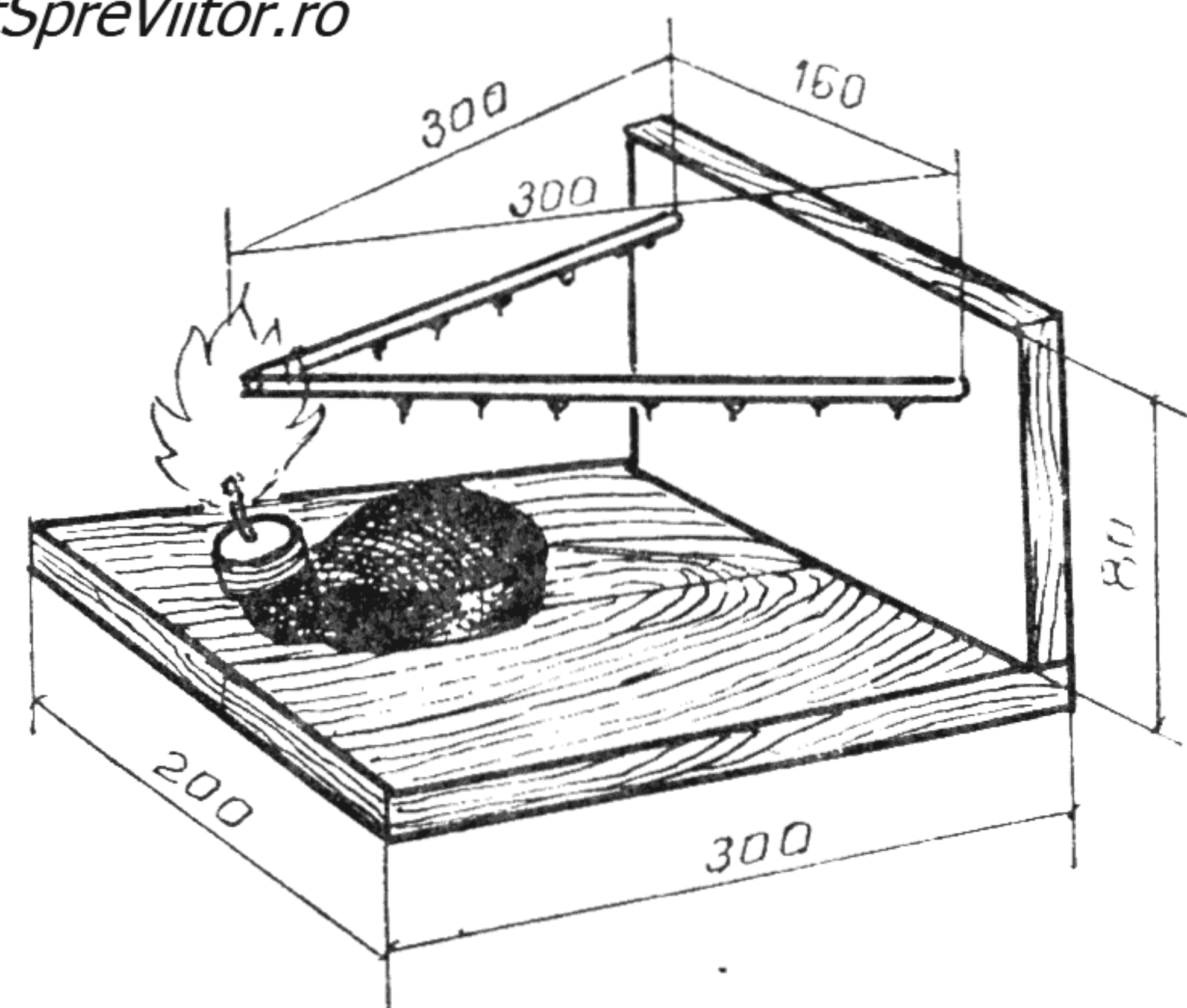


Fig. 3.6. Transmiterea căldurii prin conducție

dusă“ prin sîrme, astfel că vor cădea mai întîi țintele de la capătul sîrmei, apoi celelalte, pe rînd, în măsura în care ajunge căldura la ele. Corpurile nu conduc însă la fel de bine căldura. De exemplu, în experiența voastră, sîrma de cupru s-a dovedit mai bună conducătoare de căldură, decît cea de fier. De aceea, cazanele se fac din cupru.

De fapt, toate corpurile solide pot transmite căldură prin conducție, dar diferențele dintre ele sînt foarte mari. Unele, cum sînt corpurile din metale, se spune că sînt bune conducătoare de căldură, pentru că transmit bine căldura prin conducție. La polul opus se situează materialele care transmit atît de puțină căldură, că sînt numite „izolatoare“.

Tăind un disc de hîrtie sub forma unui melc, ca în Fig. 3.7, pe care îl suspendați la capătul ascuțit al unei sîrme de 1—1,5 mm, îndoită ca în aceeași figură, realizați pregătirea pentru o nouă experiență. Pentru a o realiza, nu aveți decît să așezați sîrma pe becul unei lămpi de birou, căreia i-ați scos abajurul,

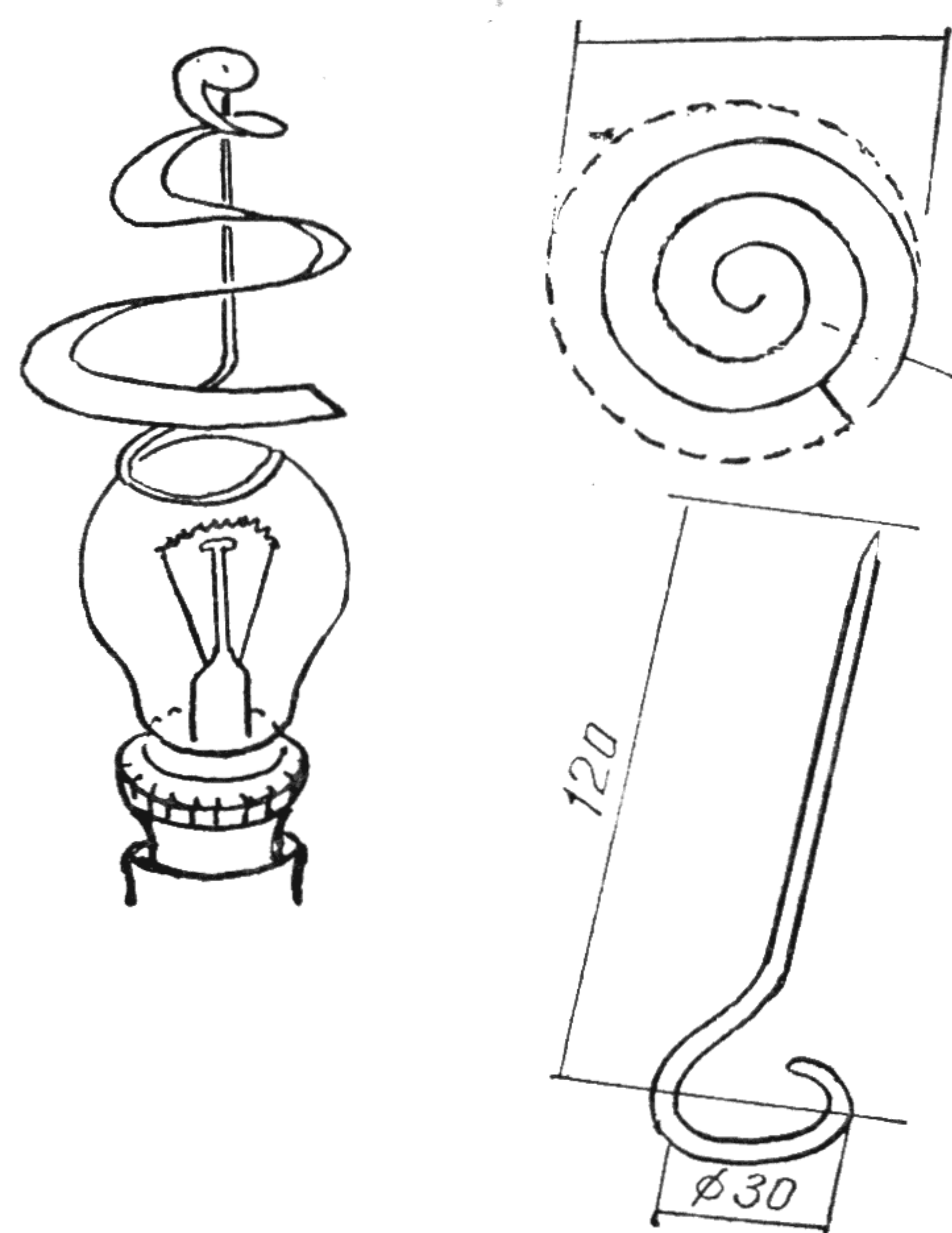


Fig. 3.7. Morişca cu aer cald

o aprindeți și veți observa cum melcul de hîrtie începe să se rotească.

Dacă puneți mîna deasupra melcului, veți simți un ușor curent de aer cald. Deci, melcul de hîrtie este rotit de aerul cald, iar acesta a fost încălzit de becul aprins al lămpii de birou. De ce se încălzește becul, veți afla în alt capitol al cărții. Aici, însă, rețineți numai că suprafața becului este încălzită. Căldura suprafeței becului se transmite, prin convecție, aerului înconjurător care prin încălzire se dilată, devenind, la același volum, mai ușor. Fiind mai ușor, aerul cald se ridică, formînd un curent care antrenează melcul în rotație.

Pentru cea de a treia experiență, nu trebuie să vă procurați decît o cutie de conserve, o lumînare, vopsea neagră și două bețe de chibrit.

Împărțiți interiorul cutiei în doi semicilindri egali. Unul îl vopsiți în negru, iar celălalt rămîne alb și strălucitor. Pe exteriorul cutiei, în dreptul mijlocului semicilindrului, lipiți cu ceară, în poziție orizontală, cele două bețe de chibrit (Fig. 3.8). Așezați lumînarea în interiorul cutiei și aprindeți-o. Veți observa, după cîteva minute, că bățul de chibrit lipit în dreptul semicilindrului înnegrit se desprinde și cade. Abia după alte cîteva minute, se desprinde și cade și celălalt băț de chibrit.

Desigur, bețele de chibrit au căzut pentru că ceara cu care erau lipite s-a topit, iar căldura care a topit

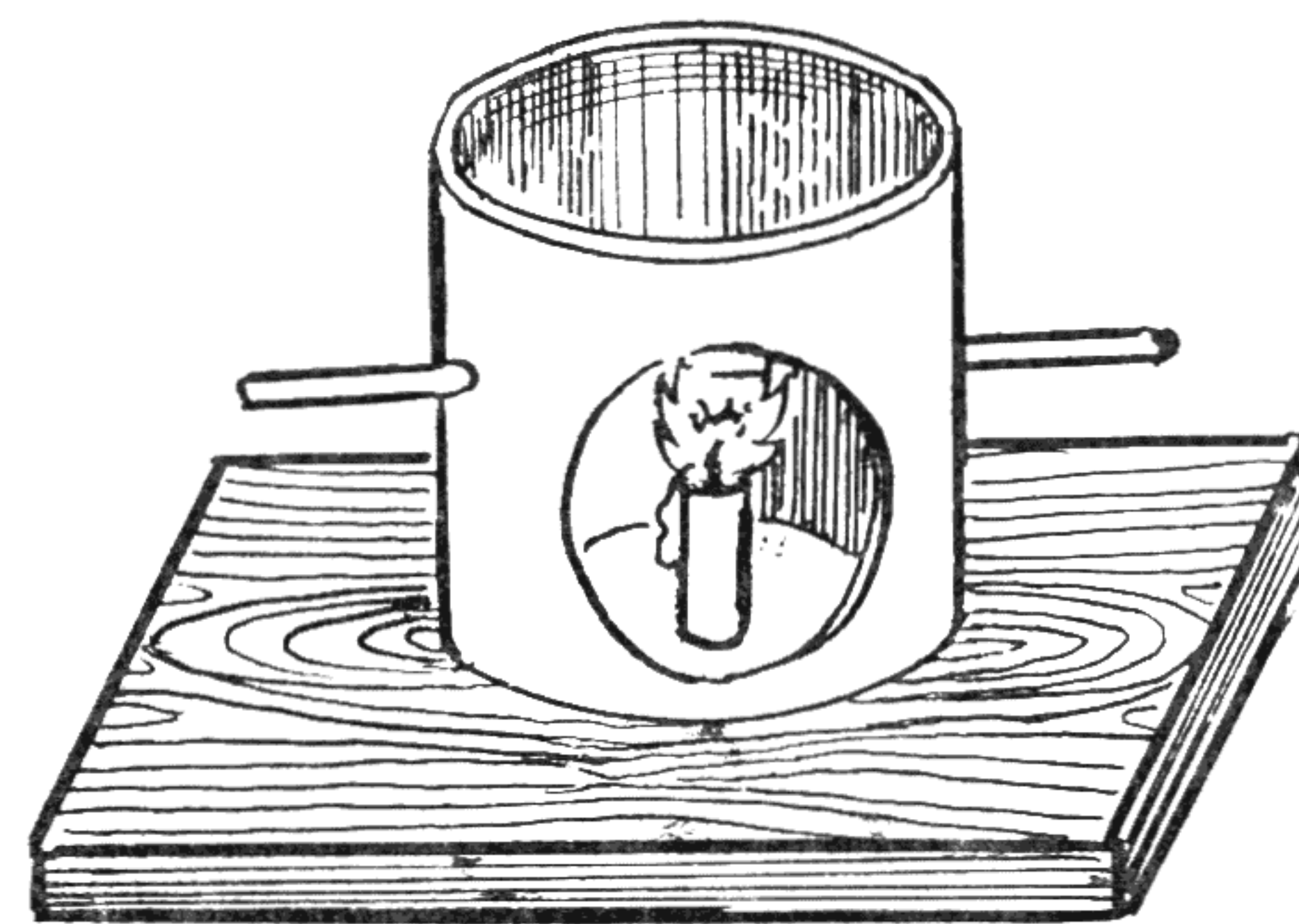


Fig. 3.8. Transimterea căldurii prin radiație



ceara provine de la flacăra lumînării. Dar între flacăra și pereții cutiei este o distanță destul de mare. Căldura s-a transmis totuși, la fel cum se transmite și căldura unei sobe încinse pe care n-o atingem și anume, prin radiație. Prin aceasta se înțelege că orice corp încălzit, emite în jurul său raze de căldură, asemănătoare razelor luminoase, numite științific radiații infraroșii. Aceste radiații încălzesc corpurile pe care le întâlnesc, pe unele mai mult și pe altele mai puțin. Acest lucru se întâmplă deoarece razele care ajung la corp sînt o parte absorbite de acestea și o parte reflectate, trimise înapoi și numai

razele absorbite încălzesc corpul. Cantitatea de căldură transmisă prin radiație depinde, deci, atît de intensitatea radiațiilor, cît și de corpul care le recepționează și anume de măsura în care acesta reflectă și, respectiv, absoarbe radiațiile. Corpurile albe și strălucitoare reflectă cea mai mare parte din radiații, în timp ce corpurile negre absorb cea mai mare parte. De aceea, chibriturile au căzut la intervale diferite de timp și, de aceea, de exemplu, oamenii se îmbracă vara cu haine în culori deschise, care reflectă căldura și iarna în haine închise la culoare, care absorb căldura.

*www.StartSpreViitor.ro*

## 4. EXPERIENȚE DE OPTICĂ

*www.StartSpreViitor.ro*

Văzul este, de departe, cel mai important simț al oamenilor, astfel că nu este de mirare că, de-a lungul veacurilor, oamenii de știință s-au străduit să afle ce este și căror legi li se supune lumina — agentul datorită căruia vedem. De aceea, optica, domeniul fizicii care studiază lumina, a fost primul în care s-au făcut experiențe. Există mărturii că în secolul III î.e.n. Euclid cunoștea legile reflexiei pe o suprafață plană, iar în secolul II, Ptolomeu s-a ocupat de refracție.

Și unul și celălalt știau că lumina se propagă, într-un mediu uniform, în linie dreaptă, dar cine a descoperit această lege, general acceptată, a rămas anonim. Se poate că acesta să fi fost un vânător, care a observat cum o rază de soare, scăpată printr-o mică deschizătură a frunzișului des al pădurii, formează umbra lancei sale, constatînd că mica deschizătură, vârful lănciei și al umbrei sînt coliniare.

Pentru a demonstra rectilinitatea razelor luminoase nu este nevoie să vă deplasați în pădure. Puteți reface experiența vânătorului-fizician în micul vostru laborator, dar pentru aceasta va trebui să vă construiți un banc de experiențe de optică, care vă va folosi și la realizarea altor experiențe interesante.

Bancul optic se compune dintr-o sursă de lumină, unul sau mai multe ecrane și suporturi pentru diferite dispozitive și aparate care vor fi descrise la timpul potrivit. Toate acestea se montează pe o rigletă, pe care se pot deplasa în diferite poziții bine determinate.

Pentru moment trebuie construite sursa de lumină, ecranul, iar ca dispozitiv optic veți folosi o

simplă figură geometrică de carton montată pe un suport (fig. 4.1a.).

Materialele necesare sînt cîteva foi de material plastic de 1 și 2 mm grosime, o lanternă de buzunar veche, un bec de lanternă de 3,5 V, o balama de penar, cîteva bucăți de sîrmă de cupru izolată, tablă subțire de alamă, o baterie plată de 4,5 V și ață de cusut.

Rigleta se construiește din trei fîșii de plastic groase de 2 mm, late de 20 mm și lungi de 350 mm, așa cum se arată în fig. 4.1. Pentru a mări rigiditatea rigletei, la capete și la mijlocul ei se lipește trei distanțiere tăiate din plastic de 2 mm, cu dimensiunile de  $20 \times 18$  mm. În sfîrșit, după ce rigleta s-a uscat, pe partea ei superioară se lipește o scară gradată în milimetri (poate fi și o bandă tăiată dintr-o hîrtie milimetrică).

Sursa de lumină se montează într-o cutie executată, de asemenea, din plastic, ale cărei elemente componente sînt prezentate în fig. 4.1b.

După ce decupați piesele componente ale cutiei sursei de lumină, la dimensiunile indicate în fig. 4.1, le lipiți cu stirocol, formînd trei compartimente. În partea de jos, un compartiment pentru baterie, deasupra sa compartimentul în care se montează becul de lanternă de 3,5 V și, în fața acestuia, compartimentul diafragmei. Dulia becului de lanternă, luată de la o lanternă veche, se lipește cu cositor, pe un suport din tablă de cutie de conserve, care se lipește apoi cu prenadex pe placa care separă compartimentul bateriei de cel al becului. Suportul îl dimensionați astfel ca becul să se afle în dreptul

găurii de 8 mm, care face legătura dintre compartimentul becului și cel al diafragmei. Dacă puteți procura un bec cu lupă incorporată — care vă va permite obținerea unor rezultate mai bune — veți modifica diametrul găurii astfel ca să cuprindă partea cilindrică din fața becului. De dulia becului lipiți, cu cositor, două bucăți de sîrmă izolată de cupru (după ce le-ați dezizolat capetele), una pe partea laterală a duliei și cealaltă în centrul părții din spate. Treceți cele două fire prin gaura făcută într-unul din colțurile plăcii care separă compartimentele becului și bateriei. Unul din fire se lipește cu cositor de una dintre lamelele bateriei, iar celălalt se lasă liber, punîndu-l în contact cu cealaltă lamelă numai cînd veți folosi bancul optic. Dacă doriți și aveți mai multă îndemînare, puteți demonta de la lanterna veche întrerupătorul și îl puteți monta pe cuie, aprinzînd becul cu ajutorul acestuia.

Capacul cutiei se confecționează din două plăci de plastic de 2 mm și un colțar, pe care le decupați și le lipiți între marginea capacului și placa din față a

compartimentului diafragmei. Lipirea se face cu prenadez și se asigură cu cîteva ace cu gămălie, pe care le scurtați la o lungime de 5—6 mm, le încălziți, le treceți prin găurile balamalei și le înfigeți în plăcile de plastic. Dacă nu aveți balama, o puteți înlocui cu o bucată de pînză (neagră) cît mai compactă, pe care o lipiți pe exterior. Compartimentul diafragmei se execută din patru plăcuțe groase de 2 mm, două laterale, una dedesubt și una în față, în care se face o gaură cu diametrul de 16 mm. (Pe cele două plăcuțe laterale, în interior se lipesc 2 plăcuțe groase de 1 mm, cu dimensiuni puțin mai mici decît ale plăcuțelor de 2 mm). Interiorul compartimentului diafragmei, inclusiv partea de capac care îl acoperă, se vopsește în negru mat.

Diafragma propriu-zisă se execută din carton negru în care se face cu un ac o gaură cu diametrul de circa 0,5 mm. Gaura trebuie să aibă marginile cît mai regulate pentru a evita difracția luminii.

Diafragma se așează în spatele plăcii din față compartimentului său, în dreptul găurii de 16 mm.

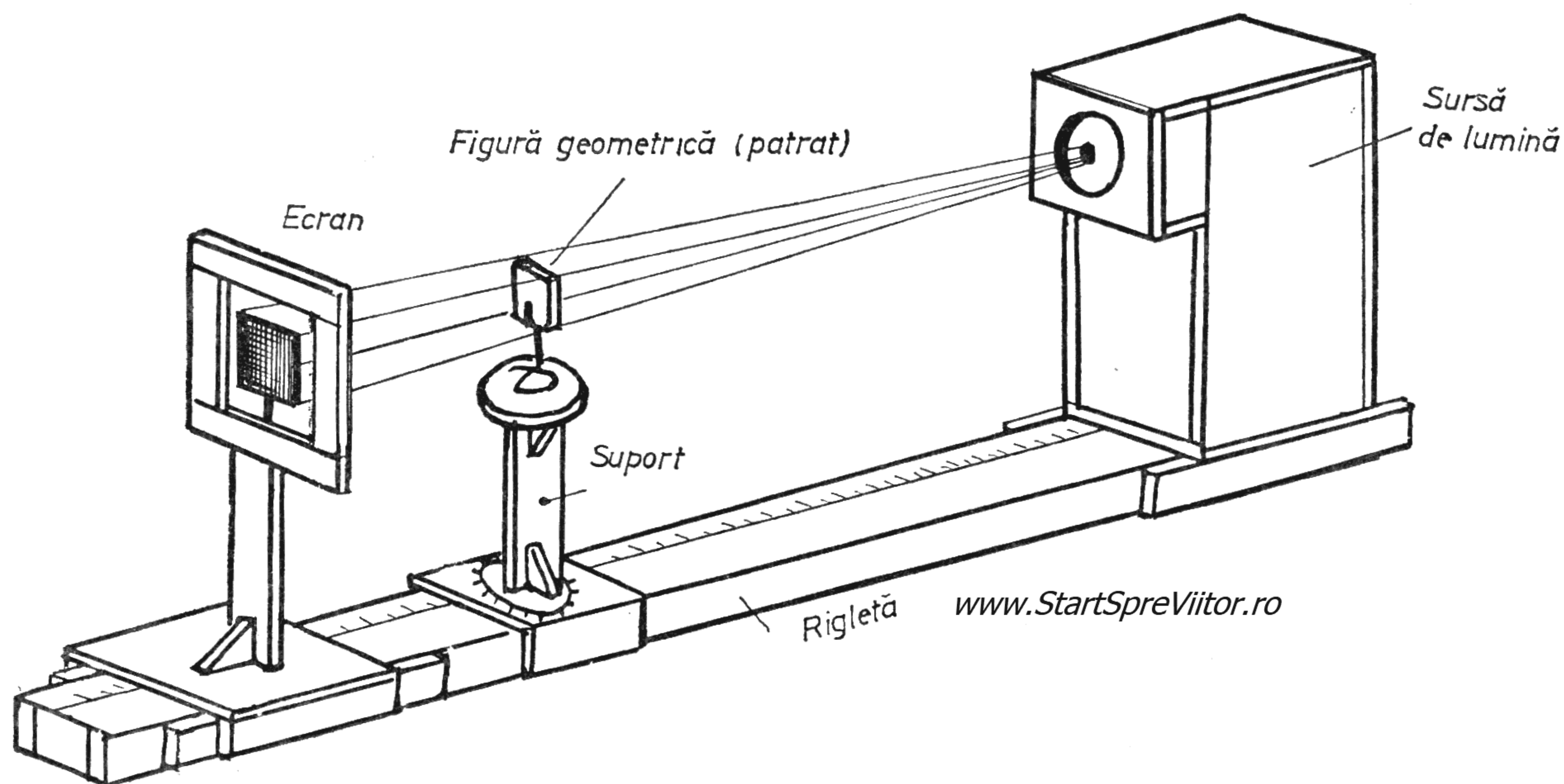


Fig. 4.1.a Rectilinitatea razelor luminoase

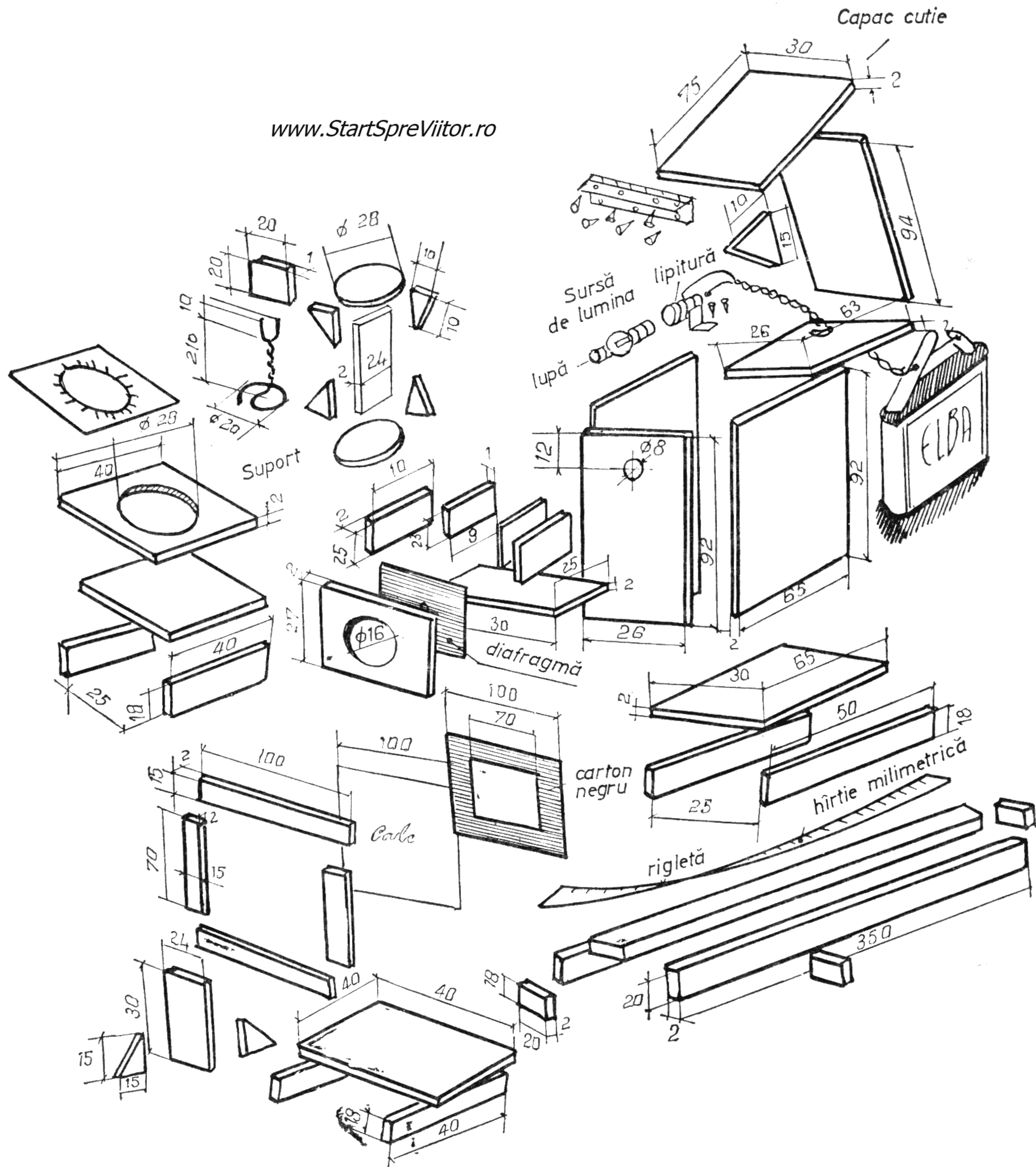


Fig. 4.1.b Banc optic

Suportul pe care se montează figura geometrică are un postament format din două plăci suprapuse. În placa superioară a postamentului se face o gaură cu diametrul de 28 mm și peste acesta se lipește o bucată de hîrtie găurită pe care se trasează, cu raportorul, gradații din 10 în 10 grade. În gaura postamentului se poate roti cu frecare ușoară postamentul propriu-zis, executat din două plăci rotunde cu diametrul de 28 mm prinse între ele cu un distanțier de  $46 \times 24 \times 2$  mm și patru colțare.

Figura geometrică tăiată din plastic de 1 mm se așează pe suport prin intermediul unui alt mic suport confecționat din sîrmă de cupru de 1—2 mm grosime, ca în fig. 4.1. Figura se introduce între brațele suportului forțat. Ecranul se execută pe o ramă confecționată din plastic de 2 mm ca în fig. 4.9. Ecranul propriu-zis se face din hîrtie de calc care se lipește cu stiropol pe ramă, iar în fața acestuia se lipește încă o ramă tăiată din carton negru.

Bancul fiind terminat, puteți trece la efectuarea experienței. Aprindeți sursa de lumină și faceți, pe cît posibil, întuneric în laborator. Veți observa că prin mica deschidere a diafragmei iese un fascicol de raze de lumină care formează pe ecran umbra figurii geometrice montate pe suport. Umbra o puteți observa mai bine privind ecranul din spate. Dacă întindeți între deschiderea diafragmei și unul din colțurile umbrei un fir de ață, veți observa că firul atinge și colțul corespunzător al figurii geometrice. Deci ați dovedit că razele de lumină se propagă în linie dreaptă.

Dar, această concluzie nu este adevărată decît pentru raze luminoase care se propagă într-un mediu omogen. Dacă veți introduce un creion înclinat, într-un vas cu apă, imaginea acestuia se frînge. Acest fenomen se datorează faptului că la trecerea dintr-un mediu în altul, nu creionul, ci razele de lumină se frîng. Fenomenul, denumit refracția luminii, a fost observat și studiat, încă din antichitate. Ptolomeu, cel care s-a ocupat încă din prima jumătate a secolu-

lui II de refracție, ne-a lăsat, cu acest prilej, și unul dintre primele rapoarte de cercetare experimentală cunoscute. În experiența sa, pe care vă propunem s-o repetați, Ptolomeu a folosit un vas cu apă și un disc gradat (fig. 4.2).

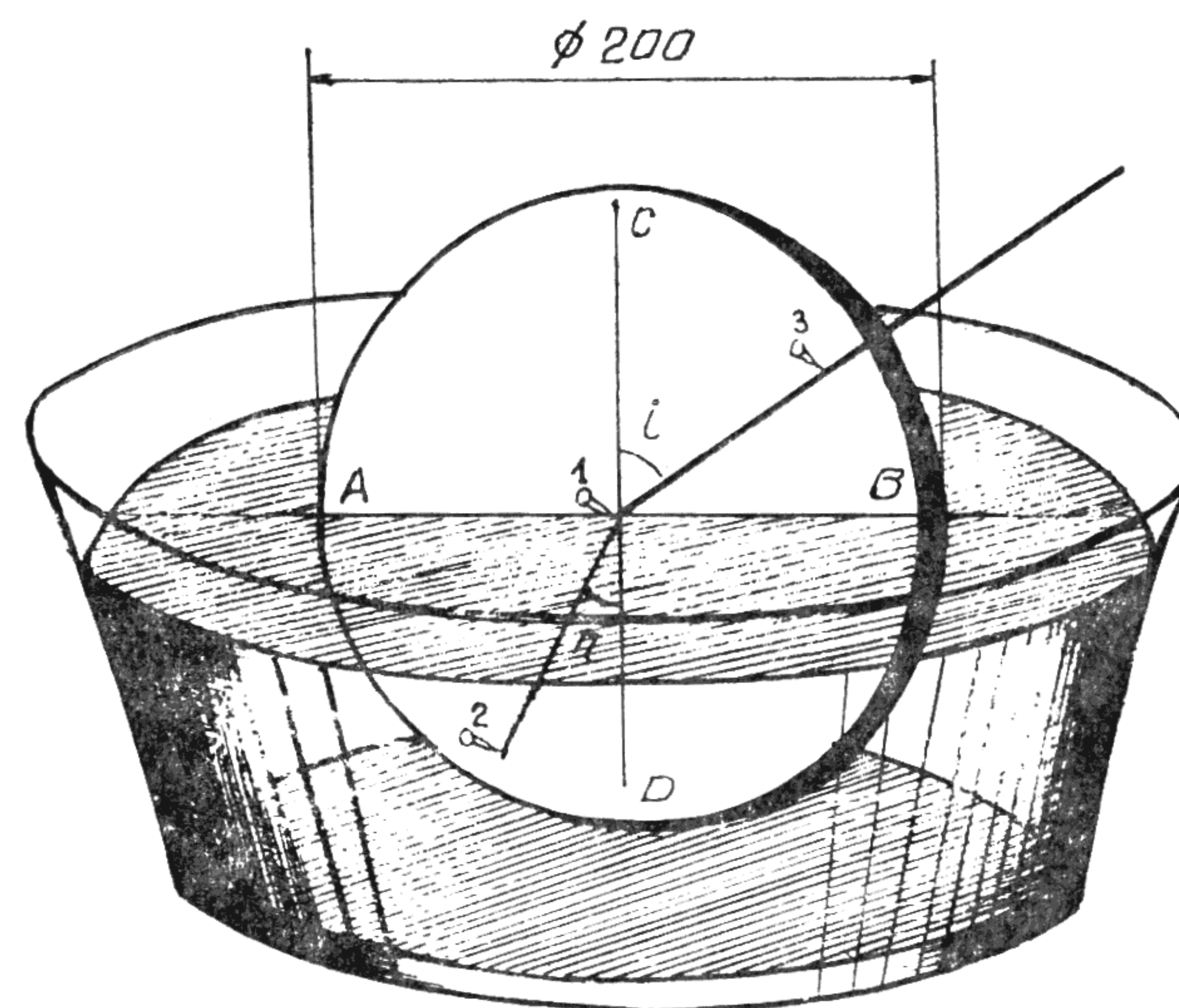


Fig. 4.2. Refracția luminii

Discul cu diametrul de 200 mm îl tăiați din scîndură subțire, placaj de 3 mm, sau la nevoie din carton. Trasați pe disc, două diametre perpendiculare AB și CD. Înfigeți în centrul discului un ac de gămălie și un alt ac între punctele A și D astfel ca raza care unește cele două ace să formeze cu diametrul CD unghiul  $r$ . Introduceți discul într-un vas cu apă astfel ca diametrul AB să se suprapună perfect cu suprafața liberă a apei și, privind în lungul discului, înfigeți acul 3 între punctele B și C astfel ca să se suprapună peste acele 1 și 2. Scoateți discul din apă și trasați pe disc o dreaptă între acele 1 și 3. Observați, cu ușurință, că unghiul  $i$ , dintre raza 1.3 și diametrul CD este diferit de unghiul  $r$  dintre raza 1.2 și diametrul CD, deși atunci cînd ați potrivit discul cufundat în apă cele trei ace păreau că se su-

prapun. Dacă veți repeta experiența pentru diferite unghiuri  $r$  și veți măsura de fiecare dată unghiurile, veți observa că raportul dintre sinusurile celor două unghiuri este constant, adică :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{constant}$$

Constanta este denumită *indice de refracție a luminii* la trecerea dintr-un mediu omogen în altul. Deși a obținut suficiente rezultate, Ptolomeu nu a dedus această lege, lăsând să treacă 13 secole pînă a redescoperit-o Snell van Royen. Refractată sau nu, lumina se propagă numai prin anumite medii — mediile transparente — iar prin altele nu se propagă deloc — mediile opace. La întîlnirea unui mediu opac, dacă acesta este negru mat, ea este absorbită. Dacă mediul opac este însă lucios ca oglinda, razele de lumină se întorc în mediul transparent — se reflectă.

Legea reflexiei pe o suprafață plană era cunoscută încă din secolul III î.e.n. de Euclid, dar descrierea primelor experiențe pentru demonstrarea ei nu ne-a rămas. Puteți totuși organiza o experiență simplă, pentru demonstrarea legii reflexiei, folosind o scîndură groasă de 15—20 mm, cu dimensiunile de  $600 \times 450$  mm sau o planșetă de desen, o coală de hîrtie, două blocuri de lemn, unul paralelipipedic de  $450 \times 50 \times 40$  mm și unul cu o față concavă, tăiată după raza  $R 300$  mm (fig. 4.3, b) și staniol pe suport de hîrtie, ca cel utilizat de fotografi.

Lipiți mai întîi pe fața de  $450 \times 50$  mm a blocului paralelipipedic de lemn și apoi pe fața concavă a celuilalt bloc, cu aracet, cîte o fișie de staniol lată de 50 mm, realizînd astfel două oglinzi, una plană și una concavă. Aveți grijă ca în timpul lipirii și al pregătirii să nu îndoiiți staniolul, pentru că oglinzile trebuie să fie perfect netede. Fixați cu pioneze pe planșetă coala de hîrtie de desen și așezați deasupra, ca în fig. 4.3, cele două oglinzi. Înfîgeți apoi două

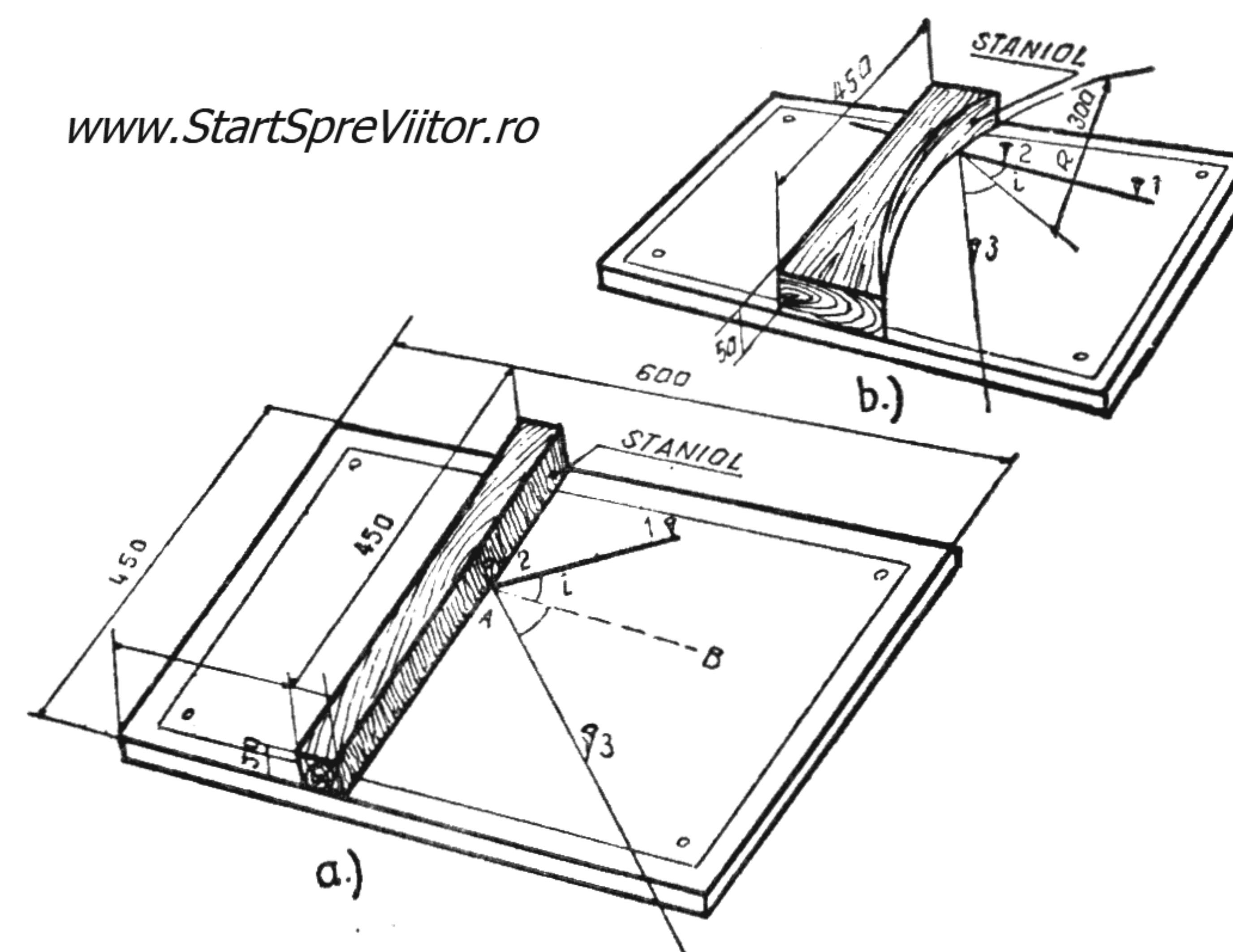


Fig. 4.3. Demonstrarea legii reflexiei

ace de gămălie (1 și 2) în fața oglinzii, (fig. 4.3, a) dispuse după o linie oblică față de suprafața oglinzii. Priviți în oglindă astfel ca să vedeți cele două ace suprapuse și înfîgeți acul 3 astfel ca acesta să se suprapună peste imaginea acelor 1 și 2. Notați cu A punctul de intersecție dintre dreapta care unește acele 1 și 2 și marginea oglinzii și trasați pe hîrtie dreptele 1 2 A, A 3 și AB, perpendiculară în A pe suprafața oglinzii. Dacă măsurați unghiurile  $i$  — de incidență — și  $r$  — de reflexie — veți constata că acestea sînt egale, adică  $i = r$ .

Refaceți experiența pentru oglinda concavă (fig. 4.3., b). De data aceasta veți constata că sînt egale unghiurile formate de razele incidentă și reflectată cu raza suprafeței concave a oglinzii.

Ați demonstrat astfel legile reflexiei pe o suprafață plană și pe o suprafață curbă.

Dar cum apar fenomenele de reflecție și refracție ? Pentru a înțelege mecanismul apariției lor, fizicienii de la granița secolelor XVII și XVIII trebuiau să cunoască natura luminii. Cu această ocazie s-au înfruntat două concepții. Prima, bazată pe teoria emisă de Huygens în 1690, presupune că lumina este de

natură ondulatorie, cea de a doua, elaborată de Newton, socotește că lumina este alcătuită din corpusculi. Astăzi știm că Huygens avea dreptate, dar, în acei ani Newton avea un prestigiu științific prea mare pentru a putea fi contrazis. Este totuși ciudat că multe din experiențele de optică făcute de Newton nu l-au condus la concluzia naturii ondulatorii a luminii.

Astfel, trecînd printr-o prismă, un fascicul îngust de lumină pătruns printr-o mică deschidere a oblo-nului ferestrei a reușit să descompună lumina albă în culorile curcubeului.

Voi, care dispuneți deja de un banc optic, veți putea face experiența mult mai ușor. Nu aveți decît să înlocuiți figura geometrică pusă pe suport, cu o prismă înaltă de 60 mm și să scoateți ecranul de pe rigletă și să-l așezați în apropierea acesteia, cu fața îndreptată spre prismă (fig. 4.4).

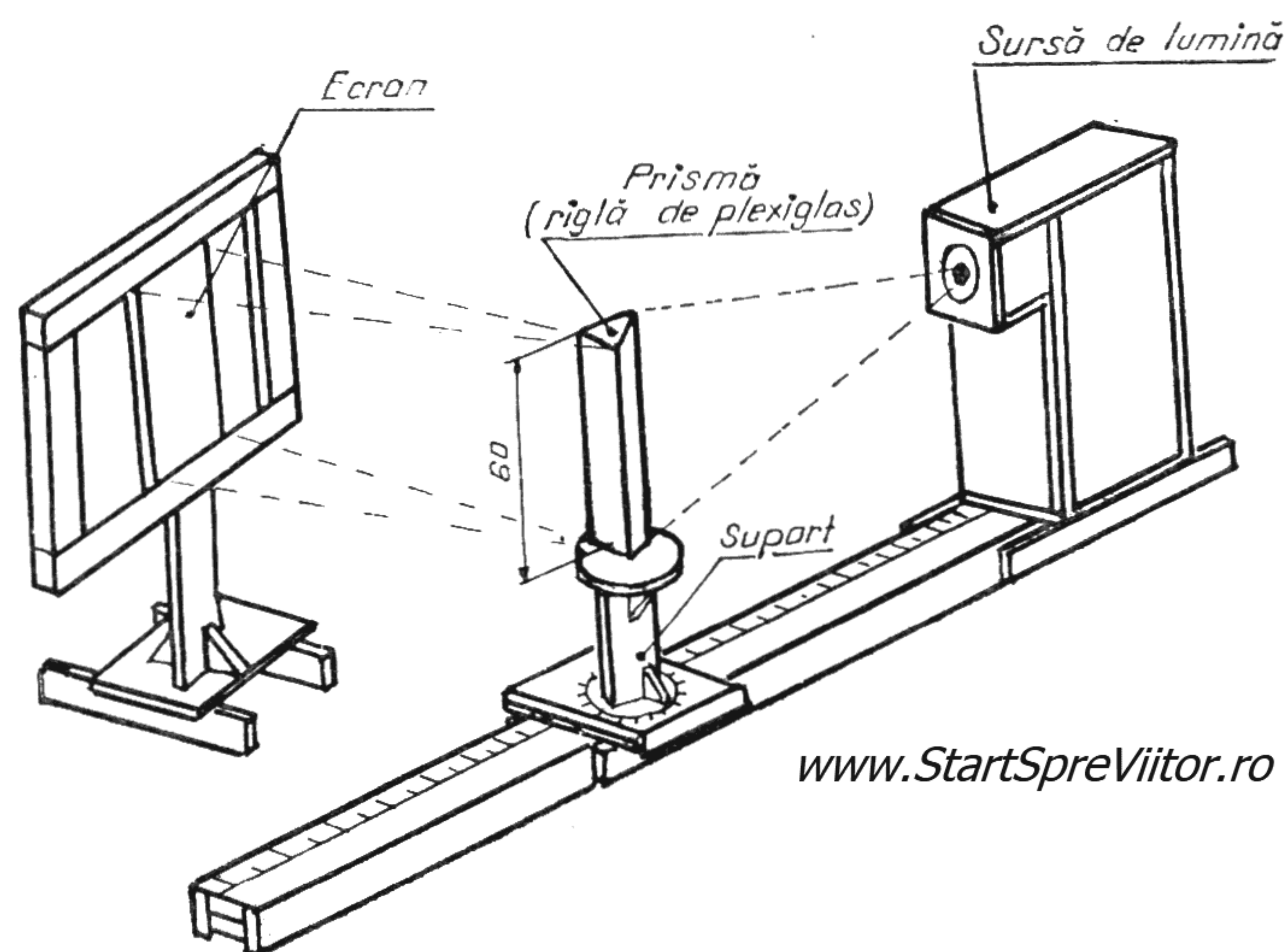


Fig. 4.4. Spectrul luminii albe

Prisma, care trebuie să aibă trei fețe plane, este executată din sticlă sau plastic transparent. Dacă nu aveți, puteți folosi o riglă pătrată de plexiglas care

după ce se decupează la lungimea de 60 mm, se taie cu fierăstrăul după o diagonală. Deoarece tăietura după diagonală pe o lungime de 60 mm poate să vi se pară dificilă, puteți să reduceți înălțimea prisme la 15—20 mm, dar va trebui să mai înălțați puțin suportul, astfel ca mijlocul prisme să se afle chiar în dreptul orificiului diafragmei. Fața tăiată trebuie, apoi, lustruită. Pentru aceasta vă procurați hîrtie abrazivă (glasspapier) de trei granulații diferite: mijlocie, fină și extrafină. Se așează hîrtia abrazivă pe o suprafață plană, într-un vas cu apă și sub apă se freacă de ea suprafața prisme, mai întîi pe hîrtia cu granulație mijlocie, apoi cu granulație fină și în final pe cea cu granulație extrafină. După această operație fața tăiată trebuie să fie netedă și nu mai rămîne decît să fie lustruită. Pentru aceasta se fixează pe masa de lucru o bucată de postav moale pe care o îmbibați cu o soluție de lustruit tacîmurile. Frecați apoi de bucata de postav fața prisme pînă devine transparentă. Prisma o fixați ușor de suport cu o picătură de stirocol. Aprindeți becul sursei de lumină și faceți întuneric în laborator. Privind ecranul din spate veți observa că pe acesta apar benzi colorate de la roșu pînă la violet, care formează spectrul luminii albe. Pentru a obține un spectru cît mai clar rotiți suportul prisme, deplasîndu-l pe rigletă și schimbați orientarea ecranului pînă realizați claritatea maximă.

Newton a mers chiar mai departe, recompunînd lumina albă din componentele sale. A folosit, pentru aceasta, un disc cu șase sectoare egale, colorate în culorile curcubeului; roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, violet. Rotind discul a observat că se vede alb. Mai mult, combinînd numai două culori numite complimentare, și anume, cele ale sectoarelor opuse, adică roșu cu verde, portocaliu cu albastru, galben cu violet, se obține aceeași senzație de lumină albă.

Pentru a demonstra acest fenomen puteți folosi dispozitivul din fig. 4.5. Pentru a-l realiza aveți nevoie de câteva plăci de plastic de 1 și 2 mm, un inel de cauciuc, ca de exemplu cele folosite pentru închiderea cutiilor de la jocul „Formo“, două bucăți de sîrmă de cupru sau de fier de 2—3 mm, un mic dop și un cilindru de plastic cu diametrul de 10—15 mm. Construcția începe cu decuparea elementelor componente ale suportului precum și a discurilor la dimensiunile indicate în figură. După ce le de-

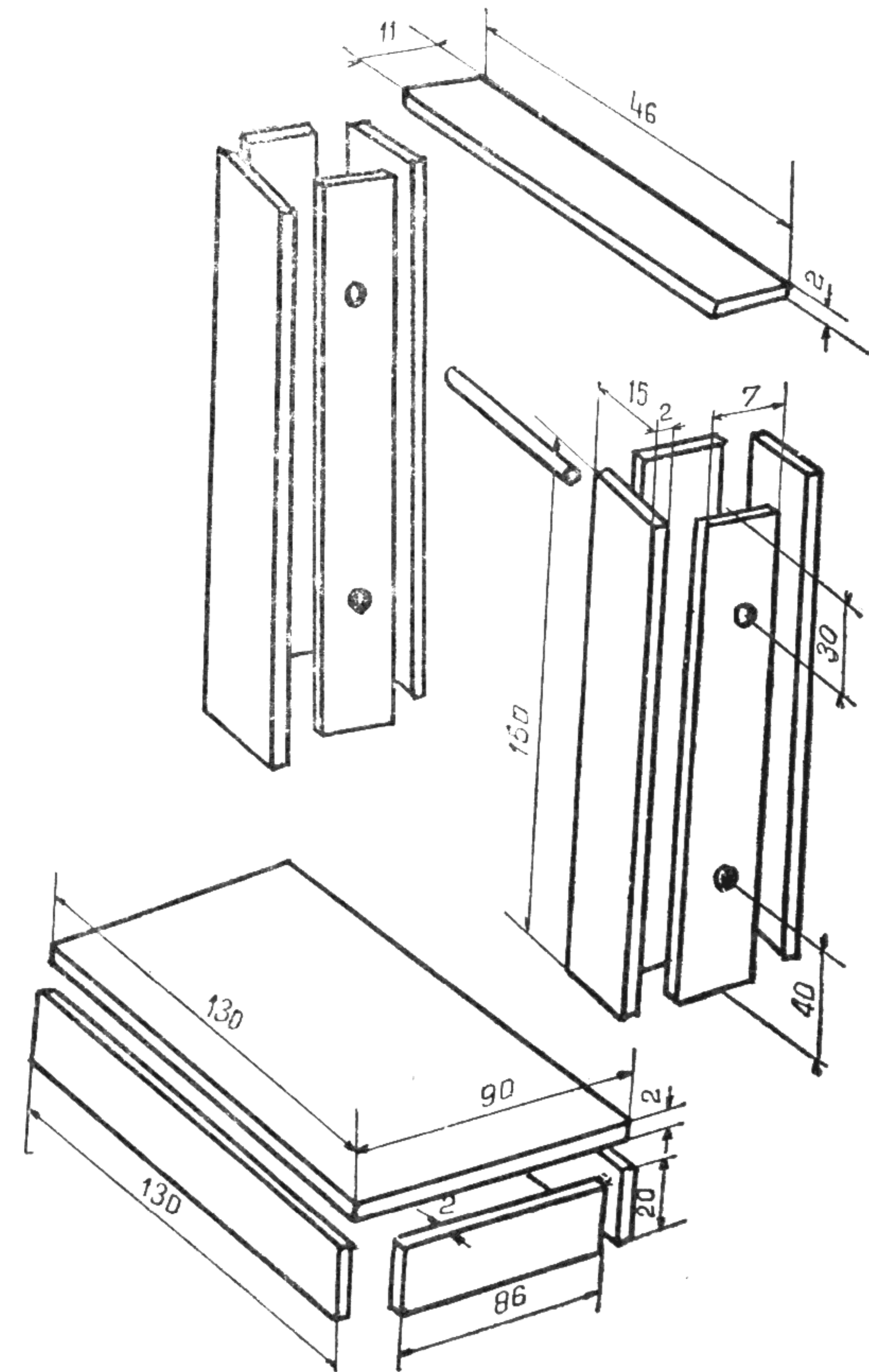
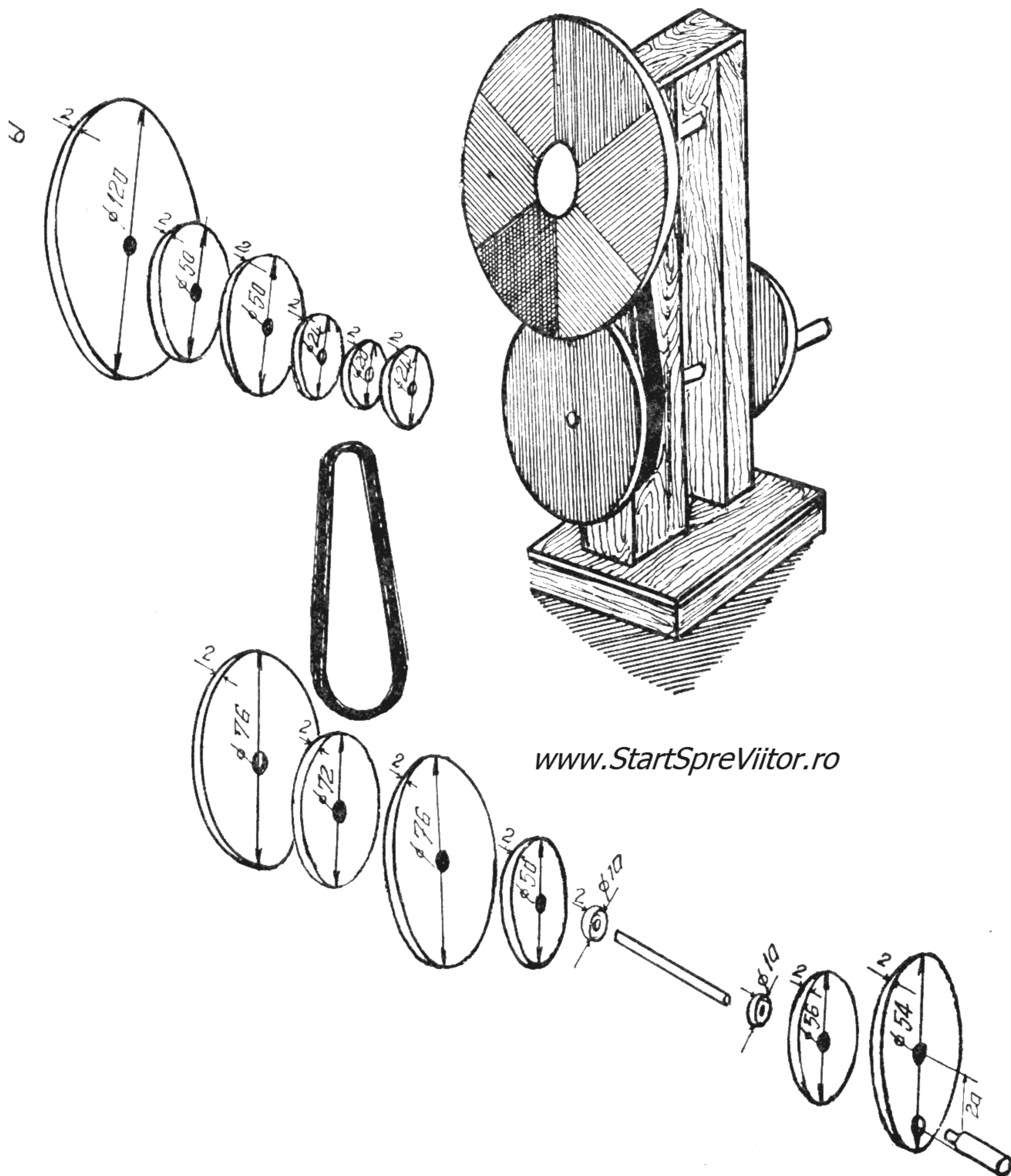


Fig. 4.5. Componerea luminii

cupați cu fierăstrăul, marginile pieselor le îndreptați cu pila și hîrtia abrazivă. Înainte de a lipi piesele suportului, cu stirocol, suprapuneți cele patru piese prin care urmează să treacă cele două axe, a discului colorat și a manivelei și, strîngîndu-le, în menghină (nu prea tare pentru a nu le sparge), găuriți-le împreună cu un burghiu. Axele, făcute din sîrmă de 2—3 mm, trebuie să intre cu frecare ușoară în găurile de sus și fără frecare, dar și fără joc, în găurile de jos. Montați apoi piesele componente ale suportului. Înainte ca stirocolul să se usuce, verificați dacă axele se rotesc cu frecare ușoară și, respectiv, fără frecare, în găurile lor și deplasați ușor piesele



suportului pînă cînd axele se rotesc așa cum s-a indicat.

Înainte de a lipi cele 2 discuri pentru a forma ansamblul discului colorat, manivela și folia de antrenare, faceți în centrul discurilor cîte o gaură de 1—1,5 mm. Aceasta vă va folosi pentru a centra discurile în momentul lipirii. După lipirea și uscarea celor trei ansambluri de discuri, le găuriți cu burghiul, ținînd seama că manivela și folia se vor fixa pe axa inferioară, iar discul colorat trebuie să se rotească, fără frecare, dar și fără joc pe axa superioară.

Cele două axe se taie din sîrmă de cupru sau de oțel de 2—3 mm pe care în prealabil o îndreptați. Axele au o lungime de 65 mm.

După ce ați confecționat și axele, introduceți axa superioară în găurile corespunzătoare din suport și o lipiți cu prenadez. Unul din capetele axei se va afla chiar la suprafața suportului, iar celălalt va fi lăsat liber. Pe capătul liber se va introduce discul colorat.

După ce introduceți și axa inferioară în găurile sale, lipiți cu prenadez, pe aceeași parte a suportului unde se va monta discul colorat, folia de antrenare, iar pe partea opusă manivela.

Pentru colorarea discului, lipiți un disc de hîrtie de desen cu diametrul de 120 mm, pe care colorați șase sectoare egale în culorile spectrului solar ; roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, violet. Puteți acum să montați discul colorat pe axul său și îl asigurați pe ax cu un dop de plastic care intră forțat. Mai aveți doar de montat cureaua de transmisie, pe care o treceți peste discurile cu diametrul de 20 mm de pe ansamblul discului colorat și, respectiv, cu diametrul de 72 mm din ansamblul foliei.

Învîrtind de manivelă veți avea senzația că discul colorat este alb. Aceeași senzație o veți avea și dacă veți acoperi, cu hîrtie albă patru sectoare lăsîndu-le libere, pe rînd, pe cele complementare.

Dispozitivul descris vă permite să ilustrați și o iluzie colorată, destul de ciudată, care apare prin rotirea unui disc ca cel din fig. 4.6, cu figuri în alb și negru. Dacă rotiți discul într-un sens, veți vedea apărînd cercuri albastrii și dacă schimbați sensul, cercuri roșcate.

[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

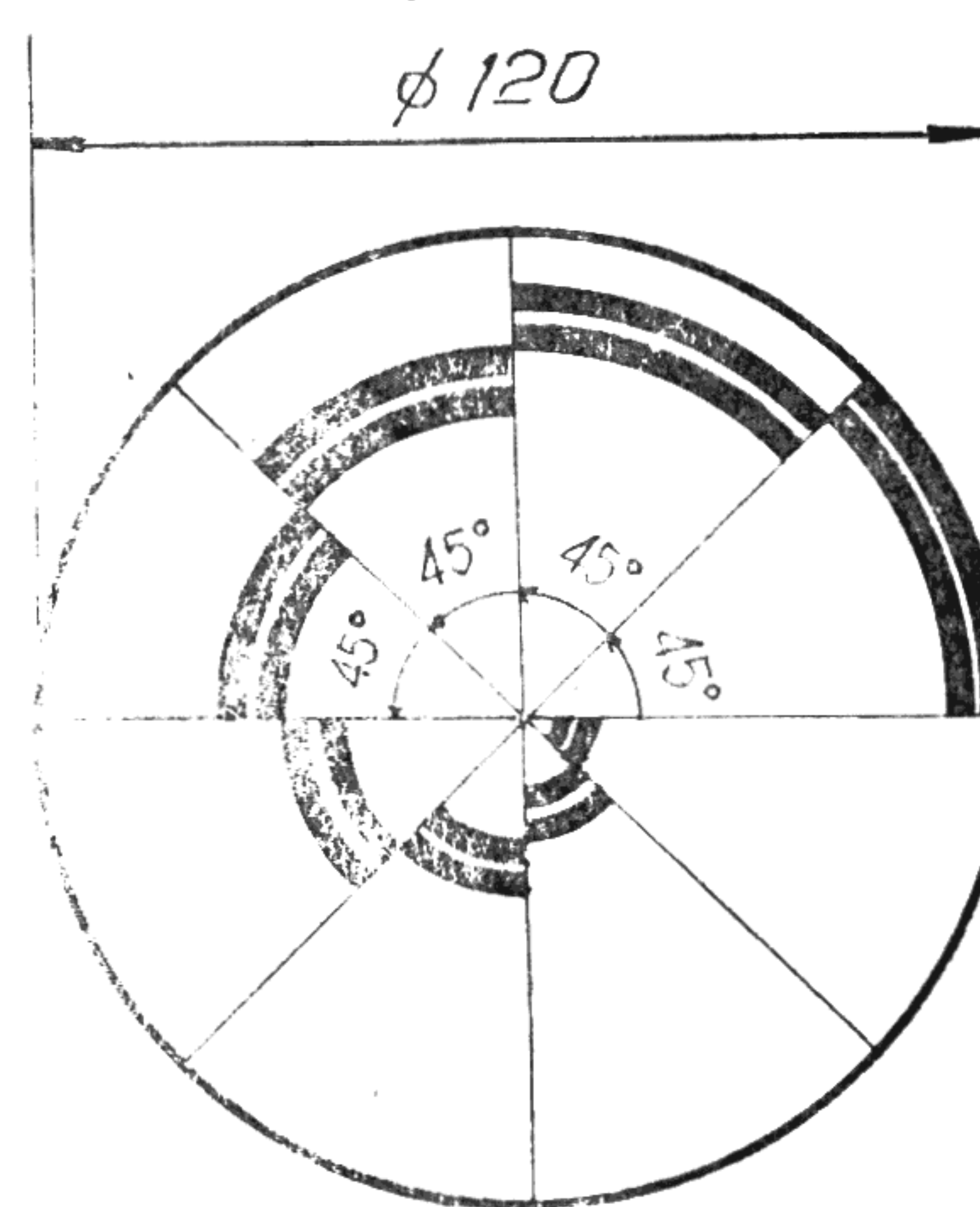


Fig. 4.6. — Discul iluziilor colorate

Aceste fenomene, de descompunere și recompunere a luminii albe, sînt astăzi folosite pentru a demonstra că lumina se compune din unde cu frecvențe diferite, cîte una pentru fiecare culoare din spectru. Newton însă, cel care le-a studiat pentru prima oară sistematic, a căutat să le explice tot prin teoria sa corpusculară, afirmînd că diferitele culori se datoresc stărilor diferite, în care se află corpusculii luminoși iar „stările“ diferite se manifestă în urma trecerii corpusculilor prin prismă.

Fiind emisă de Newton, această explicație era considerată, în acea vreme, drept corectă. În schimb, teoria naturii ondulatorie a luminii era considerată absurdă. Dealtfel, Newton n-a fost singurul care a combătut teoria ondulatorie. Astfel, la începutul secolului XIX, unul dintre cei mai cunoscuți oameni de știință din Franța, Poisson, a demonstrat, teoretic,

că dacă lumina ar fi de natură ondulatorie, atunci razele luminoase în fața cărora s-ar așeza un obstacol rotund ar ajunge pe circumferința obstacolului în față și atunci ar trebui să se recombine în spațiile obstacolului, dând o pată luminoasă în mijlocul umbrei. Această concluzie logică a părut multor oameni de știință imposibil de realizat în practică, astfel că ei au respins, din nou, teoria ondulatorie. Și, totuși, oricât ar părea de absurd, mica pată luminoasă apare în centrul umbrei unui obiect rotund. Demonstrația a făcut-o Fresnel și Arago care au susținut concluziile lui Poisson unei verificări experimentale, demonstrând că pata există și că, deci, lumina are o natură ondulatorie. Din această întâmplare, voi, micii fizicieni, trebuie să rețineți morala : să nu vă bizuiți numai pe teorie, ci să verificați întotdeauna, prin experiențe, rezultatele teoretice.

Pentru posesorii bancului optic, refacerea experienței lui Fresnel este foarte simplă. Nu aveți decât să refaceți montajul din fig. 4. 1 și să înlocuiți figura geometrică cu o bilă de lemn lustruit cu diametrul de circa 40 mm. Privind în întuneric ecranul, veți observa mica pată luminoasă (fig. 4.7).

Teoria ondulatorie se poate verifica și altfel, folosind un alt fenomen, — interferența undelor. Fenomenul de interferență apare în urma combinării a două sau mai multe fenomene luminoase.

Prima experiență de interferență a fost efectuată de către Thomas Young. Încă de la început, acesta și-a dat seama că nu va putea obține efecte de interferență dacă folosește două fascicule de lumină independente și în 1807 a imaginat următorul sistem :

— a lăsat lumina soarelui să pătrundă printr-un mic orificiu făcut cu un ac subțire, obținând un con divergent de lumină ; în centrul acestui con a așezat o fișie de carton de 1 mm, care împărțea conul în două fascicule egale și coerente, deoarece proveneau de la o singură sursă ; așezând în drumul fasciculelor un ecran, a observat formarea unor benzi egal

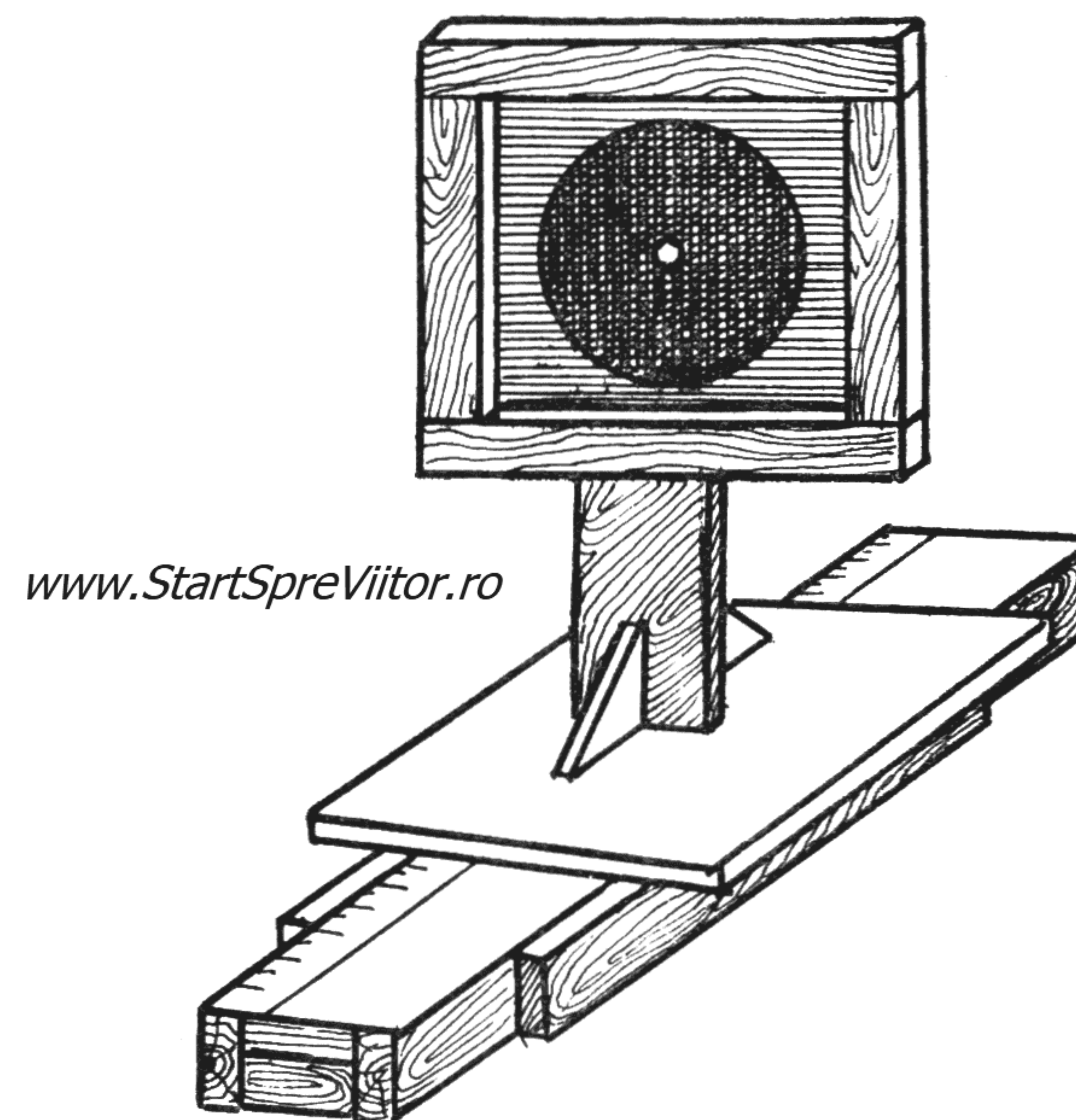


Fig. 4.7. Umbra unui obiect circular

distanțate, cea din mijloc albă și celelalte colorate, pe care le-a numit franje de interferență.

Puteți efectua această experiență mult mai simplu, trasând cu o lamă de ras două zgîrieturi paralele și apropiate la o jumătate de mm, pe un clișeu sau pe o placă fotografică înnegrită ; ținând clișeul aproape de ochi și privind spre o sursă de lumină depărtată se observă, foarte clar, franjele de interferență.

Young a mers mai departe cu experiențele sale căutând să interfereze fascicule de lumină monocromatică — adică de o singură culoare. Fasciculele monocromatice se obțin trecând lumina printr-un filtru optic, o placă transparentă colorată, care nu lasă să treacă decât razele de culoarea plăcii. A observat, și de data aceasta, apariția franjelor de interferență sub forma unor benzi luminoase care alterneau cu benzi întunecate. Distanța dintre două benzi luminoase i-a permis chiar să măsoare lungimea de undă a radiației monocromatice, deoarece cele două

raze de lumină care interferează, ca să formeze o bandă luminoasă, trebuie să fie în fază. Deci, diferența lor de drum, de la fantă pînă la ecran trebuie să fie egală chiar cu lungimea de undă. Formula cu ajutorul căreia se calculează lungimea de undă este :

$$\lambda = d \frac{x}{D}$$

în care :  $\lambda$  — lungimea de undă

$d$  — distanța dintre fantele prin care ies cele două fascicule de lumină

$x$  — distanța dintre două benzi luminoase învecinate ;

$D$  — distanța de la fantă la ecran.

Puteți măsura lungimile de undă a luminii monocromatice, folosind bancul optic, pe care, însă, va trebui să-l completați cu trei noi subansamble : o lentilă de ochelari de 5—6 dioptrii „plus“, o placă cu fantă și un filtru colorat (fig. 4.8). De asemenea, rigleta bancului trebuie prelungită cu încă 350 mm, iar diafragma sursei de lumină cu orificiu o veți înlocui cu o diafragmă din carton negru, dar în care veți practica o fantă lată de 0,5—1 mm.

Lentila de ochelari este necesară pentru a transforma fasciculul divergent de lumină dat de sursă într-un fascicul paralel. Pentru aceasta va trebui ca lentila să fie așezată în fața sursei la o distanță de diafragmă egală cu 100/nr. de dioptrii cm. Lentila se montează pe un suport folosind trei inele tăiate din plastic, dintre care cel din mijloc trebuie să aibă diametrul interior egal cu diametrul exterior al lentilei, iar celelalte două cu diametrul interior mai mic cu 4—5 mm (fig. 4.8).

Placa cu fantă se execută dintr-o placă sau clișeu fotografic înnegrit pe care se trasează, cu o lamă de ras, două zgîrieturi paralele, cît mai subțiri, distanțate la 0,5 mm. Placa se montează pe un suport cum se arată în fig. 4.8.

Filtrul colorat se confecționează din sticlă, plexiglas sau acetofan colorat, tăiat la dimensiunile din

figură, care se montează într-un suport de unde se poate scoate și înlocui foarte ușor.

Pentru ușurarea măsurării distanțelor dintre benzile luminoase, lipiți pe ecran o fișie de hîrtie milimetrică.

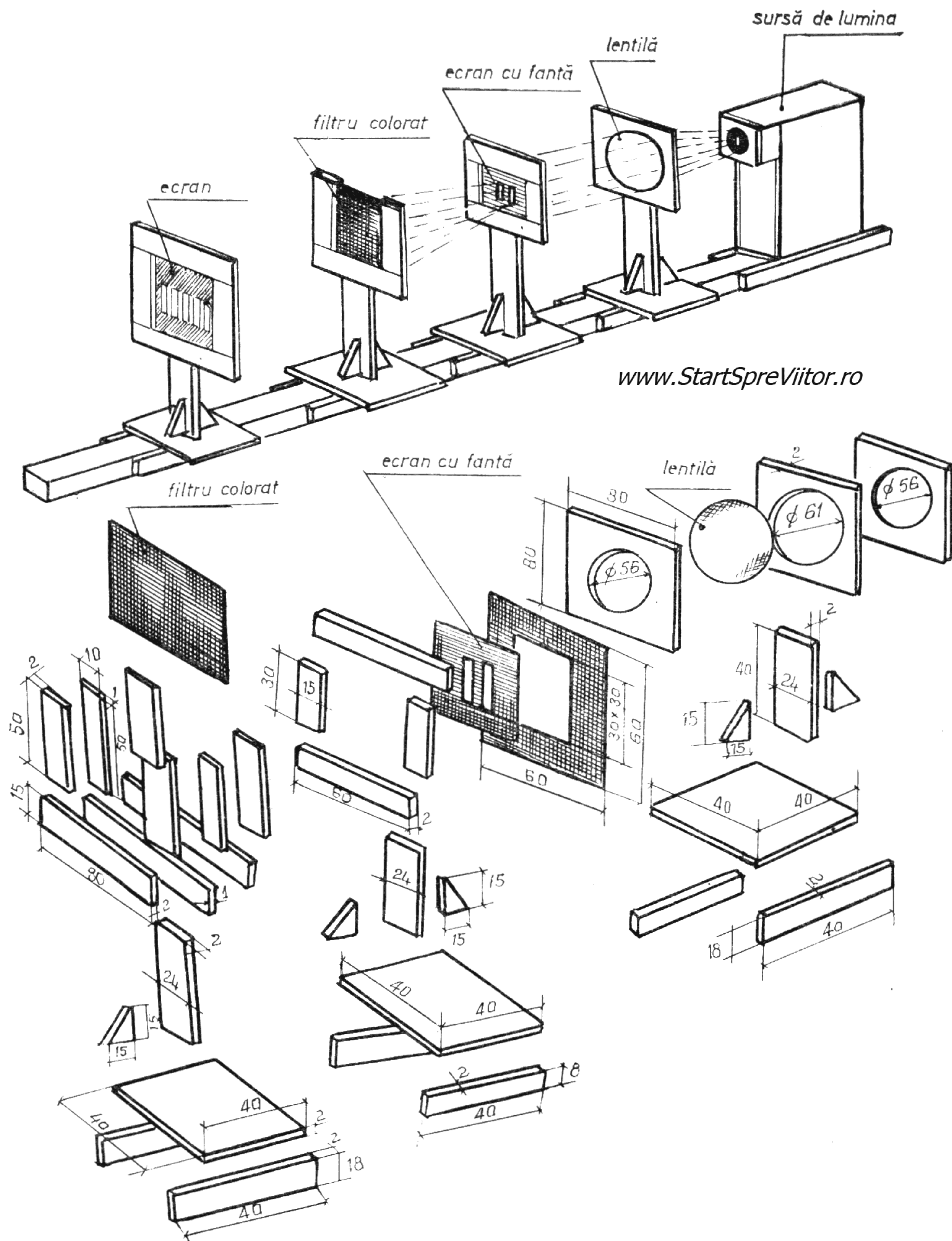
După realizarea montajului din fig. 4.8 și aprinderea sursei de lumină veți observa apariția pe ecran a franjelor formate din benzi luminoase și întunecate. Efectuați măsurarea distanțelor  $x$ , și  $D$  și calculați lungimea de undă. Ați făcut astfel prima experiență de adevărat cercetător.

În afară de faptul că are un obiect de studiu propriu — lumina — optica se deosebește de celelalte ramuri ale fizicii prin încă o caracteristică importantă. Progresele realizate în optică și în special în domeniul aparatelor optice au condus la progrese însemnate în multe alte științe și în aproape toate celelalte ramuri ale fizicii. Acest lucru se explică prin aceea că aproape toate informațiile despre lumea exterioară trebuie să fie prezentate ochiului pentru a fi transmise creierului. În același timp însă, aparatele optice au permis observarea unor fenomene la care nimeni nu s-ar fi gîndit, dacă n-ar fi existat optica.

Primele instrumente optice au fost desigur oglinzile și ochelarii. Aceștia din urmă au avut și o deosebită importanță, pentru că readuc la o viață normală pe cei care se află într-o stare de inferioritate datorită unei deficiențe vizuale. Mulți oameni de știință și specialiști n-ar fi putut deveni ceea ce au fost și sînt și nu și-ar fi putut aduce nici o contribuție la dezvoltarea omenirii fără ochelarii care să le corecteze vederea.

Dar primul instrument propriu-zis care permite omului normal să facă ceea ce nu putuse face pînă atunci a fost lupa, cu ajutorul căreia au putut fi văzute amănunte ce nu se pot vedea cu ochiul liber.

Prima lupă a constat probabil dintr-o picătură de apă sau miere limpede introdusă într-un mic orificiu circular. Construcția unei asemenea lupe este extrem



[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

Fig. 4.8. Măsurarea lungimii de undă a luminii monocromatice cu metoda Young

de simplă. Pentru a o realiza, tăiați dintr-o bucată de carton un disc cu diametrul de 50 mm, în centrul căruia faceți o gaură cu diametrul de 3 mm (fig. 4.9). Deasupra găurii picurați cu o pipetă o picătură de apă și lupa este gata. Puneți pe masă un obiect mic, apropiați lupa de obiect (fără a-l atinge) și apropiați ochiul de lupa. Veți observa prin lupă imaginea mărită a obiectului. Înlocuind apa cu ulei veți putea mări diametrul găurii centrale pînă la 5 mm, obținînd o lupa cu un cîmp vizual mai mare.

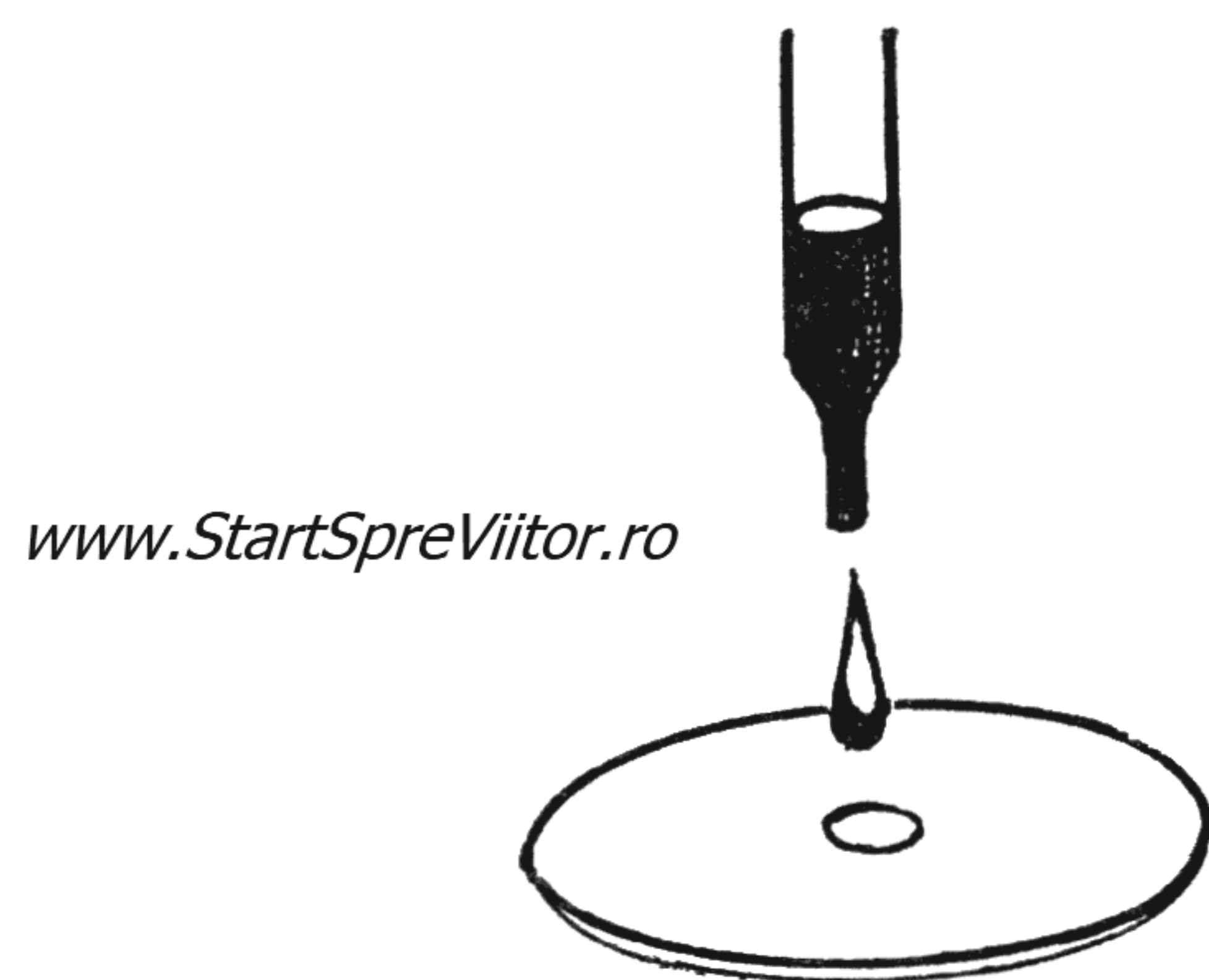


Fig. 4.9. Lupa

Pentru că o asemenea lupa are totuși un cîmp vizual mult prea redus și se distruge mult prea ușor, acestea au început să fie executate din sticlă șlefuită. Astfel au început să se construiască primele lentile. Acestea sînt — conform definiției — discuri transparente cu două fețe sferice sau cu o față plană și una sferică. Lentilele sînt de două tipuri : convergente și divergente. Cele convergente sînt mai groase la mijloc și mai subțiri la capete, iar cele divergente — invers — mai subțiri la mijloc și mai groase la capete. La trecerea printr-o lentilă, o rază de lumină se refractă de două ori, odată la intrare și a doua oară la ieșirea din lentilă. În acest fel, la trecerea printr-o lentilă convergentă, razele unui fascicul paralel cu axa lentilei se refractă întîlnindu-se toate într-un punct — numit focar — situat pe axa len-

tilei (fig. 4.10, a). La trecerea însă printr-o lentilă divergentă, aceleași raze se refractă depărtîndu-se toate de axă, prelungirile acestora unindu-se toate în fața lentilei, într-un focar situat tot pe axă, dar care, nefiind format de raze propriu-zise, ci de prelungirea lor imaginară, nu este real, ci *virtual* (fig. 4.10, b). Deci razele de lumină care trec prin lentile sînt deviate, cu o singură excepție : cele care trec prin centrul lor optic.

Cunoscînd aceste fenomene se poate explica foarte ușor cum se formează imaginile obiectelor privite prin lentile și cum mărește lupa. Pentru a găsi poziția și mărimea unei imagini formate de o lentilă,

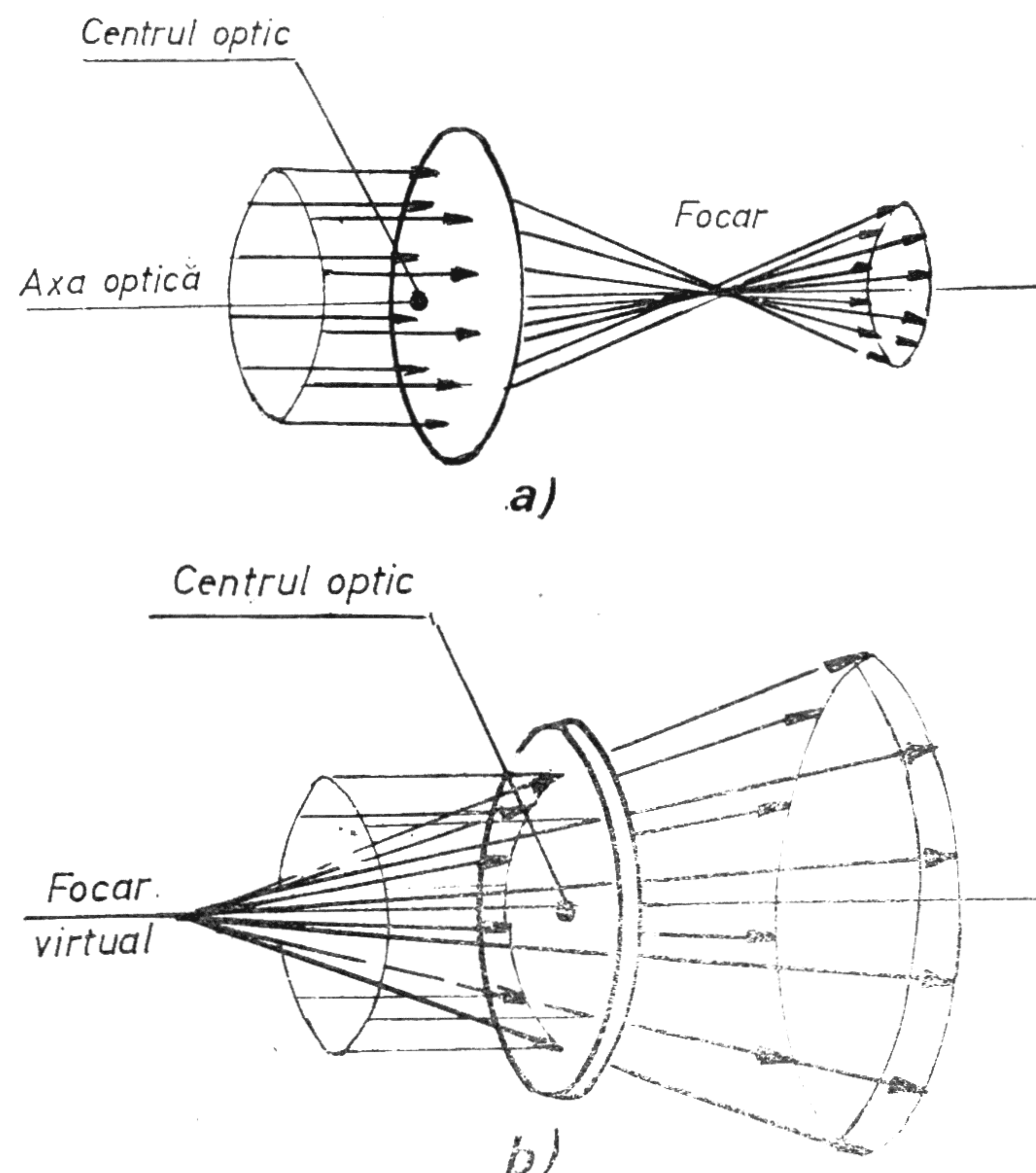


Fig. 4.10. Trecerea fasciculelor paralele de raze de lumină prin lentile

- a. — Convergente
- b. — Divergente

este suficient să se așeze obiectul chiar pe axa optică și să se urmărească numai două raze, care pornesc din vârful obiectului. Una paralelă cu axa optică, care se refractă prin focar și alta, care trece nede-viată prin lentilă. În locul unde aceste raze se în-tîlnesc se va afla vârful imaginii. Imaginile formate depind de tipul lentilei folosite — convergente sau divergente — și de poziția obiectului față de focar, adică dacă se află între focar și lentilă sau dincolo de focar.

Atunci cînd lentila este convergentă și obiectul se află dincolo de focar, imaginea se formează de par-tea cealaltă a lentilei, chiar de către razele care stră-bat lentila. Imaginea este răsturnată și nu poate fi văzută decît pe un ecran și fiind formată de razele care străbat lentila se spune că este o *imagine reală* (fig. 4.11 a).

Atunci cînd lentila este convergentă și obiectul se așează între focar și lentilă (fig. 4.11 b), imaginea este formată de prelungirea razelor care străbat len-tila, fiind denumită din acest motiv *imagine virtuală*. Imaginea este totdeauna mai mare ca obiectul și nu poate fi văzută decît privind cu ochiul pe partea len-tilei opusă obiectului. Este cazul lupei.

În cazul lentilelor divergente, indiferent de pozi-ția obiectului, înainte sau după focar, imaginea care se formează este virtuală și mai mică ca obiectul (fig. 4.11 c)

Lentila divergentă are însă și o altă proprietate interesantă. Ea permite modificarea imaginii reale formate de o altă lentilă (fig. 4.12), așezînd lentila divergentă între imaginea reală 1 și lentila conver-gentă care a format-o. Dacă imaginea reală 1 (fig. 4. 12 a) se află dincolo de focarul lentilei divergente, imaginea 2, formată prin lentila divergentă este vir-tuală, răsturnată și de cealaltă parte a lentilei. Ima-ginea 2 poate fi, deci, observată, privind prin lentilă din dreapta.

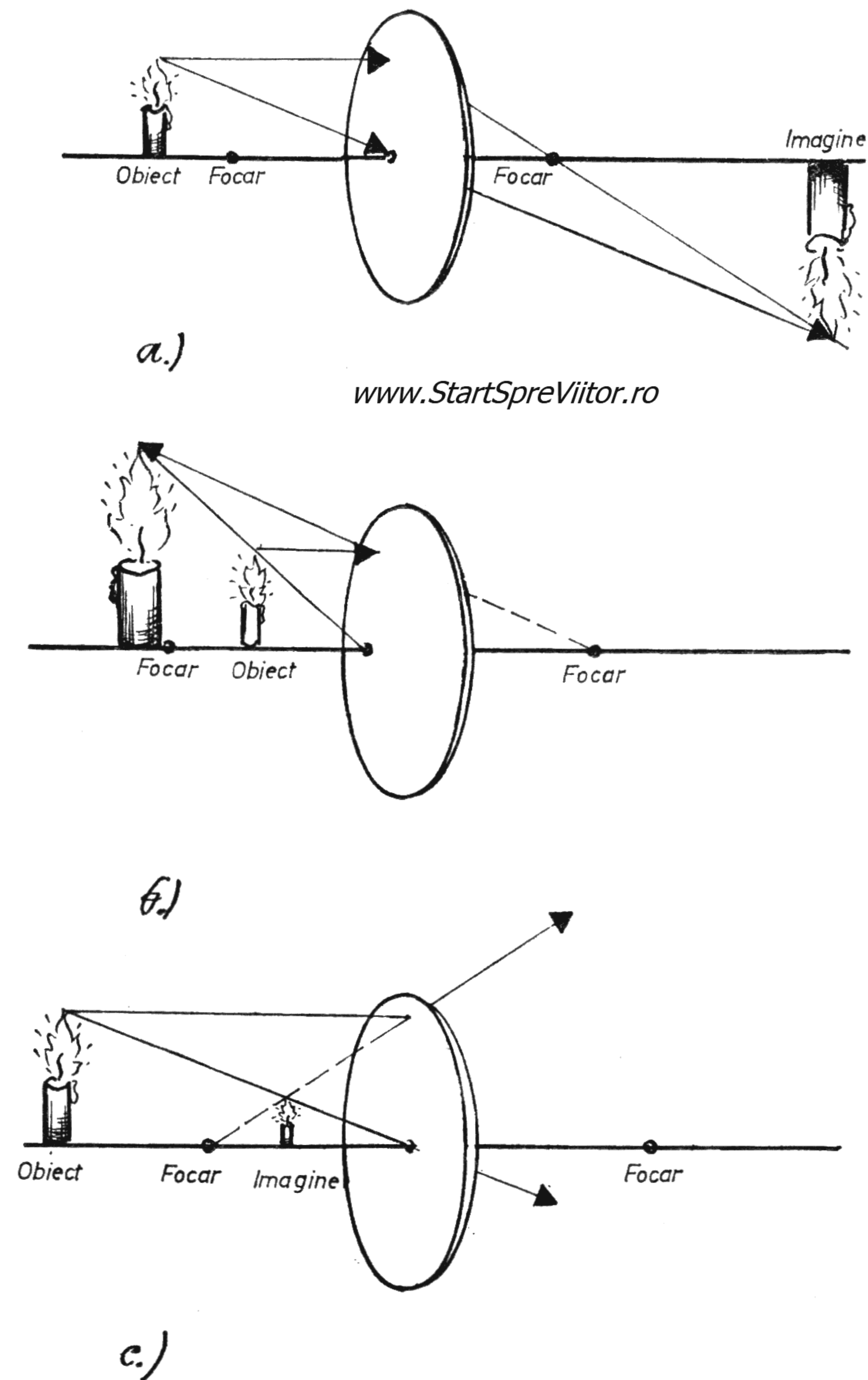
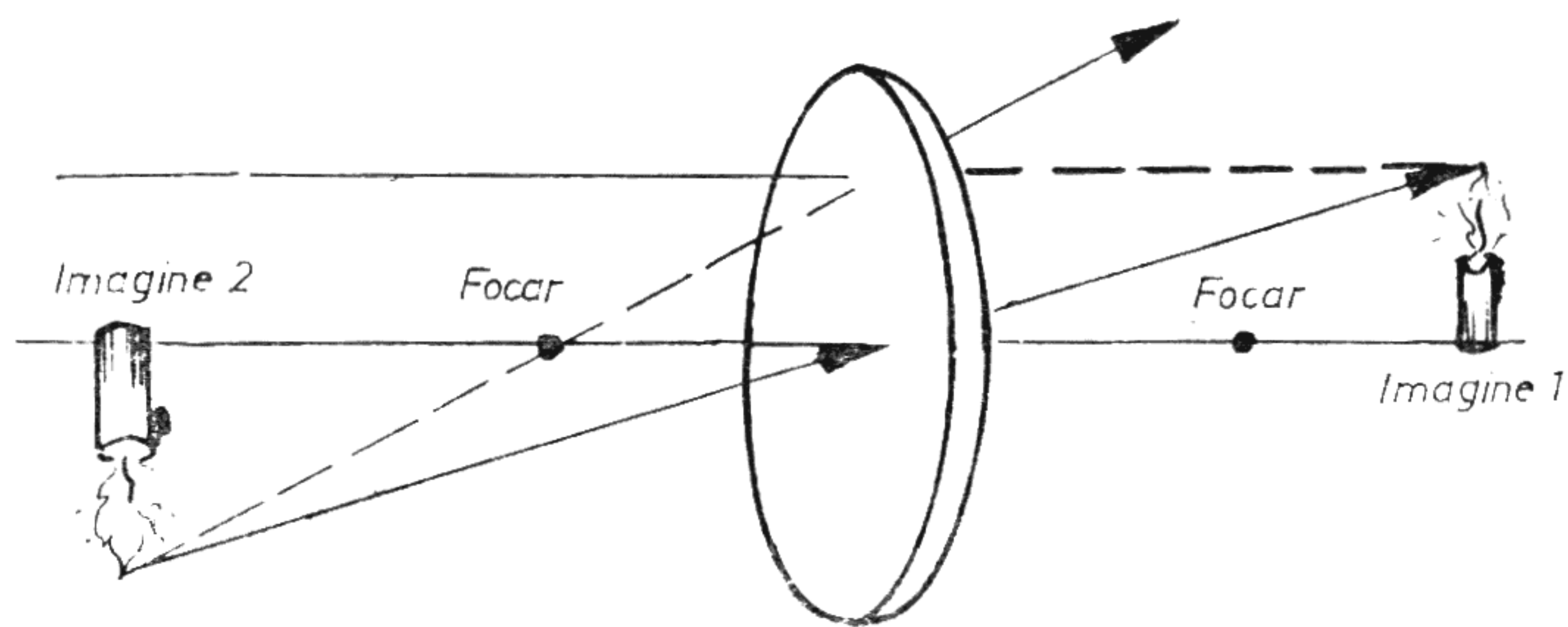
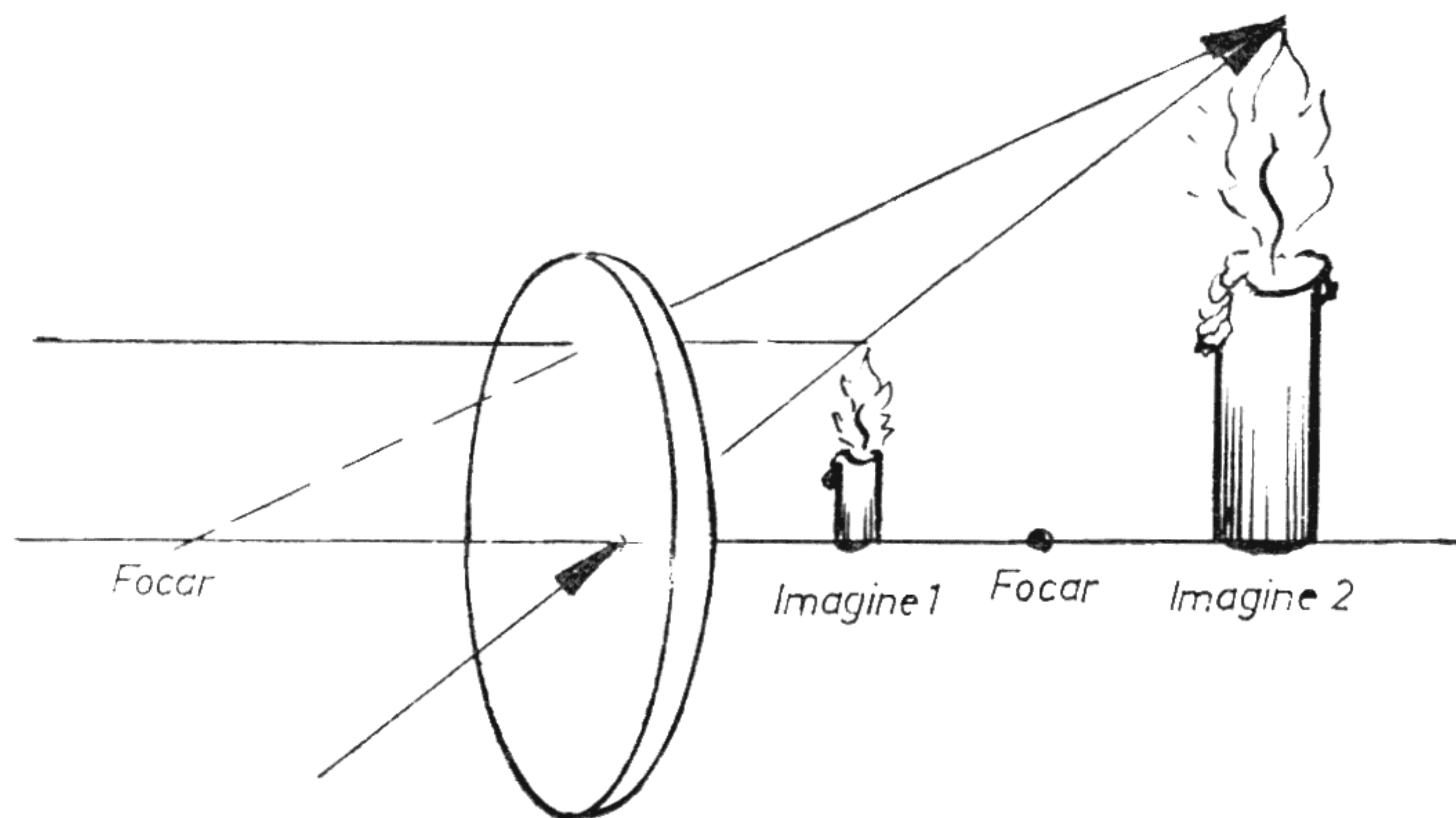


Fig. 4.11. Formarea imaginilor obiectelor prin lentile  
a. — lentilă convergentă și obiect plasat dincolo de focar  
b. — lentilă convergentă și obiect plasat între focar și lentilă  
c. — lentilă divergentă



www.StartSpreViitor.ro

a)



b)

Fig. 4.12.

Dacă imaginea reală 1 (fig. 4.12 b) se află între focar și lentilă, imaginea 2 este tot reală și se formează pe aceeași parte a lentilei ca și imaginea 1.

Această proprietate a lentilelor divergente i-a atras atenția lui Galilei care, în 1609, a folosit-o pentru a construi luneta, aparat care permite obținerea unor imagini mărite ale obiectelor îndepărtate.

Studierea obiectelor îndepărtate cu lupa este imposibilă deoarece, pentru ca lupa să mărească, trebuie ca obiectul să se afle între focar și lentilă (fig. 4.11, b), ori, un obiect îndepărtat, cum ar fi un

astru, nu poate fi adus atât de aproape. Soluția dată de Galilei acestei probleme a fost cât se poate de simplă ; cu o lentilă convergentă îndreptată spre obiect și pe care a numit-o din acest motiv — obiectiv — a format o imagine reală a obiectului, aducându-l, în acest fel, aproape. Imaginea putea fi acum studiată fără nici o greutate prin lupă. De fapt, legenda spune că acest montaj fusese deja descoperit de ucenicul unui optician olandez, dar exista un inconvenient. Imaginile reale formate prin lentile erau răsturnate, astfel că prin lupă se studia obiectul răsturnat. Pentru observarea corpurilor cerești, acest inconvenient nu prezintă nici o importanță, dar pentru studierea unor obiecte terestre, o imagine răsturnată este greu de interpretat. De aceea, Galilei a ales în locul lentilei convergente a lupei, o lentilă divergentă pe care a așezat-o între obiectiv și imagine, la o distanță astfel aleasă, ca imaginea reală să se afle dincolo de focar, obținând o imagine virtuală mărită, și în același timp, răsturnată față de imaginea reală (fig. 4.13). În acest fel, ochiul privește prin lentila divergentă, numită ocular, o imagine virtuală, așezată la fel cu obiectul.

Galilei a avut de învins destul de multe greutăți pînă și-a realizat luneta, fiind obligat să-și confecționeze singur lentilele. Vouă însă, vă recomandăm să folosiți lentile de ochelari care se găsesc în comerț. Pentru obiectiv aveți nevoie de o lentilă conver-

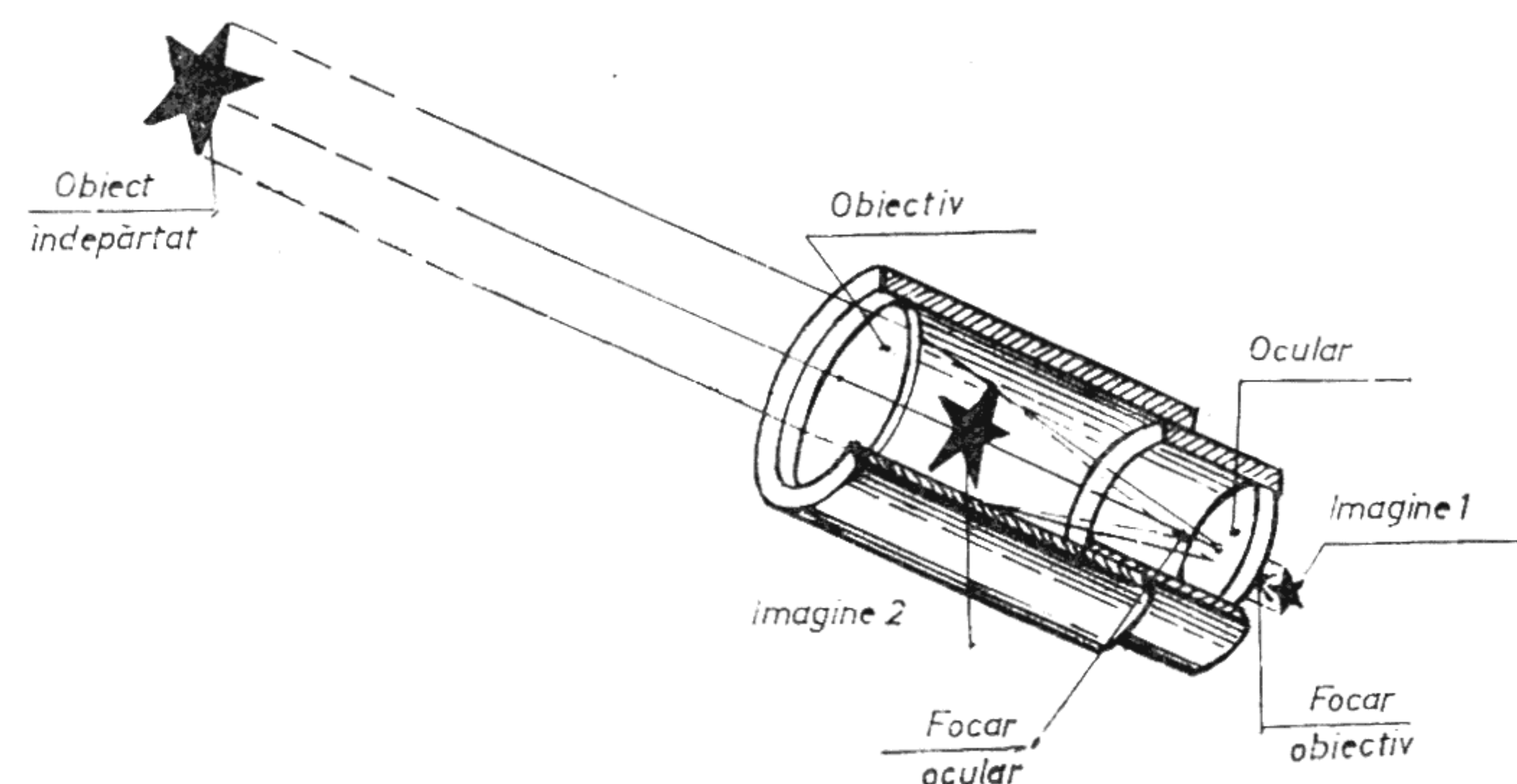


Fig. 4.13. Luneta lui Galilei

gentă cu o distanță focală — adică distanța dintre focar și lentilă — mare, iar pentru ocular de o lentilă divergentă cu o distanță focală mică. De fapt, grosimentul, adică de câte ori mărește luneta, este egal cu raportul dintre distanța focală a obiectivului și distanța focală a ocularului. În practică, lentilele nu sînt însă grupate pe distanțe focale, ci pe număr de dioptrii, care reprezintă, de fapt, inversul distanței focale, în metri. De asemenea, lentilele sînt notate cu „+“ cele convergente și cu „—“ cele divergente. Deci, o lentilă „+ 0,75 dioptrii“ este o lentilă convergentă cu distanță focală  $F = 1/0,75 = 1,33$  m, iar o lentilă „— dioptrii“ este o lentilă divergentă cu o distanță focală  $f = 1/6 = 0,167$  m. Grosimentul lunetei realizate cu aceste două lentile este  $G = F/f = 1,33/0,167 = 8$ .

Deci, în principiu, două lentile sînt suficiente pentru a realiza o lunetă. În practică lucrurile nu sînt atît de simple. În primul rînd, trebuie ca imaginea dată de obiectiv să fie de bună calitate, ceea ce nu este chiar atît de ușor de obținut: o lunetă simplă executată dintr-un material omogen dă o imagine care prezintă cinci mari defecte (aberații). Este irizată, pentru că diferitele culori nu converg în același punct; este astigmatică, adică nu toate razele care pornesc din același punct al imaginii converg în același punct al imaginii; este distorsionată, imaginea unei drepte fiind o curbă; are curbura de câmp, imaginea nefiind plană, iar focalul teoretic constă de fapt din două focare diferite, funcție de direcția razelor. Dacă se lucrează încă cu o deschidere mică a lentilei și sub unghiuri de incidență mici, aceste defecte se atenuează mult. Este cazul lunetei care se descrie în continuare (fig. 4.14) și pentru a cărei confecționare aveți nevoie de două lentile de ochelari, una de + 0,75 dioptrii și una de — 10...20 dioptrii, două tuburi de plastic sau de carton, unul lung de 1 m cu diametrul interior de 68 mm și altul lung de 0,6 m cu diametrul interior de 64 mm și exterior de 68 mm, plăci de plastic de

2 mm, fir de nylon și cîteva șuruburi și piulițe de 3 mm.

Dacă nu găsiți tuburi cu diametrele indicate vi le puteți confecționa singuri din hîrtie. Pentru aceasta, executați mai întîi o baghetă rotundă de lemn cu diametrul egal cu cel interior al tubului și puțin mai lungă decît tubul pe care o neteziți cu glaspapir și o frecați cu cretă sau talc. Bagheta se înfășoară o dată cu o bucată de hîrtie compactă de lungime, de asemenea puțin mai mare decît lungimea tubului. Capetele hîrtiei se lipesc, avînd grijă ca hîrtia să fie perfect mulată pe baghetă. După aceea se așează pe o masă o foaie de hîrtie poroasă (de ziar, ambalaj sau desen), cu lățimea egală cu lungimea tubului și

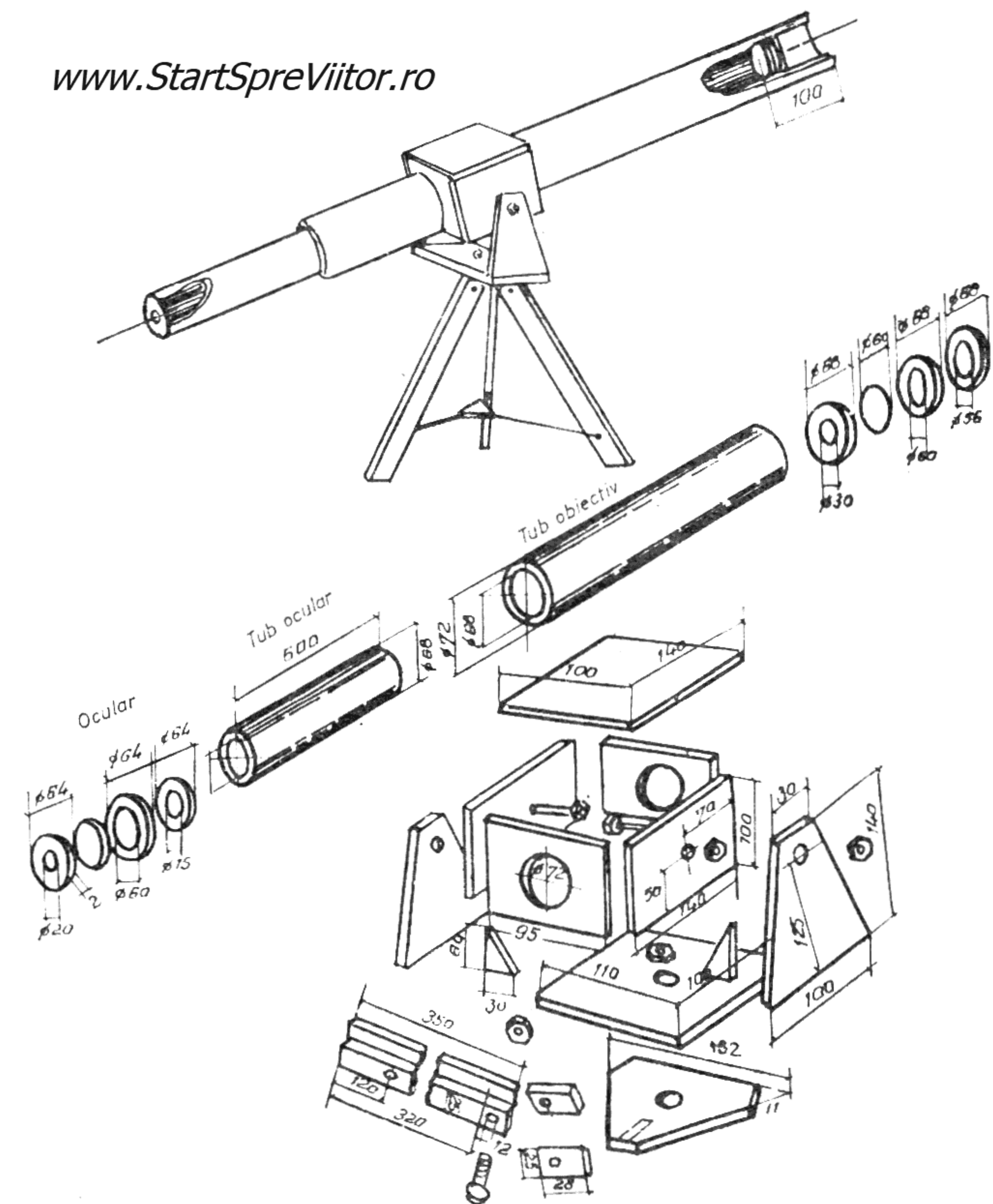


Fig. 4.14. Construcția lunetei



se impregnează cu aracetin. Bagheta de lemn cu hîrtia compactă lipită pe ea se așează la un capăt al hîrtiei impregnate și se rulează de 7—8 ori. La rulare se va urmări ca hîrtia să se întindă bine și să nu facă cute. Tubul astfel confecționat se lasă pe baghetă într-un loc uscat și se scoate de pe ea abia după uscare. Tubul ocular se confecționează la fel și trebuie să intre în tubul obiectiv, cu frecare ușoară. Fixarea lentilelor obiectivului și ocularului se face cu ajutorul a cîte trei inele tăiate din placă de plastic de 2 mm, ale căror dimensiuni sînt indicate în fig. 4.14. Pentru a reduce aberațiile, ambele lentile sînt prevăzute cu diafragme care le micșorează cîmpul vizual al obiectivului la 30 mm, iar al ocularului la 15 mm. De asemenea, pentru a împiedica pătrunderea directă a razelor soarelui în obiectiv, acesta se montează la circa 100 mm de capătul tubului obiectiv. Obiectivul și ocularul se fixează în tuburile lor prin lipire cu stirocol, iar interiorul lunetei se vopsește cu negru mat. La rîndul său, cutia se articulează într-o furcă care se poate roti deasupra unui trepied. Toate aceste trei ansambluri se execută din placă de plastic de 2 mm la dimensiunile din fig. 4.14. Pentru a limita deschiderea picioarelor trepiedului, găurile date la 120 mm de baza acestora se leagă între ele cu fir de nylon prin intermediul unei mici piese triunghiulare tăiate tot din plastic.

Cu instrumentul optic astfel construit, puteți observa munții de pe lună, inelul lui Saturn, fazele lui Venus și chiar sateliții lui Jupiter. Dacă îl veți întoarce spre pămînt, veți putea observa cu ușurință detalii, altfel invizibile, ale obiectelor îndepărtate.

Încă de la inventarea ei, luneta a început să fie folosită de astronomi, de generali pe cîmpul de luptă și de marinari. Microscopul în schimb, aparat care permite observarea obiectelor mici, apropiate, deși inventat aproape în același timp, a așteptat peste 200 de ani ca să ajungă să fie folosit curent de cei pentru care fusese creat — oamenii de știință.

Astăzi, microscopul a devenit un instrument de laborator în foarte multe ramuri de activitate științifică și industrială.

Problema pentru care a fost inventat microscopul a fost aceea de a mări obiecte mici (microscopice) apropiate. Acest lucru îl realizează și lupa, dar grosimentul asigurat de aceasta este destul de mic. Microscopul, folosind două lentile care măresc, permite obținerea unui grosiment mult mai mare, egal cu produsul grosimentelor celor două lentile.

În principiu, microscopul funcționează asemănător cu luneta. Spre obiect se îndreaptă o lentilă convergentă — obiectivul — care formează imaginea reală a acestuia. Această imagine reală constituie pentru cea de a doua lentilă convergentă — ocularul — obiectul, care o înlocuiește cu imaginea sa virtuală. Vă amintiți că pentru a obține o imagine reală printr-o lentilă convergentă, obiectivul trebuie să se afle dincolo de focar (fig. 4.11). Imaginea este răsturnată și poate fi mai mare sau mai mică decît obiectul. Ea va fi cu atît mai mare cu cît obiectul se află mai aproape de focar. Imaginea virtuală, formată prin ocular, este întotdeauna mai mare ca obiectul sau imaginea reală care ține loc de obiect (fig. 4.11 b). Și în acest caz mărirea depinde de poziția obiectului și este cu atît mai mare cu cît obiectul este mai aproape de focar, dar între focar și lentilă. De la aceste constatări s-a ajuns la elaborarea schemei optice a microscopului reprezentată în fig. 4.15.

Se observă din fig. 4.15 că imaginea privită prin microscop este răsturnată față de obiect. Acest lucru nu constituie însă un impediment grav, pentru că obiectele privite la microscop în general nu pot fi văzute cu ochiul liber și se pot trage aceleași concluzii asupra structurii lor, indiferent dacă sînt răsturnate sau nu.

S-a arătat, deja, că microscoapele sînt astăzi foarte răspîndite. Se găsesc în număr mare în laboratoarele școlare, iar pentru dotarea laboratorului

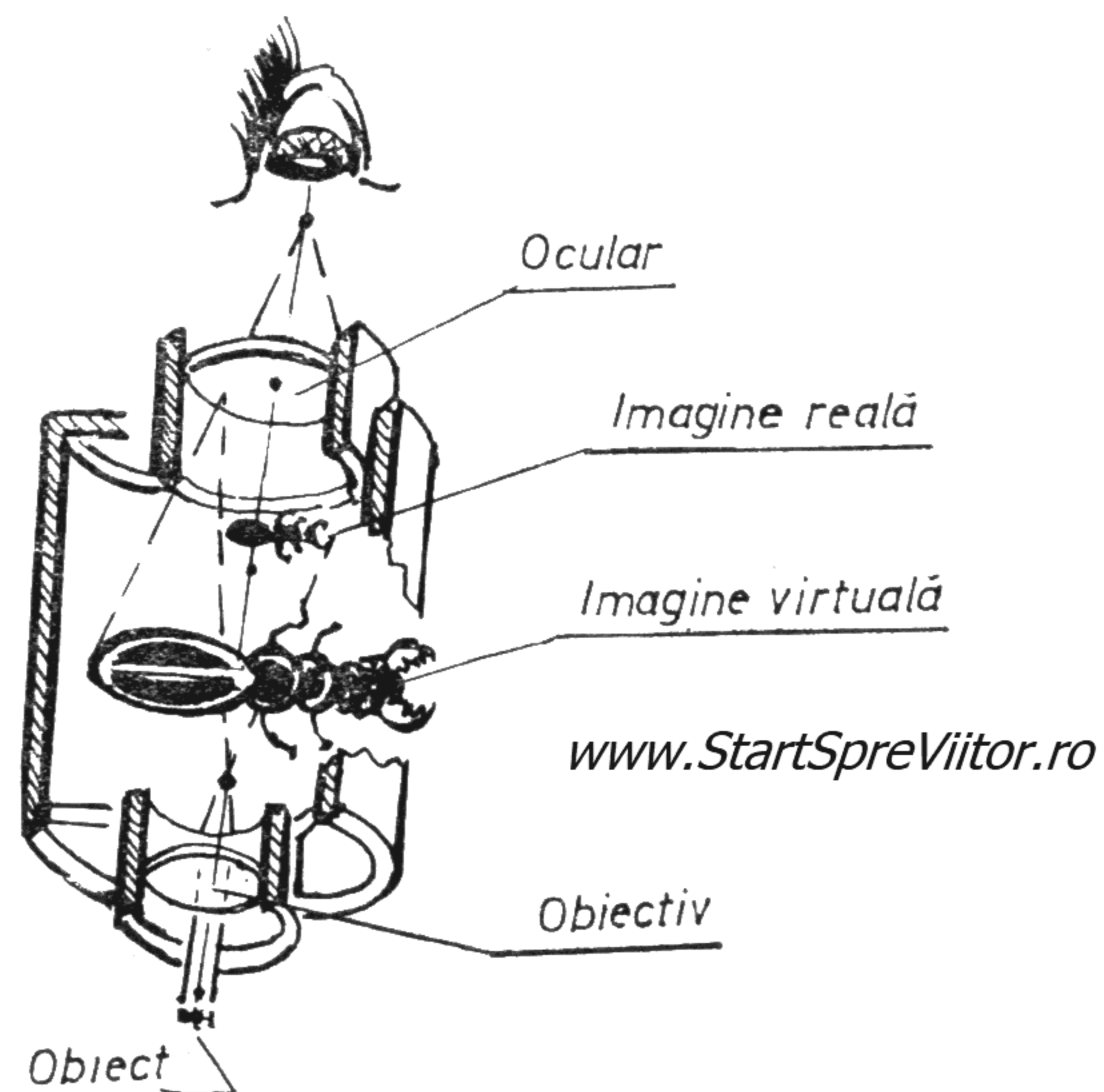


Fig. 4.15. Schema optică a microscopului

propriu vă puteți procura unul din comerț. Dacă nu aveți nici această posibilitate, puteți construi un microscop cu mijloace proprii, după indicațiile date în continuare (fig. 4.16). Performanțele sale nu sînt spectaculoase, dar cu ajutorul lui veți putea, totuși, studia obiecte „microscopice“.

Pentru construcția microscopului aveți nevoie din nou de tuburi din plastic sau carton cu diametrul interior de 44 și 48 mm, lungi de 200 și respectiv 250 mm, plăci de plastic de 2 mm, carton, patru șuruburi de 3—4 mm cu piulițe, un șurub de 5—6 mm cu piuliță fluture, o oglindă de buzunar și, bineînțeles, două lentile convergente, cu distanțele focale de 2—3 cm și respectiv 6—7 cm (+ 40 dioptrii și respectiv + 15).

De obicei, lentilele atît de puternice au diametre mai mici. Dimensiunile pieselor din figura 4.16 sînt date considerînd că lentila cu +40 dioptrii are diametrul de 25 mm și cea cu + 15 dioptrii are diametrul de 40 mm. Dacă diametrele lentilelor sînt diferite, modificați dimensiunile, funcție de mărirea lor sau rugați-l pe opticianul de la care le-ați procurat să le micșoreze la dimensiunile indicate.

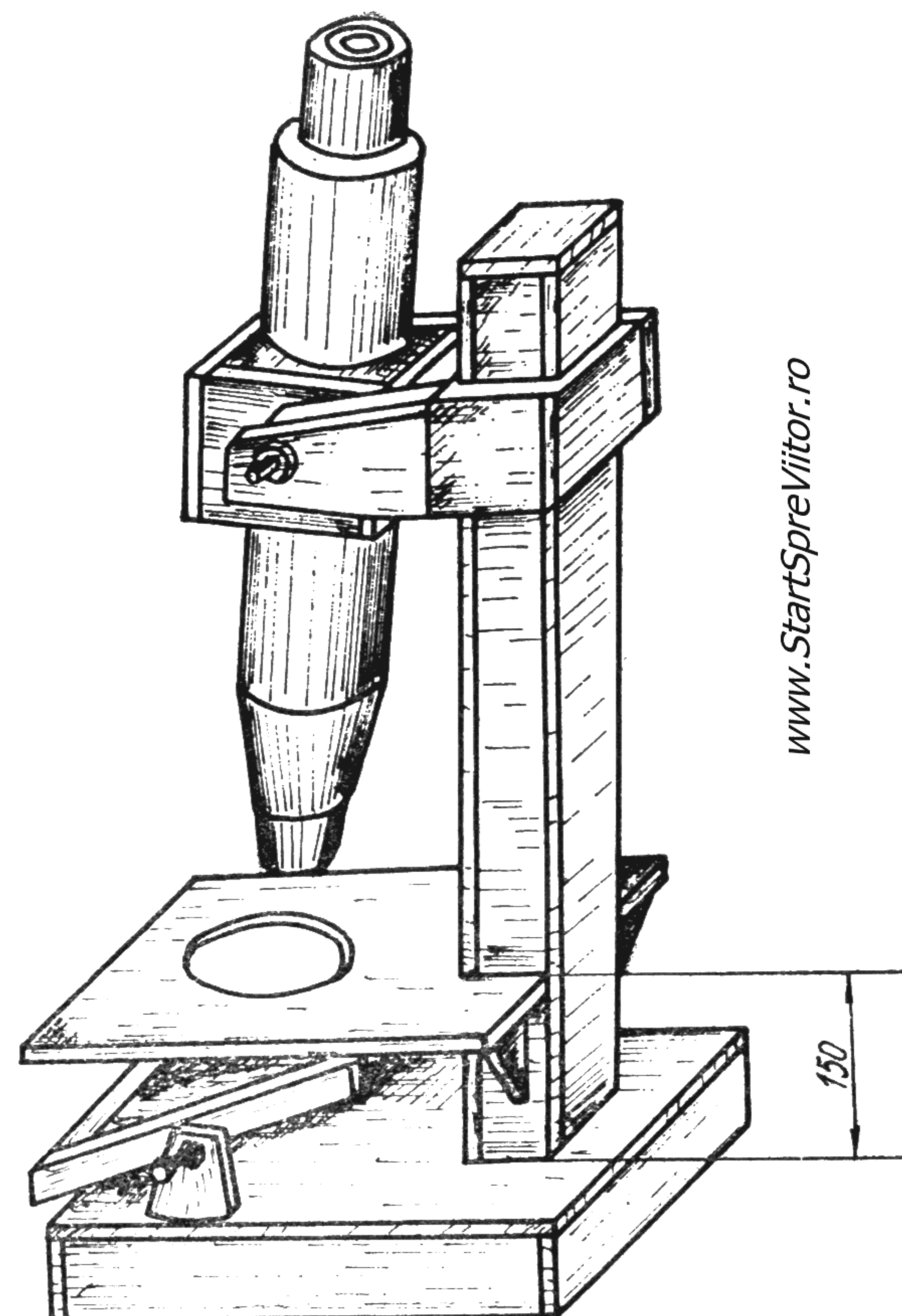
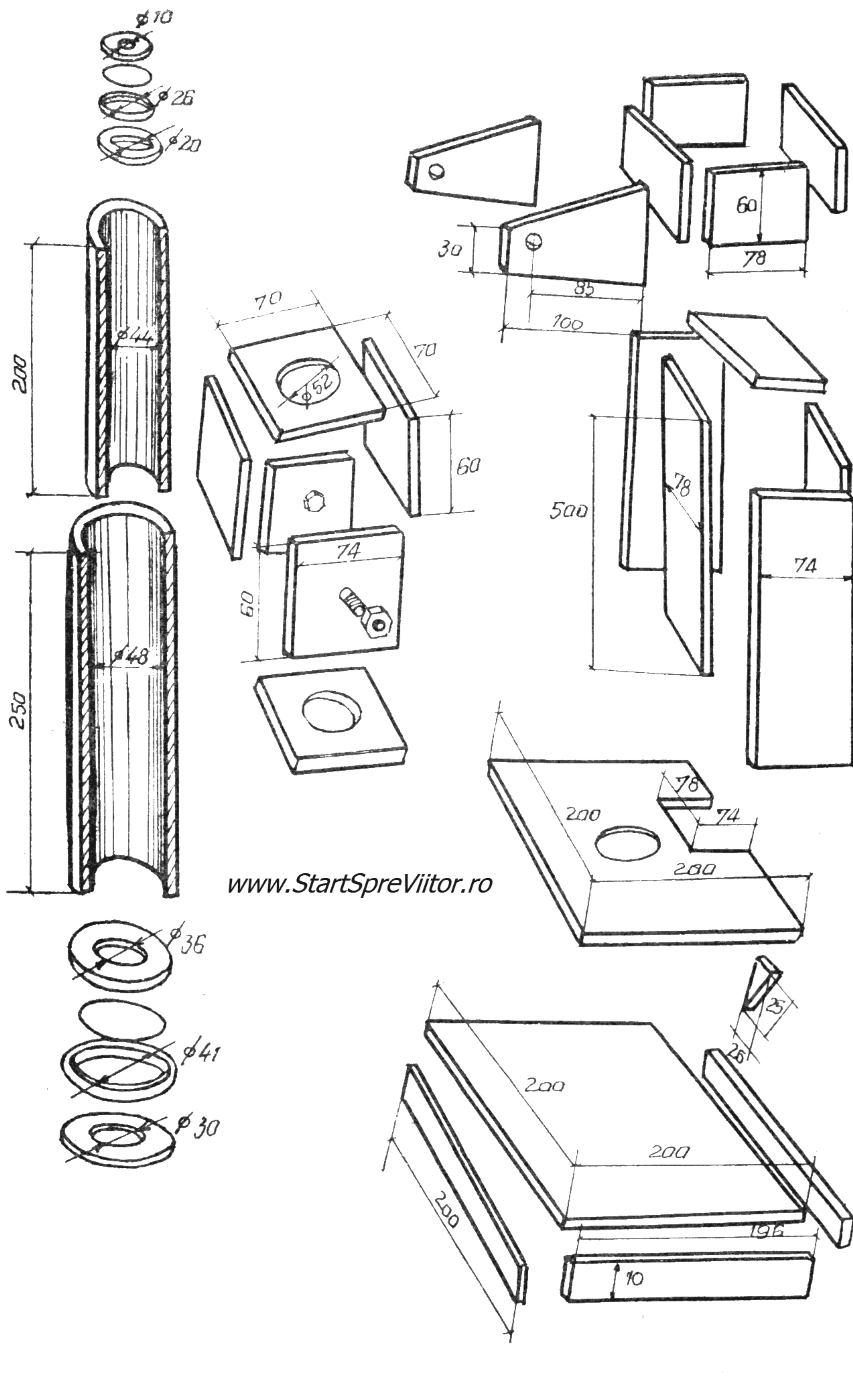


Fig. 4.16.a. Microscopul

Dacă nu aveți tuburi de plastic sau carton la dimensiunile necesare, le puteți confecționa din hîrtie ca și în cazul lunetei, după aceleași procedee.

Lentilele se montează și ele ca în cazul lunetei, folosind trei inele de plastic, dintre care unul are rol de diafragmă. Dimensiunile lor sînt date în figura 4.16a. Obiectivul se montează într-un tub scurt cu diametrul de 30 mm care se racordează la tubul principal cu un mic con tăiat din carton, gros de 1 mm. Pentru executarea conului se decupează, din carton, un sector de cerc prevăzut pe laturile curbe cu dințișori și pe o latură dreaptă cu o fîșie pentru lipire. După închiderea conului, dințișorii se în-



doaie după diametrele tubului principal și tubului obiectiv și se lipesc în interiorul acestora. Pentru ca prin îmbinări să nu pătrundă lumină, zonele de lipire se asigură cu bandă de hîrtie gumată opacă.

Montarea ocularului în tubul său se face la fel ca și în cazul lunetei, după cum se poate vedea din fig. 4.16b.

Interiorul tuburilor se vopsește în negru mat. Tot asemănător ca la lunetă, pe tubul principal se montează o cutie paralelipipedică care se articulează de o furcă, ale căror dimensiuni sînt date în fig. 4.16. Spre deosebire însă de lunetă, furca nu se articulează într-un suport ci lunecă cu frecare ușoară de-a lungul piciorului suportului și se fixează pe acesta, într-o anumite poziție, cu o pană.

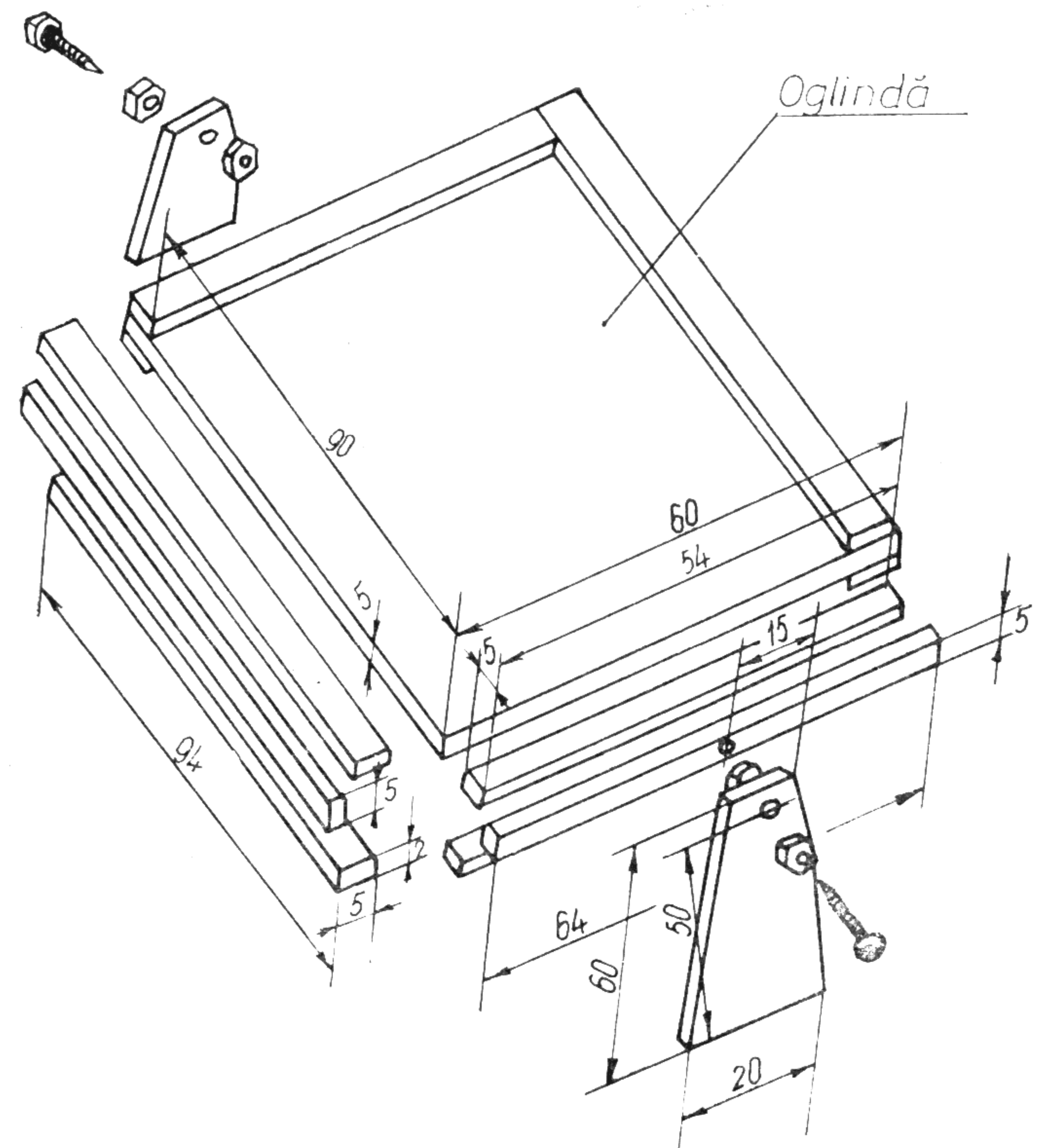


Fig. 4.16.b Microscopul — elemente constructive

Suportul, executat tot din plastic de 2 mm se compune din postament, pe care se articulează oglinda, și piciorul, pe care lunecă furca și de care se fixează masa prin lipire cu stirocol. Articulația oglinzii se face cu ajutorul a două șuruburi 3 ascuțite la vîrf care se prind între două piulițe, pe cele două brațe lipite de postament. Vîrfurile șuruburilor intră în două găuri conice, pe care le executați cu vîrfurile burghiului, în peretele lateral al ramei oglinzii.

Dimensiunile pieselor și pozițiile de montare sînt date în fig. 4.16b.

Microscopul construit de voi a fost conceput pentru a observa obiecte luminate cu oglinda, prin transparență, așezate pe o lamă de sticlă pusă pe masă. Pentru observare, după ce așezați lama de sticlă, priviți oglinda astfel ca obiectul să fie cît mai bine luminat și priviți prin ocular. Reglați mai întîi distanța dintre obiectiv și masă, deplasînd furca pe piciorul suportului pînă cînd apare imaginea în ocular. Fixați microscopul în această poziție și reglați ocularul astfel încît să obțineți o imagine clară.

Pentru observarea, de exemplu, a suprafețelor obiectelor opace, care nu pot fi luminate cu ajutorul oglinzii, folosiți o sursă de lumină care să vă lumineze cît mai bine suprafața pe care doriți s-o studiați.

Crearea posibilităților de studiere vizuală a obiectelor îndepărtate sau a celor foarte mici și apropiate sînt doar primele probleme care au fost rezolvate prin aplicarea legilor opticii la construirea unor aparate. Cu două secole mai tîrziu, atunci cînd dezvoltarea chimiei a permis, au fost construite și primele aparate care asigură înregistrarea imaginilor — aparatele fotografice.

Ați observat, în vitrinele magazinelor foto o mare diversitate de aparate. Deosebirea constă, în special, în construcția obiectivului, care poate conține pînă la 20 de lentile. Diversitatea aceasta de obiective, merge de la superangulare, care permit fotografieră unei suprafețe întinse pînă la teleobiectivele care

se pot concentra pe un obiect relativ îndepărtat. Problema obiectivului universal, prevăzut cu lentile, care să poată fi și superangular și teleobiectiv n-a fost încă rezolvată, tot așa cum n-a fost construit încă microscopul care să fie și lunetă.

Și totuși, există un dispozitiv optic capabil să acopere toate distanțele, fără aberații și distorsiuni. Un singur inconvenient : imaginea nu este foarte clară și, din acest motiv, nu suportă mărire. Din acest motiv dispozitivul nu are căutare în lumea fotografiilor, deși este extrem de simplu, pentru că este construit dintr-o simplă gaură făcută într-un perete subțire.

Faptul că o simplă gaură este suficientă pentru a obține o imagine fotografică, poate părea curios. Explicația este totuși simplă și se bazează pe propagarea rectilinie a luminii. Dacă veți lua o cutie de formă cubică, înnegrită în interior, cu o față străpunsă de o mică gaură — de cîteva zecimi de milimetru — și cu fața opusă făcută dintr-o bucată de hîrtie de calc și îi veți întoarce fața găurită spre un obiect bine luminat, veți vedea că pe hîrtia de calc apare imaginea răsturnată a obiectului luminat, la fel cum ar face-o lentila convergentă (fig. 4.17).

Într-adevăr, fiecare punct al obiectului trimite raze luminoase în toate direcțiile și există, întotdeauna, una care trece chiar prin gaura din perete, formînd o mică pată luminoasă pe ecranul din hîrtie de calc. Culoarea și luminozitatea acestei pete este evident proporțională cu luminozitatea punctului obiectului care i-a dat naștere. La fel, celelalte puncte ale obiectului vor da astfel de mici pete care se compun sub forma unei imagini fidele a întregului obiect.

Dacă lumina ar fi formată din raze strict lineare, ar fi suficient să se micșoreze treptat diametrul găurii pentru a obține o imagine din ce în ce mai clară. Știți însă că lumina este de natură ondulatorie, astfel că fasciculele de raze nu pot fi considerate rectilinii decît dacă se ia în considerare un diametru

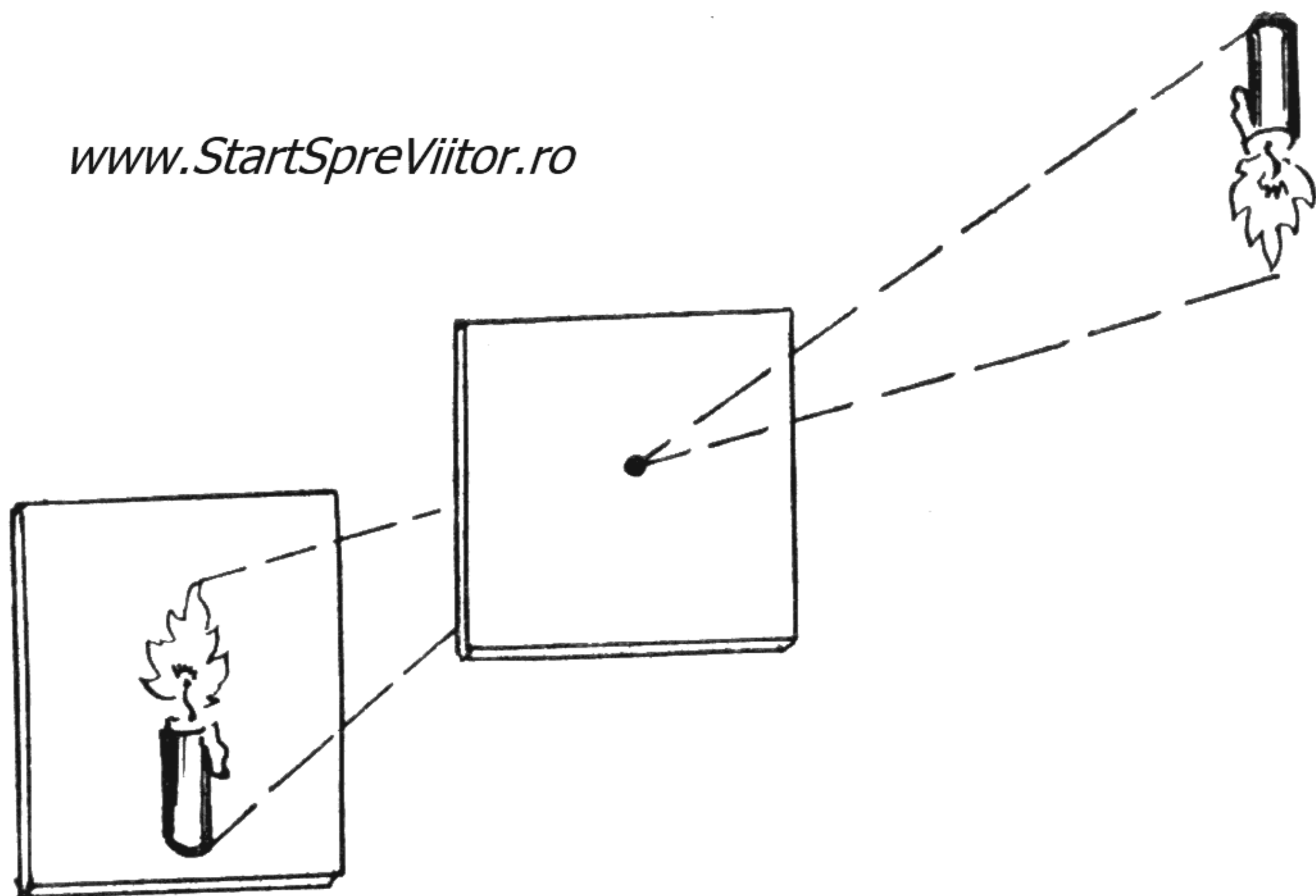


Fig. 4.17. Formarea imaginii unui obiect printr-un orificiu circular

al fasciculului suficient de mare în raport cu lungimea de undă a luminii.

Gaura din peretele cutiei negre pe care ați folosit-o în experiența prezentată în fig. 4.17, fiind de ordinul zecimilor de milimetri, este mare față de lungimea de undă a luminii care este de ordinul zecimilor de micron și este și suficient de mică pentru ca să permită trecerea unui singur fascicul îngust de raze pornite din fiecare punct, astfel ca să asigure claritatea imaginii. Găurile mici, prezintă însă un inconvenient: luminate de obiect, imaginile găurii devin la rândul lor, surse de lumină ale căror raze interferează cu razele emise de obiectul însuși. Acest fenomen se numește *difracție* și se manifestă prin apariția în jurul imaginii fiecărui punct a unor franje de difracție similare celor de interferență. Cu cât se micșorează diametrul găurii, cu atât franjele se lărgesc micșorând claritatea imaginii. Pentru diametrul găurii trebuie găsit, deci, un compromis care va produce imaginea cea mai bună. Acesta este dat de formula:  $d = 0,028 D$ , în care  $D$  este distanța de la obiect la peretele găurit în mm și  $d$  este diametrul găurii în mm.

Deci, pentru distanțe ale obiectivului  $D = 50$  mm, gaura trebuie să fie cu diametrul  $d = 0,2$  mm; pentru  $D = 100$  mm,  $d = 0,3$  mm și pentru  $D = 300$  mm,  $d = 0,5$  mm, etc. Imaginea obținută va fi astfel la fel de clară ca cea realizată cu un aparat foto din comerț, avînd în plus un unghi de deschidere de  $150^\circ$ , mai mult decît obiectivele superangulare standard și o adîncime infinit mai mare ca a teleobiectivelor.

Un aparat foto de acest tip poate fi destul de ușor de construit în atelierul vostru. Mai trebuie însă și ca proba să fie ușor de obținut, eliminînd filmele format mare a căror dezvoltare și copiere ar necesita materiale și cunoștințe speciale. De aceea vă propunem utilizarea hîrtiei fotografice pozitive directe cum este cea folosită pentru probele de montaj din tipografii.

Cu aceste recomandări puteți trece, acum, la construirea aparatului fotografic prezentat în fig. 4.18.

Construcția se poate face din material plastic sau din placaj, hîrtie neagră și bandă de PVC adezivă sau pînă neagră.

Mai întîi se decupează piesele componente ale aparatului, la dimensiunile din figură. Toate piesele vor fi ajustate cu pila și cu glaspapir pentru a asigura o etanșare cît mai perfectă, astfel ca să nu pătrundă nici o rază de lumină pe la îmbinări. Interiorul cutiei, cu excepția peretelui din spate, se acoperă cu hîrtie neagră care se lipește cu stirocol. Hîrtia neagră acoperă și gaura de 52 mm făcută în peretele din față al cutiei. Ulterior, în centrul acestei găuri se va face orificiul care ține loc de obiectiv.

În peretele din spate se face glisiera în care se așează hîrtia fotografică la dimensiunile figurii. Și acest perete se căptușește cu hîrtie neagră.

Tot pe principiul glisierii se construiește și obturatorul montat pe peretele din față, care trebuie să se deplaseze cu frecare ușoară.

Orificiul obturatorului trebuie să fie de circa 0,3 mm și se face cu ajutorul unui ac. Este impor-

tant ca marginile orificiului să fie cât mai regulate pentru că bavurile, oricât de mici, măresc efectele difracției, ceea ce conduce la obținerea unei imagini neclare și lipsite de contrast.

Dacă vă puteți procura o folie metalică subțire cu o gaură calibrată, ca cele utilizate în orologerie, veți putea obține imagini mult mai bune. Pentru a folosi această folie, decupați din hîrtia neagră un cerc cu diametrul de 20 mm, vopsiți folia în negru mat pe ambele fețe și lipiți-o, cu puțin preadez, pe fața posterioară a hîrtiei.

În partea de jos a aparatului se lipește un suport de susținere care poate fi montat pe trepiedul folosit pentru susținerea lunetei.

Înainte de a trece la utilizarea sa, asigurați toate îmbinările, cu bandă de PVC adezivă sau pînză neagră lată de 2 mm. Tot din bandă adezivă se face și balamaua peretelui din spate și înainte de fiecare fotografiere se va închide partea din spate a aparatului, obținînd astfel o etanșare foarte bună. După terminarea construcției, faceți întuneric în laborator și folosindu-vă de o lanternă, al cărui reflector se acoperă cu celofan roșu, introduceți o bucată de hîrtie foto pozitivă cu dimensiunile de  $10 \times 12,7$  cm, în glisiera peretelui posterior, cu fața sensibilă spre interiorul aparatului. Lăsați apoi aparatul, cu obturatorul închis, în plin soare, timp de 10 minute, după care îl aduceți din nou în laborator, îl deschideți și developați hîrtia. Pentru aceasta aveți nevoie de trei tăvițe sau chiar farfurii de supă curate. În acestea veți introduce, de la stînga la dreapta, revelatorul, apă curată și fixatorul. Substanțele folosite drept revelator și fixator sînt indicate în prospectul hîrtiei fotografice pe care o folosiți.

După ce ați preparat substanțele, deschideți aparatul (la lumina roșie a lanternei), prindeți hîrtia foto cu o pensetă și introduceți-o cu toată suprafața odată, în relevator. Observați apariția imaginii pe hîrtie, operație care durează circa 20 de secunde. După aceea clătiți în apă și apoi lăsați-o în fixator

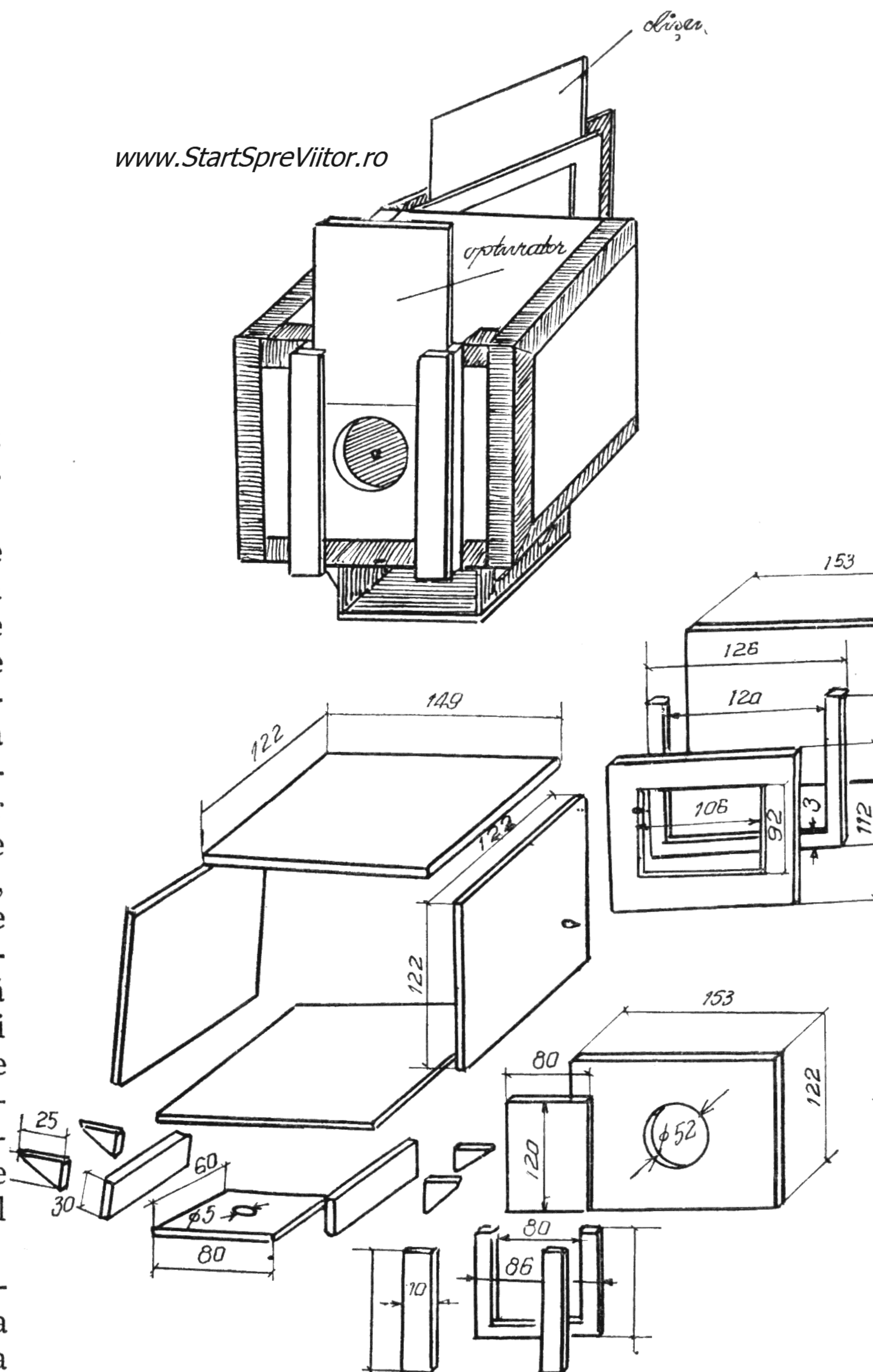


Fig. 4.18. Aparatul fotografic

10—15 minute. Puteți acum să luminați laboratorul, dar aveți grijă să închideți bine cutia cu hîrtie foto, pentru că altfel le voalați.

Prima fotografie făcută cu obturatorul închis, vă servește pentru a proba etanșeitătea aparatului. Dacă hîrtia este neagră și uniformă, înseamnă că aparatul este etanș. Dacă nu, trebuie să găsiți punctele de neetanșeităte și să le etanșați.

Puteți trece acum la fotografierea diferitelor obiecte. Acestea trebuie să fie bine luminate, iar aparatul trebuie să fie astfel orientat, ca soarele sau

sursa de lumină să se afle în spatele său. Deschideți obturatorul și lăsați-l deschis (expuneți) timp de 30 secunde pînă la 2 minute, funcție de luminozitatea obiectului. Pentru primele probe, rezultatul vă va permite să apreciați dacă ați ales corect timpul de expunere. Dacă fotografia este uniformă, timpul a fost bine ales. Dacă este prea albă, timpul a fost prea lung, iar dacă este neagră, prea scurt. Cu vremea, veți acumula încă suficientă experiență pentru a putea aprecia timpul optim de expunere pentru fiecare fotografie.

## 5. EXPERIENȚE DE ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM

Pînă acum am vorbit despre fenomene accesibile în mod direct simțurilor noastre — mișcare, căldură și lumină. Dar, în afară de aceste fenomene evidente, mai există în natură și fenomene ascunse, a căror descoperire a dus la apariția neașteptată a unor noi ramuri ale fizicii.

În această privință electricitatea și magnetismul sînt exemple cît se poate de reprezentative. Amîndouă au fost descoperite prin cîte o întîmplare, dar studiul lor s-a împletit într-o asemenea măsură, că nu putem vorbi separat despre ele, iar în fizica teoretică sînt considerate manifestări diferite ale aceleiași forțe.

*Magnetismul* era cunoscut cu cel puțin cinci sute de ani înaintea erei noastre. Anumite pietre găsite în apropierea orașului Magnesia (astăzi Manisa) din Turcia aveau proprietatea de a fi orientate întotdeauna într-o anumită direcție cînd se aflau liber suspendate. Nu se știe cu precizie cine a descoperit această proprietate și în ce împrejurări. În orice caz, cel care a făcut această observație avea o minte deosebită, deoarece a reușit să distingă un fenomen important care a deschis căi noi și nebănuite.

Magneții găsiți la Magnesia erau, desigur, naturali. Astăzi, însă, se folosesc în practică numai magneți artificiali, care pot fi obținuți mai ușor și cărora li se pot da diferite forme.

Să ne oprim acum puțin asupra proprietăților fundamentale ale magneților.

Dacă se ia un magnet în formă de bară și se apropie de capetele lui o bucată de tablă de fier, se vede

că aceasta este atrasă puternic. Apropiind tabla de mijlocul magnetului se constată că magnetul o atrage foarte puțin. Deci magnetul atrage anumite corpuri — numite feromagnetice — cum sînt fierul, oțelul, nichelul precum și alte aliaje ale acestora — mai puternic la capete și slab la mijloc. Același lucru se observă și la un magnet în formă de potcoavă.

Linia care marchează mijlocul unui magnet și manifestă cel mai slab atracția a fost numită *linia neutră* a magnetului (fig. 5.1) iar capetele au fost numiți *poli* și anume : polul nord și polul sud. Cum s-a ajuns să se dea denumiri polilor magnetici ? Ca să înțelegeți, vă invităm să faceți o experiență.

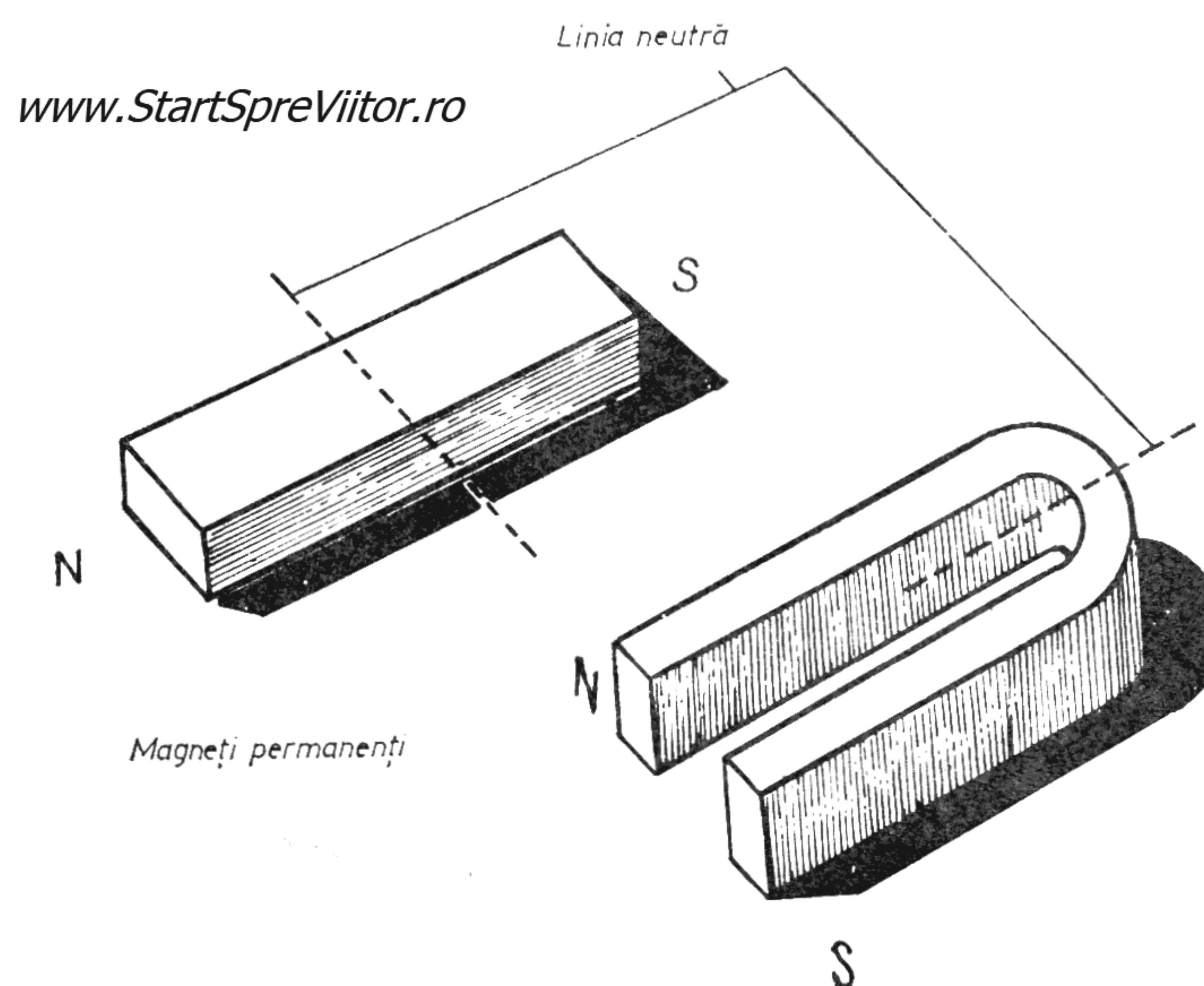


Fig. 5.1. Magneți permanenți



Luați o lamă de ras și lipiți cu cositor, deasupra găurii din mijloc, partea proeminentă a unei capse de croitorie. Căutați să lipiți capsă cît mai exact deasupra găurii, astfel ca lama să poată sta în echilibru atunci cînd o așezați pe un ac (fig. 5.2 a). Frecați apoi lama de un magnet puternic, dar numai într-un singur sens, pînă se magnetizează.

Așezați lama în echilibru pe vîrful ascuțit al unei sîrme de cupru (fig. 5.2 a). Veți observa că lama ia o poziție bine determinată, și anume, o parte se îndreaptă întotdeauna, oricît ați suci-o, într-o anumită direcție. Dacă vă uitați la o busolă, constatați că lama are aceeași direcție ca și acul busolei. Deci lama arată nordul ca și busola.

În locul lamei, puteți folosi un ac de cusut care se magnetizează la fel ca și lama. Acul magnetizat îl legați la mijloc cu un fir subțire de mătase și îl atîrnați de un suport astfel ca să stea în echilibru (fig. 5.2 b).

În felul acesta, polul care arată nordul a fost numit polul nord, iar cel opus lui — polul sud.

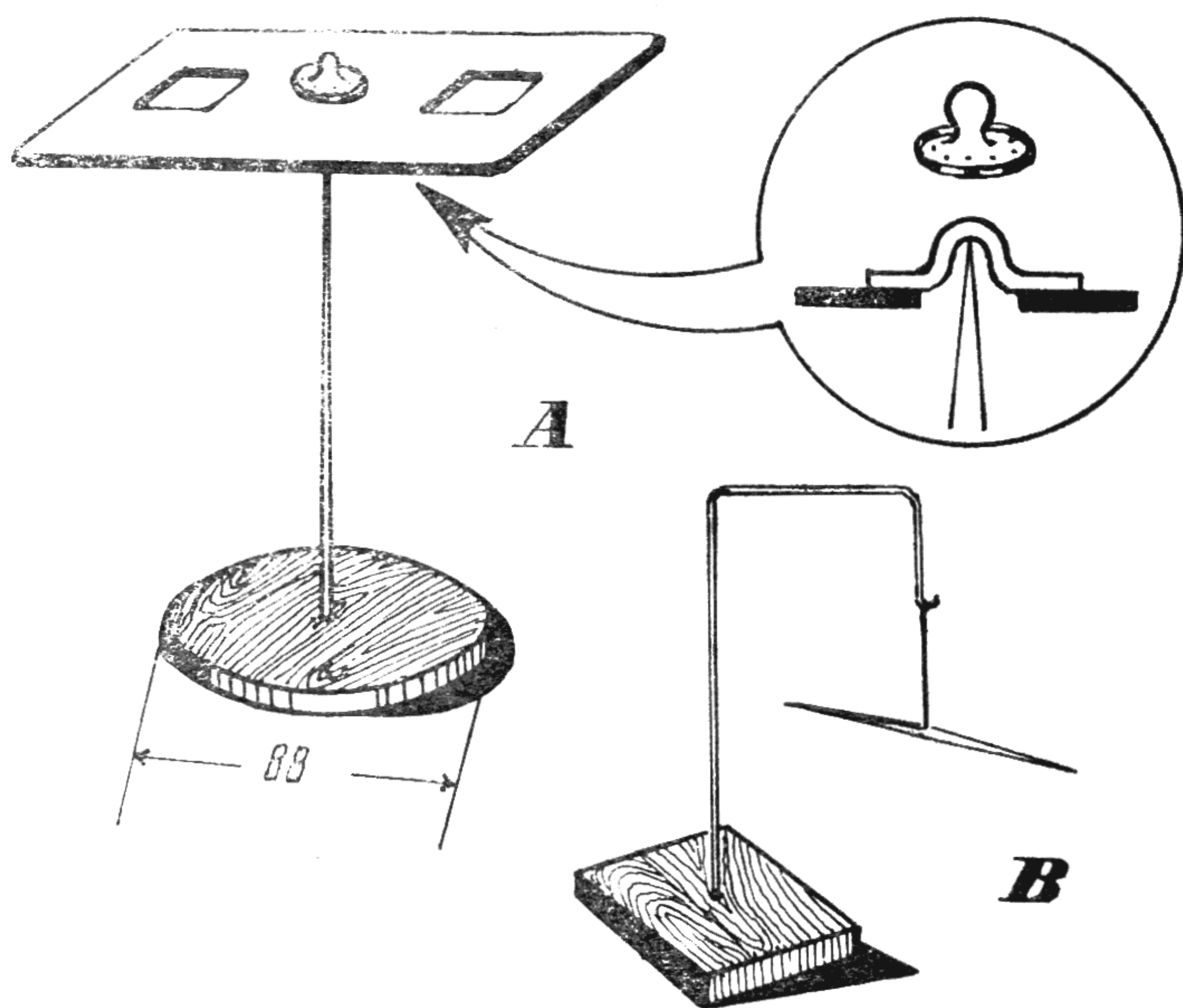


Fig. 5.2. Lama (a) și acul magnetizat (b)

Cu ajutorul lamei sau acului magnetizat și al magnetului pe care l-ați folosit pentru magnetizare mai puteți face o experiență. Dacă apropiați polul nord al magnetului de polul nord al lamei, veți vedea că acesta se întoarce într-o parte. Dimpotrivă, dacă apropiem polul sud al magnetului de polul nord al lamei, veți observa că lama se îndreaptă spre magnet.

Vă întrebați cum a acționat magnetul asupra lamei magnetizate fără să o atingă? Nu trebuie să atribuiți magnetului proprietăți miraculoase, deoarece toate fenomenele care apar în jurul său au caracter material. Spațiul din jurul magnetului, în care se manifestă aceste fenomene, se numește cîmp magnetic. Acesta există atît în jurul magneților, cît și în interiorul lor și în toate substanțele care se găsesc sub influența lor.

Studiul cîmpului magnetic înseamnă indicarea direcției forțelor și mărimii forțelor care acționează în fiecare punct al cîmpului. Acestea se pun cel mai ușor în evidență, folosind pilitură de fier, ale cărei firioare devin sub acțiunea cîmpului mici magneți.

Vizualizarea cîmpului magnetic și păstrarea sa se pot face folosind, în afară de magnet și pilitură de fier, și un carton îmbibat cu parafină sau ceară. După îmbibarea cartonului cu parafină sau ceară topită se lasă pînă aceasta se solidifică. Apoi, sub carton se așează un magnet în formă de bară sau doi magneți cu polii opuși sau cu polii de același sens față în față. În continuare se cerne printr-o sită deasă, de la oarecare înălțime deasupra cartonului, pilitura de fier. Sub influența magneților, pilitura se așează într-o anumită ordine, formînd o figură caracteristică numită spectru magnetic, în care se pot distinge linii — denumite linii de forță — care unesc polii între ei (fig. 5.3). După ce ați obținut spectrul, luați cartonul cu grijă pentru a nu deplasa pilitura și încălziți-l ușor, astfel ca parafina să se topească. Topindu-se, parafina pătrunde printre par-

ticulele de fier și prin răcire le fixează. De acum încolo, spectrul poate fi mișcat sau scuturat, deoarece figura nu se mai strică.

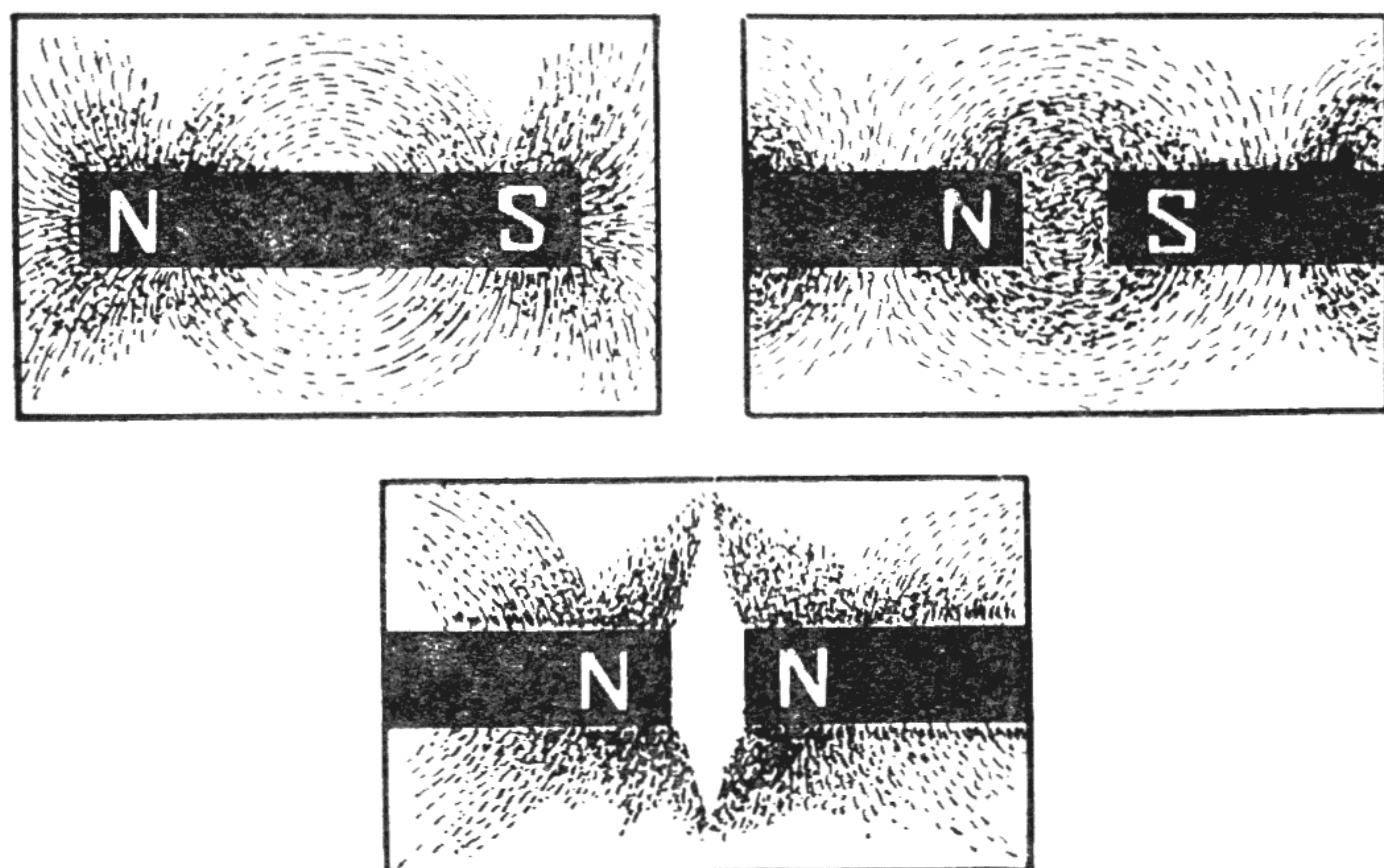


Fig. 5.3. Spectre magnetice

Privind cu atenție spectrele obținute, se observă că repartizarea piliturii de fier în câmpul magnetic este diferită. Astfel, în apropierea polilor se află concentrată mai multă pilitură, iar la distanță, o cantitate mai mică. Aceasta dovedește că liniile de forță se îndesesc în apropierea polilor, atribuindu-li-se și un sens. Se consideră că ies din polul nord și intră în polul sud.

Spectrele pe care le-ați obținut și pe care le-ați fixat pe carton vă permit acum să explicați oricărui coleg cum se transmit forțele de la un magnet la materiale feromagnetice, dar nu vă pot lămuri cum apar forțele magnetice. Pentru aceasta vă invităm să mai faceți o experiență.

Luați din nou magnetul și apropiați-l de un cui, fără, însă, a-l atinge. Apropiați acum de cui un ac cu gămălie; cuiul îl va atrage. Îndepărtați magnetul de cui; acesta nu mai atrage acul. Dacă apropiați însă de cui câteva firișoare de pilitură de fier, ele vor fi atrase. Deci, materialul din care este făcut cuiul mai păstrează, încă, proprietăți magnetice, care

rămân după ce corpul a fost scos de sub influența unui câmp magnetic. Această proprietate poartă numele de magnetism remanent. Dacă în locul cuiului ați fi folosit un obiect de oțel călit, cum erau lama de ras sau acul de cusut, ați fi observat că acestea atrag acul de gămălie și după îndepărtarea magnetului.

Ce se întâmplă în interiorul acestor corpuri?

Totul se explică, dacă ne dăm seama că moleculele materialelor feromagnetice sînt, de fapt, niște magneți minusculi. Într-un obiect magnetizat, acești magneți foarte mici sînt așezați fără nici o ordine ca în fig. 5.4 a.

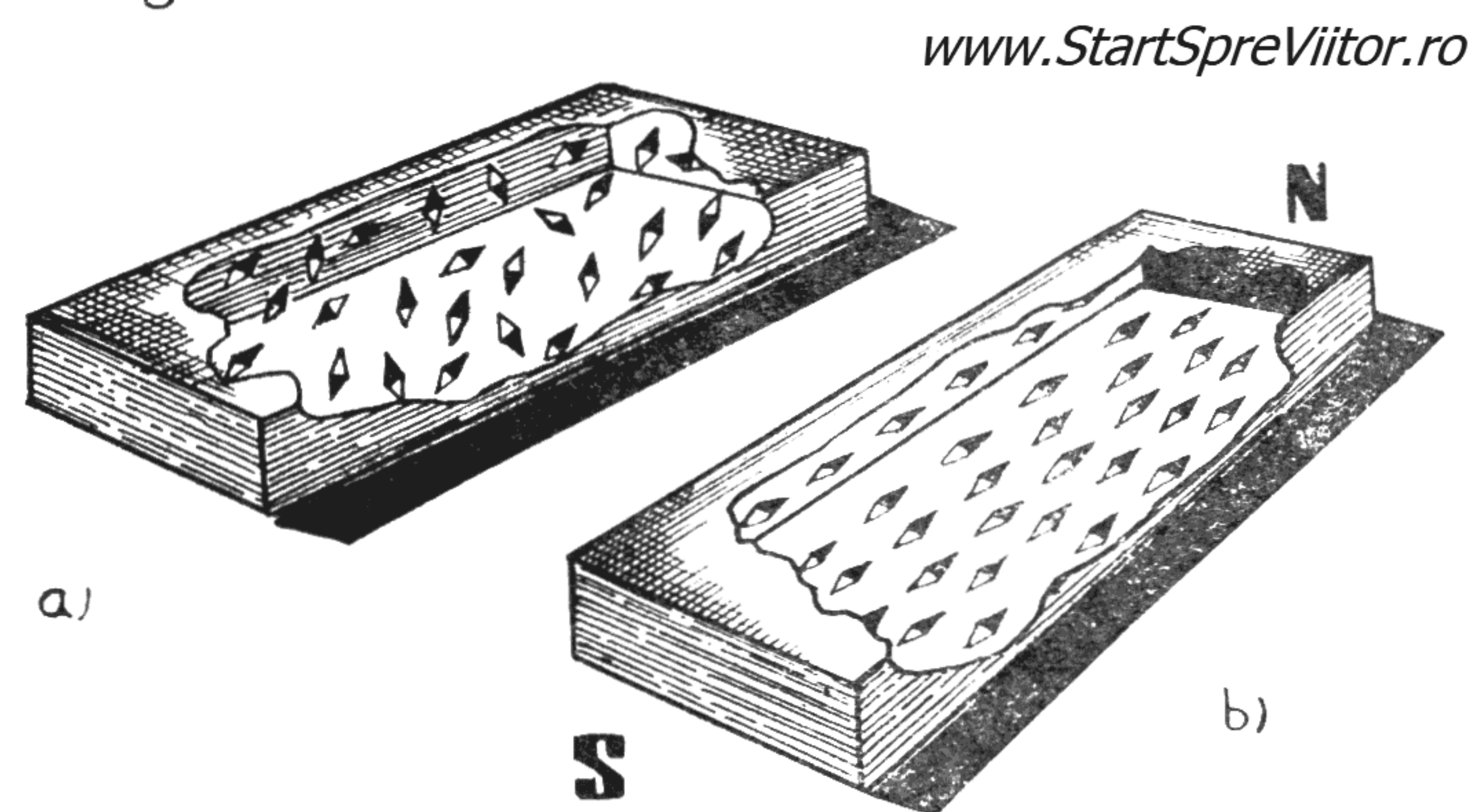


Fig. 5.4. Structura materialelor feromagnetice  
a — nemagnetizate  
b — magnetizate

Sub acțiunea unui câmp magnetic ei se orientează cu polii nord spre nord și polii sud spre sud (fig. 5.4 b). Atunci cînd obiectul feromagnetic este din oțel, micii magneți rămîn în această poziție, obiectul transformîndu-se, el însuși, într-un magnet. Cînd, însă, obiectul este din fier moale, după încetarea acțiunii câmpului magnetic dispar, aproape complet, și proprietățile magnetice ale obiectului, pentru că magneții minusculi își reiau pozițiile dezordonate.

Și la corpurile din oțel aranjamentul ordonat al moleculelor-magneți poate fi stricat prin încălzirea

lor. Aceasta se datorește faptului că sub influența căldurii, agitația moleculelor și atomilor din magnet se mărește foarte mult și magneții minusculi revin la starea haotică dinaintea magnetizării.

Fenomenul poate fi demonstrat foarte ușor, cu ajutorul moriștii magnetice (fig. 5.5).

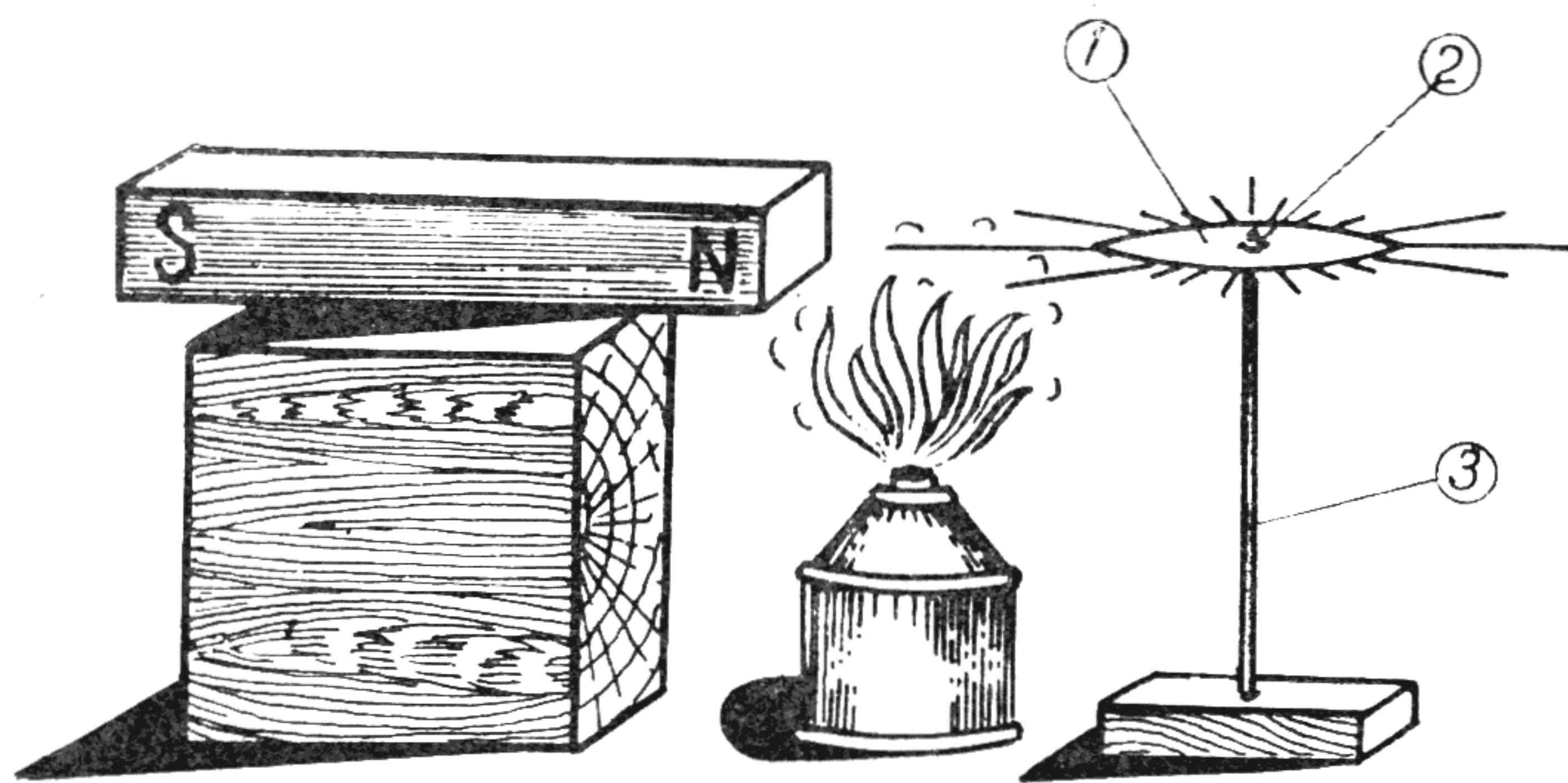


Fig. 5.5. Morișca magnetică

- 1 — rotor
- 2 — lagăr

3 — suport [www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

Aceasta se compune dintr-un rotor, un lagăr și un suport.

Pentru confecționarea rotorului tăiați dintr-o bucată de fier de 0,3 mm (de cutie de conserve) un disc cu diametrul de 15 mm și faceți în centrul lui o gaură de 3 mm. Lipiți pe circumferința discului 30—40 de bucăți din sîrmă subțire de fier (sub un mm), lungi de 35 mm, iar în centrul discului, deasupra găurii, o capsă de croitorie, care va fi lagărul moriștii. Suportul îl confecționați dintr-o bucată de sîrmă de cupru lungă de 100—150 mm pe care o ascuțiți la un capăt. Celălalt capăt al sîrmei îl fixați într-un bloc de lemn și morișca este terminată.

Ca să o faceți să se învîrtă, așezați în fața ei și la aceeași înălțime un magnet în formă de bară, iar între ele și puțin lateral puneți o lampă de spirt aprinsă. Cînd sîrmele s-au încălzit pînă la roșu, morișca începe să se învîrtească. Aceasta se datorește, pe de o parte, atracției de către magnet a sîrmelor

neînroșite și, pe de altă parte, pierderii proprietăților magnetice a sîrmelor atrase care s-au înroșit.

Una dintre aplicațiile principale ale magneților, care s-au păstrat pînă în zilele noastre, este busola marinărească sau, așa cum o denumesc navigatorii — compasul. Acesta este o busolă specială montată pe un cuplaj cardanic, astfel ca să rămînă orizontală în pofida mișcărilor de tangaj și ruluu ale navei. Construcția ei nu este prea dificilă, astfel că puteți să încercați și voi.

La început, cu cîteva secole în urmă, compasul folosea pentru indicarea nordului un ac magnetic ca cel al unei busole obișnuite. Mai tîrziu, acul a fost înlocuit de mai mulți magneți montați pe un cadran pe care s-a desenat roza vînturilor, iar ansamblul a fost montat pe un cuplaj cardanic și instalat într-o cutie cu lichid amortizor de oscilații. Magneții sînt dispuși astfel ca să dea un moment magnetic mare, ceea ce necesită un aranjament simetric.

Pentru construcția pe care v-o propunem se folosesc doar doi magneți sub formă de bară, sîrmă de cupru, un dop filetat ca cele de la tuburile de tetraciclină, precum și placaj subțire sau plăci de plastic. Magneții sînt de tipul celor folosiți pentru asigurarea ușilor dulăpioarelor de bucătărie tip „Modul“.

Cutia compasului, executată din placaj sau plastic, se compune numai din cîteva piese : capacul superior, capacul inferior, pereții laterali, suportul pivotului și pivotul, ale căror dimensiuni sînt indicate în fig. 5.6.

Începeți prin a trasa capacele și pereții laterali pe foaia de placaj sau de material plastic, după care tăiați piesele cu fierăstrăul. Gaura cu diametrul de 64 mm din capacul superior se execută cu fierăstrăul de traforaj. Pentru a introduce pînza fierăstrăului, faceți mai întîi cu burghiul o gaură cu diametrul de 8—10 mm în interiorul discului pe care urmează să-l decupați. După decupare, îndreptați muchiile pieselor cu rindeaua și apoi cu glaspapir. Pivotul se face dintr-o sîrmă ascuțită de cupru care se fixează

în suportul său — confecționat — la rîndul său, dintr-un mic bloc de lemn. Puteți acum să începeți să asamblați cutia. Ați observat, din fig. 5.6, că fiecare perete lateral se compune din două șipci de placaj; una mai lată și una mai îngustă. Începeți prin a le lipi cu Aracetin între ele, conform desenei, asigurîndu-le cu ținte. Lipiți apoi pereții laterali între ei formînd cadrul cutiei compasului. Urmează lipirea capacelor. Nu lipiți încă suportul pivotului. S-ar putea să mai fie nevoie să ajustați lungimea pivotului, pentru a aduce discul cu magneți la nivelul capacului superior.

Discul cu magneți îl tăiați tot din placaj sau din material plastic ale cărui muchii le îndreptați. În centrul lui veți face o gaură puțin mai mică decît diametrul de sprijin al dopului pe care îl aveți. Se presează apoi dopul în gaură. Pe partea de jos a discului veți lipi, cu puțin prenadez, cei doi magneți. Înainte de a-i lipi, trebuie însă să determinați polii magneților. Pentru aceasta îi așezați față în față. Dacă se atrag, înseamnă că i-ați așezat cu polii opuși față în față, iar dacă se resping înseamnă că ați așezat față în față același fel de poli. Veți avea grijă să lipiți magneții cu polii de același fel în aceeași direcție ca în fig. 5.6. Lipirea cu Prenadez se face astfel: se ung zonele de pe disc unde urmează să fixați magneții și suprafața magneților cu un strat de prenadez, se lasă să se usuce cam 15 min. pînă cînd, atîngînd cu degetul stratul de adeziv, acesta nu se lipește de mîna, se așează discul pe pivot și se aplică magneții pe disc. Dacă discul nu stă orizontal, se deplasează ușor unul dintre ei pînă cînd discul se echilibrează, apoi magneții se presează pe disc punînd deasupra lor o greutate și se lasă 30 min, pînă se usucă adezivul. Pe partea de sus a discului veți lipi un disc de hîrtie cu diametrul tot de 60 mm pe care veți desena „Roza vînturilor“. Pentru a o lipi corect trebuie să știți că în dreptul magneților se află estul „E“ și vestul „V“, dar cum știți care este polul nord al magneților? Pentru aceasta este necesar să folo-

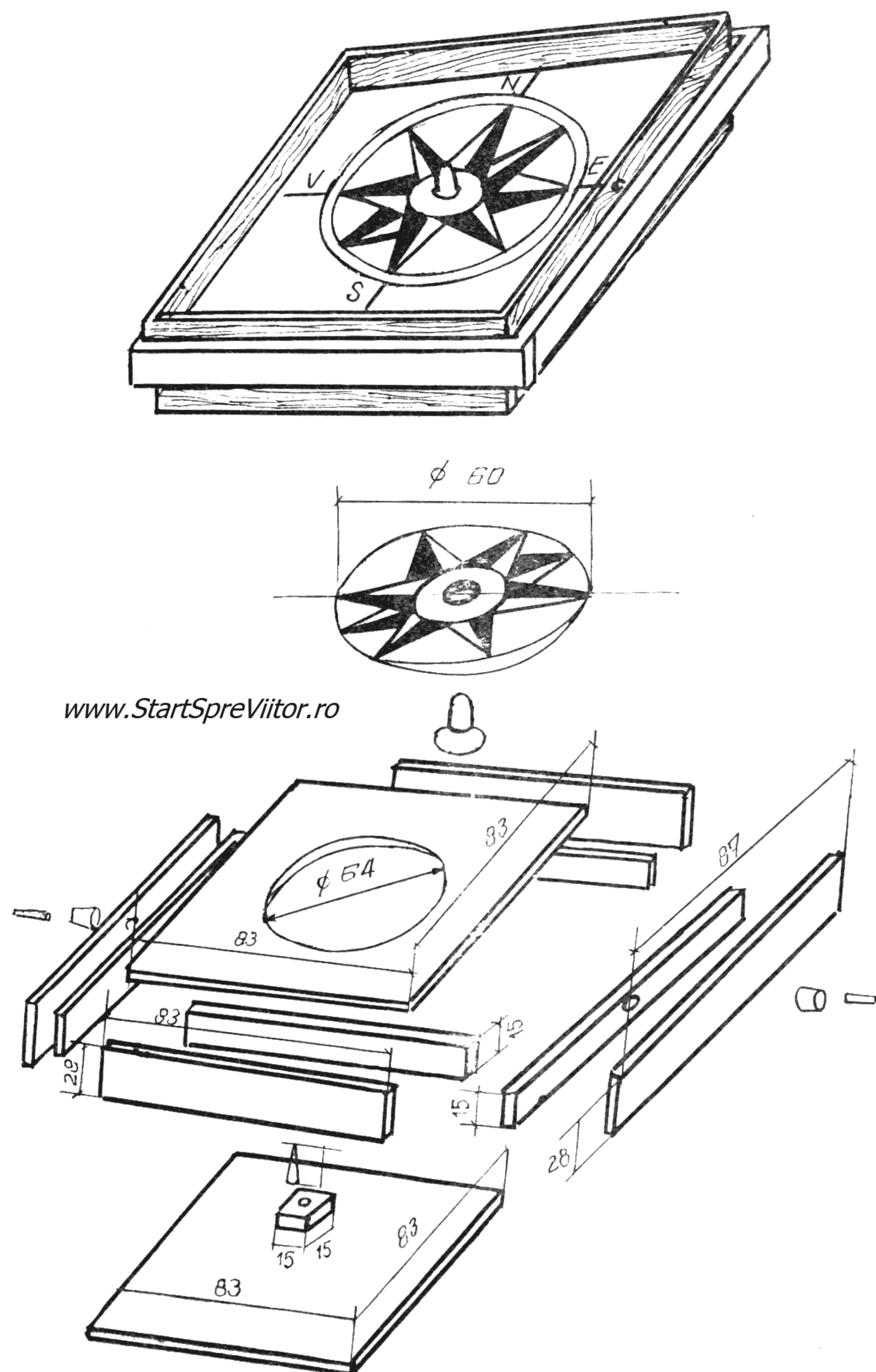


Fig. 5.6. Compasul marinăresc

siți o altă busolă sau să cunoașteți, cu aproximație, unde se află nordul. Suspendați din nou discul pe pivot, lăsați-l să se rotească și apoi lipiți „Roza vînturilor“, astfel ca săgeata „N“ să fie îndreptată spre nord și săgețile „E“ și „V“ să se suprapună perfect peste liniile neutre ale magnetilor. Abia acum ajustați pivotul și-l lipiți cu Aracetin pe fundul cutiei.

Ați obținut, pînă acum, o busolă obișnuită. Pentru a o transforma în compas marinăresc, care să rămîna orizontal indiferent de mișcările navei pe valuri, mai trebuie să executați două rame pătrate din placaj sau lemn ca în fig. 5. 6. După ce le-ați executat, fixați în doi pereți laterali opuși ai busolei două bucățele de sîrmă de cupru de 2 mm diametru, care se montează în „lagărele“ ramei cu latura de 100 mm. Lagărele, cu lungime de 5 mm, fixate în doi pereți opuși ai ramei, se confecționează dintr-o rezervă metalică — consumată — de pastă pentru pix. În ceilalți doi pereți ai ramei se fixează ca și în pereții busolei, două „fusuri“ din sîrmă de cupru de 2 mm. Aceste fusuri intră în lagărele ramei exterioare. Astfel, compasul (acum îl putem numi astfel) este suspendat de un cuplaj cardanic și va rămîne orizontal, indiferent de mișcările ramei exterioare care se fixează pe corpul navei. Vă puteți convinge de aceasta luîndu-l cu voi la următoarea plimbare cu barca.

Descoperirea și înțelegerea fenomenelor magnetice, așa cum am mai arătat, au constituit evenimente importante în fizică, datorită consecințelor pe care le-au avut. Importanța lor a ieșit și mai mult în evidență atunci cînd s-a descoperit legătura dintre magnetism și electricitate.

Dar să vedem mai întîi ce este *Electricitatea*. Pe vremea cînd a fost descoperită piatra de magnetită, probabil că se cunoșteau și proprietățile electrice ale chihlimbarului. Descoperirea s-ar putea să o fi făcut vreun păstor, care a observat că o podoabă de chihlimbar, frecată ca să lucească, atrage smocuri de lînă. În orice caz, chihlimbarul a fost prima substanță

la care s-au remarcat proprietățile electrice, pentru că de la chihlimbar — care în limba greacă se numea „electron“ — a apărut denumirea electricității.

Primul care a consemnat rezultatele experiențelor de electricitate făcute a fost Thales din Milet. El a frecat o bucată de chihlimbar și a observat că acesta dobîndește proprietatea de a atrage corpurile ușoare, pentru ca, după ce le atinge, să le respingă. Filozoful antic nu a explicat acest fenomen, ci doar l-a constatat. Să refacem experiențele sale și să încercăm să explicăm rezultatele. Nu vă cerem, pentru aceasta, să vă procurați chihlimbar ; putem înlocui această rășină naturală cu una sintetică cum este ebonita sau plexiglasul.

Pentru a construi o baghetă, procedați astfel : tăiați dintr-o placă de ebonită groasă de 10—20 mm o fișie lungă de 250 mm și lată cît grosimea plăcii, apoi o rotunjiți cu pila pînă capătă o formă cilindrică. Nu uitați să rotunjiți și capetele baghetei. La sfîrșit, pentru a îndepărta urmele lăsate de pilă, șlefuiți bagheta cu o bucată de glaspapir fin. Dacă placa pe care o aveți nu are grosimea necesară, confecționați bagheta din două fișii pe care le lipiți una de alta cu o soluție de celuloid dizolvat în acetol.

Soluția de celuloid o preparați astfel : dintr-o bucată de celuloid (un film vechi) tăiați șuvițe subțiri și le introduceți într-o sticlă. Turnați, apoi, peste șuvițele de celuloid puțin acetol (pe care îl puteți procura la orice parfumerie). *Fiți însă atenți ! Acetolul este inflamabil. Feriți-l de flacără !* Apoi astupați sticla cu un dop de sticlă. Nu se folosesc dopuri de plută sau de cauciuc, deoarece acestea se lipesc și nu mai pot fi scoase. După ce șuvițele s-au dizolvat, mai introduceți puțin acetol și amestecați bine pînă ce lichidul capătă consistența unui sirop subțire. Soluția se întinde bine pe suprafețele de lipit, cu ajutorul unei pensule mici. Imediat după folosire, pensula trebuie bine curățată cu acetol, de toate urmele de soluție, pentru că, altfel, părul se lipește și pensula nu mai poate fi folosită.

Dacă nu aveți material pentru confecționat bagheta, puteți folosi în locul ei un pieptene din material plastic.

Pentru ca experiența să fie mai concludentă, în afară de bagheta de ebonită confecționați și una de sticlă, dintr-un tub lung de 250 mm, cu diametrul de 10—15 mm, căruii îi rotunjiți la flacără capetele tăiate, pentru a nu vă răni în timpul experiențelor.

Pe lângă baghete, mai aveți nevoie de o bucată de mătase și una de postav, de bucățele de hîrtie, fulgi, scame și diferite alte corpuri ușoare.

Odată strînse aceste materiale, pentru a putea începe experiențele, uscați-le bine, lăsîndu-le cîtva timp în preajma sobei sau caloriferului.

Frecați bagheta de sticlă cu bucata de mătase și apropiați partea frecată de bucățelele de hîrtie, fulgi, scame, etc. Veți constata că aceste corpuri sînt la început atrase de baghetă, se lipesc de ea și apoi sînt respinse (fig. 5.7).

Frecați și bagheta de ebonită sau pieptenul cu bucata de postav și apropiați-o de alte bucățele de

hîrtie, fulgi sau scame ; veți observa același fenomen.

Ați demonstrat, astfel, că prin frecare, în anumite condiții, unele corpuri capătă însușirea de a atrage corpuri ușoare și de a le respinge după ce le-au atins. Fenomenul acesta se numește *electrizare prin frecare*, iar corpul care a căpătat însușirea de a atrage alte corpuri se numește *electrizat*, sau se spune că a căpătat o sarcină electrică.

Alte corpuri însă prin frecare nu se electrizează. De exemplu dacă luați o vergea metalică de 250 mm lungime, rotunjită la capete cu pila și o frecați cu o bucată de postav sau de mătase, constatați că nu atrage scamele sau bucățelele de hîrtie. Acum faceți însă vergelei un mîner dintr-un tub de sticlă lung de 100 mm și cu un diametru puțin mai mare decît al vergelei, pe care îl fixați cu ceară roșie. Fixarea se face încălzind puțin vergeaua și tubul. Topiți ceara roșie și introduceți-o în tub. Cînd tubul s-a umplut și ceara este încă moale, introduceți vergeaua cam 50 mm în tub și lăsați ceara să se răcească. Dacă nu aveți ceară roșie, puteți folosi sacîz, chit sau ipsos amestecat cu clei subțire. Veți obține o baghetă ca cea din fig. 5.8.

Apucați bagheta de mînerul izolant și frecați-i partea metalică cu bucata de postav. Apropiați-o apoi de cîteva scame. De data aceasta vergeaua le va atrage.

Cum se explică aceste fenomene ?

Cînd ați frecat corpurile pentru a le electriza, s-au produs, în locurile frecate, *sarcini electrice*. La unele corpuri, cum sînt baghetele de ebonită și de sticlă, ele au rămas în locurile unde s-au produs. La altele, cum este vergeaua de metal, ele s-au răspîndit în tot

[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

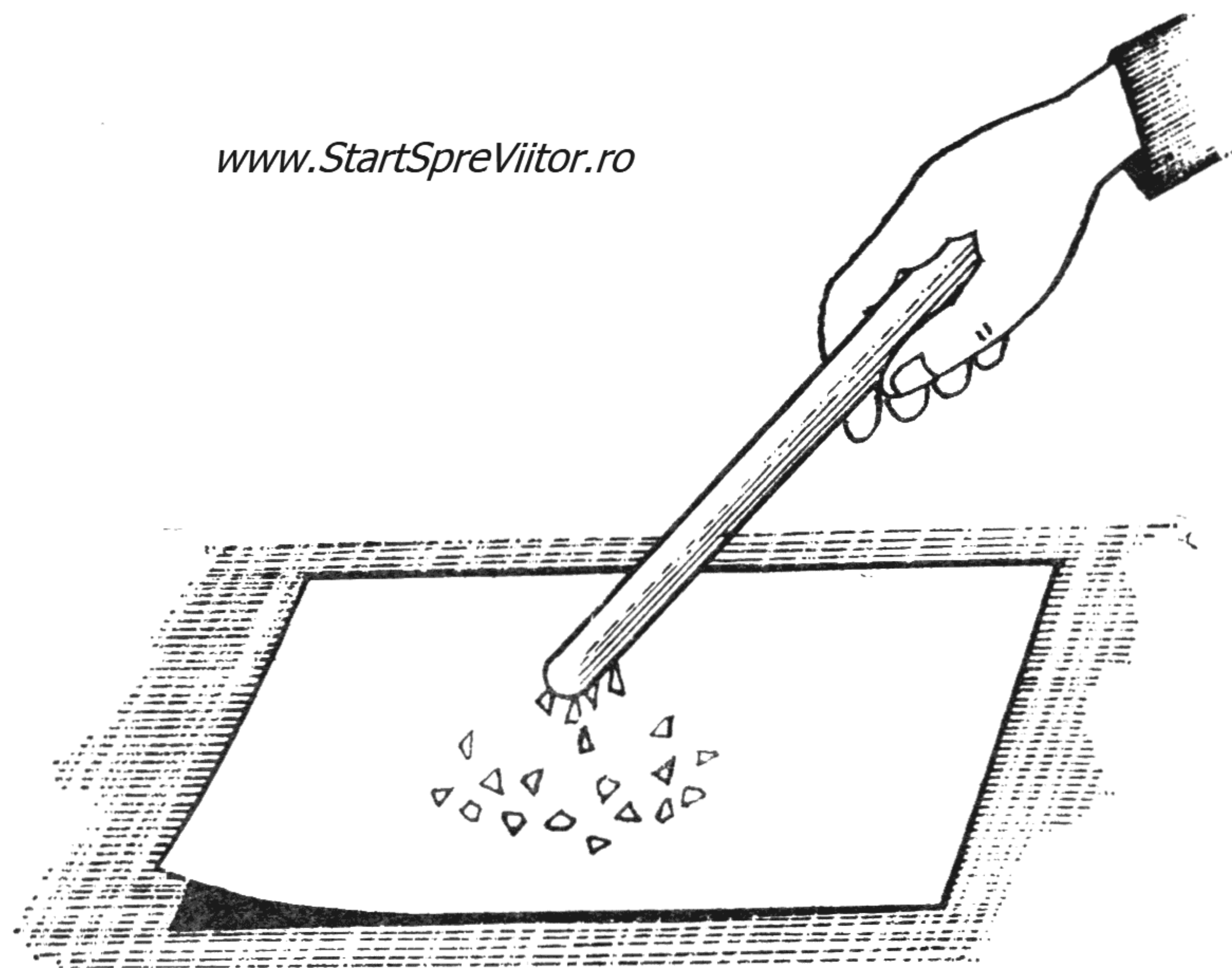


Fig. 5.7. Electricitatea corpurilor ușoare

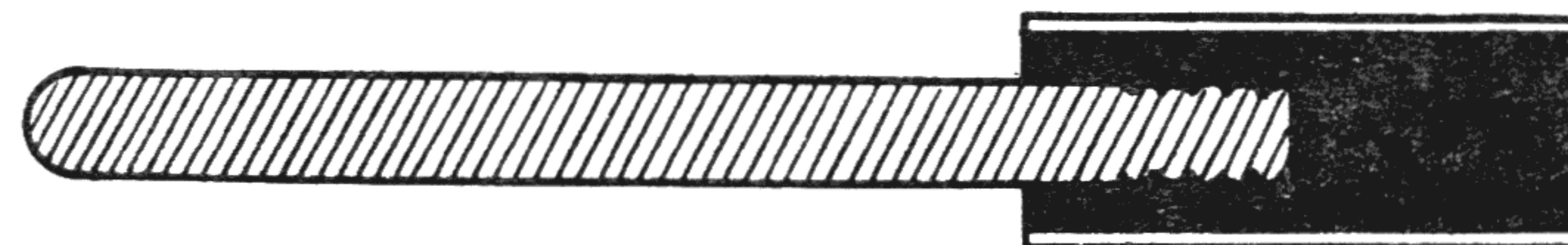


Fig. 5.8. Bagheta metalică

corpul și, atunci când lipsea mânerul, s-au scurs prin corpul nostru.

Primele corpuri, deoarece nu transmit sarcini electrice, se numesc *neconducătoare* sau *izolante*. Celelalte, prin care sarcinile se transmit pînă ajung la un izolator, se numesc *conducătoare*. Corpuri neconducătoare sînt rășinile, sticla, hîrtia, cauciucul, mătasea, sulful și multe altele. Corpuri conducătoare sînt metalele, corpul omenesc, pămîntul, carbonul etc.

Acum este foarte clar de ce nu s-a putut pune în evidență electrizarea vergelei de metal. Electricitatea produsă prin frecare s-a scurs în pămînt prin mîna și corp. Dacă însă conductorului i s-a pus un mâner izolant — de sticlă în cazul nostru — electricitatea a rămas pe vergea, fiind oprită de mânerul izolant.

Cunoștințele omenirii despre electricitate au rămas în acest stadiu timp de peste 2000 de ani, pînă în anul 1660 cînd Otto von Guericke a construit prima mașină electrică, care producea o cantitate mult mai mare de electricitate decît simplele baghete de chihlimbar sau de sticlă. Mașina consta dintr-un glob de sulf, montat pe un ax de fier. Globul putea fi rotit în timp ce se ținea mîna pe el. Astfel, globul se încălzea cu electricitate și putea produce mici scînteii — primele scînteii artificiale obținute de oameni. Guericke a observat că, deoarece corpuri ușoare sînt atrase de glob și, după ce îl ating, imediat sînt respinse, ele nu puteau fi din nou atrase pînă ce nu erau atinse de un alt corp.

Ca să construiești mașina lui Guericke, aveți nevoie de o sferă de lemn cu diametrul de 200 mm, o bucată de scîndură groasă de 20—30 mm, o bucată de placaj sau de scîndură de 10 mm, cîteva șipci și sulf. Sfera de lemn poate fi o bilă de popice sau v-o poate face un strungar ; la nevoie o puteți ciopli, cu răbdare, din tei sau brad.

Cu ajutorul unui burghiu sau al unei vergele de fier înroșit în foc, faceți o gaură în sferă, care trece

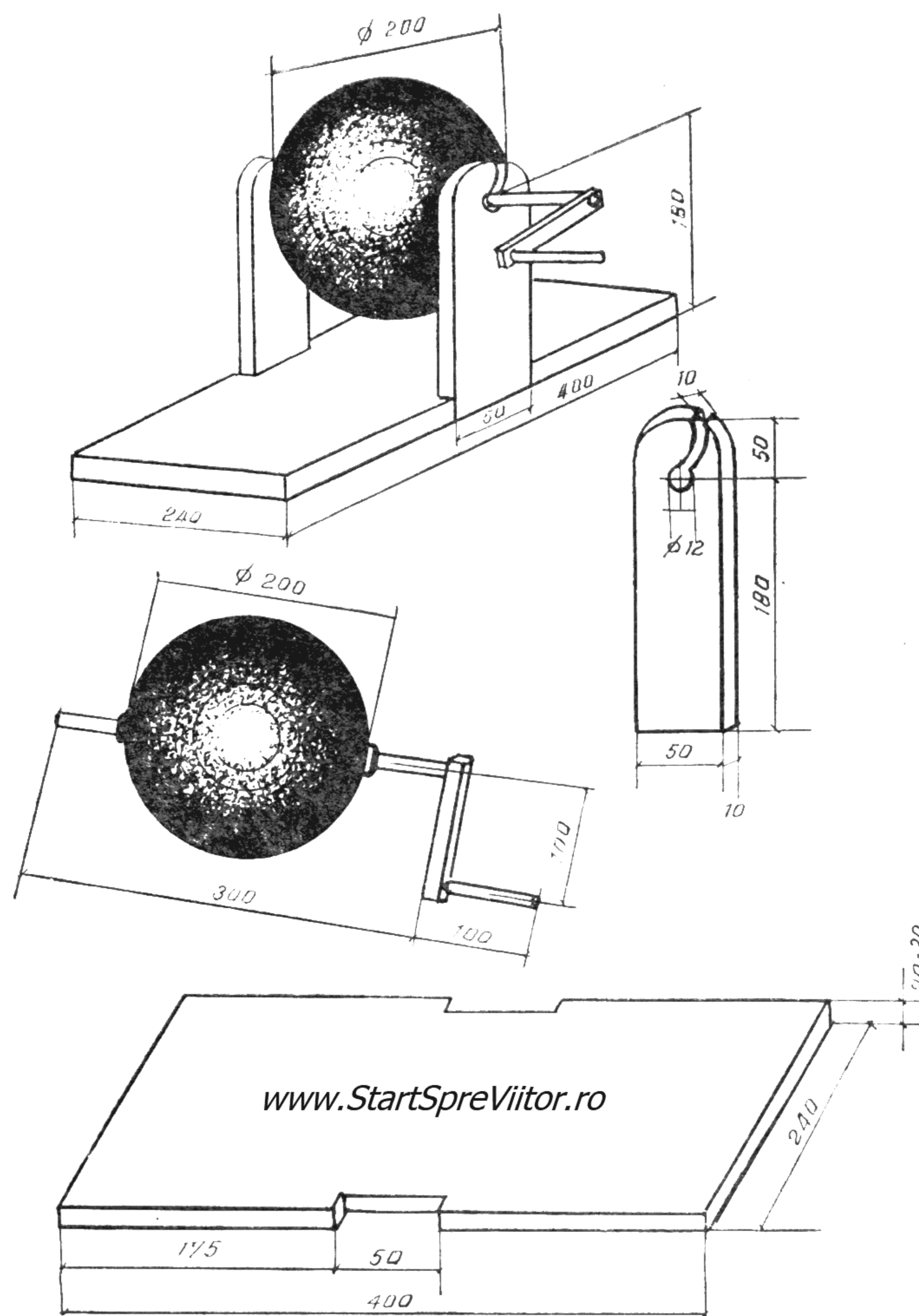


Fig. 5.9. Modelul mașinii lui Guericke

prin centrul ei. Diametrul acestei găuri trebuie să corespundă grosimii unui ax pe care îl faceți dintr-o șipcă lungă de 300 mm și groasă de aproximativ 10 mm (șipca o ciopliți cu briceagul și o rotunjiți cu rașpelul și cu glaspapir).

Axul îl fixați în gaura sferei cu cîteva pene de lemn sau chiar cu clei. Puneți apoi pe un capăt al axului o rondea de lemn și fixați la același capăt o manivelă făcută din alte două bucățele de lemn.

Cu un rașpel răzuiți suprafața sferei, pînă ce aceasta devine aspră. Topiți sulful într-un vas și, ținînd sfera de capetele axului, introduceți-o în sulful topit. Apoi o învîrțiți încet, ca toată suprafața ei să se acopere cu un strat subțire de sulf. După ungere, lăsați să se usuce stratul întins. Mai puteți folosi ulei de in sicativat, în care puneți sulf pisat pînă ce amestecul apare ca o cocă subțire, pe care o întindeți cu pensula în două-trei straturi. Din scîndura de 20—30 mm tăiați o bucată dreptunghiulară, lungă de 400 mm și lată de 240 mm, care va constitui postamentul mașinii. La jumătatea laturii lungi tăiați două scobituri dreptunghiulare lungi de 50 mm și adînci de 10 mm, ca în fig. 5.9. Aici se fixează cu clei și ținte cei doi suportți, tăiați din placaj sau scîndură de 10 mm grosime. Partea de sus a suportților este rotunjită și prevăzută cu o tăietură curbă prin care se va monta axul sferei.

După ce ați terminat mașina, apăsați ușor, cu palma perfect uscată sau cu o bucată de blană de iepure pe sfera acoperită cu sulf. Sulful de pe sferă se electrizează și, dacă există prin apropiere corpuri ușoare, ele vor fi atrase și apoi respinse. După ce le atingeți cu mîna ele vor fi din nou atrase.

Dacă electrizați sfera pe întuneric, veți vedea că între sferă și palmă se produc o serie de scînteii electrice.

Mașina lui Guericke, deși produce mai multă electricitate decît baghetele, se electrizează prin același procedeu și nu ne permite decît să constatăm un nou efect electric — producerea scînteilor. Pentru a demonstra și alte proprietăți ale electricității, care să ne permită să explicăm fenomenele, construiți cîteva pendule electrice.

*Pendulul electric* (fig. 5.10) este un instrument alcătuit dintr-un cîrlig metalic izolat, de care este atîrnată, cu un fir de mătase, o bobită de măduvă de soc.

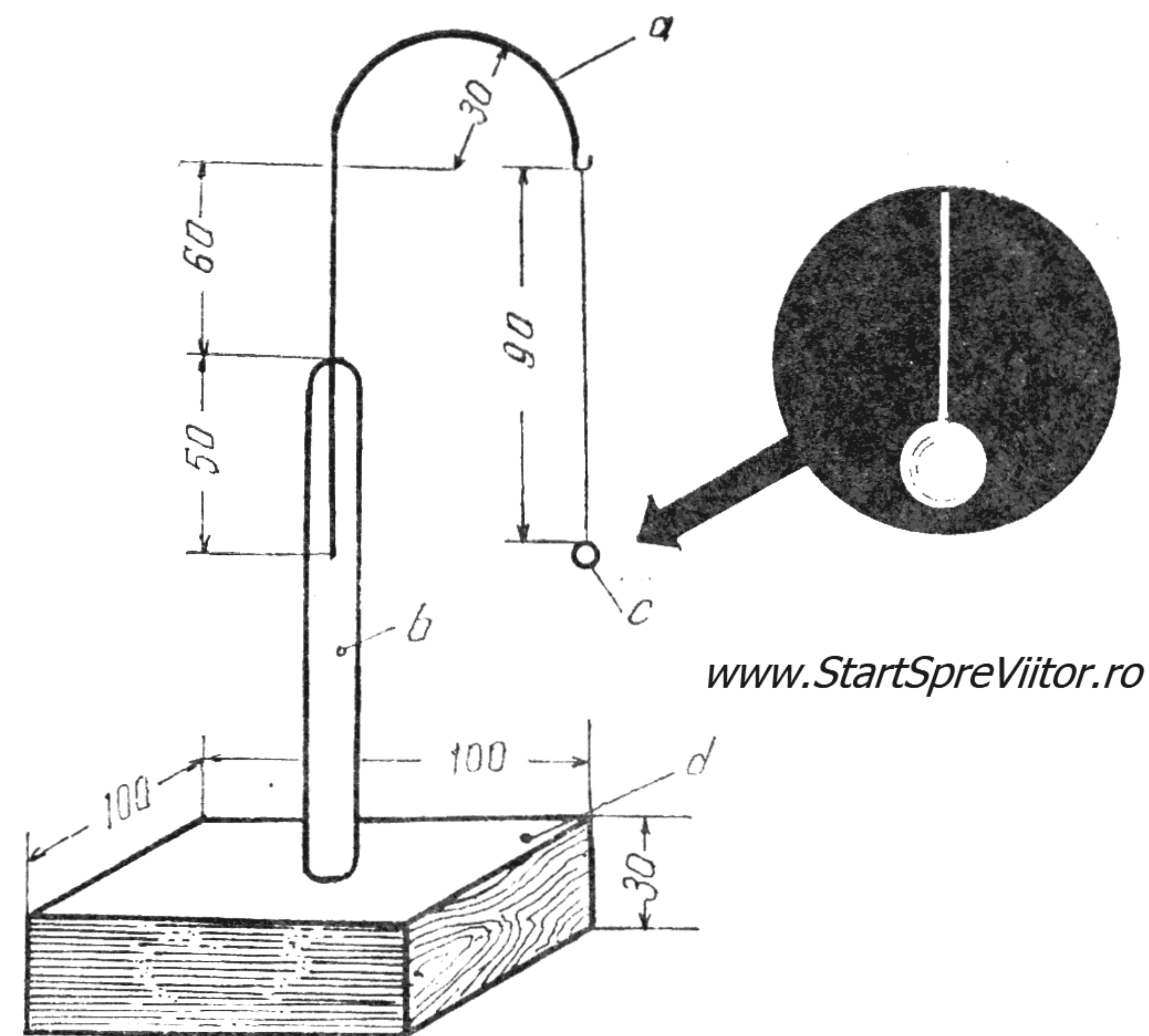


Fig. 5.10. Pendulul electric

Pentru construirea pendulelor electrice (pentru că veți avea nevoie de două) vă sînt necesare, două bucăți de tub de sticlă lungi de 150 mm, cu diametrul de 5 mm, sîrmă de 2—3 mm, scîndură de 30 mm, o ramură de soc și fir de mătase.

Îndoiiți un capăt al sîrmei așa cum arată figura, căutînd să respectați dimensiunile indicate, astfel ca să obțineți cîrligul „a”. Încălziți la flacăra lămpii de spirt unul din capetele tubului de sticlă pînă se înmoaie. În același timp încălziți și capătul neîndoit al sîrmei. Cînd tubul de sticlă și sîrma sînt suficient de calde, introduceți sîrma în tub și apoi presați tubul de sticlă, cu o cîrpă sau cu o bucată de carton, astfel ca să prindă sîrma. Trebuie să aveți grijă, cînd fixați sîrma, ca ea să fie prinsă drept. După răcire, sîrma va rămîne bine fixată în tub.

Postamentul pendulului este un pătrat de 100×100 mm tăiat din scîndură de 30 mm. În centrul postamentului se face o gaură cu diametrul egal cu



al tubului de sticlă în care îl fixați pe acesta cu ceară roșie, chit, sacîz topit sau chiar Aracetin.

Pentru confecționarea bobitei tăiați o rămurică de soc și scoateți din interiorul ei măduva. Modelați măduva, folosind două cartoane curate (nu palmele, pentru a nu o impregna cu grăsime) pînă ce capătă forma unei bile cu diametrul de circa 5 mm. Uscați apoi bobita, ținînd-o la căldură. Dacă nu aveți soc, puteți folosi pentru confecționarea bobitei măduvă de floarea soarelui, de cocean de porumb sau chiar o bucățică de dop de plută.

Băgați într-un ac de cusut un fir subțire de mătase și faceți la capătul firului un nod. Introduceți acul prin mijlocul bobitei și împingeți-o pe fir pînă la nod. Mai rămîne doar să legați firul de cîrlig, astfel ca lungimea firului să fie aproximativ de 90 mm. Înainte de a lega firul cu bobita cîntăriți-l cît puteți de precis și notați-vă valoarea. Pentru aceasta, apelați la balanța laboratorului de fizică al școlii sau a celei mai apropiate farmacii.

Cu două asemenea pendule electrice putem reface experiențele din 1733 ale fizicianului francez Dufay.

Pentru aceasta, frecați bagheta de sticlă cu o bucată de mătase și apropiați-o de bobita unuia din pendule. Bobita este atrasă de baghetă, o atinge și apoi este respinsă (fig. 5.11).

Apropiați acum această bobită (fără să o atingeți) de bobita celuilalt pendul. Veți observa că se atrag

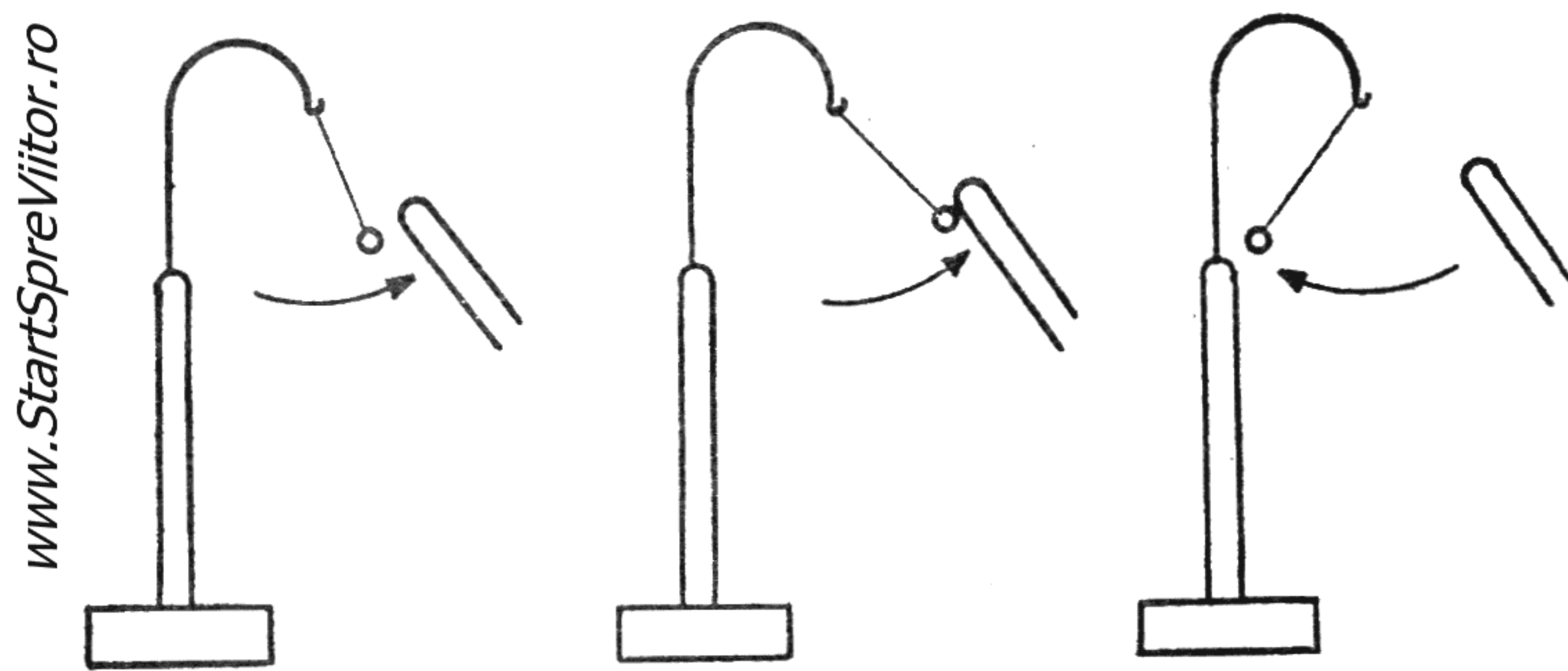


Fig. 5.11. Electrizarea pendulului electric

și, dacă sînt destul de apropiate, după ce se atrag, se resping.

Iată, deci, că bobita primului pendul se comportă exact ca bagheta de sticlă — atrage bobita pendulului al doilea și, după ce o atinge, o respinge. Înseamnă că numai prin atingerea cu bagheta, bobita s-a electrizat. După electrizare, ea este respinsă de baghetă. Deci corpurile se pot electriza și prin contact, nu numai prin frecare și corpurile electrizate se resping.

Să verificăm printr-o nouă experiență dacă această ultimă concluzie este corectă. Descărcați cele două pendule atingînd, ușor, bobitele cu o bucată de sîrmă ținută în mîină. Electrizați din nou bobita primului pendul folosind bagheta de ebonită și frecați-o cu o bucată de postav. Atingeți bobita celui de al doilea pendul cu bagheta de ebonită.

Dacă apropiați pendulele, veți observa că, deși amîndouă bobitele sînt electrizate, ele se atrag.

Această experiență l-a convins pe Dufay că există două feluri de electricitate: vitroasă (de la cuvîntul francez „vitre” care înseamnă sticlă) sau pozitivă și rășinoasă sau negativă.

Corpurile încărcate cu același fel de electricitate se resping, iar cele încărcate cu electricitate diferită se atrag.

În 1784, Benjamin Franklin a emis părerea că prin electrizare unele corpuri capătă, iar altele pierd unul și același fel de electricitate, adică este vorba de un plus sau de o lipsă de „foc electric”, cum îl numea Franklin.

În concepția fizicii moderne, acest „foc electric” îl constituie electronii, mici particule încărcate cu electricitate negativă, care se rotesc în jurul unor nuclee formate din particule încărcate cu electricitate pozitivă. Un nucleu, împreună cu electronii care se rotesc în jurul său, formează un atom, iar un număr foarte mare de atomi de același fel, sau diferiți, formează corpurile pe care le întîlnim în natură. Din punct de vedere electric, atomii sînt, în condi-

ții normale, neutri, deoarece numărul sarcinilor pozitive din nucleu este egal cu numărul electronilor.

Ați observat deja că, atunci când se freacă o baghetă de sticlă cu o bucată de mătase, ea se încarcă cu electricitate negativă, iar atunci când se freacă o baghetă de ebonită cu o bucată de postav, ea se încarcă cu electricitate pozitivă. Explicația fenomenului de electrizare constă în structura materialului (atomii) din care este făcută bagheta.

Prin frecare se stabilește o suprafață de contact între cele două corpuri și atunci o parte dintre electronii unui corp trec pe celălalt corp. În cazul sticlei, aceasta pierde o parte din electroni, care trec pe mătase. Astfel, sticla se electrizează pozitiv (are lipsă de electroni) și mătasea negativ (are un exces de electroni). În cazul baghetei de ebonită, electronii de pe postav trec pe baghetă, electrizînd-o negativ, în timp ce postavul se electrizează pozitiv.

La atingerea unui corp neutru electric (cazul electrizării prin contact), corpul electrizat negativ îi cedează o parte din electronii în exces, electrizîndu-l negativ. Un corp electrizat pozitiv îi „fură” electronii, electrizîndu-l pozitiv. De aceea, la electrizarea prin contact corpurile se încarcă cu același fel de electricitate ca și corpurile care le electrizează.

În interiorul corpurilor conducătoare atomii sînt așezați foarte aproape unii de alții, astfel că electronii nu se mai rotesc în jurul nucleelor, ci ajung să se miște liber între nuclee. Din această cauză, atunci când un corp conducător se electrizează pozitiv, electronii pierduți sînt imediat înlocuiți de alții furnizați de atomii învecinați, iar atunci când se electrizează negativ, electronii în exces se transmit atomilor vecini și de aici mai departe, pînă ajung la pămînt.

În corpurile izolatoare, atomii învecinați nu pot face schimb de electroni, astfel că electrizarea se păstrează.

În concepția modernă se explică foarte ușor și de ce corpurile electrizate diferit se atrag și cele încărcate cu același fel de electricitate se resping. Corpurile încărcate cu electricitate negativă se atrag și sînt atrase de cele încărcate cu electricitate pozitivă pentru a le ceda electronii în exces, astfel ca ambele să ajungă la echilibru, adică să devină neutre din punct de vedere electric. De asemenea, două corpuri încărcate cu același fel de electricitate caută să se îndepărteze unul de altul (se resping) pentru ca nu cumva, prin contact, să li se mărească dezechilibrul.

La fel ca în cazul magnetilor, fenomenele electrice se manifestă într-un spațiu denumit cîmp electric. Și în cîmpul electric există linii de forță care se consideră că ies din corpurile încărcate pozitiv și intră în cele încărcate negativ. În fig. 5.12 se arată schematic liniile de forță ale cîmpului electric ale unor sfere electrizate pozitiv sau negativ, care se atrag sau se resping.

Ați observat, din experiențele pe care le-ați făcut, că pentru a evidenția atracția sau respingerea cor-

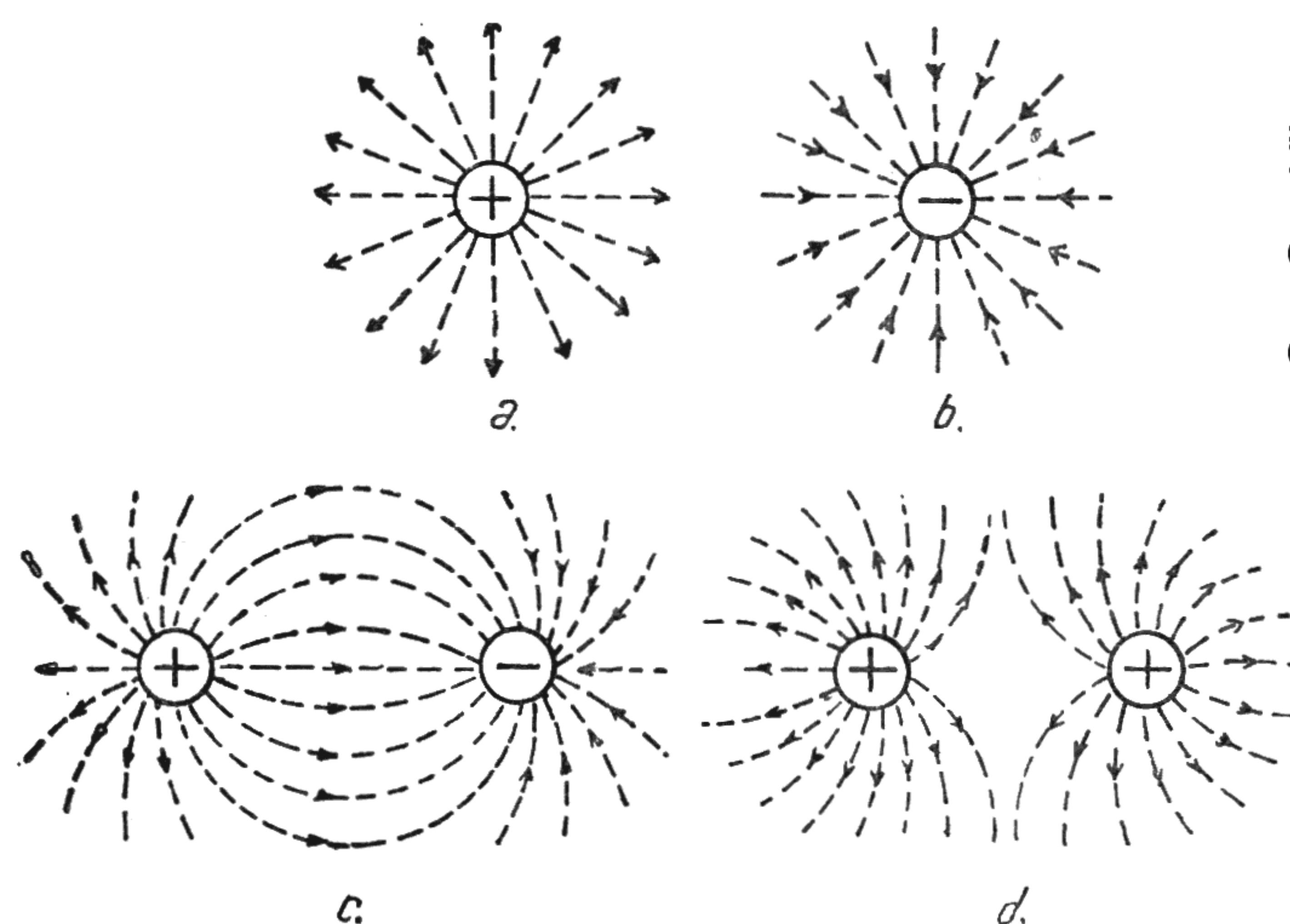


Fig. 5.12. Cîmpurile electrice ale unor corpuri  
a) — sferă electrizată pozitiv ;  
b) — sferă electrizată negativ ;  
c) — 2 sfere încărcate cu sarcini de semne contrare ;  
d) — 2 sfere încărcate cu sarcini pozitive.

purilor electrizate trebuie să le apropiați. Deci, forțele de atracție sau respingere depind de distanța dintre corpurile încărcate cu electricitate. De asemenea, ați observat că bobitele de soc ale pendulelor, după ce se atrag, se resping la o distanță mai mică decât este respinsă bobita primului pendul de baghetă. Aceasta se datorează faptului că prin atingerea bobitei celui de al doilea pendul, sarcina primului pendul s-a înjumătățit, cealaltă jumătate fiind transmisă celui de al doilea pendul. Deci, forțele electrice depind și de sarcinile electrice ale corpurilor electrizate.

Cel care a măsurat, pentru prima oară, forțele de atracție și respingere electrică și a stabilit legea careia i se supun acestea a fost Charles Auguste Coulomb. Pentru măsurătorile sale el a construit o balanță de torsiune (fig. 5.13), foarte precisă pentru vremea sa, pe care a prezentat-o, în 1785, Academiei franceze de științe împreună cu rezultatele experiențelor sale și legea care îi poartă numele.

Dacă doriți să refaceți experiențele lui Coulomb, puteți construi un aparat asemănător balanței lui Coulomb, folosind un tub de plastic cu diametrul de 10—12 mm, o cutie de plastic transparentă cu diametrul de circa 80 mm și înaltă de 30 mm, un fir de mătase, o ramură de soc, un bețișor și o rotiță de plastic de la jocul „Combino“, un dop de plastic cu diametrul de 6 mm și încă câteva materiale mărunte.

Tăiați tubul de plastic cu cuțitul la lungimea de 80 mm și, după ce îi îndreptați capetele cu pila și apoi cu glaspapir, lipiți la unul din capete, cu Stirocol, rotița de la jocul „Combino“, ca în fig. 5.13.

În continuare, dopul de plastic, care trebuie să intre cu frecare în gaura din centrul roții, se taie la o lungime de 10 mm. Faceți apoi, din sîrmă de cupru de 1 mm, două cîrlige cu dimensiunile din fig. 5.13. Încălziți pe aragaz cîrligul și înfigeți-l în dopul de plastic. După răcire, cîrligul rămîne fixat de dop. Faceți apoi în centrul cutiei de plastic, o gaură cu diametrul de 10 mm. Gaura se face cu aju-

torul unui cui sau a unui cilindru metalic ascuțit cu diametrul de 8—9 mm., pe care îl încălziți pînă la roșu vișiniu. După găurire îndreptați marginile găurii cu un cuțit. În jurul găurii, lipiți cu Stirocol un manșon de plastic cu diametrul interior de 12 mm, înalt de 10—12 mm. Introduceți capătul liber al tubului de plastic în manșon și lipiți-l cu Stirocol.

Tăiați acum, dintr-unul din bețișoarele cilindrice ale jocului „Combino“, doi cilindri lungi de 15 mm. Unul dintre aceștia îl ciopliți cu cuțitul astfel ca să aibă, pe lungimea de 8 mm, două fețe plane paralele, la o distanță de 3 mm una de alta. Confectionați, apoi, din sîrmă de cupru de 1 mm un cîrlig și două vergele lungi de 35 mm și respectiv 15 mm, pe care le încălziți și le înfigeți în cei doi cilindri de plastic ca în fig. 5.13. Tăiați din tablă de cutie de conserve o mică săgeată pe care o lipiți cu cositor la capătul scurt al vergelei de 35 mm. În celălalt capăt al vergelei și pe vergeaua de 15 mm, înfigeți cîte o bobită de soc pe care o confectionați ca și pe cele ale pendulelor electrice. Aveți grijă să nu atingeți bobitele cu mîna pentru a nu le umezi.

Confectionați încă o mică săgeată, din carton pe care o veți lipi cu Stirocol în interiorul cutiei de plastic transparent. La 20 mm de centrul cutiei faceți o tăietură lată de 3 mm și lungă de 25, care se poate executa tot cu ajutorul unei vergele metalice de 2 mm înroșită. Pe una din marginile tăieturii, lipiți o fișie de carton, gradată în milimetri, al cărei reper „0“ se fixează în dreptul axului tubului de 12 mm. Săgeata de carton lipită în interiorul cutiei se fixează în dreptul acestui reper pe partea opusă a axei tubului. Pe partea reperului „0“, decupați peretele lateral al cutiei pe toată înălțimea și pe o lungime de 30 mm. Urmează să legați firul de mătase de cîrligul dopului de plastic, să introduceți firul și apoi dopul în gaura roțiței lipite la capătul tubului. Apoi, capătul liber al firului îl legați de cîrligul cilindrului de plastic, prevăzut cu vergeaua

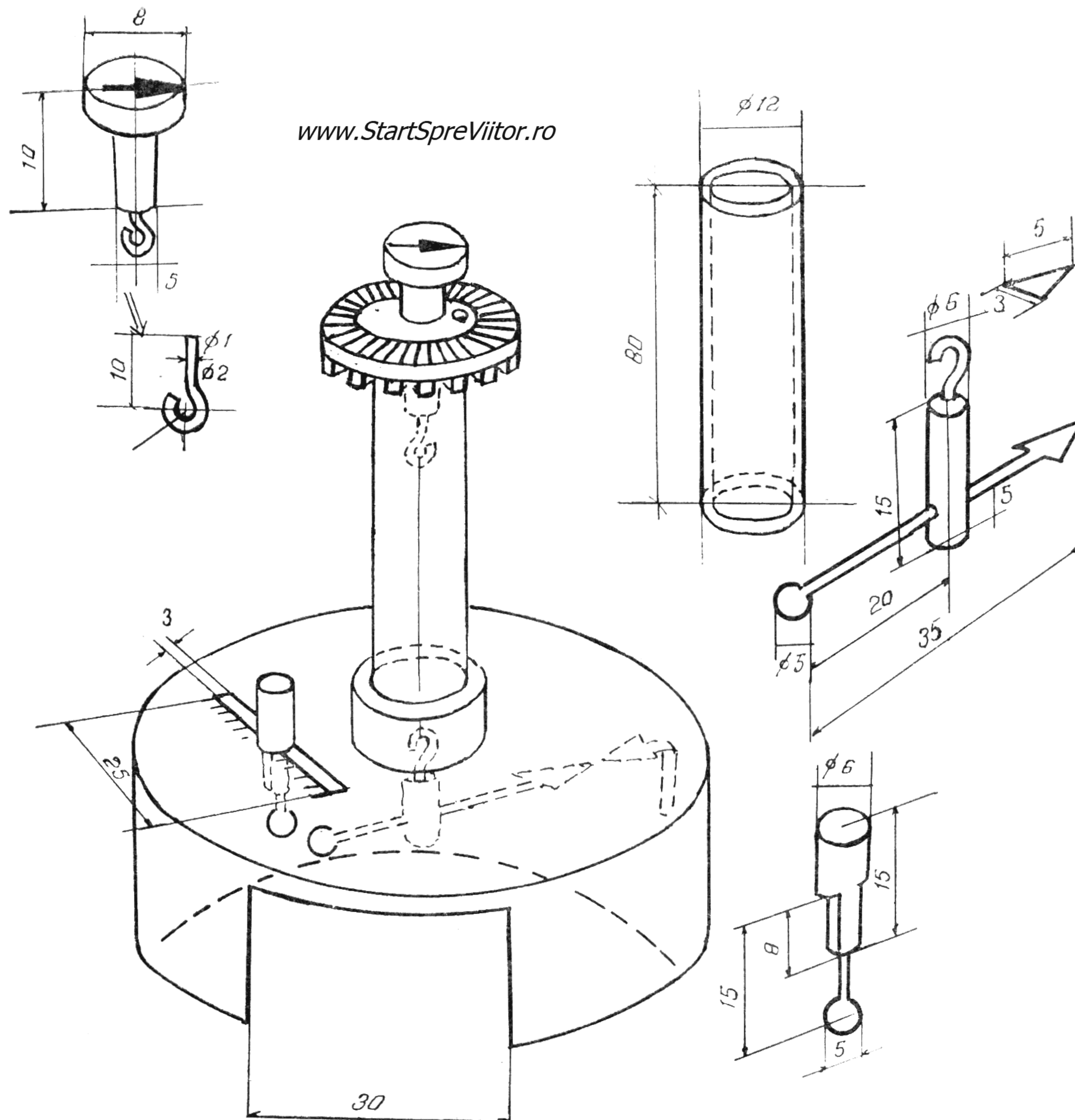


Fig. 5.13. Construcția balanței de torsiune

cu săgeată și bobîța de soc. Vergea suspendată de fir trebuie să rămînă orizontală. Dacă nu este echilibrată, îngreuiati partea care se ridică cu unul sau mai multe inele de sîrmă de cupru, pe care le deplasați de la centru spre vîrfurile vergelei, pînă ce acesta se echilibrează. Lungimea firului o alegeți astfel ca

bobîța de soc să rămînă în echilibru la 15 mm de partea de sus a cutiei.

Lipiți o rondelă de carton pe capul dopului, pe care veți desena o săgeată. Pe rotița de la „Combinó” lipiți un inel de carton pe care însemnați grade unghiulare. Pentru a stabili reperul „0” al scării

unghiulare de pe rotiță, așezați aparatul în poziție verticală și rotiți dopul pînă ce săgețile de pe vergeaua cu bobîța de soc și cea de pe dop coincid. Reperul „0” al scării unghiulare trebuie să se afle în dreptul săgeții de pe dop.

Și acum puteți repeta experiențele lui Coulomb. Introduceți cel de al doilea cilindru cu bobîța de soc în tăietura din cutia transparentă, în dreptul diviziunii 6, astfel ca cele două bobîțe să se afle la o distanță de 1—2 mm fără să se atingă. Distanța dintre centrele lor este însă de 6 mm. Frecați baghetele de sticlă cu o bucată de mătase și atingeți cele două bobîțe, introducînd bagheta prin decuparea din cutie. Bobîța suspendată de firul de mătase se va depărta de cea fixată în tăietură. Rotiți dopul de plastic astfel ca săgeata de pe vergeaua de cupru să revină în dreptul săgeții lipite în interiorul cutiei. Notați diviziunea unghiulară în dreptul căreia se oprește săgeata de pe dop. Mutați acum bobîța fixată în tăietură, în dreptul diviziunii „12”. Veți observa că bobîța suspendată se mișcă din nou, dar în sens contrar. Rotiți din nou dopul pînă cele două săgeți din cutie coincid și notați noua diviziune. O să constatați că diviziunea este de patru ori mai mică decît la prima experiență. Aceasta înseamnă că forța de respingere dintre două sarcini electrice este invers proporțională cu pătratul distanței dintre centrele sarcinilor.

Frecați din nou bagheta de sticlă și electrizați încă o dată cele două bobîțe (fără să le fi descărcat înainte). Veți observa că bobîța suspendată este iarăși respinsă și pentru a face să coincidă săgețile din cutie trebuie, din nou, să rotiți dopul. Devierea este de patru ori mai mare ca în cazul precedent. Ce s-a întîmplat ?

Electrizînd a doua oară bobîțele, sarcina lor electrică s-a dublat. Forța de respingere crescînd de patru ori, înseamnă că este proporțională cu produsul sarcinilor electrice. Ați ajuns astfel să verificați le-

gea lui Coulomb care spune că „forța care acționează asupra a două sarcini electrice este direct proporțională cu produsul celor două sarcini și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele”.

Vă amintiți că atunci cînd am vorbit despre Franklin, am arătat că acesta a fost primul care a demonstrat că electricitatea se poate transforma în lucru mecanic. Morișca electrică inventată de el nu are putere suficientă pentru a fi folosită ca un adevărat motor electric, dar este totuși un motor electric, care demonstrează că electricitatea este o formă de energie.

Pentru a pune în mișcare morișca electrică, vă trebuie, însă, o cantitate de electricitate mai mare, produsă în mod continuu și pentru aceasta va trebui să construiți o mașină electrică mai perfecționată decît cea a lui Guericke.

Mașina concepută în 1756 de Sigaud de Lafond este ușor de construit și de voi. Ea este formată dintr-un disc (1) pe care Sigaud de Lafond l-a făcut din cristal, dar pe care vă recomandăm să-l confecționați dintr-o placă veche de patefon, care este făcută din ebonită (fig. 5.14). Discul se rotește cu ajutorul unei manivele (2) pe un ax (3), susținut de doi suportți (4) din lemn. În timpul rotirii, discul se freacă de două pernițe de blană (5) și se încarcă cu electricitate negativă. Sarcinile negative de pe disc resping din vîrfurile pieptenului (6) pe care discul nu-l atinge electronii, electrizîndu-le pozitiv. Electronii respinși de pe pieptenele (6) se acumulează în bila (7) care astfel se electrizează negativ. Acest mod de electrizare, fără contact direct, se numește „electrizare” prin influență.

La rîndul lor, pernițele de blană se electrizează, prin frecare, pozitiv, și atrag electronii din bila (8) care, astfel, se electrizează tot pozitiv. Cele două bile (7) și (8) formează, în acest fel, cei doi poli ai mașinii ; bila (7) polul negativ și bila (8) polul po-

zitiv. Pieptenele, împreună cu bila sa, ca și pernițele de blană cu bila lor sînt susținute de suportii izolanți (9) și (10), iar întreaga construcție se montează pe postamentul (11).

Postamentul se confecționează dintr-o scîndură de brad care se decupează conform fig. 5.14, prevăzînd două tăieturi dreptunghiulare pentru suportii discului și două găuri pentru suportii pieptenului și pernițelor.

Cei doi suportii ai discului se decupează din placaj de 5 mm la dimensiunile din figură. Nu vă grăbiți să-i fixați pe postamentul mașinii.

Discul îl confecționați dintr-o placă de patefon cu diametrul de 250 mm pe care o șlefuiți bine pe ambele părți cu glaspapir fin, pînă ce șanțurile de pe ea dispar. Placa nu trebuie să aibă nici o zgîrietură, pentru că prin aceasta se pot pierde o parte din sarcinile electrice produse. După șlefuire, acoperiți suprafața plăcii cu o soluție de șerlac.

Dacă nu puteți procura o placă de patefon, puteți folosi un disc de sticlă, de stiplex sau de carton acoperit cu sulf, la fel cum ați procedat la confecționarea mașinii lui Guericke.

Pentru a fixa discul pe axul mașinii, tăiați din tablă de cutie de conserve două șaibe cu diametrul interior egal sau puțin mai mare decît diametrul axului. Faceți în fiecare șaibă cîte două găuri de 3 mm, cu centrele pe un același diametru. De asemenea, și în disc veți face găuri corespunzătoare găurilor din șaibe. Așezați șaibe pe cele două fețe ale discului astfel ca găurile să corespundă și nituiți șaibe pe disc, folosind drept nituri două bucățele de sîrmă de cupru de 2—3 mm. (Atenție, să nu spargeți discul la nituire !).

Axul cu manivela îl confecționați dintr-o bucată de sîrmă de 6—8 mm pe care o îndoiiți ca în fig. 5.14. Pe ax însemnați cu un ac distanța de 80 mm de la capătul acestuia. După ce tăiați din tablă de 1 mm două șaibe care pot intra pe ax, puteți începe asamblarea mașinii. Introduceți pe ax o șaibă, un suport

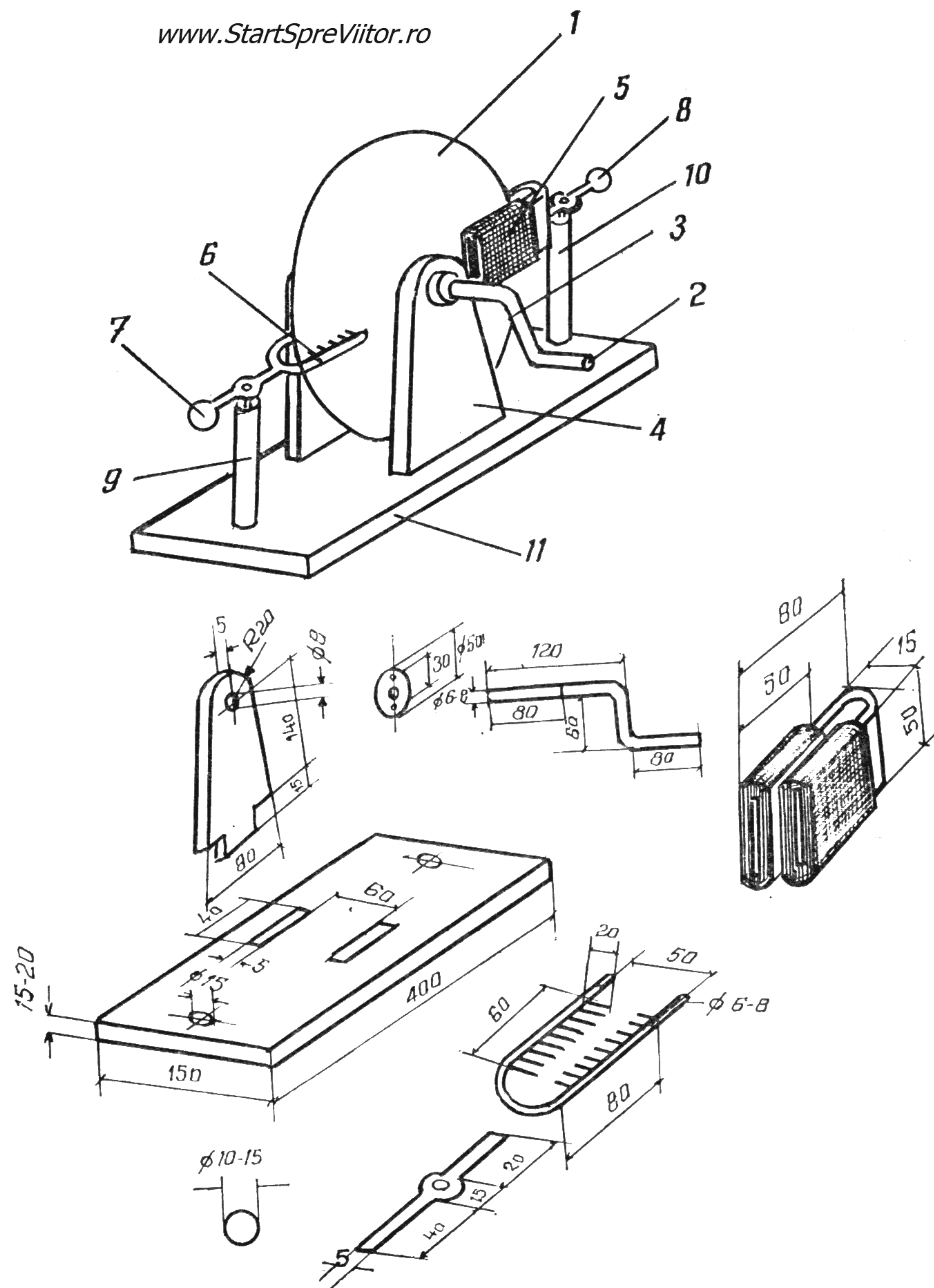


Fig. 5.14. Mașina electrostatică

și discul. La reperul aflat la 80 mm de capătul axului lipiți cu cositor, de ax, șaiba nituită pe disc. Lipiți apoi și cealaltă șaibă nituită pe disc, introduceți al doilea suport, puneți a doua șaibă și lipiți cu Aracetin suporturile în găurile din postament.

Pentru a construi pieptenul, folosiți o bucată de sîrmă groasă de 6—8 mm și lungă de 190 mm pe care o îndoiiți ca în figură și pe care lipiți 14 bucăți de sîrmă subțire, lungi de 20 mm și ascuțite la un capăt. De piepten se lipește cu cositor o piesă de legătură, tăiată din tablă de alamă de 1 mm, căreia i se lipește la celălalt capăt o bilă de rulment de 10—15 mm. Suportul pieptenului este un tub de sticlă cu diametrul de 15 mm, lung de 150 mm, astupat la un capăt cu un dop de lemn, în care se fixează, cu un cuișor, piesa de legătură. Cel de al doilea capăt al suportului pieptenului se introduce în gaura prevăzută în postament și se fixează cu ceară roșie.

Pernițele de blană sînt două bucățele de blană de iepure sau de pisică care se lipesc cu prenadez de o piesă din tablă de alamă în formă de „V”, confecționată ca în fig. 5.14. De piesa în formă de „V” se lipește cu cositor o piesă de legătură prevăzută cu bilă, identică cu cea a pieptenului. După ce prenadezul s-a uscat și ați fixat și pernițele pe suportul lor, deplasați axial discul, astfel ca să se afle la mijlocul pieptenului și, în același timp, să frece ambele pernițe. După ce ați aflat această poziție, lipiți cu cositor șaibele de 1 mm de axul discului astfel ca discul să aibă un joc axial cît mai mic.

Cu aceasta, mașina electrostatică este pregătită și puteți trece la construcția „moriștii electrice”.

Aceasta se compune din morișca propriu-zisă (1), lagărul moriștii (2), suportul metalic (3) și postamentul (4) (fig. 5.15).

Morișca se confecționează dintr-o bucată de tablă de alamă de 0,3 mm, respectînd dimensiunile din fig. 5.16. În centrul ei se lipește cu cositor o capsă de croitorie, care va servi drept lagăr. Înainte de asamblare, faceți în interiorul capsei o mică adîncitură cu

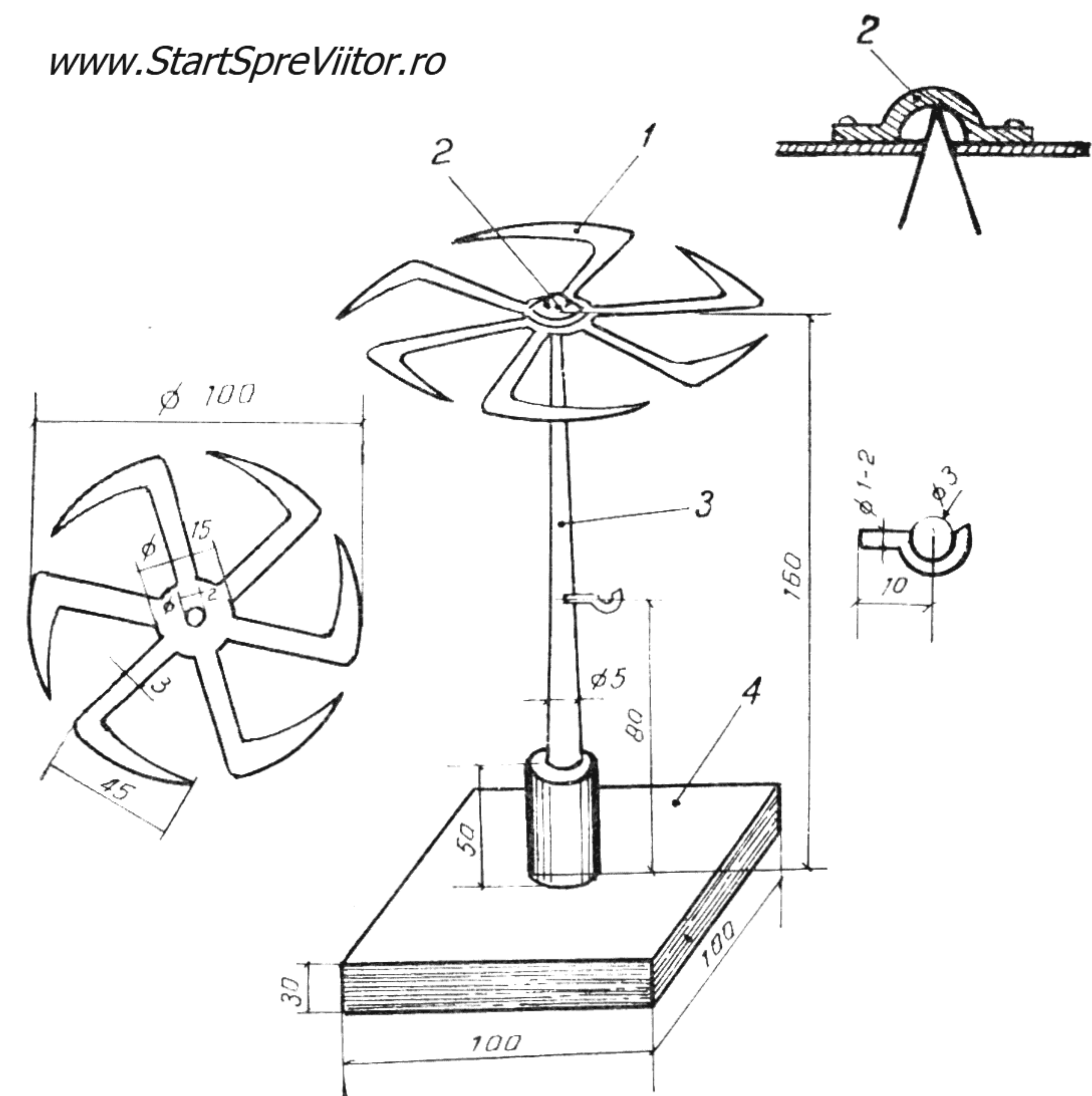


Fig. 5.15. Morișca electrică

un cui, în care se va sprijini axul. Capsa trebuie astfel lipită, ca morișca să stea pe ax perfect orizontală.

Axul se confecționează dintr-o sîrmă de 5 mm și lungă de 150 mm care se ascute la un capăt. Celălalt capăt se fixează, prin încălzire, într-un manșon de plastic cu diametrul de 10—12 mm, sau cu ceară roșie, într-un tubuleț de sticlă. Acesta se fixează apoi într-un postament de lemn gros de 30 mm cu dimensiunile de 100x100 mm. La o înălțime de 80 mm de postament, pe ax se lipește cu cositor un mic cîrlig confecționat din sîrmă de cupru de 1—2 mm.

Pentru a pune în mișcare morișca, legați cu ajutorul unei sîrme unul din polii mașinii electrostatice de cîrligul moriștii. Celălalt pol al mașinii îl legați la pămînt. Învîrtind manivela mașinii, constatați că

morișca începe să se învîrtă. Fenomenul se explică astfel : sarcinile electrice acumulate în vîrfurile celor șase brațe ale moriștii se scurg în straturile de aer din fața lor, constituind o sarcină de același semn cu cea a vîrfurilor. Între aceste două sarcini (cea desprinsă de pe vîrfuri și cea rămasă pe acesta) ia naștere o forță coulombiană de respingere care pune morișca în mișcare. Desigur, rotația se face în sens contrar sensului spre care sînt îndreptate vîrfurile brațelor moriștii.

Toate experiențele de electricitate pe care le-ați făcut pînă acum au folosit corpuri încărcate cu sarcini electrice, corpuri pe care sarcinile „stau“ și de aceea acestea fac parte din capitolul de fizică denumit „electrostatică“. Ele v-au permis să înțelegeți natura electricității și să vă explicați cîteva fenomene electrice.

Fenomenele electrice a căror aplicare au schimbat radical modul de viață al oamenilor au fost, însă, cele legate de efectele electricității de mișcare, cuprinse în capitolul de „electrodinamică“.

Cum s-a întîmplat deseori în fizică, descoperirea acestor efecte nu s-a făcut pe o cale directă ca, de pildă, prin deplasarea unei sarcini, urmărindu-se ce se întîmplă, deoarece sarcinile obținute prin frecare sînt mult prea mici pentru a produce un efect care să poată fi observat.

Descoperirea a fost făcută în 1786 de Galvani, care a observat că, în timp ce tăia un picior de broască, acesta avea tresăriri. Refăcînd de mai multe ori experiența, a observat că contracția apărerea numai atunci cînd atingea cu mîna lama sau niturile de metal ale bisturiului cu care lucra. Atunci cînd bisturiul era ținut numai de mînerul de os, contracția piciorului nu apărea. A atribuit la început aceste fenomene electricității atmosferice și a atîrnat, cu niște cîrlige de alamă, picioarele de broască afară, pe un grilaj de fier. Obosit de așteptare, el a apăsat pe cîrligul de alamă de care era atîrnat piciorul și uneori a observat o contractare, dar care nu

părea să aibă un caracter regulat. De aici Galvani a tras concluzia eronată că fenomenul se datorează unei „electricități animale“. [www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

Experiențele lui Galvani, au stîrnit un mare interes, fiind reproduse de mulți fizicieni ai vremii.

Cel care a dat explicația corectă fenomenului observat de Galvani a fost Volta. El și-a dat seama că contracțiile apăreau datorită contactului a două metale diferite prin intermediul unui material cu conductibilitate slabă, cum era lichidul din piciorul broaștei. Această combinație ( un metal — material cu conductibilitate slabă — alt metal) are proprietatea că generează sarcini electrice de sensuri contrare pe cele două piese metalice. Cînd cele două piese metalice sînt puse în contact prin intermediul unui conductor, sarcinile electrice se scurg de la electrodul negativ spre cel pozitiv generînd un *curent electric*. Curentul electric era cel care producea contracția piciorului de broască.

Pe baza acestei constatări, Volta a construit *pila electrică*, primul generator de curent electric, punînd în contact două discuri, unul de zinc și altul de cupru, umezite cu puțină apă acidulată. Urmărind să mărească cantitatea de electricitate pe care puteau să o dea cele două discuri, Volta așează discurile sub formă de fișic și anume, un disc de zinc, unul de cupru, iar unul de zinc, etc., despărțite de discuri de postav îmbibate într-o soluție slabă de acid sulfuric.

Cu 30 de asemenea perechi de discuri, care formau prima baterie de pile electrice, Volta a obținut șocuri electrice clar perceptibile și suficientă electricitate care, trecînd printr-o sîrmă, s-o încălzească pînă la topire. A devenit necesar un termen pentru a desemna „forța“ electrică pe care o produceau pilele și bateriile electrice. Ea putea fi comparată cu presiunea produsă de diferența de nivel în cazul apei și, pentru că se spune că un nivel mai înalt al apei are un potențial mai mare, s-a dat „forței“ electrice denumirea de *diferență de potențial electric* ; sau, pen-



tru că determină curgerea unui curent electric, i se spune tensiune electromotoare. În cinstea lui Volta unitatea de măsură a acestei forțe poartă denumirea de *volt*. Astăzi nu se mai folosesc pile de felul celor construite de Volta, deoarece nu sînt practice, dar pornind de la ele, s-au construit elementele și bateriile „zinc-cupru”, folosite, uneori, și astăzi. Un element de felul acesta este construit din doi electrozi: unul de zinc și altul de cupru, introduși într-o soluție diluată de acid sulfuric (fig. 5.16).

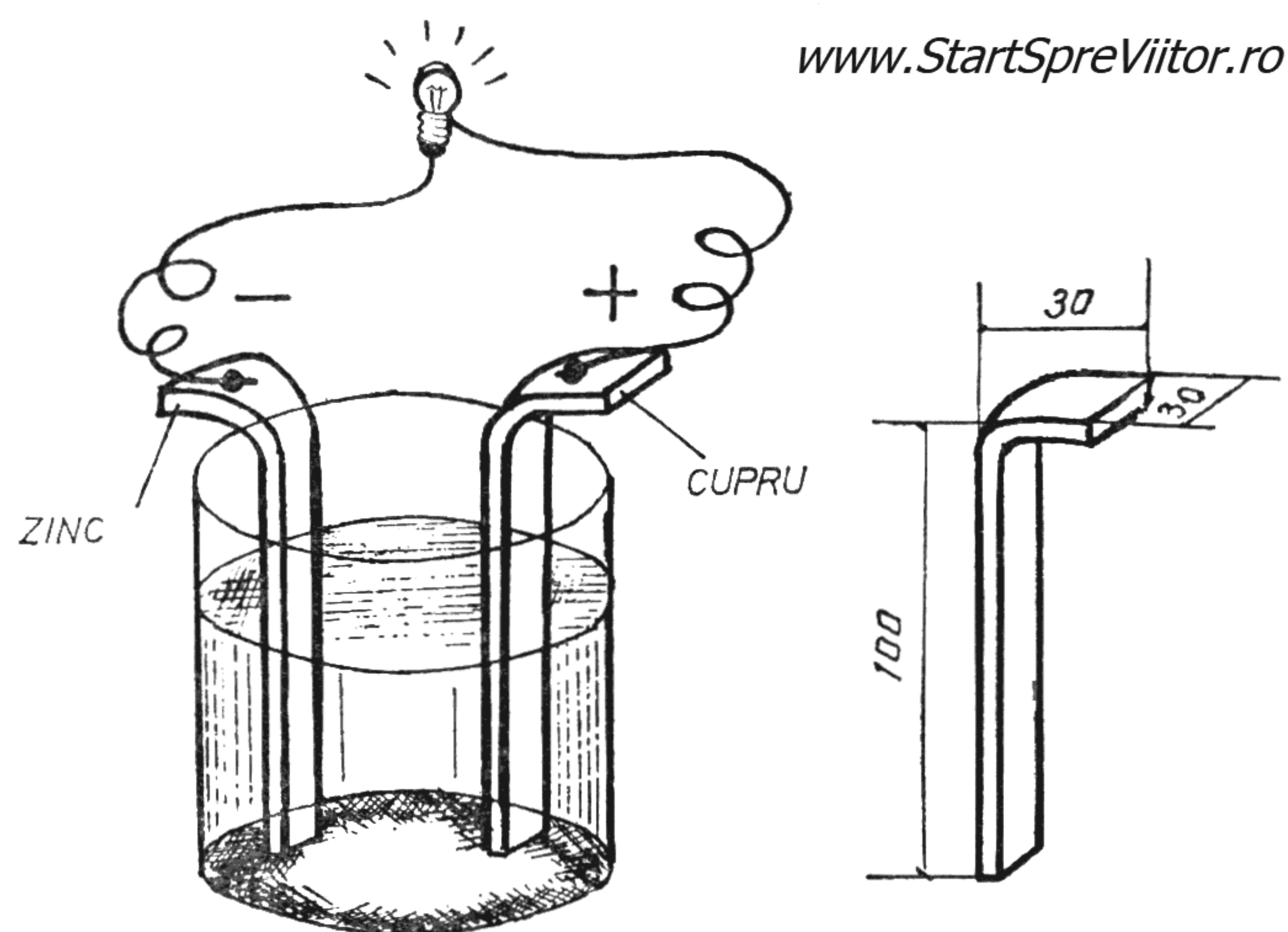


Fig. 5.16. Element „zinc-cupru”

Pentru a-l realiza, aveți nevoie de tablă de cupru și de zinc groasă de 1—3 mm, de un pahar și de puțin acid sulfuric. Tăiați din tablă de zinc și din cea de cupru două fișii lungi de 130 mm și late de 30 mm, îndoiți-le în formă de „L” și de capetele scurte lipiți câte o bucată de sîrmă izolată. În pahar preparați o soluție diluată de acid sulfuric, amestecînd o parte acid cu zece părți apă. (*Atenție! Turnați, puțin cîte puțin acidul în apă, nu apa în acid!*). Introduceți în pahar fișiile de tablă, astfel ca să nu se atingă, și pila este gata. Extremitățile fișiilor metalice de care sînt fixate capetele firelor conducătoare

se numesc polii elementului. Polul pozitiv, indicat prin semnul „+” este fișia de cupru, iar polul negativ, indicat prin semnul „—” este fișia de zinc. Fișiile metalice formează electrozii elementului, iar lichidul în care sînt cufundați este *electrolitul* elementului.

Pentru a vă convinge că pila construită produce, într-adevăr, curent electric, legați de cei doi conductori un bec de lanternă, ca în fig. 5.16, care va lumina slab și după cîteva minute se va stinge. Observați că, în timp ce arde becul, în jurul fișiei de zinc se produce o fierbere — zincul este atacat și se degajă hidrogen care se depune pe fișia de cupru. Cînd fișia de cupru este complet acoperită de gaz, becul se stinge, elementul fiind *polarizat*. Puteți scoate fișia de cupru și s-o curățați, pila va funcționa din nou pînă se va dizolva complet fișia de zinc.

Becul luminează slab pentru că tensiunea electromotoare a elementului este mică, de numai un volt, și se stinge repede, pentru că circuitul produs de pilă, pînă cînd aceasta se polarizează, este limitat.

Legînd între ele mai multe elemente, se obține o baterie. Aceasta poate să dea fie o tensiune, fie un curent mai mare decît un singur element după felul cum se leagă pilele între ele. (fig. 5.17).

Dacă se leagă elementele în serie, adică polul negativ al uneia cu polul pozitiv al alteia și așa mai departe, tensiunea crește. Dacă, de pildă, se leagă în serie 4 elemente, fiecare furnizînd un volt, se obține la capetele bateriei tensiunea de 4 V și becul de lanternă va lumina intens (fig. 5.17a).

Dacă se leagă elementele în paralel, toți polii „+” la un conductor și toți polii „—” la alt conductor (fig. 5.17a), tensiunea bateriei este tot de un volt, cît a unui singur element, dar curentul furnizat este de atîtea ori mai mare, cîte elemente s-au legat în baterie. Becul de lanternă va arde tot slab, dar un timp mult mai lung.

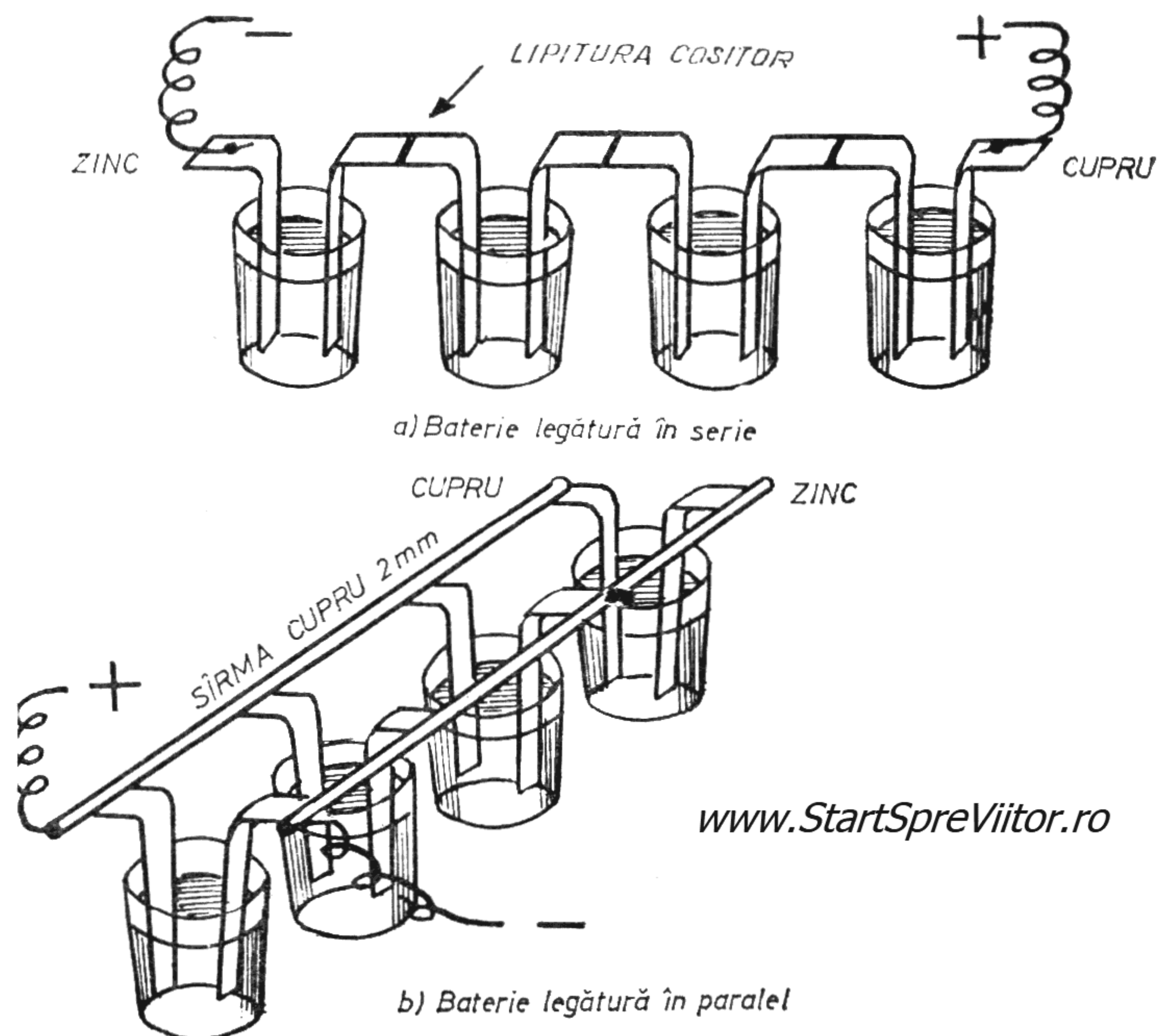


Fig. 5.17. Baterii de elemente „zinc-cupru“

- a) — Legarea în serie ;  
b) — Legarea în paralel

Elementul „zinc-cupru“ este cea mai veche sursă de curent, dar mai sînt multe alte elemente, cum este, de exemplu, elementul bateriei de lanternă. Toate acestea poartă denumirea de elemente galvanice în cinstea lui Galvani, primul care a observat efectul curentului electric.

Să vedem, însă, ce este curentul electric ?

Se știe, deja, că atunci cînd se leagă cu un conductor două corpuri electrizate, unul pozitiv și altul negativ, electronii se deplasează spre corpul încărcat pozitiv, pentru a completa lipsa de electroni. La rîndul lor, electronii de pe corpul încărcat negativ înlocuiesc continuu electronii din conductor, care completează lipsa electronilor de pe corpul încărcat pozitiv. Cînd se produce acest fenomen, se spune că prin conductor circulă un curent de sarcini electrice, sau, pe scurt, un curent electric. Astfel, avem

curent electric cît timp există o diferență de sarcini electrice, adică de potențial electric. Pentru ca un curent electric să circule continuu, trebuie menținută diferența de potențial, adică să se găsească mijlocul cu ajutorul căruia să se ia de pe un corp electroni care să fie transportați pe un alt corp. În elementele galvanice, acest lucru se petrece pe seama energiei chimice, care deplasează electroni de pe electrodul de cupru pe cel de zinc, creînd o diferență de potențial sau tensiune electromotoare (fig. 5.18).

Dacă la polii elementului se leagă un bec de lanternă, se spune că circuitul este închis, pentru că acum electronii deplasați de energia chimică de pe electrodul de cupru, pe cel de zinc, trecînd prin conductori și prin bec se întorc pe electrodul de cupru, închizînd circuitul. Deci, pentru ca să existe un curent, trebuie să existe o forță electromotoare și, în afară de aceasta, un circuit închis.

Circuitul format din conductori și diferite aparate electrice (în cazul nostru becul de lanternă) se numește circuit exterior. Prin acesta, curentul circulă de la polul negativ la cel pozitiv al bateriei, în sens real (fig. 5.18a). În tehnică, se consideră, însă, că sensul curentului într-un circuit este de la polul pozitiv spre cel negativ, deși aceasta nu corespunde realității fizice. Acest sens convențional a fost stabilit cu aproape un secol înainte de descoperirea electronului și se mai menține și astăzi în tehnică, căci toate legile și regulile legate de sensul curentului, deduse în urmă cu zeci de ani, se referă la sensul convențional, de la „+“ la „—“, adoptat inițial.

Pila și bateria inventate de Volta au fost primite cu mult entuziasm. Mulți oameni de știință le-au copiat și au făcut experiențe, dacă nu concludente, cel puțin foarte distractive. În acea vreme se punea, însă, întrebarea dacă curentul electric poate avea vreo aplicație practică. Răspunsul la această între-

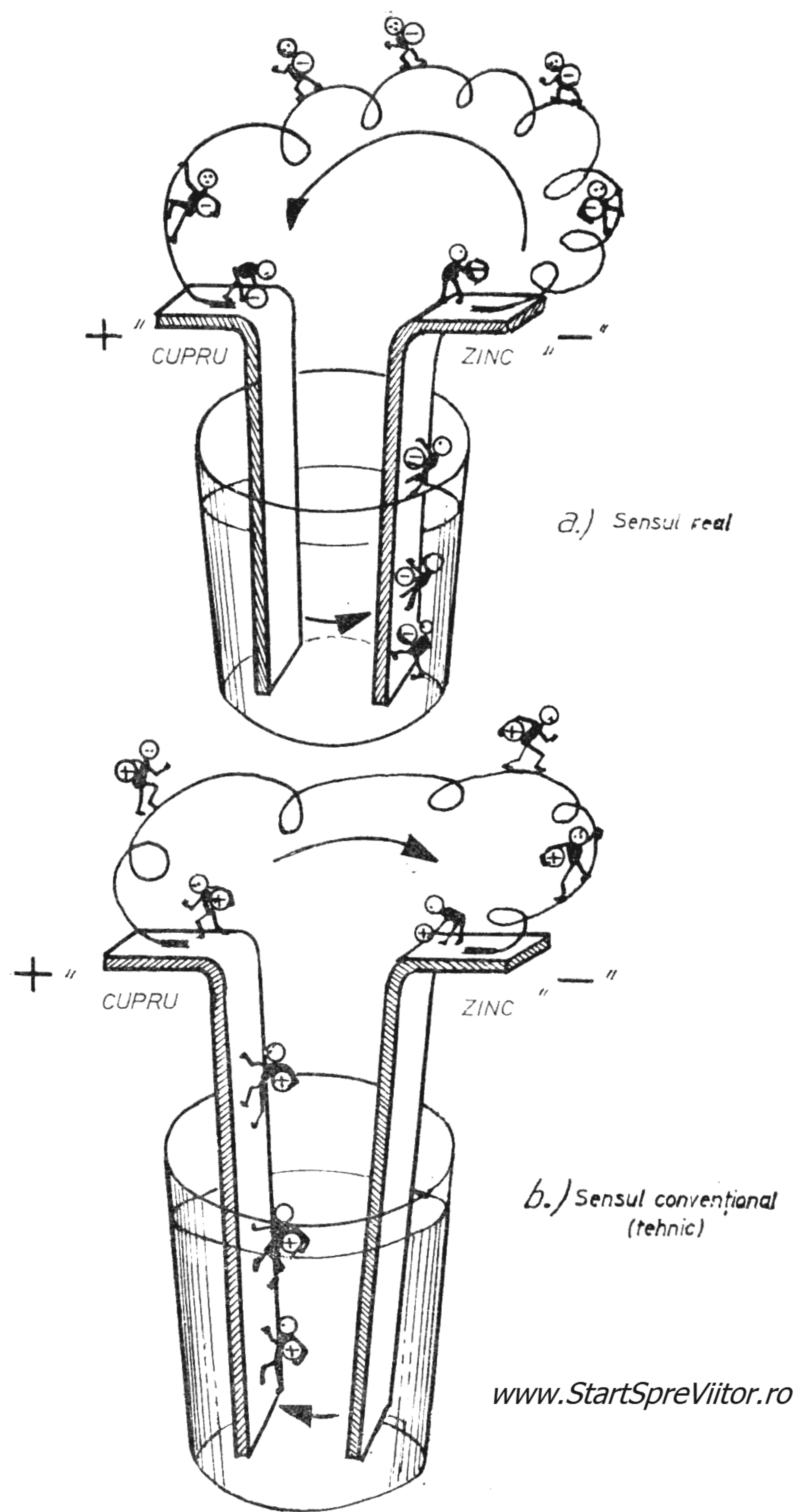


Fig. 5.18. Curentul electric  
 a) — Sensul real  
 b) — Sensul convențional

bare a fost dat în 1800, prin descoperirea electrolizei de Nicholson și Carlisle. Acesta din urmă construisese o pilă electrică formată din 17 piese de zinc separate cu discuri de carton îmbibate cu apă sărată. Cu această pilă au verificat faptul că pila nu-și poate închide circuitul prin unele materiale, cum ar fi sticla, și că pentru aceasta sînt necesari conductorii metalici. Pentru a fi siguri de conexiunea făcută cu sticla, au pus o picătură de apă pe placa de sticlă atinsă de conductor și au observat formarea unor mici bule de gaz, în care li s-a părut că au „mirosit hidrogenul“. În consecință au trecut la o verificare riguroasă.

Această verificare vă propunem să o faceți și voi, construind un *voltmetru*, aparat cu ajutorul căruia se poate descompune, prin electroliză, apa în componentele sale, hidrogen și oxigen.

Pentru a realiza voltmetrul (fig. 5.19), vă sînt necesare cîteva plăci de plastic (polistiren) groase de 2 mm, două baterii plate de lanternă, una bună și alta uzată, două eprubete, două șuruburi cu patru piulițe și o bucată de sîrmă de cupru de 40—50 cm, izolată.

Pentru început veți confecționa cei doi electrozi ai voltmetrului. La aparatele clasice, aceștia sînt de platină, pentru a putea să reziste la coroziune în prezența unui potențial electric. Deoarece în afară de platină și alte cîteva metale rare, toate celelalte metale se corodează rapid, veți confecționa electrozi din bastonașele de cărbune de retortă pe care îi găsiți în centrul celor trei elemente ai bateriei uzate de lanternă. Scoateți cele trei bastonașe și spălați-le bine cu apă caldă și rece pînă îndepărtați urmele de murdărie, apoi uscați-le cu o cîrpă. Unul dintre bastonașe păstrați-l de rezervă, deoarece după o utilizare intensă, electrozii se polarizează și trebuie înlocuiți.

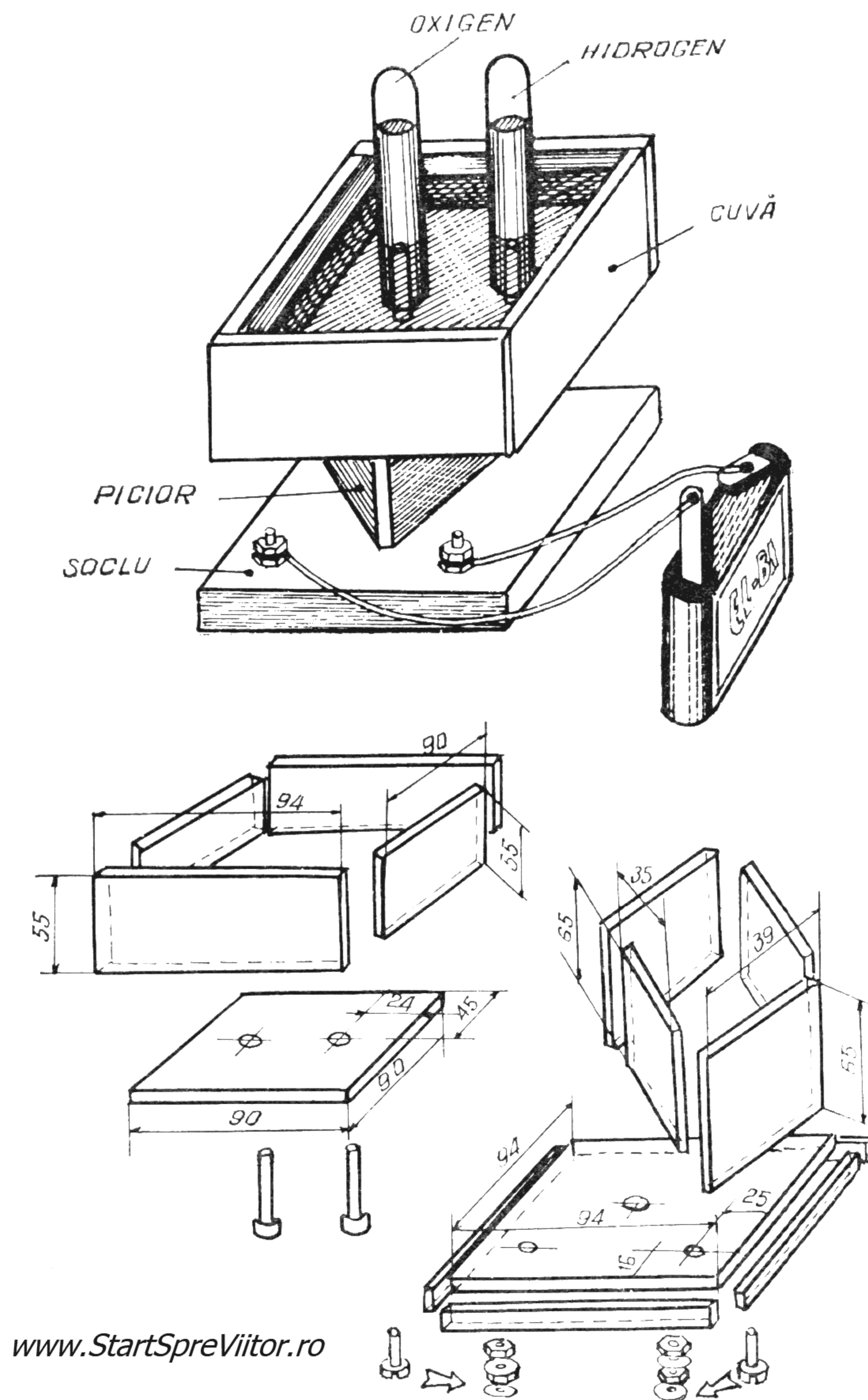


Fig. 5.19. Voltmetrul

Voltmetrul propriu-zis se compune dintr-o cuvă, un picior și un soclu. Cele 14 piese componente ale acestora se decupează din polistiren, la cotele indicate în figură. Găurile din placa de fund a cuvei

trebuie să le executați cu grijă, astfel ca electrozii să intre în ele cu frecare ușoară. Gaura din centrul capacului soclului se face suficient de mare pentru a trece firele de alimentare cu curent electric ale electrozilor de cărbune, iar celelalte două găuri se fac puțin mai mari decât diametrul șuruburilor din care se confecționează bornele (M3 și M4).

O atenție deosebită e necesar să acordați lipirii cuvei, care trebuie să fie perfect etanșă. Lipirea pieselor componente ale cuvei se face cu Stirocol. Pentru a asigura strângerea pieselor în timpul cât se usucă soluția de lipit, asigurați lipiturile, în interior, cu bandă de hîrtie gumată. După o oră, când Stirocolul s-a uscat, scoateți banda de hîrtie gumată și aplicați, din nou, peste toate lipiturile, interioare și exterioare, un cordon de Stirocol. Urmează fixarea electrozilor, care se face în găurile prevăzute în placa de fund a cuvei. Introduceți bastonașele de cărbune astfel ca să iasă la 2—3 cm deasupra plăcii și aplicați în jurul lor, în interiorul și exteriorul cuvei, câte un cordon de Stirocol. După uscare, în aceleași locuri, aplicați al doilea cordon.

Cuva trebuie probată. Pentru aceasta o umpleți cu apă pînă la marginile superioare, căutați punctele în care apar picături și le însemnați. Goliți și uscați cuva și aplicați din nou soluție de lipit în punctele prin care a trecut apa. Probați din nou cuva și etanșați-o din nou, dacă mai apar picături. Repetați operația pînă când cuva devine perfect etanșă.

Piciorul și soclu se execută prin lipire cu Stirocol a părților componente. După ce le-ați asamblat, introduceți șuruburile, care vor forma bornele, în locul lor și prindeți-le pe fiecare cu câte o piuliță, pe care n-o strîngeți încă. Dezizolați, pe o lungime de 3 cm, capetele a două fire izolate de cupru lungi de 15 cm. Legați, în interiorul soclului, de fiecare cap de șurub un capăt de fir de cupru și strîngeți piuli-

țele. Celelalte capete ale firelor le treceți prin gaura din centrul soclului, le trageți prin picior și le lipiți cu cositor pe capetele întărite cu căpăcele de alamă ale electrozilor.

În final, cuva se montează pe picior, lipind-o cu Stirocol în numai patru puncte, pentru ca să o puteți demonta când va trebui să schimbați electrozii. Înșurubați, fără să le strângeți, și celelalte două piulițe pe șuruburile montate pe soclu și prindeți pe fiecare șurub, între piulițe, câte un fir de cupru izolat (cu capetele dezizolate) cu care veți face legătura la bateria plată de lanternă.

Și acum, puteți începe experiența !

Umpleți cu apă cuva pînă la un nivel de 4—5 cm. Deoarece apa nu este propriu-zis un electrolit (care are o conductibilitate slabă) ci este izolant, pentru a-i mări conductibilitatea, dizolvați în apă un vîrf de cuțit de sare de bucătărie. Umpleți apoi cu apă pînă la marginea superioară, cele două eprubete, astupați-le capetele, întoarceți-le cu gura în jos și introduceți-le în cuvă deasupra electrozilor. Aveți grijă ca prin această operație să nu intre aer în eprubetă. Eprubetele nu trebuie să închidă ermetic, în interiorul lor, electrozii, pentru că în acest fel electrozii vor fi izolați unul de altul. De aceea, le veți pune pe niște rondele de plastic, tăiate în evantai, în jurul electrozilor sau le veți așeza, pur și simplu, înclinat.

Legăți acum cele două fire de lamelele de contact ale bateriei plate. Veți constata că la electrodul pozitiv se degajă oxigen și la cel negativ hidrogen, care se acumulează la capetele eprubetelor. Veți constata că hidrogenul, conform formulei chimice a apei —  $H_2O$  —, ocupă un spațiu, de două ori mai mare decît oxigenul. Pentru a vă convinge că ați obținut oxigen, ridicați cu grijă eprubeta de la polul pozitiv, lăsînd apa să se scurgă și acoperind-o, imediat ce s-a

scurs toată apa. „Vărsînd“ eprubeta peste un chibrit stins cu o clipă înainte, veți vedea că se aprinde din nou.

Pentru a separa hidrogenul este suficient să mențineți eprubeta cu gura în jos, deoarece hidrogenul este mai ușor ca aerul, dar manipulați-l cu atenție și fără nici o sursă de foc în apropiere, deoarece este inflamabil.

Cu voltimetrul construit puteți răspunde și la o întrebare care i-a frămîntat mult pe oamenii de știință de la începutul secolului al XIX-lea. Electrostatica și „galvanismul“, cum era numit în acea vreme curentul electric, sînt înrudite ? Puteți demonstra că au aceeași natură, legînd la bornele voltimetrului, în locul bateriei, mașina electrostatică pe care ați construit-o. Veți observa aceleași fenomene, dar într-un ritm mult mai lent.

Oamenii de știință erau preocupați în acei ani și de legătura care putea exista între curentul electric și magnetism. Descoperirea s-a lăsat așteptată pînă în 1820, cînd profesorul Oersted, în timpul unei prelegeri despre electricitate, mișcînd un fir de cupru legat la bornele unui element galvanic, a observat că acul magnetic al unei busole aflate în apropiere se mișca dezordonat. Fenomenul atrase atenția profesorului care îl cercetă în laborator și constată că, într-adevăr, sîrma de cupru influența acul magnetic. Dar cuprul nu este un material feromagnetic, capabil să influențeze magneții. Numai curentul electric putea influența acul magnetic. Deconectînd bateria, acul a rămas în poziția normală, chiar dacă profesorul apropia firul de cupru. Legînd din nou firul la bornele elementului galvanic, acul a început din nou să se miște ca și cum în apropierea lui se afla un magnet. Această experiență simplă a pus bazele unei noi discipline științifice — *electromagnetismul*.

Pentru a repeta experiența lui Oersted, aveți de confecționat un dispozitiv simplu, format dintr-un conductor și câteva ace magnetice (fig. 5.20).

Faceți într-o bucată de scîndură, groasă de 20 mm, cu suprafața de 400 x 200 mm, două găuri aflate la o distanță de 300 mm una de alta. În găuri trebuie să intre, ușor forțat, două bare de lemn cilindrice, cu diametrul de 20 mm și lungi de 300 mm, pe care le fixați cu Aracetin. În barele de lemn faceți cîte două găuri, ca în fig. 5.20. În gaura de sus fixați o sîrmă de cupru, groasă de 2—3 mm și lungă de 300 mm, asigurînd-o cu două cuișoare.

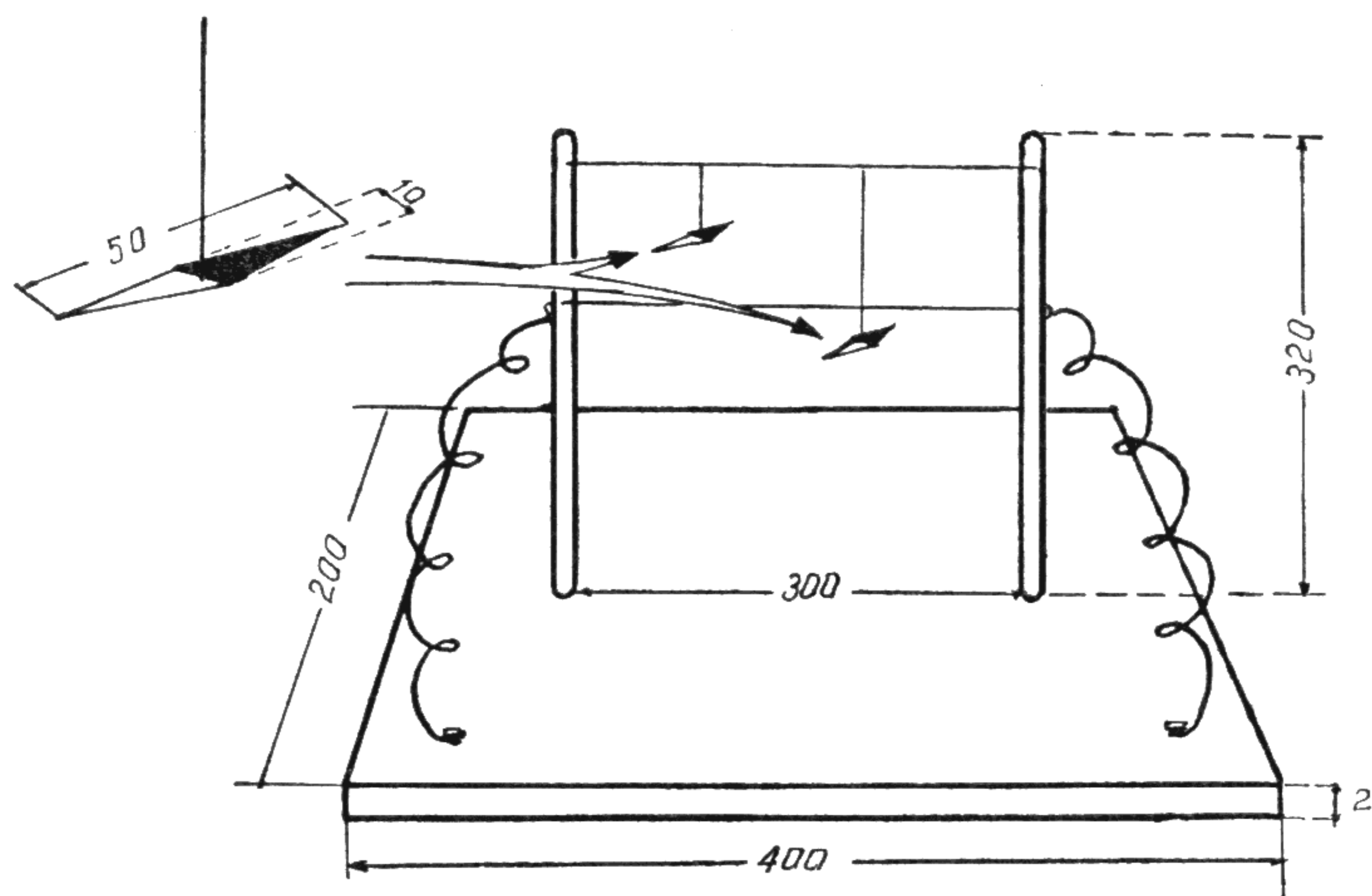


Fig. 5.20. Experiența profesorului Oersted

Tăiați apoi o sîrmă mai lungă, introduceți-o prin găurile de jos, întindeți-o între cele două bare și fixați-o pe bară cu două cuișoare. Capetele libere le fixați pe scîndură tot cu două cui.

Acele magnetice le veți construi dintr-o bucată de arc lamelar luat de la o jucărie mecanică stricată. Pentru confecționarea acelor, decăliți arcul, îl îndreptați, tăiați două ace la dimensiunile din figură și le finisați prin pilire. Lipiți apoi în centrul acelor cîte un mic cîrlig din sîrmă. Magnetizarea acelor o

veți face, după ce le căliți din nou, frecîndu-le într-un singur sens, de un magnet puternic.

Legați acele cu cîte un fir de mătase, apoi legați firele de sîrma de sus a suportului. Unul din firele de mătase va fi mai lung pentru ca unul din ace să se afle sub al doilea conductor și unul va fi mai scurt pentru ca celălalt ac să se afle deasupra conductorului.

Pentru ca să efectuați experiența, legați două-trei baterii plate în serie și faceți legătura între polii bateriei și cele două cuișoare bătute în scîndură, cu două fire izolate de cupru. În momentul în care faceți contactul, veți observa că acele magnetice, care erau orientate cu un cap spre polul nord, deviază din planul meridianului magnetic, formînd cu el un anumit unghi. Se observă că ambele ace sînt deviate cu același unghi, dar în sensuri contrare. Rețineți sensul în care s-au deplasat acele magnetice și inversați legăturile bateriei. Acum veți constata că sensurile de deplasare ale acelor sînt contrare celor înregis-

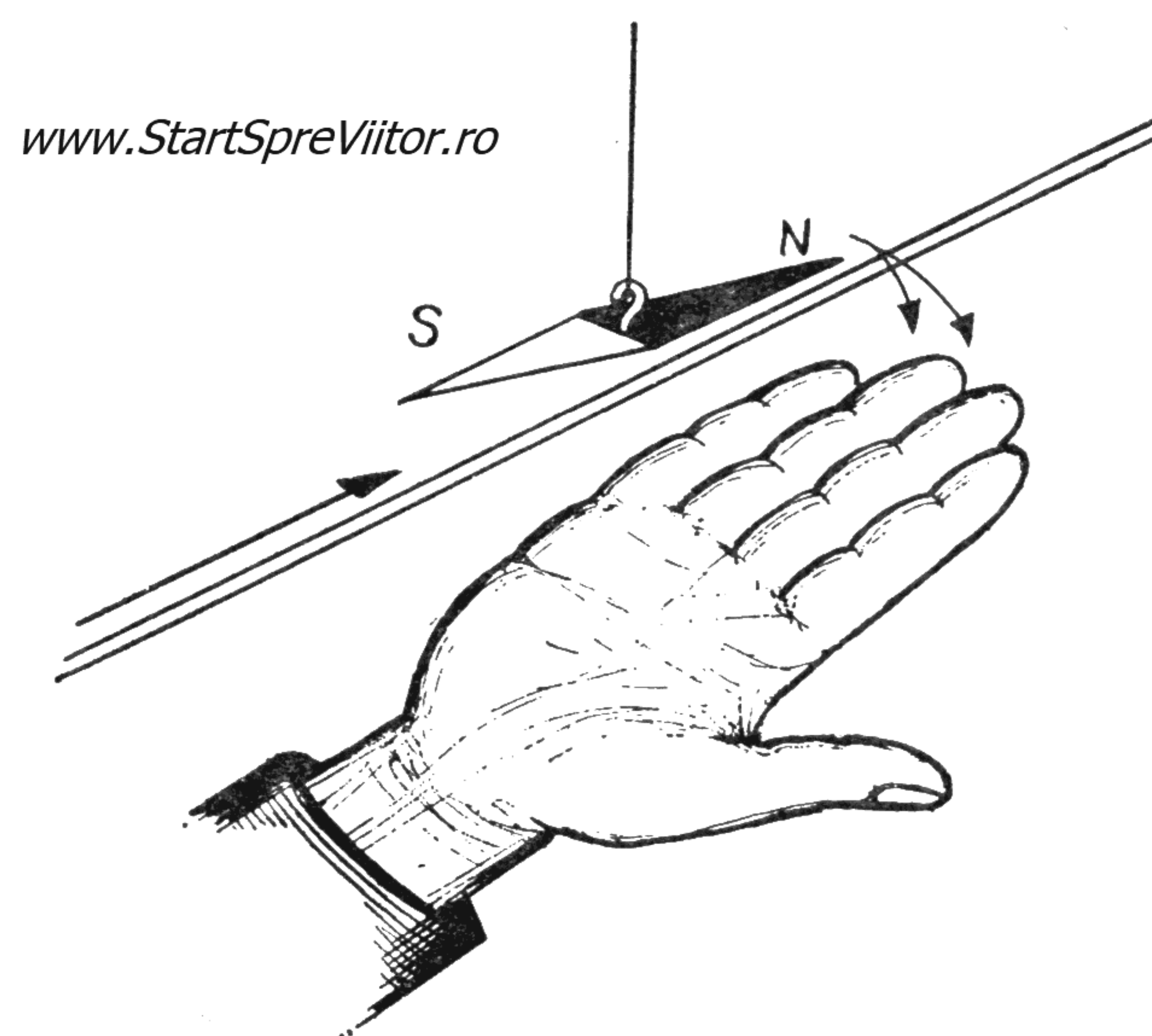


Fig. 5.21. Regula mîinii drepte

trate în prima experiență. Deci sensul curentului influențează și ele devierea acelor magnetice.

Sensul de deviație a acului magnetic sub influența unui conductor străbătut de curent poate fi găsit ușor, folosind regula mîinii drepte. Pentru a determina sensul deviației acului magnetic folosind această regulă, așezați degetele mîinii drepte în lungul conductorului în sensul convențional al curentului, cu palma întoarsă spre acul magnetic. Îndepărtînd degetul mare aflați sensul rotației polului nord al acului magnetic (fig. 5.21).

Experiența lui Oersted a permis să se constate că, întotdeauna, un curent electric creează în jurul său un cîmp magnetic. O experiență simplă poate demonstra că, într-adevăr, un curent electric creează un cîmp magnetic în jurul conductorului pe care îl străbate.

Dispozitivul cu care veți face experiența se compune dintr-un stativ, o placă de carton și o bucată de sîrmă de cupru. Stativul se face din lemn, la dimensiunile din fig. 5.22. În postamentul din scîndură de 20 mm, fixați o stinghie groasă de 20 mm și lată de 40 mm, pe care o fixați cu trei tije de lemn; două mai lungi și una mai scurtă. Tijele lungi au la un capăt cîte o gaură, iar cea scurtă, o tăietură longitudinală în care se fixează o placă de carton unsă cu parafină sau ceară, ca cea folosită la vizualizarea cîmpului magnetic generat de magneți. Placa de carton este pătrată, cu latura de 180 mm, și are în centru o gaură de 1,5 — 2 mm.

Introduceți o sîrmă de cupru groasă de 1,5—2 mm prin găurile tijelor lungi și prin centrul plăcii de carton. Sîrma se îndoaie la capete pentru a nu se deplasa în timpul lucrului. Capetele sîrmei se leagă, apoi alte două sîrme subțiri și acestea de polii a 7—8 baterii legate în paralel.

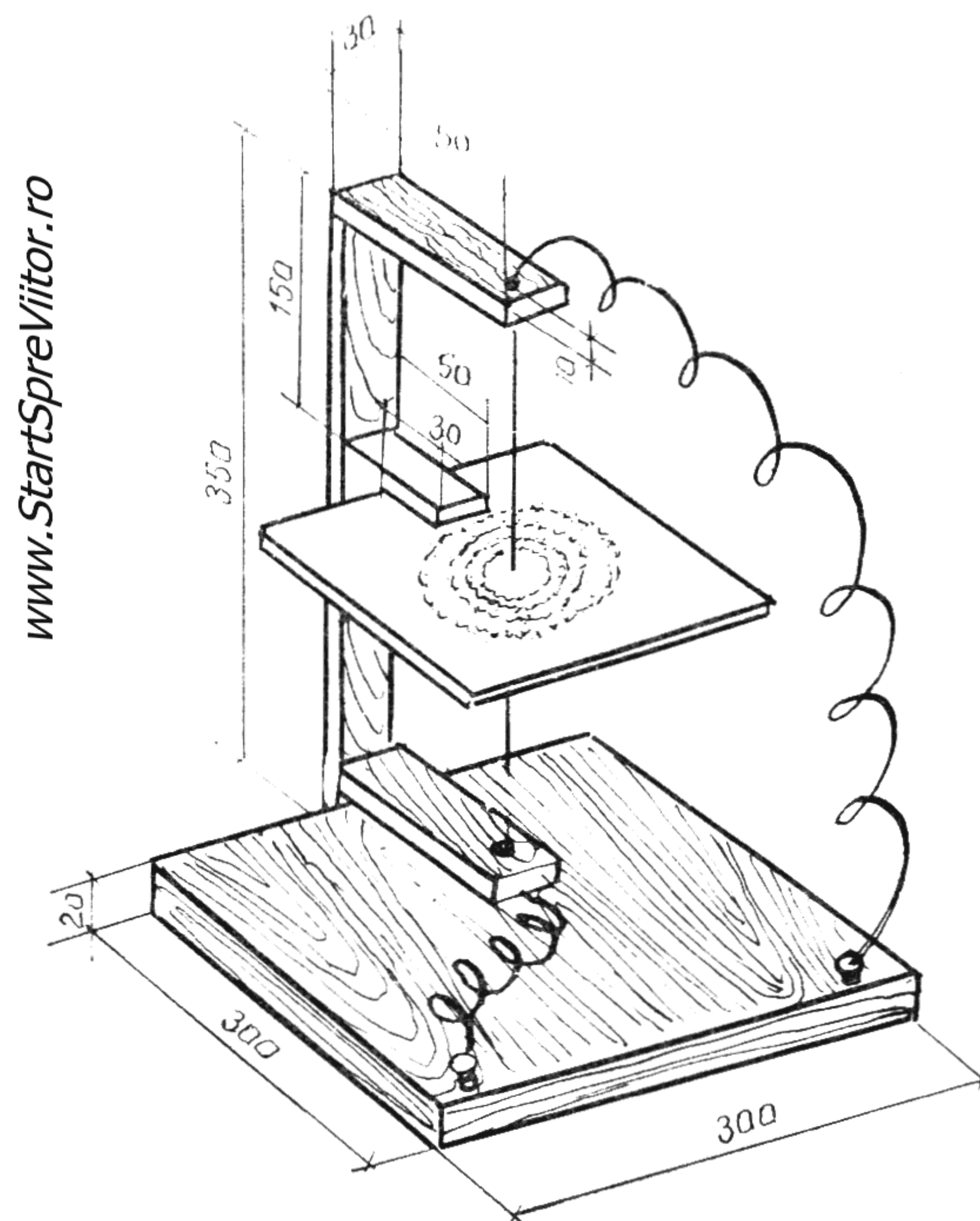


Fig. 5.22. Cîmpul magnetic al curentului

Presurînd pe placa de carton pilitură de fier, aceasta se așează în jurul conductorului sub forma unor cercuri concenrice, mai dese spre centru și mai rare spre margini (fig. 5.22). După ce ați obținut spectrul cîmpului magnetic, încălziți puțin cartonul pentru a topi parafina și lăsați-l să se răcească. După ce scoateți sîrma, îl puteți arăta oricui dorește să se convingă de existența cîmpului magnetic al curentului electric.

Pentru a stabili sensul liniilor de forță magnetică creat de curent, se folosește „regula burghiului drept“, care stabilește că, dînd o mișcare de înaintare unui burghiu drept, în sensul convențional al curentului, mînerul burghiului se rotește în sensul liniilor de forță ale cîmpului magnetic.

Dar nu numai cîmpul magnetic al unui curent poate influența un ac magnetic, ci și un magnet

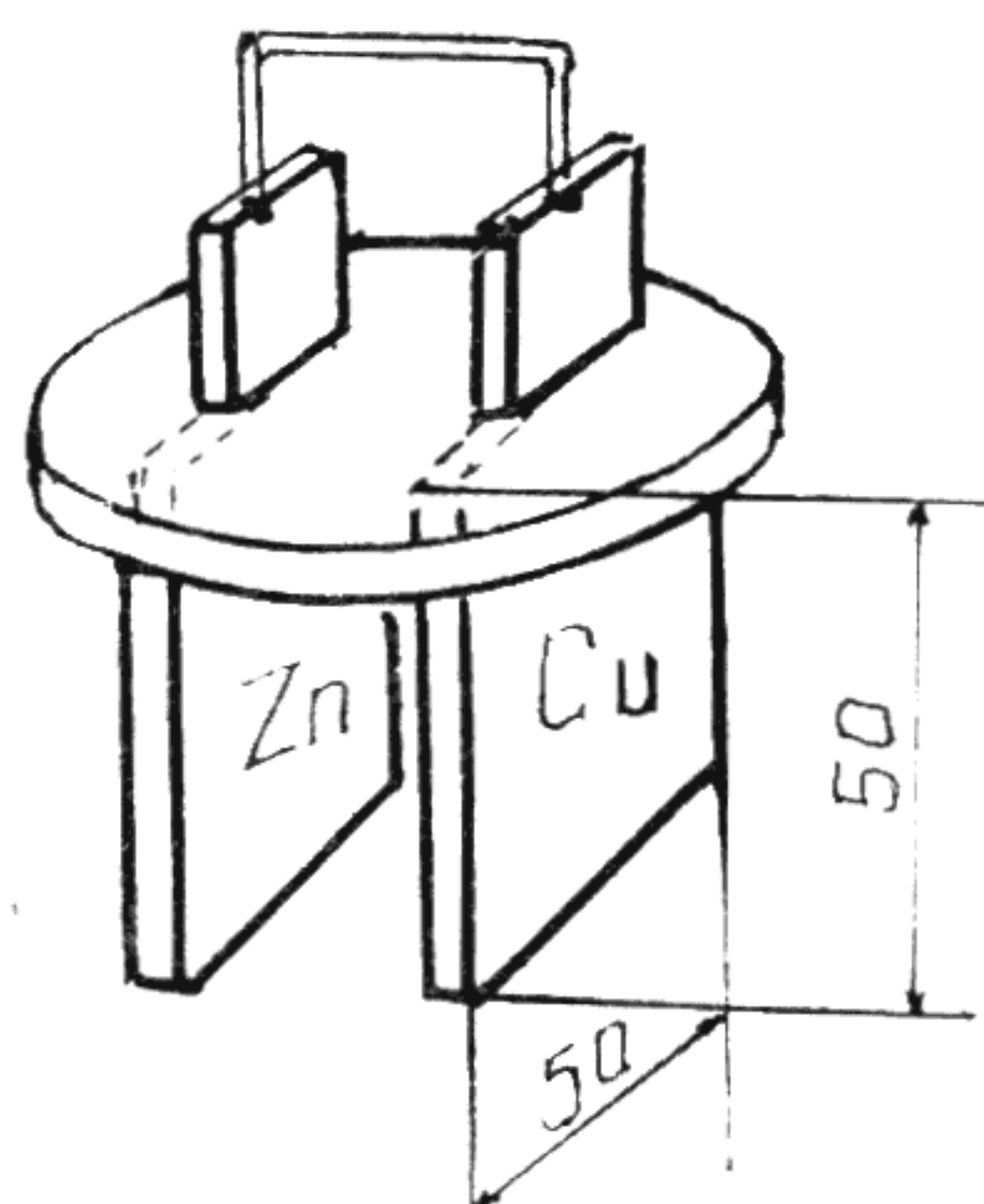
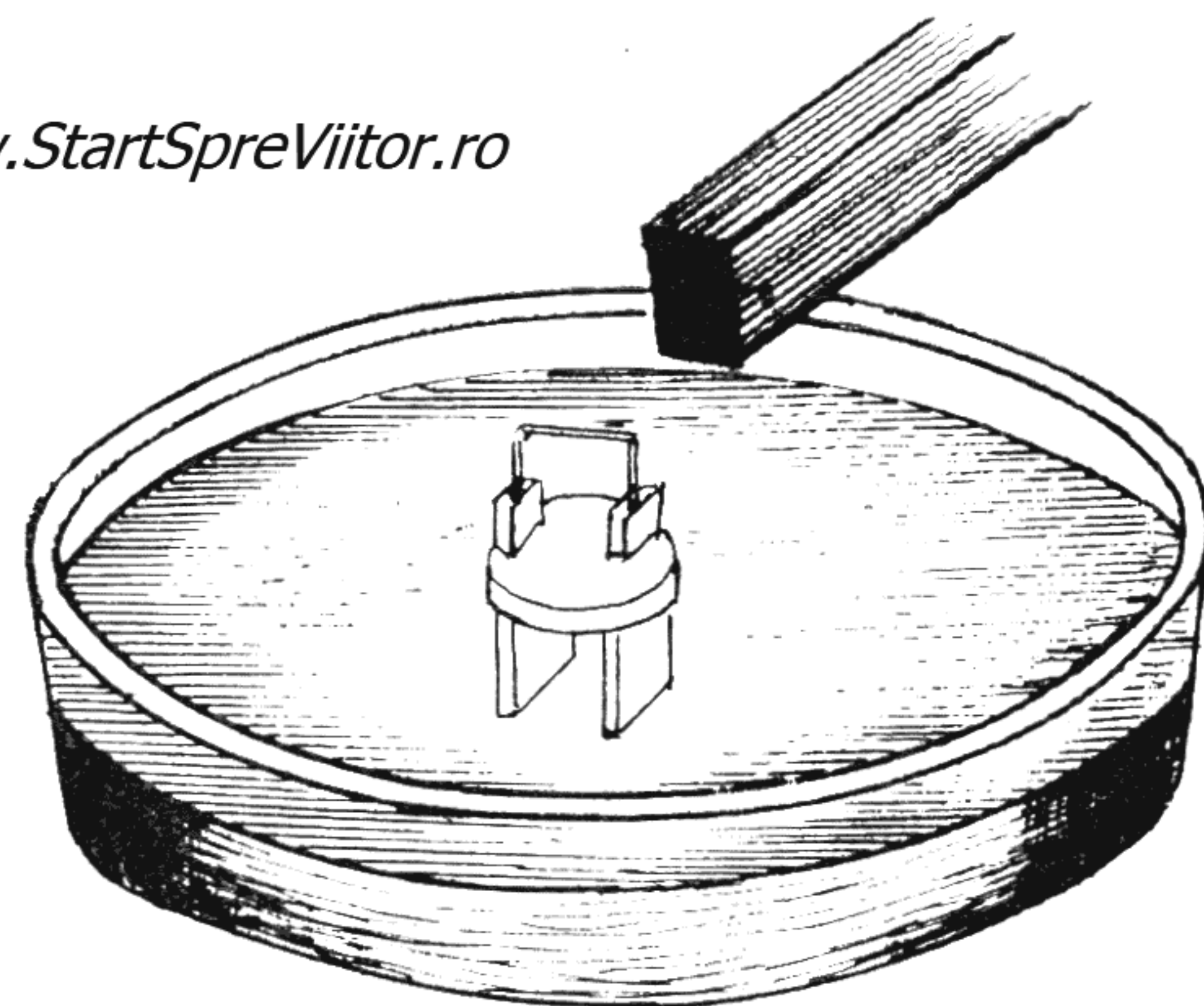


Fig. 5.23. Influența magnetului asupra câmpului magnetic al curentului

poate influența câmpul magnetic al unui curent. O experiență foarte simplă poate demonstra acest fenomen, folosind un mic element galvanic și un magnet (fig. 5.23).

Pentru aceasta, tăiați din placaj un disc cu diametrul de 70 mm, în care faceți două ferestre dreptunghiulare late de 2—3 mm și lungi de 25 mm. Ungeți discul cu parafină topită, apoi introduceți prin ferestrele discului o placă de zinc și una de cupru, tăiate, la dimensiunile din figură, din tablă de 2—3 mm. Uniți plăcile între ele cu un fir de

sîrmă de cupru lipit cu cositor. Puneți discul într-un vas de sticlă în care ați turnat acid sulfuric diluat, obținînd astfel un element galvanic plutitor. Apropiînd un magnet de conductorul care unește polii elementului, veți observa cum întregul element se deplasează, schimbîndu-și poziția.

Acestea au fost efectele câmpului magnetic asupra unui singur fir parcurs de curent. Dacă se multiplică numărul de fire, se multiplică și intensitatea efectelor observate. În practică se utilizează bobine care, la un anumit volum, constituie ansambluri de conductoare foarte numeroase.

Fenomenul de deplasare al conductorului se datorează interacțiunii dintre câmpurile magnetice ale curentului și magnetului; atracția pentru polii opuși și respingerea pentru polii de același semn. Mărind numărul de conductori prin bobinare, se mărește forța câmpului magnetic și crește interacțiunea. Datorită acestei interacțiuni, orice bobină parcursă de un curent tinde să se așeze după liniile de forță ale câmpului magnetic.

Intensitatea câmpului magnetic al curentului crește și mai mult dacă în interiorul bobinei se introduce un miez de fier moale.

Montînd bobina cu miezul de fier pe o axă și limitînd mișcarea sa cu un arc, se obține un aparat capabil să măsoare numărul de sarcini electrice care parcurg bobina — așa numita intensitate a curentului — deoarece, cu cît acestea sînt mai multe, cu atît crește și forța cu care bobina tinde să se așeze paralel cu liniile de forță ale magnetului.

Un astfel de aparat universal — denumit galvanometru — este ușor de construit în laboratorul vostru. Materialele care vă sînt necesare sînt cîteva



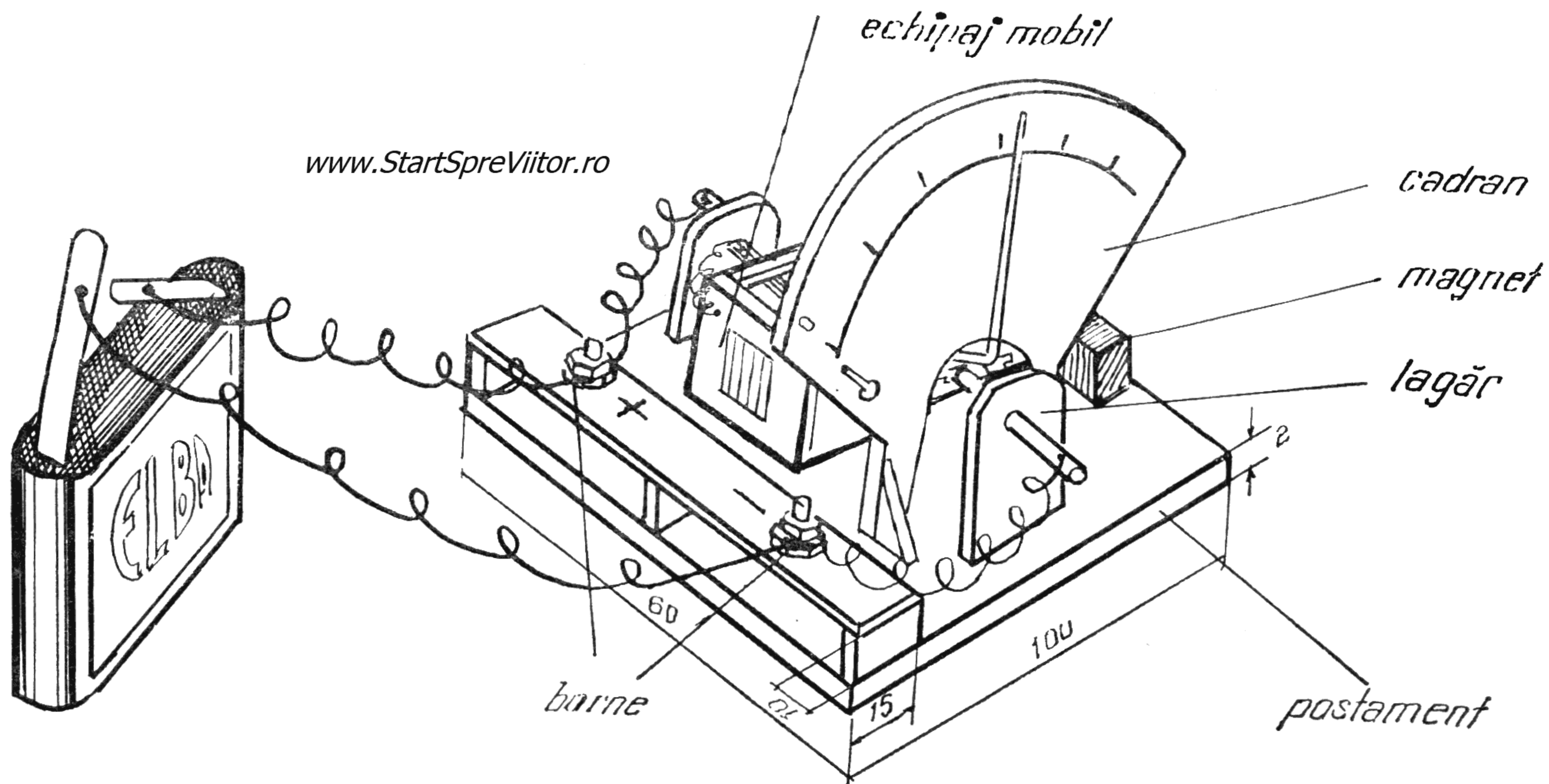


Fig. 5.24. Galvanometrul

plăci de plastic de 1 și 2 mm, sîrmă de cupru emai-  
lată de 0,15 — 0,35 mm (circa 100 m) pe care o  
puteți lua de la un transformator vechi, bucățele de  
sîrmă de cupru de 1 și 2 mm, un magnet ca cele uti-  
lizate la închiderea ușilor mobilei „Modul“, două  
șuruburi M3 sau M4, cu cîte două piulițe (se reco-  
mandă ca două dintre piulițe să fie piulițe randali-  
nate pentru borne), soluție de lipit Stirocol, prena-  
dez și o rolă de bandă izolatoare.

Galvanometrul se compune dintr-un echipament  
mobil: bobina cu miez de fier, un magnet, cadranul  
pe care se înscriu diviziunile, lagărele axului echi-  
pamentului mobil, două borne și un postament.  
(Fig. 5.24).

Construcția o veți începe confecționînd miezul de  
fier al bobinei. Acesta se face din 20—25 plăcuțe de  
fier — denumite *tole* — pe care le tăiați din tablă de  
cutie de conserve la dimensiunile 27—12 mm. Veți  
tăia suficient de multe tole, pentru ca, după ce le  
suprapuneți și le strîngeți în menghină, să formeze  
un pachet gros de 7 mm. Ajustați cu pila pachetul  
astfel format pentru a obține, în final, un paraleli-  
piped cu dimensiunile de 27 x 12 x 7 mm și apoi în-  
fășurați-l strîns cu bandă izolatoare, lăsînd la capete  
o lungime liberă de 1 mm. Tăiați acum, cu fierăs-  
trăul de traforaj, cele două flanșe ale bobinei, din  
placă de plastic de 1 mm, la dimensiunile 19x16 mm  
cu o decupare centrală de 12 x 7 mm. În fiecare

flanșă veți face câte o gaură de circa 1 mm, cu un ac încălzit. În una dintre flanșe gaura se va afla lângă unul dintre colțurile flanșei, iar la cealaltă, lângă unul dintre colțurile decupării centrale.

Lipiți flanșele pe capetele miezului de fier cu pre-nadez și, după ce se usucă, puteți începe bobinarea. Treceți un capăt al sîrmei de cupru emailat de

0,15—0,35 prin gaura făcută în flanșă, lângă colțul decupării centrale și lăsați circa 60 mm de sîrmă în afară. Înfășurați apoi sîrma pe miezul de fier, spiră lângă spiră, pînă bobinați primul strat. Continuați, bobinînd straturile unul peste altul, pînă ajungeți la 1—2 mm de marginea flanșelor. Scoateți capătul sîrmei prin gaura făcută cu acul încălzit în cealaltă flanșă și tăiați-o la circa 60 mm de flanșă.

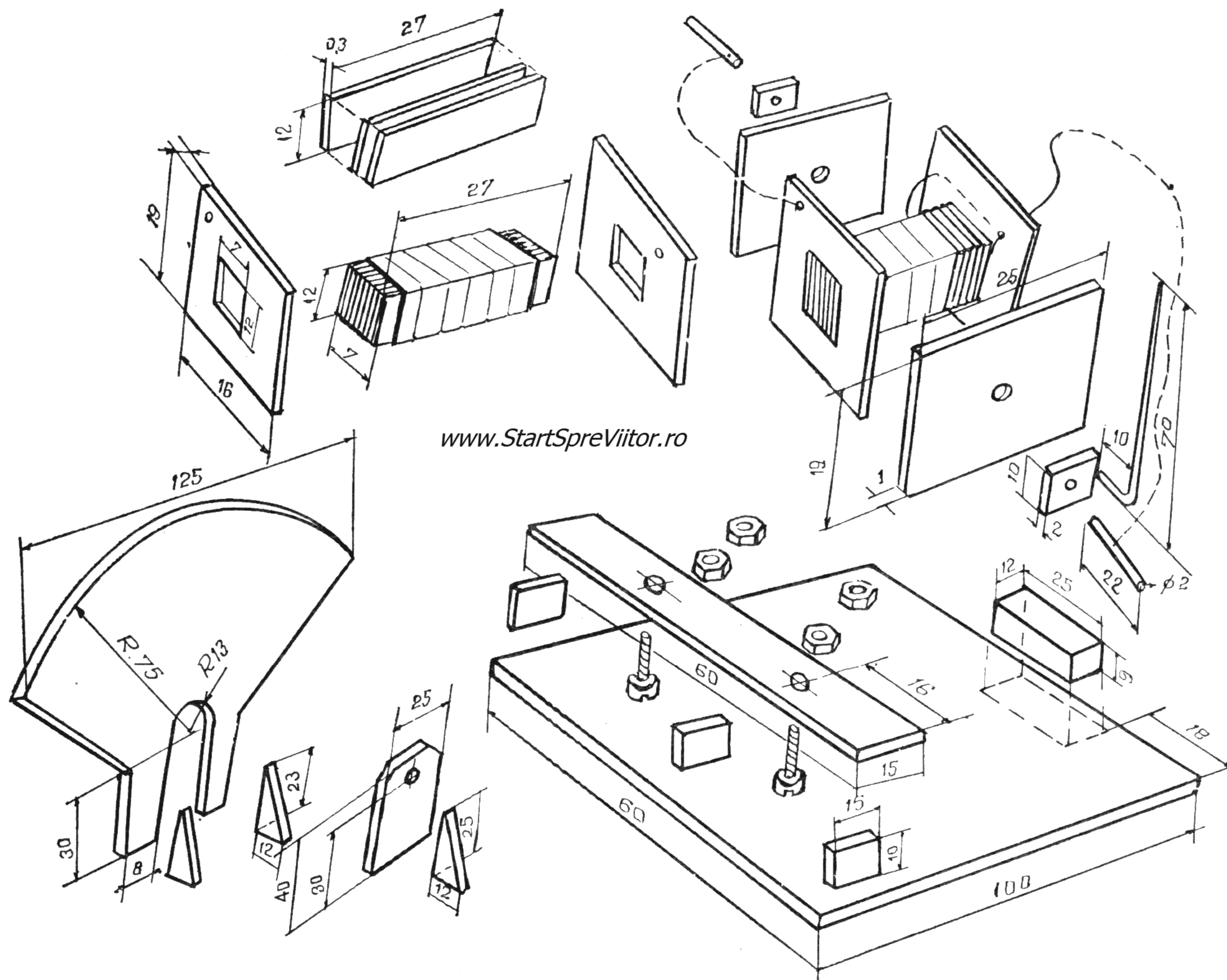


Fig. 5.24. Galvanometrul — elemente de construcție

Decupați, din placa de plastic de 1 mm, cele două capace ale echipamentului mobil la dimensiunile 19 x 25 mm. În centrul acestora lipiți, cu Stirocol, câte o plăcuță de plastic groasă de 2 mm cu dimensiunile de 10 x 10 mm. Punctați centrul acestor plăcuțe. Tăiați două bucăți de sîrmă de cupru de 2 mm, lungi de 22 mm, pe care le încălziți și le înfigeți în centrul plăcuțelor. Cele două bucăți de sîrmă constituie axele echipamentului mobil. Trebuie să aveți grijă la montaj, ca acestea să fie în prelungire și să treacă exact prin centrul bobinei pentru ca echipamentul mobil să fie echilibrat.

Lipiți acum cu Stirocol cele două capace de flanșele bobinei. Cele două capete de fir de cupru emailat lungi de 60 mm le dezizolați pe o lungime de aproximativ 10 mm, arzînd emailul cu un chibrit și îndepărtîndu-l cu o hîrtiuță. Lipiți cu cositor fiecare capăt de fir de câte un ax.

Dintr-o bucată de sîrmă de 1 mm, lungă de 80 mm, căreia îi îndoiiți, în unghi drept, un capăt de 10 mm, iar celălalt îl ascuțiți, confecționați acul indicator al aparatului. Capătul de 10 mm îl încălziți și-l înfigeți în una dintre plăcuțele lipite pe capacele echipamentului mobil.

Cadranul aparatului se decupează la dimensiunile din figură, din placă de plastic de 1 mm. Pe acesta veți lipi o bucată de hîrtie pe care veți nota dimensiunile. Tot din placă de 1 mm se taie și piesele suportului bornelor, iar din placă de 2 mm se decupează postamentul, lagărele și cele 4 întărituri triunghiulare care susțin cadranul și lagărele.

Toate aceste piese se lipesc unele de altele, conform figurii. Se va avea grijă ca lagărele să fie lipite pe postament, avînd introduse în găuri axele echipamentului mobil. Se recomandă ca în găurile lagărelor să fie introduse două mici bușe metalice tăiate dintr-un tub de pastă consumat. În acest fel, frecarea în lagăre va fi mai mică și sensibilitatea aparatului mai mare.

De șuruburile bornelor, introduse în găurile din suport se leagă două fire de cupru emailat (după ce li s-au dezizolat capetele), care se vor lipi fiecare de câte un ax al echipamentului mobil. În dreptul bornelor lipiți câte o bucătică de hîrtie pe care scrieți „+” și „-”.

*www.StartSpreViitor.ro*

Urmează acum să testați echipamentul mobil, pentru ca acesta, cînd este în repaus, să rămînă cu acul indicator în dreptul reperului „0”. Acest lucru se realizează agățînd de flanșa din stînga a bobinei câteva fîșii de plumb sau de cupru (în nici un caz de fier). După ce acul s-a oprit la reperul „0” fixați limitele scalei de măsurare, înfigînd două ace de gămălie încălzite, în cadran, ca în figură.

Lipirea magnetului de postament a fost lăsată la urmă. Aceasta se face cu prenadez, într-o poziție pe care o veți determina, procedînd în felul următor: legați cu două fire, la borne, o baterie plată, nouă, de 4,5 V. La borna „-” legați lamela lungă a bateriei și la borna „+”, lamela scurtă, deoarece lamela lungă este polul negativ al bateriei și lamela scurtă polul pozitiv. Așezați magnetul pe postament și observați acul indicator. Dacă acul tinde să se rotească în afara scalei, în stînga reperului „0”, întoarceți magnetul. Deplasați-l apoi pînă cînd acul indicator se oprește cam la mijlocul scalei și lipiți-l în această poziție.

Cu acest aparat veți putea face acum o experiență care să vă ajute să înțelegeți mai bine noțiunile de intensitate, tensiune și rezistență.

Ați demonstrat deja că atunci cînd sarcinile electrice — electronii — încep să circule printr-un circuit, apare un curent electric. Cu cît, printr-un punct oarecare al circuitului, trec mai mulți electroni într-o secundă, cu atît se spune că se mărește intensitatea curentului. Aceasta se notează cu litera „I” și se măsoară în amperi (A), după numele fizicianului francez Ampère. Electronii sînt furnizați circuitului de către pila sau bateria electrică. Cu cît aceasta produce mai mulți electroni într-o secundă,

cu atît intensitatea curentului care trece prin circuit va fi mai mare. S-a arătat deja că o măsură a cantității de electroni produsă de pilă sau baterie este tensiunea electromotoare, notată cu litera „E” și măsurată în volți (V).

Totuși, intensitatea curentului nu depinde numai de tensiunea electromotoare a bateriei așa cum va dovedi experiența următoare.

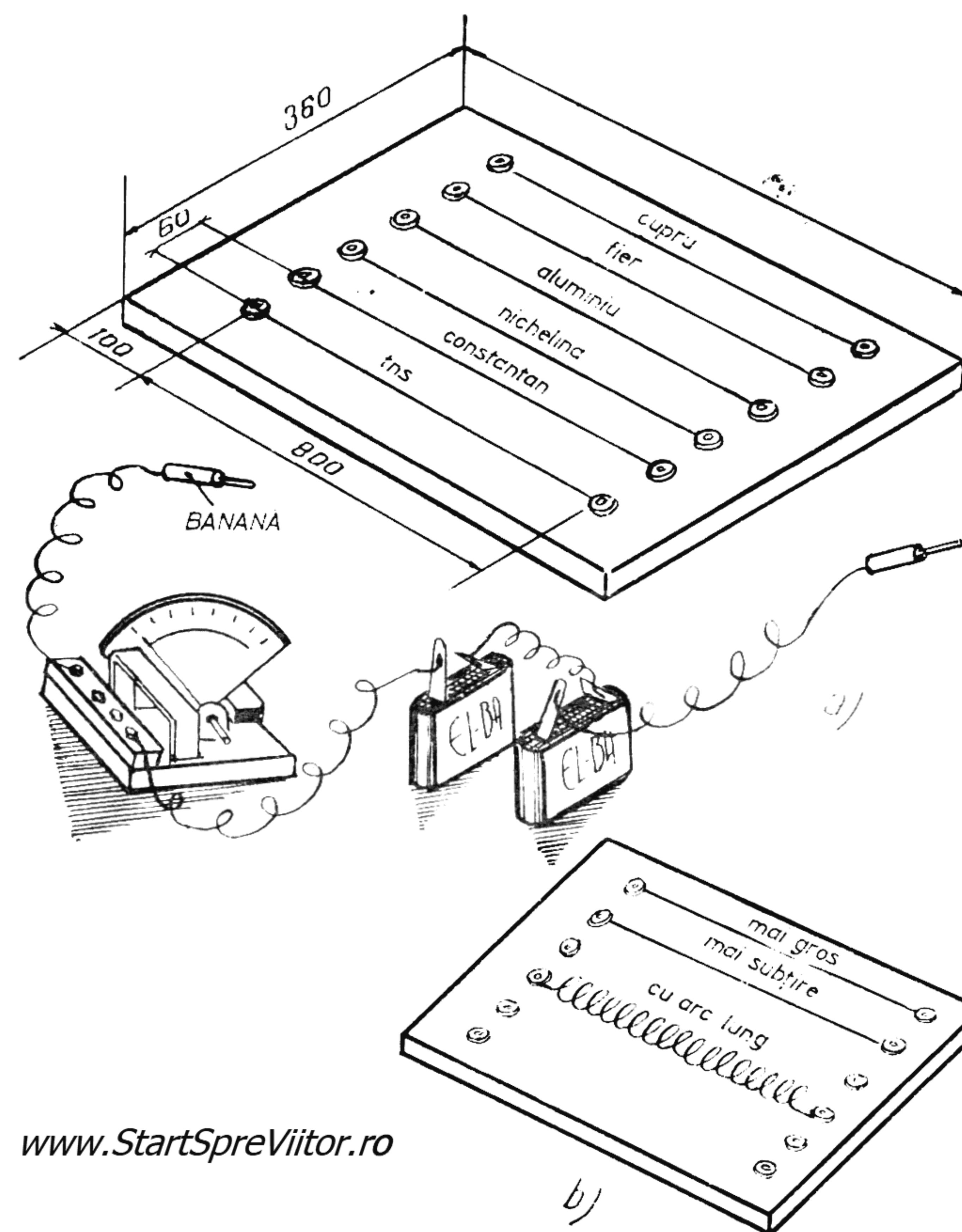
Pentru acesta aveți nevoie de o placă din placaj sau material plastic de 1000 x 360 mm, două baterii plate de lanternă, galvanometrul construit și două banane.

Pe placa de placaj cu plastic faceți 6 perechi de găuri cu diametrul de 5 mm, egal distanțate, în care fixați 12 bucșe de radio (fig. 5.25). Între bucșele unei perechi de găuri fixați cîte o sîrmă cît mai subțire (preferabil toate de aceeași grosime) din materiale diferite : prima de cupru, a doua de fier, a treia de aluminiu, apoi de nichelină, constantan și ultima fiind o linie trasă cu tuș de o grosime cît mai apropiată de cea a sîrmelor. Faceți apoi montajul din fig. 5.25, legînd la capetele conductorilor cîte o banană.

Începeți experiența introducînd bananele, pe rînd, în perechile de bucșe, urmărind indicația galvanometrului, care în acest montaj măsoară intensitatea curentului. Veți observa că intensitatea cea mai mare se obține pentru sîrma de cupru, apoi intensitățile devin din ce în ce mai mici, cea mai scăzută fiind cea corespunzătoare liniei de tuș.

Modificați acum dispozitivul, păstrînd numai sîrma de cupru. În locul sîrmei de fier montați o sîrmă de cupru puțin mai subțire decît cea pe care ați folosit-o inițial, iar în locul sîrmei de nichelină introduceți o spirală de sîrmă de cupru de aceeași grosime cu cea folosită inițial, dar cu o lungime mai mare decît aceasta.

Introducînd bananele în bucșele corespunzătoare acestor sîrme, veți observa că intensitatea variază



www.StartSpreViitor.ro

Fig. 5.25. Rezistența conductorilor

din nou, fiind mai mică pentru sîrma mai subțire ca și pentru cea lungă.

Prin această experiență ați demonstrat că conductoarele opun o rezistență la trecerea curentului și că această rezistență depinde de natura materialului conductorului, de secțiunea (grosimea) și de lungimea lui. Legătura dintre intensitatea curentului, tensiunea electromotoare și rezistență este dată de legea lui Ohm :  $I = E/R$ , iar rezistența se poate afla cu relația :  $R = \rho \cdot l/s$  în care  $\rho$  este rezistivitatea materialului conductorului,  $l$  este lungimea lui și  $s$  — secțiunea sa (transversală).

Unitatea de măsură a rezistenței este ohmul, notat cu litera grecească  $\Omega$  (omega); denumirea unității de măsură a fost dată în cinstea fizicianului german Georg Simon Ohm.

Descoperirea pilelor și apoi a câmpului electric al curentului a permis construirea electromagneților și a primelor aparate de măsură electrice, care, la rândul lor, au asigurat descoperirea altor efecte ale curentului electric. Întrebarea firească care a apărut acum era următoarea: dacă un curent electric generează un câmp magnetic, înseamnă că și un magnet poate genera curent electric? Răspunsul găsit în 1831 de către Michael Faraday, descoperitorul inducției electromagnetice, a fost afirmativ. Un magnet poate da naștere unui curent electric.

Pentru a demonstra acest fenomen, Faraday a folosit, în locul magnetului, un electromagnet puternic și a detectat efectele pe care acesta le producea asupra unui conductor înfășurat pe același miez de fier.

Pentru a reproduce experiența lui Faraday, aveți nevoie de o bucată de sîrmă de fier moale, groasă de 8—10 mm, pe care o înroșiți în foc și o îndoiți astfel ca să obțineți un cerc cu diametrul de circa 100 mm (fig. 5.26). Miezul de fier astfel realizat se înfășoară cu bandă izolatoare și apoi, pe fiecare jumătate de cerc bobinați 1000—1200 spire de sîrmă de cupru emailată de 0,35—0,5 mm. Prindeți dispozitivul cu două bride de tablă pe un postament de lemn, cu dimensiunile de 120x120 mm, în colțurile căruia fixați patru bucșe de radio. Pentru realizarea montajului din fig. 5.26, legați la bornele galvanometrului și ale unei baterii plate, câte doi conductori de cupru prevăzuți cu banane.

Înainte de a începe experiența, trebuie să modificați puțin galvanometrul, echilibrînd echipamentul mobil astfel încît să aibă reperul „0” în centrul scalei.

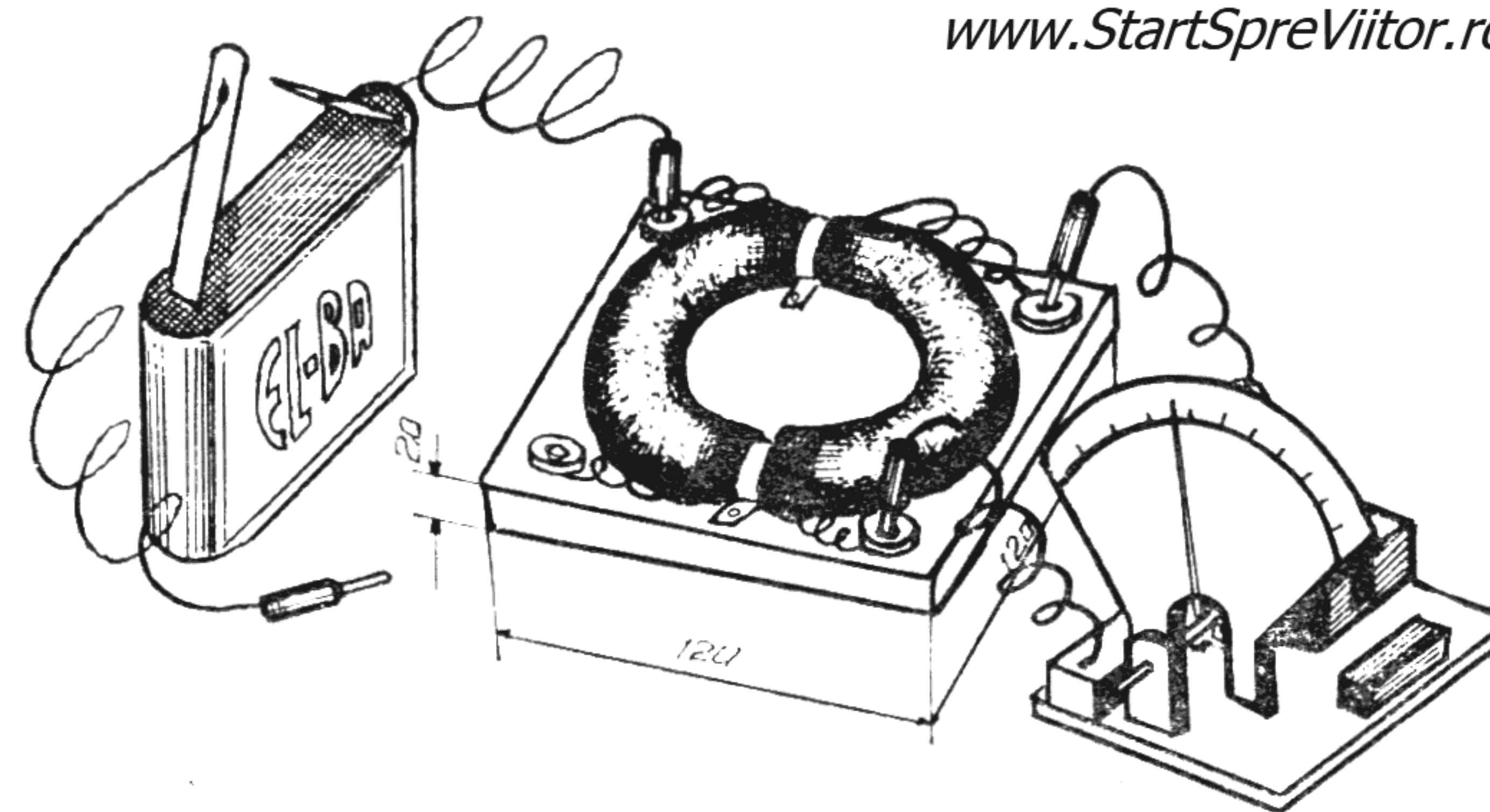


Fig. 5.26. Experiența lui Faraday

Și acum puteți începe experiența. Introduceți bananele galvanometrului în bucșele la care sînt legate capetele unei bobine. În una dintre celelalte două bucșe introduceți o banană a bateriei. Introduceți în bucșa liberă și cealaltă banană a bateriei, observînd galvanometrul. Veți constata că acul deviază și apoi revine la reperul „0”. Scoateți acum banana bateriei. Veți observa că acul deviază din nou, dar în sens contrar, și apoi revine la reperul „0”.

Curentul electric nu apare, deci, întotdeauna în bobina legată la galvanometru ci, numai atunci cînd, prin bobina legată la baterie, începe să treacă curent și cînd se oprește curentul, adică atunci cînd apare câmpul magnetic și cînd acesta dispare. De fapt, în aceste perioade, intensitatea câmpului magnetic *variază*. Deci, un magnet poate genera un curent electric dacă intensitatea câmpului său magnetic care traversează spirele unei bobine variază. Acest lucru se poate obține, așa cum a făcut-o Faraday, dar se poate realiza și altfel, făcînd bobina să se rotească în interiorul câmpului magnetului. Acesta este, de fapt, principiul de bază care stă la construcția generatoarelor electrice.

Pentru a construi un mic generator electric, care să vă ajute să înțelegeți principiul lor de funcționare, aveți nevoie de tablă de fier de 1,5—2 mm gro-

sime, tablă subțire de cupru sau alamă, o placă de plastic de 2 mm grosime, sîrmă de cupru emailată de 0,15—0,35 mm, patru șuruburi M3 sau M4 cu cîte două piulițe, un mic cilindru de plastic cu diametrul de 8—10 mm și o bucată de sîrmă de oțel de 2—3 mm grosime.

Generatorul se compune dintr-un electromagnet (stator) care generează cîmpul magnetic și o bobină cu miez de fier (rotor) care se sprijină pe două lagăre și se rotește cu ajutorul unei manivele. Curentul electric generat se culege prin intermediul a două perii care se sprijină pe două inele colectoare.

Construcția o începeți tăind din tabla de fier, de 1,5—2 mm, o fișie lată de 25 mm și 150 mm lungime, pe care o decăliți și o îndoiiți ca în figură, realizînd miezul electromagnetului. Pe partea superioară a miezului înfășurați două straturi de bandă izolatoare și apoi bobinați spiră lângă spiră, în straturi uniforme, 10—12 m de sîrmă de cupru emailat, lăsînd capete de circa 60 mm.

Tăiați apoi, din tablă de fier moale, două fișii late de 25 mm și lungi de 50 mm care vor constitui miezul bobinei rotorului. Le decăliți, le îndoiiți ca în figură și le lipiți una de alta. Confecționați apoi axul rotorului dintr-o bucată de sîrmă de oțel de 2—3 mm pe care o îndoiiți ca în figură. După ce ați confecționat doi cilindri de plastic lungi de 12 mm, cu diametrul de 10 mm, încălziți axul și introduceți cei doi cilindri pe ax la pozițiile indicate în figură.

Puteți acum introduce pe ax miezul bobinei. Îl lipiți cu cositor de ax și îl înfășurați cu două straturi de bandă izolatoare. Bobinați pe miez, spiră lângă spiră în straturi regulate, 12—15 m de sîrmă de cupru emailat, jumătate pe o parte a axului și jumătate pe cealaltă parte. Aveți grijă să bobinați tot miezul în același sens.

Tăiați din tablă subțire de cupru sau de alamă două fișii late de 8 mm și lungi de 32 mm pe care le lipiți cu preadez pe cei doi cilindri de plastic, înfășurîndu-le pe aceștia. Tot din tablă de cupru sau alamă

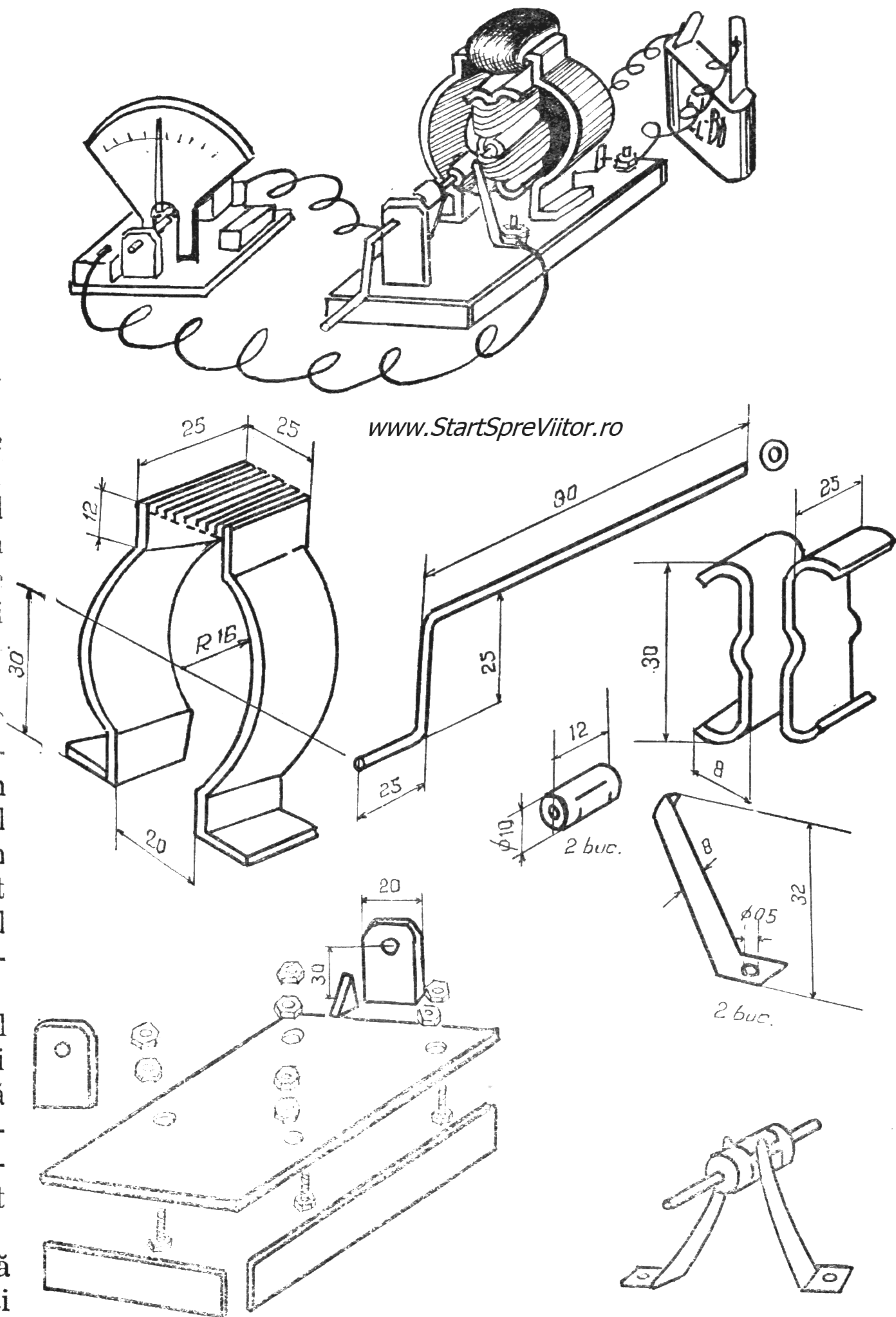


Fig. 5.27. Generatorul electric

confeționați cele două perii la dimensiunile din figură. Capetele bobinei rotorului le lipiți cu cositor pe cele două plăcuțe colectoare. Sîrma care se lipește pe plăcuța din față va fi trecută printr-o gaură, făcută cu o sîrmă încălzită, în cilindrul din spate.

Tăiați postamentul generatorului și lagărele din placa de plastic de 2 mm și lipiți-le cu Stirocol, ca în figură.

Urmează să montați rotorul în lagăre, introducînd mai întîi manivela în lagărul din față. Pentru a nu ieși în timpul funcționării, asigurați axul cu două șaibe lipite cu cositor de ax, ca în figură. Așezați electromagnetul în poziția sa și lipiți-l cu preadez pe postament, apoi legați capetele bobinei la borne. În sfîrșit, montați periile pe postament cu două șuruburi și construcția este terminată.

După ce la bornele statorului s-a conectat o baterie, iar periile s-au legat la galvanometru, învîrtind de manivelă veți observa că acul indicator oscilează cînd într-o parte cînd în alta a reperului „0”.

Pentru a vă explica fenomenul, presupuneți că în locul unei bobine cu miez de fier aveți o singură spiră care se rotește între polii unui magnet (sau electromagnet) (fig. 5.28).

În poziția I spira este așezată perpendicular pe liniile de forță ale cîmpului magnetic. Rotindu-se în direcția săgeții spira intersectează liniile de forță ale magnetului, intensitatea cîmpului magnetic care o traversează crescînd pînă în poziția II. Datorită variației intensității cîmpului magnetic, în spira apare o tensiune electromotoare crescătoare care o parcurge de la B spre A și de la D spre C. În continuare, intensitatea cîmpului magnetic scade devenind zero în poziția III, unde și tensiunea electromotoare se anulează. Apoi de la poziția III la IV intensitatea cîmpului magnetic crește, ca și tensiunea electromotoare, dar ramurile AB și CD ale spirei și-au schimbat rolurile și tensiunea electromotoare are sensul de la C la D și de la A la B, adică invers ca în poziția II. În continuare, intensitatea cîmpului magnetic și

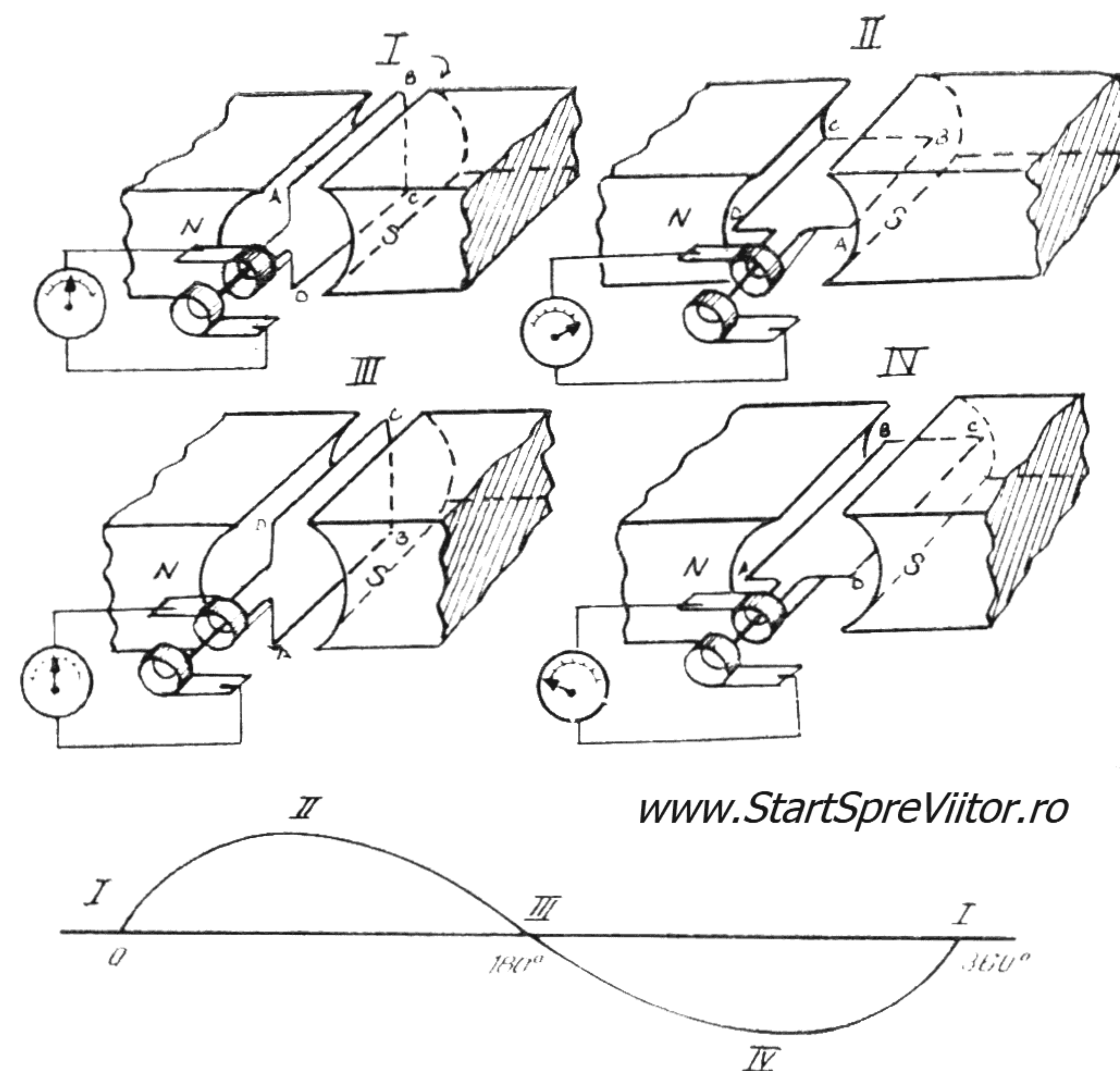


Fig. 5.28. Curentul alternativ

forța electromotoare scad de la IV la I, pentru ca apoi, după trecerea prin I, sensul forței electromotoare să se schimbe din nou. Deci, la o rotație a spirei, sensul curentului se schimbă de două ori în pozițiile I și III.

Învîrțiți încet bobina și observați cum crește valoarea forței electromotoare, de la zero la un maxim, scade apoi pînă la zero și, în continuare, pînă la un minim și crește din nou pînă la zero. Toate acestea în timpul unei rotații. Dacă întocmiți un grafic al forței electromotoare în funcție de poziția bobinei în cîmpul magnetic veți obține o sinusoidală (fig. 5.28). Deoarece curentul care apare în bobină își schimbă sensul la intervale regulate, a căpătat numele de *curent alternativ*.

Generatoarele mari montate în hidro și termocentrale, deși altfel construite, funcționează după acest principiu și produc curent alternativ.

Pentru obținerea de curent continuu, în locul celor două inele colectoare se folosesc două semiinele pe care se lipesc capetele bobinei, care intră în contact alternativ, cu cele două perii, în același ritm în care se schimbă sensul curentului în bobină.

Pentru a transforma generatorul construit în unul de curent continuu, înlocuiți inelul colector de pe unul din cilindrii de plastic cu două semiinele și mutați ambele perii pe acest cilindru.

Învîrtind manivela, veți observa acum că acul galvanometrului oscilează între zero și o valoare maximă, dar într-un singur sens. Curentul nu este deci continuu, ci pulsatoriu. Curentul continuu sau, mai bine spus, aproape continuu, se obține folosind mai multe bobine, fiecare legată de o lamelă lipită pe cilindrul colector.

Cu ocazia expoziției de electricitate care a avut loc la Viena în 1873, inginerul Fontaine a făcut o descoperire extrem de importantă, datorită neglijenței unui lucrător. În expoziție era montat un generator care trebuia să producă electricitate pentru diferite experiențe de iluminat. În cazul în care acesta s-ar

defecta, expoziția mai avea la dispoziție un generator de rezervă. Atunci când expoziția s-a deschis, din greșeala unui lucrător, cele două generatoare erau legate între ele, astfel că atunci când primul generator a fost pus în mișcare de o mașină cu abur, inginerul Fontaine a observat cu uimire, că și cel de al doilea începe să se rotească. Meritul inginerului constă în faptul că a pus, imediat, fenomenul pe seama electricității, descoperind proprietatea generatoarelor de a deveni motoare electrice atunci când sînt alimentate cu curent, datorită acțiunii cîmpului magnetic al statorului asupra curentului care străbate bobinele rotorului.

Astfel de mașini electrice sînt denumite mașini reversibile.

Și generatorul construit de voi, în varianta de curent continuu, este o mașină reversibilă. Pentru a-l transforma în motor, nu trebuie decît să legați bornele statorului și periile și să tăiați manivela axului, care nu vă mai folosește. Legînd la borne o baterie plată, veți observa cum motorul începe să se rotească din ce în ce mai repede.



## 6. EXPERIENȚE DE FIZICĂ MODERNĂ

Fenomenele fizice pe care le-ați întâlnit în capitolele anterioare, fie ele mecanice, termice, optice, electrice sau magnetice, aveau o caracteristică comună — existau în natură și puteau fi observate fără mijloace speciale, adică nu așteptau pentru a fi descoperite, decât un cercetător atent capabil să le explice. Există însă și fenomene care nu pot fi observate decât dacă sînt căutate. Astfel de fenomene căutau fizicienii de la sfîrșitul secolului trecut, deși era destul de răspîndită și ideea că fizica își spusese ultimul cuvînt și că astfel de fenomene, neobservabile direct, chiar dacă există, nu pot avea o importanță practică. Totuși, cercetările continuau, aparatul curent folosit în cele mai multe laboratoare de fizică fiind, în acea vreme, tubul de descărcare. Chiar dacă nu ați intrat încă, în alt laborator de fizică, decât în cel pe care l-ați dotat singuri, tot ați văzut deja tuburi de descărcare, pentru că astfel de dispozitive sînt reclamele luminoase, tuburile fluorescente, lămpile cu vapori de mercur sau cu vapori de sodiu, ca și blitzurile fotografilor.

Tot un tub de descărcare poate fi și un bec ars (cu filamentul întrerupt), dar cu vidul intact, după cum vă va dovedi experiența următoare. (fig. 6.1).

După ce v-ați procurat un bec ars de lanternă, lipiți cu cositor o bucată de sîrmă pe fasung și una la capătul său. Celelalte capete ale sîrmelor le legați de polii mașinii electrostatice.

Punînd în mișcare mașina electrostatică, becul „se aprinde”, dînd o lumină roz pîlpîitoare. În locul becului de baterie, puteți folosi chiar un bec obișnuit, care este bineînțeles ars. Fenomenul va fi același.

Puteți construi și singuri tuburi de descărcare, dar pentru aceasta vă va trebui o pompă de apă sau mai bine o pompă de vid, pe care le puteți găsi în laboratorul de fizică al școlii. În afară de acest utilaj, aveți nevoie de cîteva bucăți de tub de sticlă, cu diametrul de 10 mm, ca cele folosite în laboratorul de chimie și cîteva electrozi scoși de la becuri electrice arse. Pentru confecționarea unui tub de descărcare, luați o bucată de tub de sticlă lungă de 60—80 mm și faceți la mijlocul lui o gaură mică de care lipiți, la flacără, un alt tub. Gaura se face astfel : la jumătatea tubului răzuiți cu o pilă locul unde trebuie făcută gaura pînă se obține o adîncitură. Încălziți la flacăra lămpii de spirt locul răzuit, astupați un capăt al tubului și suflați puternic prin celălalt (fig. 6.2.a.) Se formează o bășicuță care se sparge

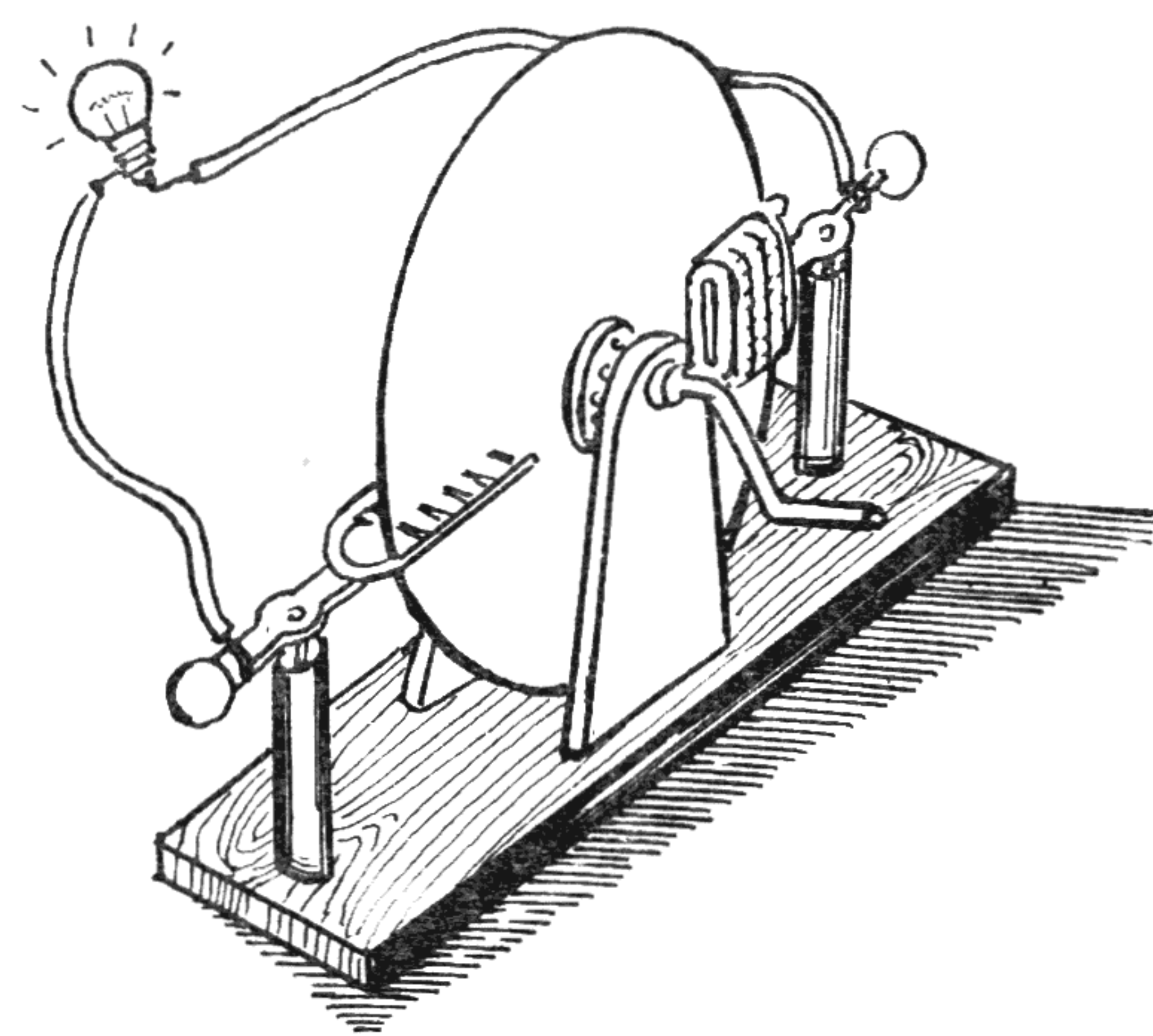
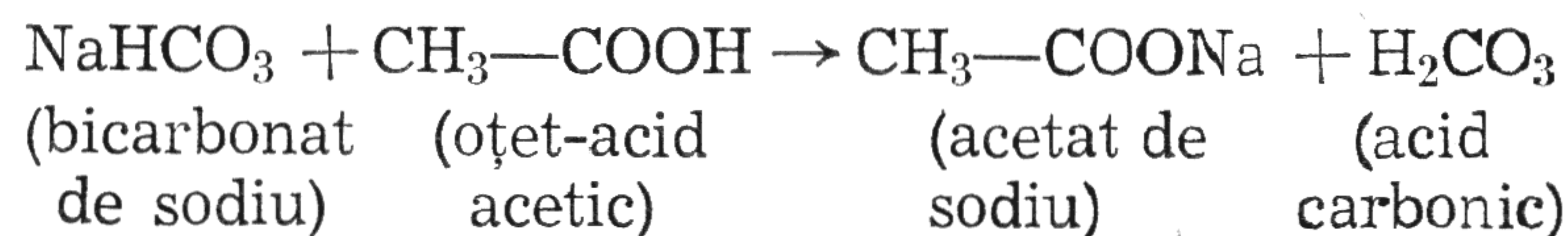


Fig. 6.1. Descărcarea electrică în gaze

singură sau lovind-o ușor cu muchia unui cuțit. În locul bășicuței rămîne o gaură rotundă de care lipiți o bucată de tub de sticlă tot de 60—80 mm (fig. 6.2. b.). Introduceți la capetele primului tub cîte o bucată de sîrmă de electrod și apoi închideți capetele tubului la flacără.

Operația cea mai dificilă este rarefierea aerului din interiorul tubului. Pentru aceasta legați tubul la trompa de apă prin intermediul unui manșon (fig. 6.2.c.) sau la pompa de vid. Puneți trompa de apă la un robinet, dați drumul apei să curgă într-un șuvoi puternic și, în același timp, încălziți tubul orizontal la flacăra unei lămpi de spirt. Aerul din interior se dilată și este aspirat mai ușor de trompa de apă. După circa două minute încălziți puternic tubul în punctul A (fig. 6.2.c.) și răsuciți-l brusc, astfel ca să se închidă. Ați obținut astfel un tub de descărcare cu aer rarefiat (fig. 6.2.d.). Un tub care să conțină, în interior, alte gaze decît aerul, de exemplu bioxid de carbon, se poate construi tot dintr-un tub de sticlă de 80—100 mm, în care faceți două găuri mici, în dreptul cărora lipiți cîte o bucată de tub de sticlă (fig. 6.2.e.). Introduceți în capetele tubului cîte un electrod și închideți etanș capetele la flacără. Apoi legați unul din tuburile scurte la un aparat de produs gaze, compus dintr-o eprubetă astupată cu un dop de cauciuc, prin care trece un tub de sticlă. În eprubetă se introduce bicarbonat de sodiu sau cretă, peste care se toarnă un acid (eventual oțet); reacția se produce cu efervescentă, datorită gazului (bioxidul de carbon format) după ecuația :



Acidul carbonic este un acid slab și instabil care se descompune în apă și bioxid de carbon ce se degajă  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  Bioxidul de carbon trece

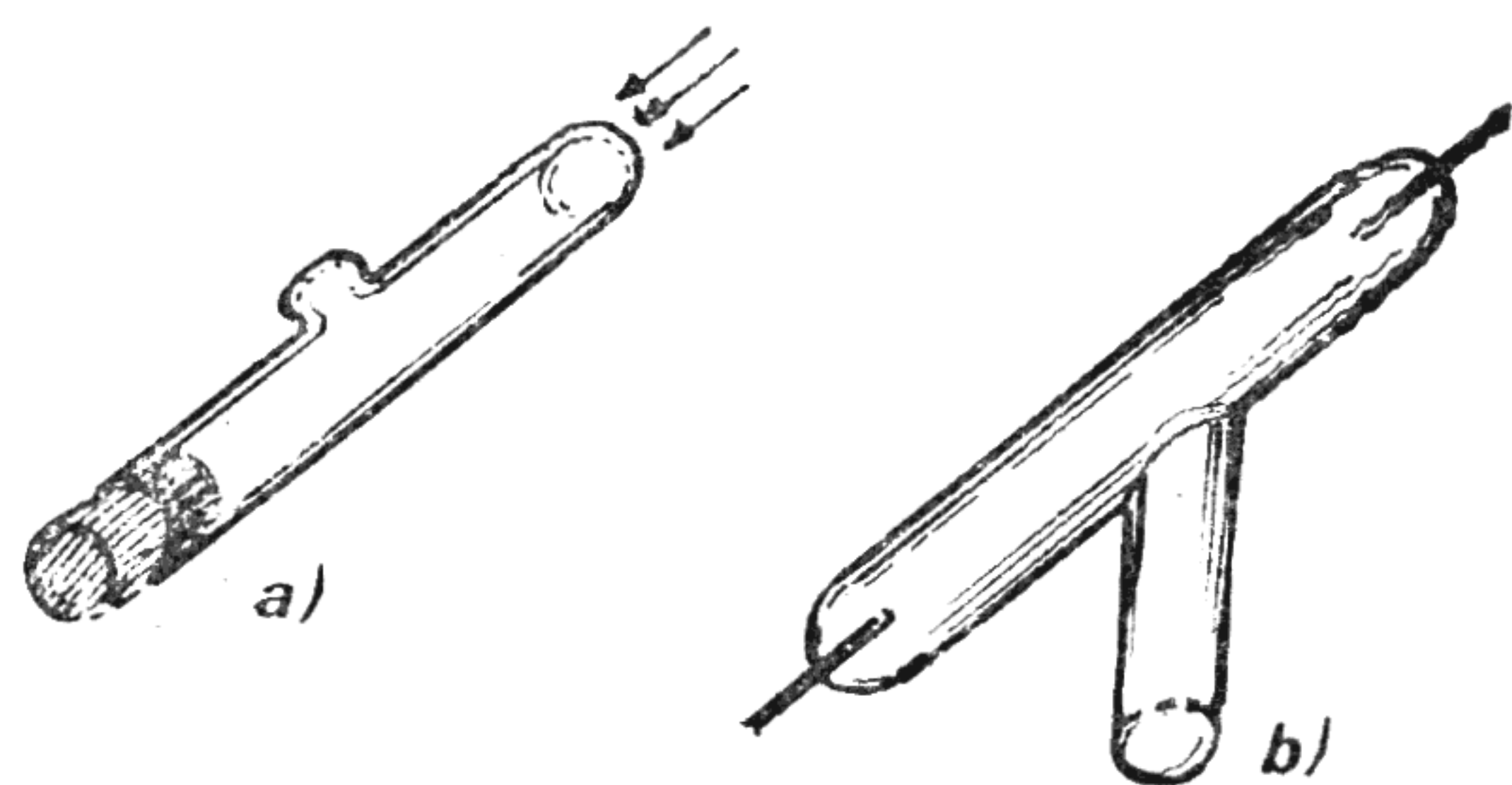
prin tubul de legătură în tubul de descărcare, luînd locul aerului care iese afară prin celălalt tub. După cîteva secunde astupați la flacără tubul scurt prin care iese aerul, apoi și celălalt, obținînd un tub ca cel din figura 6.2.f.

Tuburile astfel realizate le legați la polii mașinii electrostatice, ca și becul ars de lanternă, obținînd descărcări luminiscente.

Experiențe de același gen, dar folosind pompa de vid și mașini electrostatice mai puternice, sau bobine de inducție, făceau și fizicienii din secolul trecut, încercînd să-și explice fenomenele care se petreceau.

Și iată ce se petrecea în tub. Cît timp presiunea aerului din interior era apropiată de aceea a aerului exterior, nu se petrecea nimic. Apoi, pe măsură ce presiunea scădea, în tub apăreau unul sau mai multe fire luminoase șerpuite, instabile, ca în fig. 6.3.a; presiunea scăzînd și mai mult, firele luminoase se îngroașă, ajungînd, la un moment dat să formeze o coloană luminoasă care umple tot tubul (fig. 6.3.b.). Acesta este, de fapt, efectul pe care l-ați obținut și voi.

În continuare, la presiuni și mai mici, adică cu cît vidul este mai înaintat, coloana luminoasă se segmentează căpătînd aspectul unui teanc de farfurii pus în tub și se scurtează pe măsura scăderii presiunii (fig. 6.3.c.). Coloana se scurtează rămînînd lipită de electrodul legat la polul pozitiv — denumit anod — și depărtîndu-se de catod, adică de electrodul legat la polul negativ, care rămîne totuși într-o teacă luminoasă. Scăzînd presiunea în continuare, coloana se scurtează și mai mult, teaca luminoasă se desprinde de pe catod, devenind „lumina negativă“ (fig. 6.3.d.) pentru ca, la presiuni foarte mici, fenomenele luminoase să dispară, iar în partea opusă catodului, sticla să capete o luminiscentă verde (fig. 6.3. e.) indiferent de poziția anodului.



www.StartSpreViitor.ro

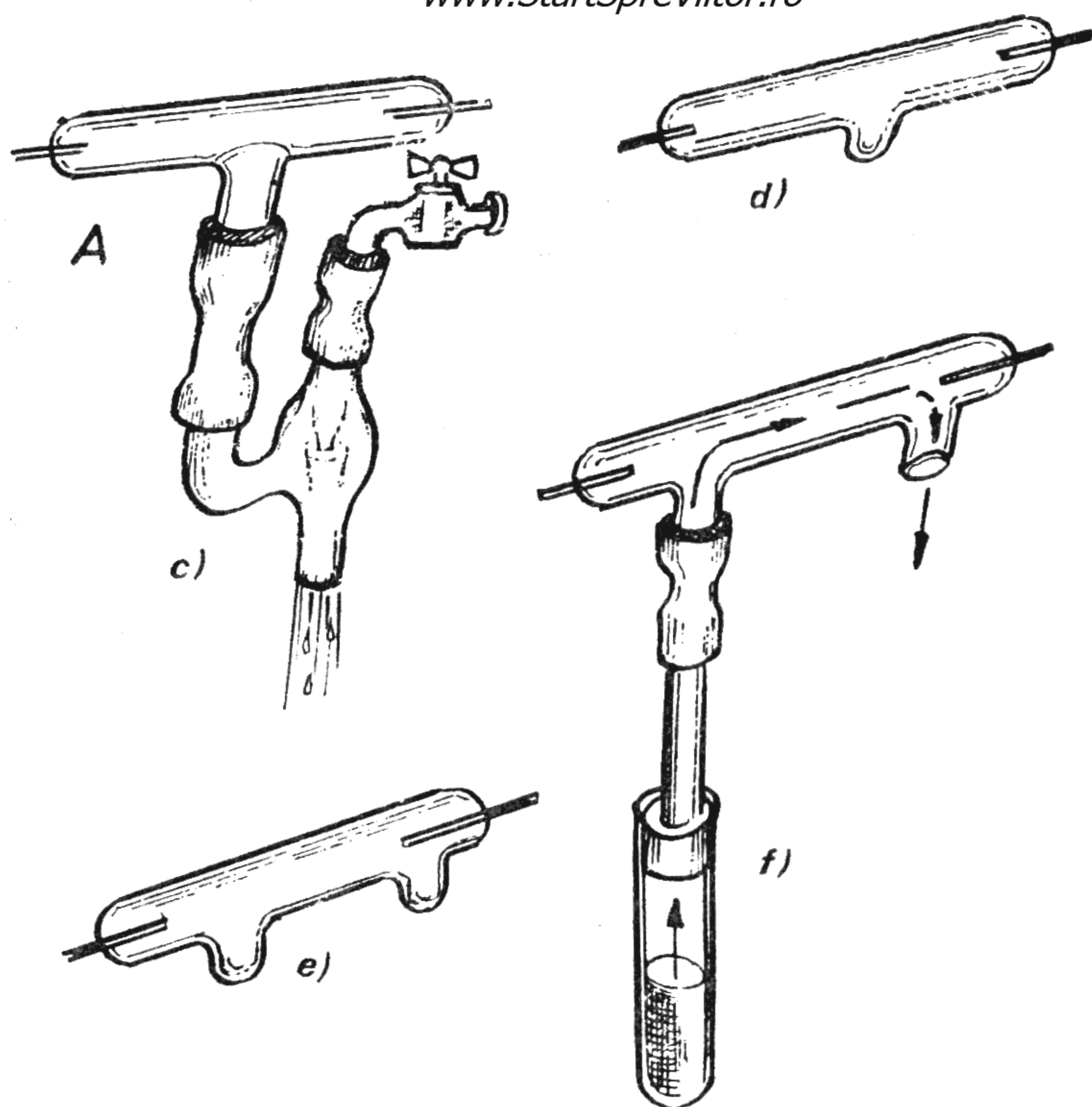


Fig. 6.2. Confectionarea tuburilor de descărcare

Pentru o parte din fenomenele observate s-a găsit o explicație corectă, bazată pe ceea ce se știa deja, și anume pe faptul că toate corpurile, inclusiv gazele, sînt formate din molecule și acestea sînt compuse din atomi. Atomii — cele mai mici particule în care se poate divide un element păstrîndu-și

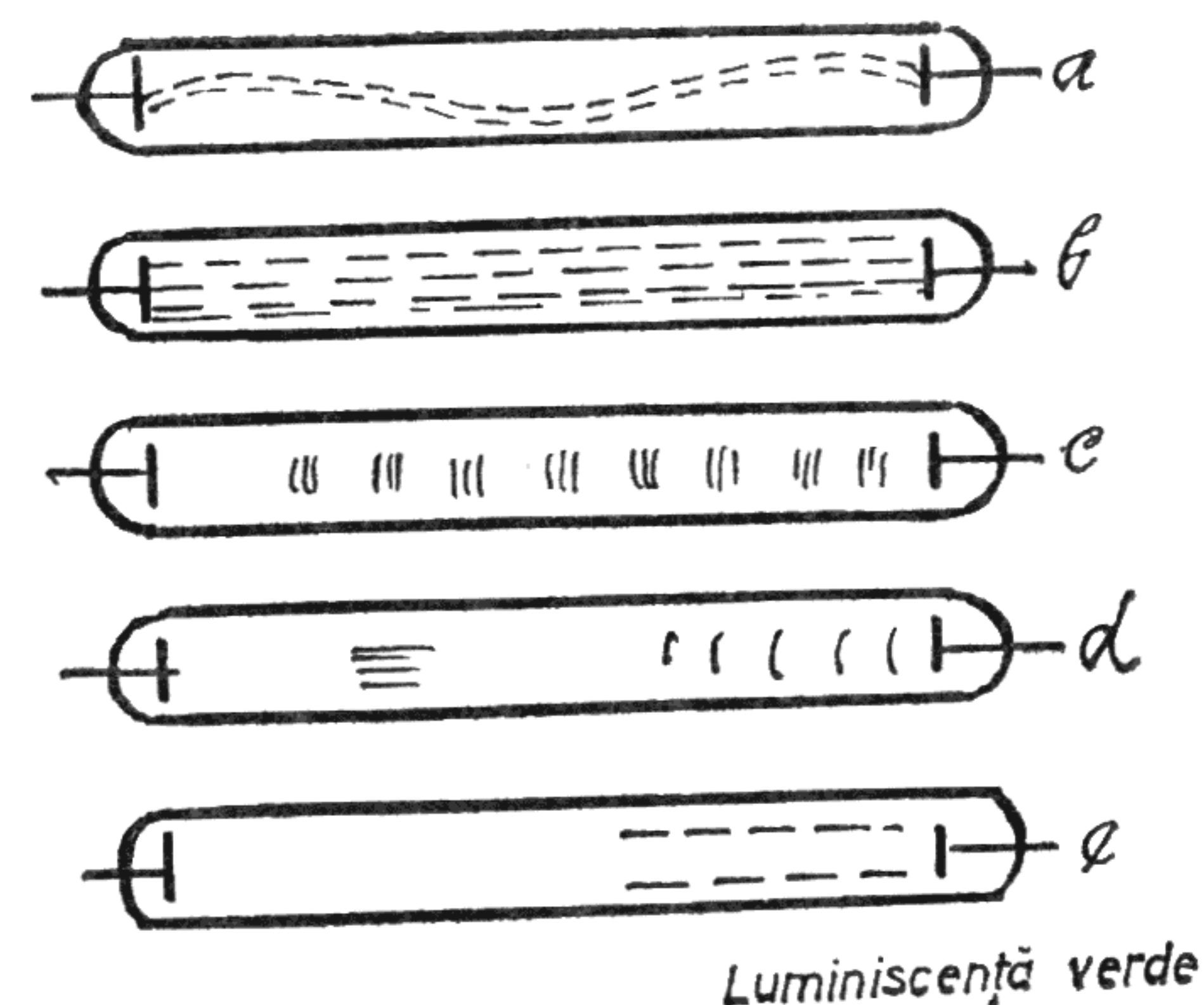


Fig. 6.3. Fenomene luminoase în tuburi de descărcare

proprietățile — se credea că nu mai pot fi divizați, neavînd structură. Moleculele și atomii sînt, în mod obișnuit, neutri din punct de vedere electric, adică nu au sarcină electrică. Din acest motiv, gazele nu sînt conducătoare de electricitate. În anumite condiții, sub acțiunea căldurii sau a unui cîmp electric, moleculele de gaz se pot desface în particule formate din unul sau mai mulți atomi încărcăți cu electricitate. Aceste particule, denumite ioni, au fie sarcină pozitivă, fie sarcină negativă, iar la descompunerea unei molecule se formează o pereche de ioni cu sarcini diferite. Sub acțiunea cîmpului electric aplicat la electrozi, ionii negativi sînt accelerați spre anod și cei pozitivi spre catod. În drumul lor spre electrozi, ionii se ciocnesc cu moleculele pe care le ionizează, pierzîndu-și din energie, sau se pot întîlni cu ioni de sarcină opusă cu care reformează moleculele. Datorită acestor ciocniri, la presiune normală, gazele nu pot conduce curentul electric. Dar cînd gazul este rarefiat, ciocnirile sînt mai puțin probabile și ionii pot ajunge la electrozi, curentul electric trecînd prin gaz. Această trecere se manifestă prin fenomenele luminoase observate în tuburi. Deci, pe măsură ce gazul se rarefiază, din ce în ce mai mulți ioni ajung la electrozi. Dar (după ce gazul a fost rarefiat sufi-

cient, pentru ca să fie complet ionizat) rarefiind în continuare, fenomenele luminoase se atenuază, pentru că, scăzând cantitatea de gaz din tub, scade implicit numărul ionilor. Când tubul a fost complet vidat, ar trebui să nu se mai întâmple nimic. Totuși apare luminescența verzuie a sticlei. Acest ultim aspect n-a mai putut fi explicat cu ajutorul cunoștințelor de fizică existente în secolul trecut. Era nevoie de ceva nou. Mai întâi s-a presupus că luminescența sticlei se datorează unei radiații și, pentru că apărea în partea opusă catodului, s-a considerat că radiația este emisă de acest electrod. Se găsește, deci, denumirea de *radiații catodice*. Dar ce erau acestea?

De data aceasta se înfruntau două concepții. Fizicienii germani în special, susțineau că radiațiile erau electromagnetice, deoarece erau deviate de magneti. Dar și un șir de particule în mișcare, încărcate cu electricitate, poate fi deviat de un magnet și de aceea, alți fizicieni, al căror exponent era J. J. Thompson, considerau că radiația este formată din particule. Ținând seama de sensul devierii și de polaritatea magnetului, rezultă că particulele sînt încărcate cu sarcini electrice negative. Dar, dacă erau particule încărcate, ar fi trebuit să fie deviate și de un câmp electric. Acest lucru nu se întâmplă. Lipsa devierii în câmp electric nu se datora însă faptului că radiația catodică nu constă din particule, ci vidării insuficiente a tubului. Într-adevăr, în tub rămînea suficient aer rarefiat, bun conducător de electricitate, care nu permitea să se mențină câmpul electric, pentru că transmitea sarcinile acestuia. Această constatare l-a determinat pe Thompson să reducă și mai mult presiunea din tub și apoi să încerce să devieze radiațiile cu ajutorul unui câmp electric. Experiința a reușit. Radiațiile au fost deviate de câmpul electric și anume într-un sens care concorda cu ipoteza că au o sarcină electrică negativă.

Radiațiile erau, deci, formate din particule, dar ce fel de particule? Thompson a continuat studiul lor, încercînd să le determine proprietățile. Pentru că deviațiile erau greu de măsurat, a construit un tub special, (fig. 6. 4.) în care putea devia radiațiile catodice concomitent cu un câmp magnetic și unul electric. Și-a reglat astfel câmpurile magnetic și electric, că cele două deviații să se compenseze, putînd astfel calcula raportul dintre sarcina și masa particulei. Rezultatul a fost surprinzător. Raportul dintre sarcină și masă era de 1000 de ori mai mare decît cel corespunzător celor mai ușori ioni cunoscuți, cei de hidrogen. Această particulă era electronul, a cărui descoperire a dovedit că atomii nu sînt

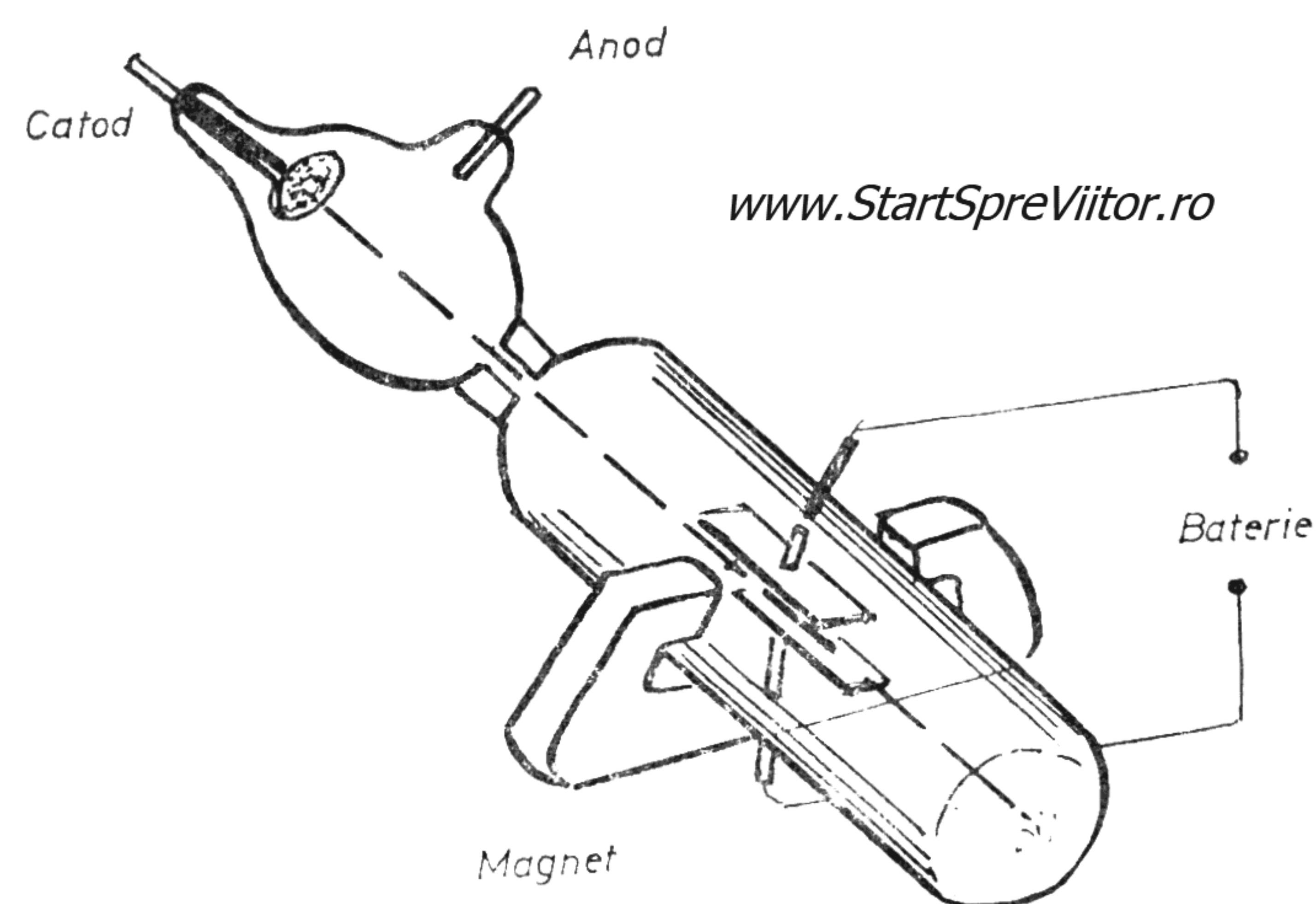


Fig. 6.4. Tubul de descărcare al lui Thompson

cele mai mici particule posibile, ci au o structură, al cărui studiu a dus la apariția fizicii atomice.

În tuburile de descărcare, electronii erau emiși de catodul încărcat cu sarcini electrice negative, dar electrozii pot emite electroni și când sînt încălziți pînă la incandescență, prin *efect termoionic*, ca în tuburile electronice, sau când sînt iluminate, prin *efect fotoelectric*, ca în celulele fotoelectrice. Folosind un tub electronic indicator de acord de tipul ce-

lor folosite la aparatele de radio, puteți determina și voi raportul dintre sarcina și masa electronului. Odată cu tubul electronic de tip EM 84, va trebui să vă mai procurați un soclu miniatură noval, adică cu nouă contacte în care să între cele nouă piciorușe ale tubului electronic, un potențiomtru de 500 k $\Omega$  — 1 M $\Omega$  cu buton, 10 baterii de 9 V, o baterie de 6 V, plăci de plastic, sîrmă de cupru emailat cu diametrul de 0,3 mm, carton, cîteva șuruburi cu piulițe, cîteva bucăți de sîrmă de cupru izolată și o bucată de hîrtie de calc.

Mai întîi veți executa suportul din plăci de plastic, gros de 2 mm, conform figurii 6.5. Nu vă sînt necesare alte indicații pentru realizarea suportului, deoarece sînteți acum familiarizați cu astfel de construcții. Urmează confecționarea carcasei bobinei din carton cu diametrul de 90 mm și înălțimea de 100 mm. Pe această carcasă bobinați 160 de spire de sîrmă de cupru emailată de 0,3 mm. Montajul se începe cu introducerea soclului în gaura de 16 mm a plăcuței verticale a suportului și lipirea sa cu puțin „Stirocol“ de aceasta. Apoi de contactele numărul 3, 4, 5, 6 și 7 ale soclului, veți lipi cu cositor cîte o bucată de sîrmă izolată, lungă de circa 200 mm, pe care le treceți prin gaura  $\varnothing$  5 făcută la piciorul plăcuței verticale. Montați, în gaura  $\varnothing$  10 potențiomtrul, folosind pentru fixarea sa piulița cu care era prevăzut. Firul care vine de la contactul 7 al soclului îl lipiți cu cositor de borna centrală a potențiomtrului, iar cele care vin de la contactele 3 și 6, de celelalte două borne.

Șase șuruburi M 3 prevăzute cu cîte două piulițe formează cele trei perechi de borne ale montajului experimental. La una din bornele din apropierea potențiomtrului conectați, printr-o sîrmă izolată, borna potențiomtrului la care este legat contactul 6 al soclului și notați-o cu „+“. La cea de a doua

bornă de lîngă potențiomtru, pe care o veți nota cu „—“ legați borna potențiomtrului de care este lipită sîrma care vine de la contactul 3 al soclului.

La bornele din partea opusă potențiomtrului, legați sîrmele lipite la contactele 4 și 5 ale soclului, iar de bornele laterale, veți lega cele două capete ale bobinei.

*www.StartSpreViitor.ro*

Înainte de a monta bobina pe suport, cu ajutorul a două mici colțare de carton lipite cu „Stirocol“ și de a-i lega bornele, introduceți tubul EM 84 în soclu. Pe ecranul tubului, lipiți cu ajutorul a două bucățele de bandă adezivă o bucată de hîrtie de calc. Legați apoi în serie cele 10 baterii de 9 V și conectați bateria de 90 V astfel obținută, la bornele de lîngă potențiomtru, avînd grijă să legați plusul bateriei la borna „+“ și minusul bateriei la borna „—“.

Bateria de 6 V o legați la bornele opuse potențiomtrului. După puțin timp, ecranul verzui al tubului se va lumina, avînd însă la mijloc o zonă întunecată. Rotind butonul potențiomtrului, subțiați această zonă întunecată cît puteți de mult. Trasați cu un creion pe hîrtia de calc direcția acestei linii întunecate și apoi legați bornele bobinei la un capăt al bateriei de 90 V și peste 2 baterii de 9 V. Veți observa că linia întunecată s-a înclinat. Trasați cu creionul această nouă direcție pe hîrtia de calc. Întrerupeți legăturile electrice și dezlipiți hîrtia de calc.

Cele două linii întunecate reprezintă de fapt direcția pe care se deplasează electronii în interiorul tubului. Mai întîi, cînd bobina nu era parcursă de curent și, apoi, cînd bobina creează un cîmp magnetic deviind electronii. Schimbarea direcției se datorează deci devierii magnetice, astfel că măsurînd unghiul  $\beta$  de deviere, puteți calcula raportul dintre sarcina „e“ și masa electronilor „m“ cu formula :

$$\frac{e}{m} = \cos^2 \beta (1 - \cos^2 \beta) = \left( \frac{\sin 2\beta}{2} \right)^2$$

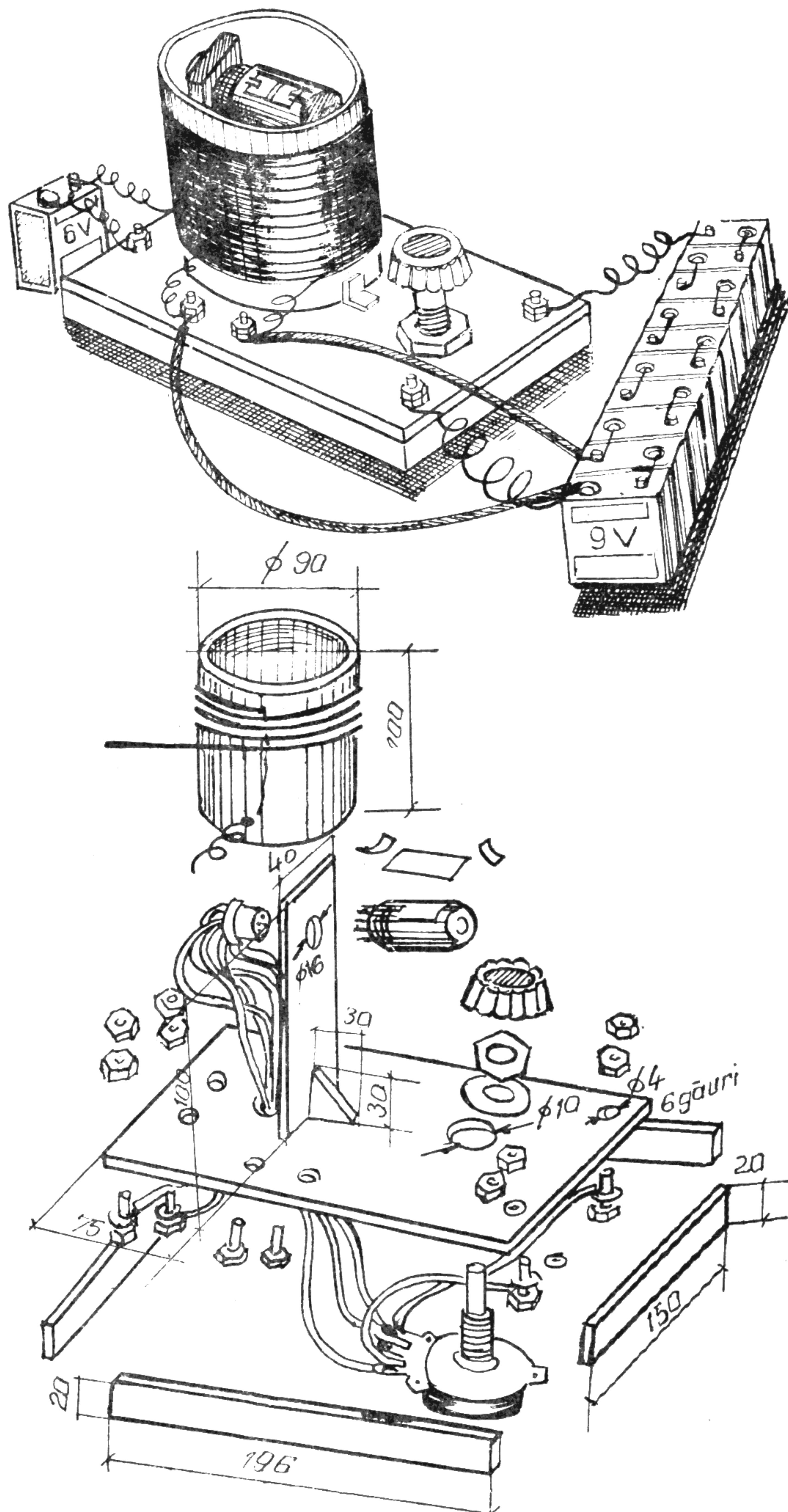


Fig. 6.5. Determinarea sarcinii specifice a electronului  $e/m$

După ce a obținut acest rezultat, Thompson și-a repetat experiența folosind tuburi cu gaze diferite și cu electrozi făcuți din materiale diferite. Totuși rezultatul a fost mereu același, ceea ce a condus la concluzia că electronii există în atomii tuturor elementelor, dar numărul lor diferă de la un element la altul.

Prin urmare, electronul este unul din constituenții universali și fundamentali ai materiei. Dar, deoarece atomul, ca întreg, este neutru din punct de vedere electric, înseamnă că el trebuie să conțină o sarcină electrică pozitivă, care să anuleze sarcina negativă a electronilor. Thompson a sugerat că sarcina pozitivă este distribuită în tot volumul atomului, ocupînd un spațiu vast și constituind o „sferă de electricitate pozitivă uniformă”, iar electronii

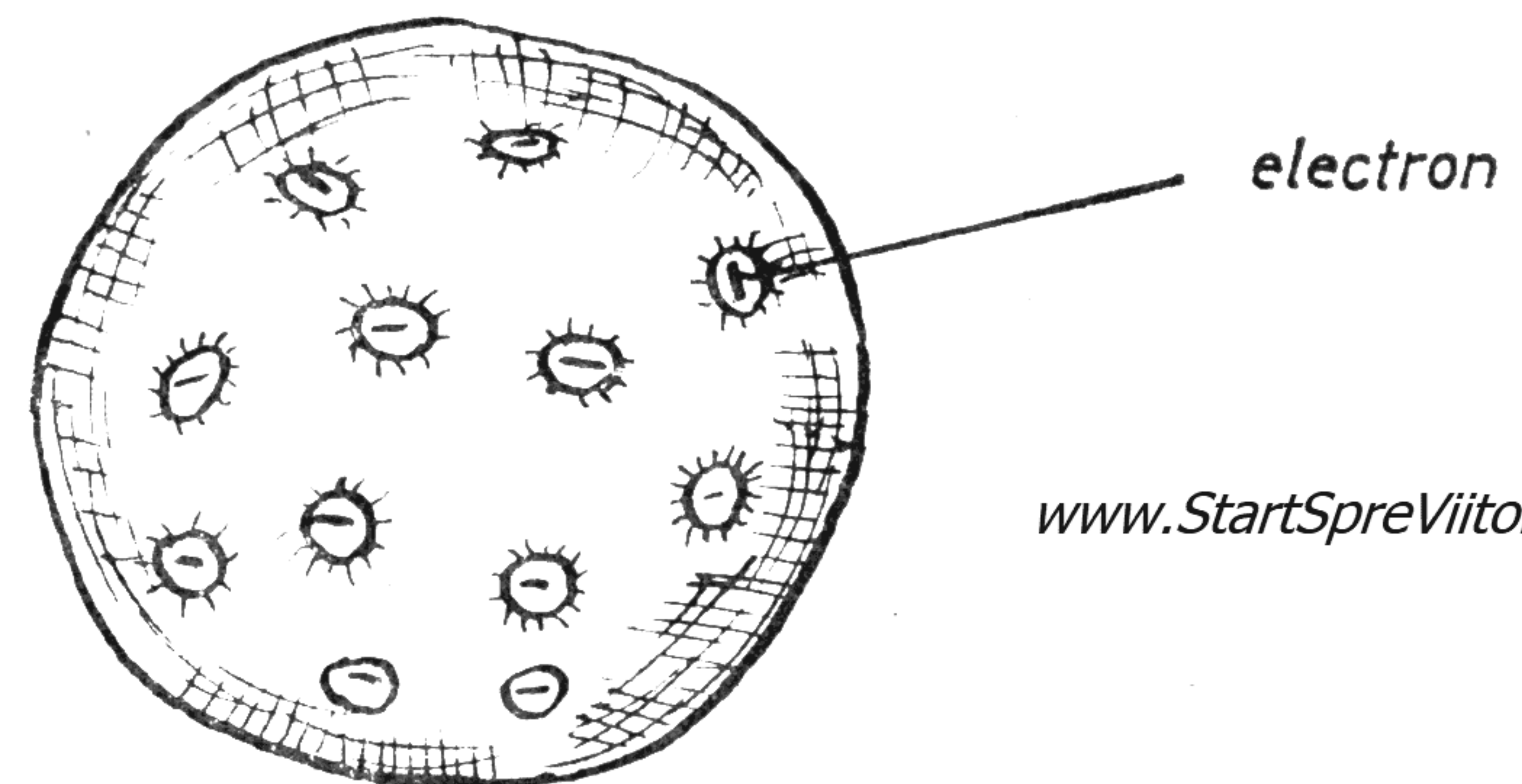


Fig. 6.6. Modelul atomic al lui Thompson

sînt distribuiți uniform în această sferă, ca în fig. 6.6.

Chiar dacă acest model nu corespunde structurii reale a atomului, el a avut meritul că a arătat că atomul neutru este un sistem de sarcini electrice

negative (purtate de electroni) și de sarcini electrice pozitive. Cu ajutorul lui a putut fi studiată radioactivitatea, descoperită cu un an înaintea electronului, demonstrându-se că radiația materialelor radioactive constă din emisia a trei tipuri de particule:  $\alpha$  cu sarcină electrică pozitivă,  $\beta$  cu sarcină electrică negativă și  $\gamma$  neutre. Rutherford, cel care a studiat proprietățile acestor particule, a observat însă un fenomen care nu concorda cu modelul atomic al lui Thompson. Era vorba de împrăștierea particulelor  $\alpha$  la trecerea printr-o foiță de aur foarte subțire. Așa cum demonstrase Rutherford, particulele  $\alpha$  au masa de 7350 mai mare ca a electronului și o sarcină electrică pozitivă de două ori mai mare decât cea negativă a electronului. La trecerea prin foița de aur, cele mai multe particule  $\alpha$ , după ce au trecut prin foiță, își continuă drumul nedeviate sau sînt împrăștiate sub unghiuri mici, în timp ce alte cîteva sînt deviate la unghiuri mari, sau sînt chiar respinse. În acord cu modelul atomului imaginat de Thompson se pot explica doar unghiurile de împrăștiere mici: ele se datoresc devierii particulelor  $\alpha$  ce trec prin vecinătatea electronilor din atom în cîmpul lor electrostatic. Foarte greu se putea însă explica unghiurile de împrăștiere mari și, deloc, cazurile rare de respingere. Singura concluzie era că structura atomului nu este compactă, ci cu spații mari prin care trec particulele nedeviate, iar sarcina sa pozitivă este concentrată în centru, într-un spațiu mic, fiind astfel capabilă să devieze și chiar să respingă particulele pozitive  $\alpha$ .

Astfel, Rutherford a ajuns la un nou model al atomului, compus dintr-un *nucleu* care concentrează în centru, într-un spațiu mic, sarcinile pozitive, în jurul căruia gravitează, ca niște planete, electronii.

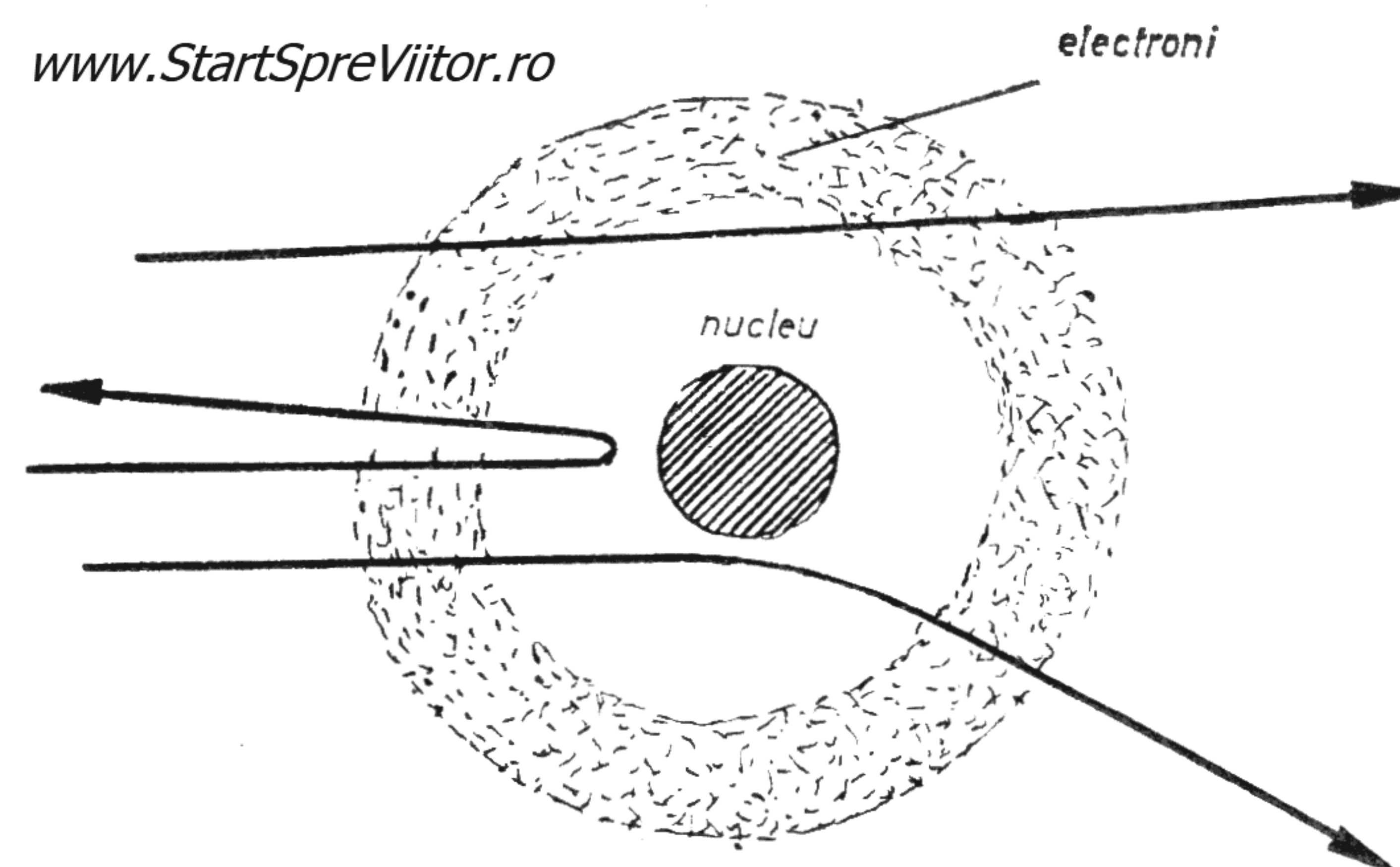


Fig. 6.7. Trecerea particulelor  $\alpha$  prin atom

Între nucleu și electroni există spații mari, astfel că interiorul atomului este în cea mai mare parte liber.

Un astfel de model explica foarte bine trecerea particulelor  $\alpha$  prin foița de aur, cum se vede și din fig. 6.7.

Desigur, experiența lui Rutherford este greu de reprodus în laboratorul nostru. În schimb, puteți, relativ ușor, să o modelați, folosind din nou mașina electrostatică și o biuretă de sticlă (fig. 6.8.) Dacă nu aveți biuretă, o puteți înlocui cu un tub de sticlă cu diametru de 8—10 mm, din cele folosite la confecționarea tuburilor de descărcare, lung de 250—300 mm, căruia îi puneți, la un capăt, o bucată de tub de cauciuc lung de 50 mm, pe care o obturați parțial, strîngînd-o într-o clemă de sîrmă, astfel ca apa turnată în tubul de sticlă să picure.

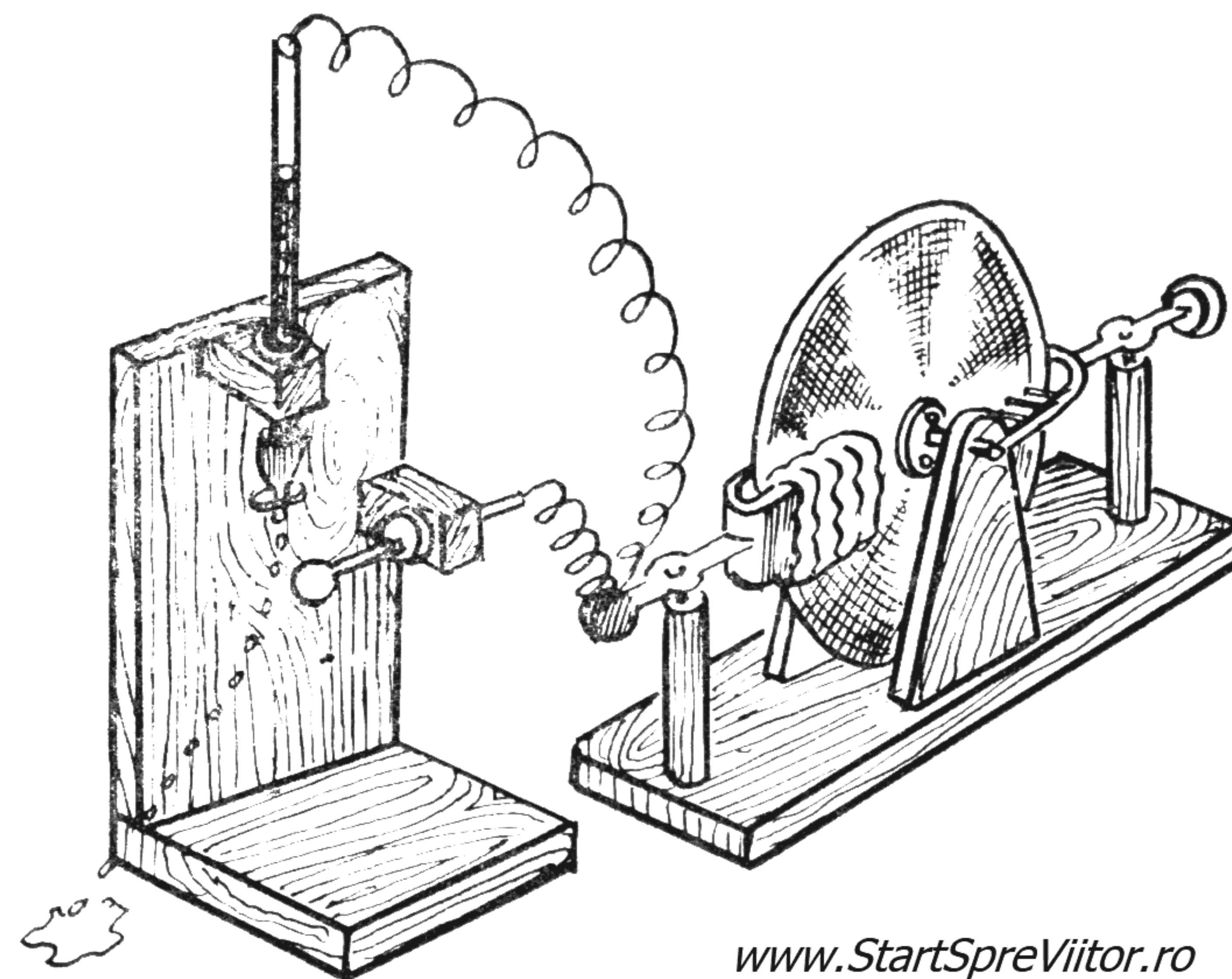
„Biureta“ astfel confecționată o prindeți în poziție verticală pe suportul de lemn, prin intermediul unui manșon de cauciuc tăiat dintr-o bucată de furtun, ca cel din fig. 6.8. Pentru execuția suportului, tăiați patru bucăți de scîndură la dimensiunile din figură. În cele două scînduri late de 25 mm, faceți cîte o gaură de 12 mm, în care veți introduce,

puțin forțat, biureta cu manșon și **electrodul** cu sferă pe care îl executați în continuare. Acesta constă dintr-o sferă cu diametrul de 10—12 mm, care se lipește cu cositor în capătul unei sîrme cu diametrul de 3 mm și lungimea de 80 mm. Drept manșon pentru electrod puteți folosi un dop de plută.

Pentru efectuarea experienței, legați cu o sîrmă izolată sfera la polul pozitiv al mașinii electrostatice și tot la acest pol, legați și biureta cu o sîrmă cărei îi lăsați capătul liber în apă. Umpleți biureta cu apă și reglați-o astfel ca apa să curgă în picături mici. Picăturile vor cădea vertical, la fel ca particulele  $\alpha$  nedeviate. Punînd în mișcare, cu turație cît mai constantă, mașina electrostatică, veți observa că picăturile sînt deviate după o traiectorie hiperbolică. Dacă apropiați sfera de biuretă, picăturile vor fi deviate mai mult. Ați înțeles cu siguranță, că sfera modelează nucleul atomic și picăturile particulele  $\alpha$ .

Modelul atomic al lui Rutherford a reprezentat un important pas înainte, dar, nereușind nici el să explice multe alte fenomene observate, în ultimele decenii a fost treptat perfecționat. Concepția actuală asupra structurii atomului menține nucleul cu sarcinile pozitive în centru, dar electronii se pot mișca numai în interiorul unor zone sferice determinate, denumiți orbitali. Pe acești orbitali, electronii au o mișcare oscilatorie, cu o frecvență bine determinată pentru fiecare element.

Dar sistemele oscilante au o proprietate deosebită. Atunci cînd sînt supuse, din exterior, unei oscilații cu frecvență egală cu frecvența lor proprie, intră în rezonanță, ceea ce înseamnă că amplitudinea oscilațiilor sistemului crește infinit de mult. Atunci, un atom considerat sistem oscilant, dacă ar intra în re-



[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)

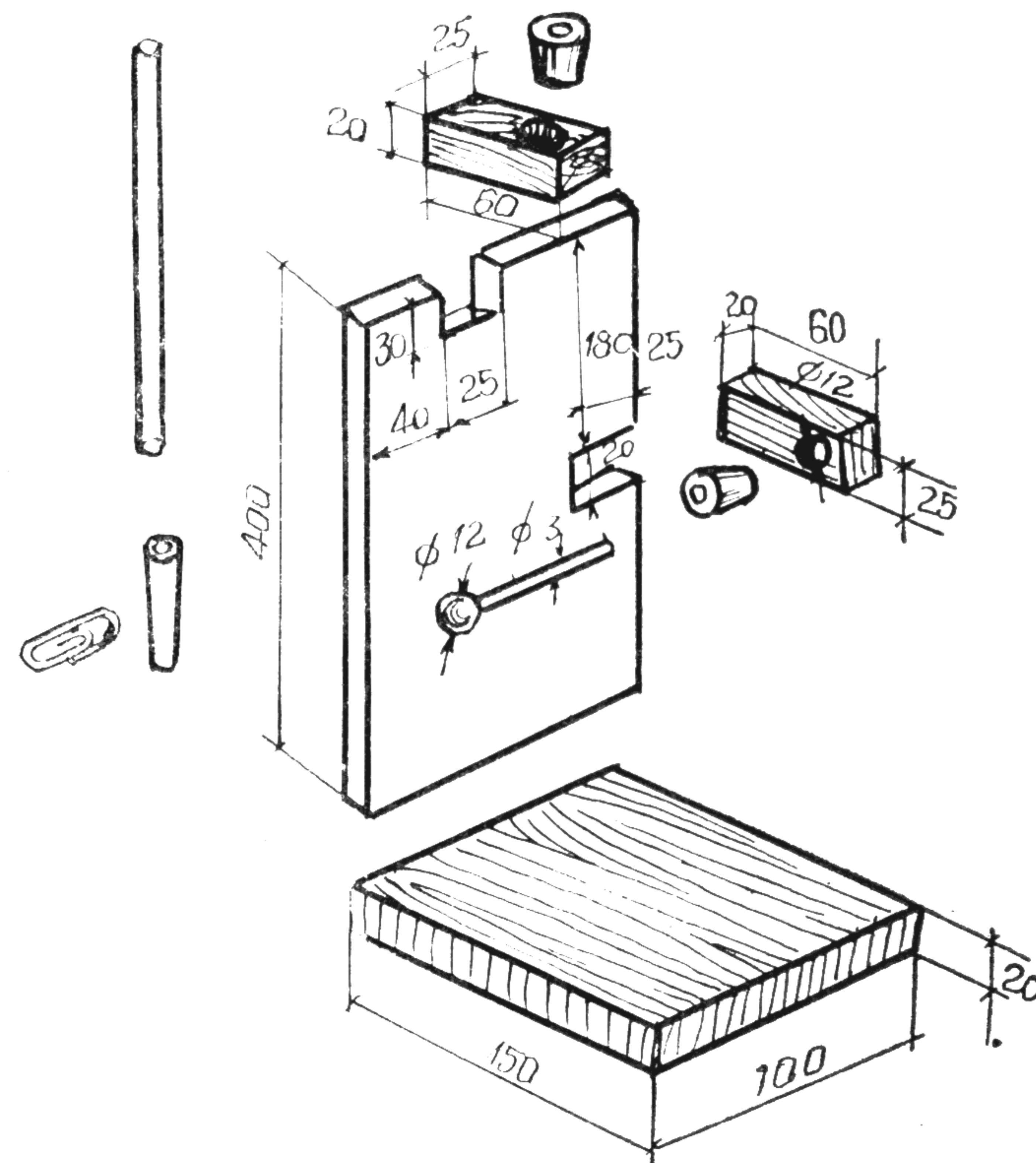


Fig. 6.8. Modelarea împrăstierii particulelor  $\alpha$



zonanță, ar elibera electroni, iar aceștia ar putea genera un curent electric. Aceasta este și ideea care stă la baza „centralei electrice personale” imaginată de inventatorul Michel Meyer, din Franța.

Dacă sînteți la fel de pasionat de electronică ca și de fizică, vă veți putea construi singuri o astfel de centrală personală. Piesa principală — generatorul de electroni — este o simplă bară de cupru foarte pur cu diametrul de 10—12 mm și lungimea de 100 mm

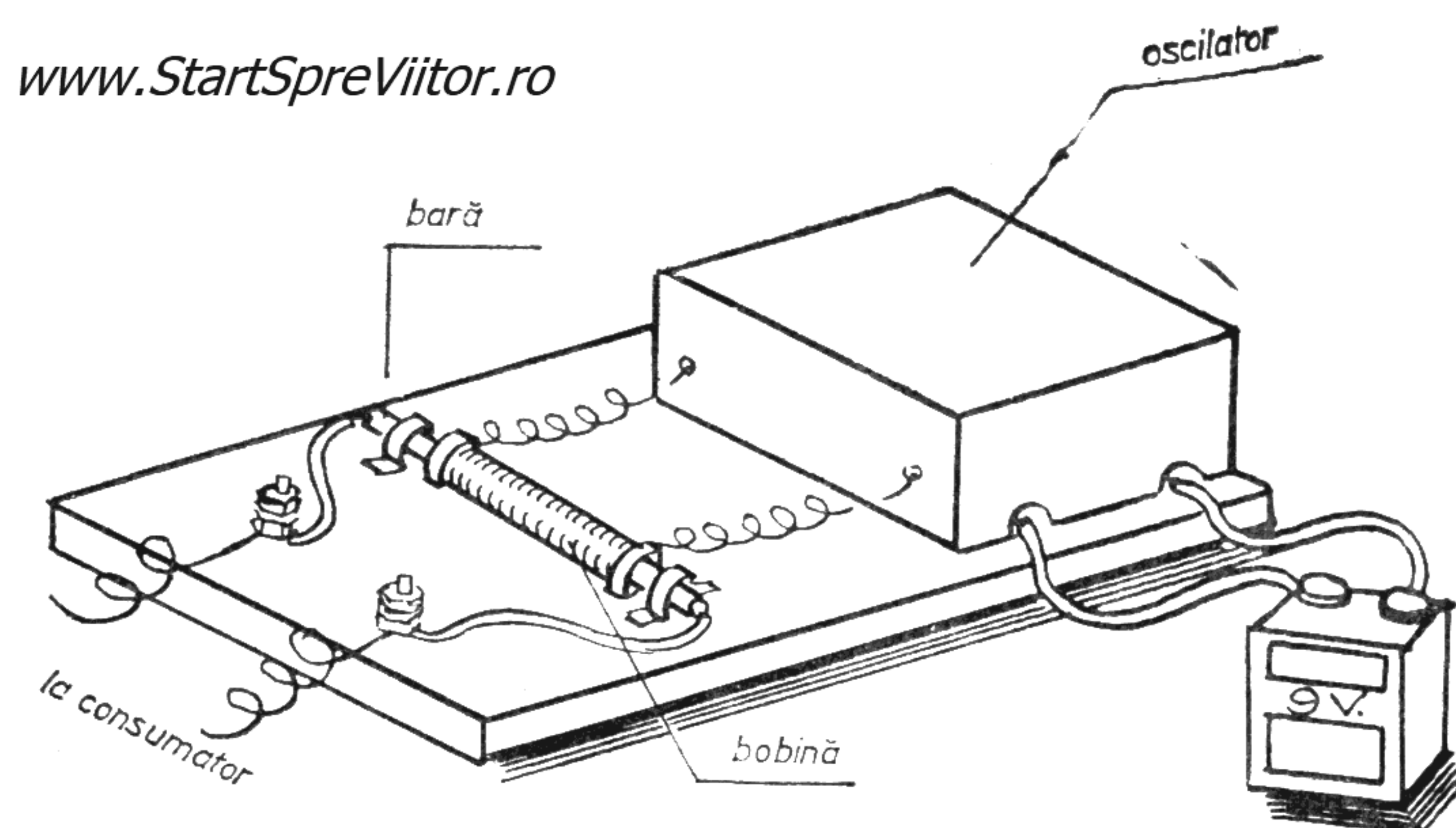


Fig. 6.9. Centrala electrică personală

(fig. 6.9). Pentru ca atomii să intre în rezonanță și să elibereze electronii de pe ultimul orbital, trebuie ca bara de cupru să oscileze cu o frecvență egală cu 172.753,867 Hz. Oscilația se aplică pe cale electromagnetică cu ajutorul unei bobine. Pentru ca forța electromagnetică să oscileze cu frecvența de rezonanță, bobina se alimentează cu un curent care oscilează cu aceeași frecvență, dat de un oscilator. La rîndul său, oscilatorul se alimentează de la o baterie miniatură de 9 V.

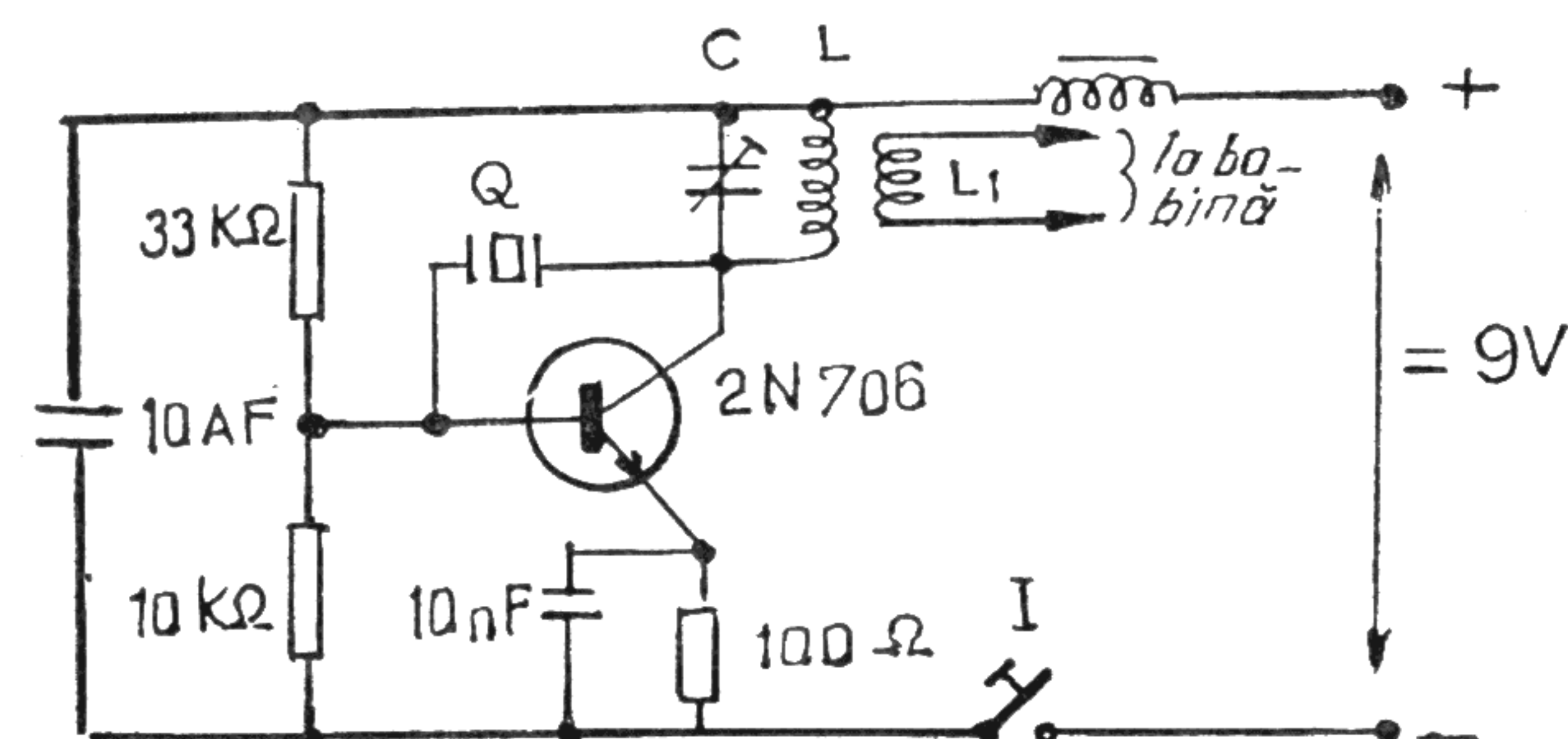
Dacă ați realizat un oscilator cu o stabilitate suficientă în funcționare pentru cei 1,2 W consumați de la baterie, veți obține o putere de circa 7 W la o ten-

siune de circa 20 V. Nu dăm indicații mai detaliate privind construcția practică a centralei, pentru că aceasta depinde de oscilatorul pe care îl folosiți, dar și pentru că sîntem convinși că experiența pe care ați dobîndit-o vă va permite s-o concepeți și s-o construiți singuri.

Pentru construcția oscilatorului va trebui să consultați o carte de electronică sau de construcții pentru radioamatori. Totuși, vă sfătuim să folosiți un oscilator cu cuarț, singurul capabil să asigure stabilitatea necesară a frecvenței. Schema unui oscilator de acest tip este indicată în fig. 6.10.

Valorile pieselor pasive și tipul tranzistorului sînt indicate pe figură. Capacitatea condensatorului semivariabil C și a inducției bobinei L se calculează cu formula:  $L C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f^2}$  în care f este frecvența oscilatorului egală cu 172.753,867 Hz.

Bobina de cuplaj  $L_1$  are un număr de spire de 4 ori mai mic decît cel al bobinei L și se montează pe aceeași carcasă cu aceasta.



Q — cristal de cuarț

Fig. 6.10. Schema oscilatorului centralei

Ați ajuns la sfîrșitul cărții. Poate că mulți dintre voi ați construit aparatele descrise și ați efectuat experiențele prezentate. Ați vrea să mai construiți și altele dar... cartea s-a terminat. Nu vă descurajați,

cartea trebuia să se termine pentru că ea este menită să vă călăuzească doar primii pași ca experimenter fizicieni. De acum porniți singuri înainte. Citiți cărți de fizică, căutați să înțelegeți fenomenele descrise și imaginați-vă construcția care v-ar putea ajuta să le demonstrați. Dacă vreți să deveniți fizicieni, nu așteptați ca alții să vă pună la dispoziție

uneltele necesare cu care să cercetați natura, ci fiți nerăbdători, concepeți și construiți singuri uneltele care vă sînt necesare. Cînd veți ajunge să lucrați astfel, veți înceta să mai fiți mici fizicieni, ca astăzi, devenind fizicieni adevărați, capabili să descopere noi legi ale naturii. *Asta v-o doresc tuturor !*

*[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)*

## CUPRINS

Cuvînt înainte 5

1. Laboratorul micului fizician 7

2. Experiențe de mecanică 18

3. Experiențe de căldură 32

4. Experiențe de optică 41

5. Experiențe de electricitate și magnetism 63

6. Experiențe de fizică modernă 96

*www.StartSpreViitor.ro*

LECTOR : MIHAI CAZIMIR  
TEHNOREDACTOR : ȘTEFANIA MIHAI

---

*Bun de țipar 30.VI.80. Apărut 1980. Coli de tipar 9*

---



Comanda nr. 297  
Combinatul Poligrafic „Casa Scintei”  
București, — Piața Scintei nr. 1  
Republica Socialistă România



[www.StartSpreViitor.ro](http://www.StartSpreViitor.ro)