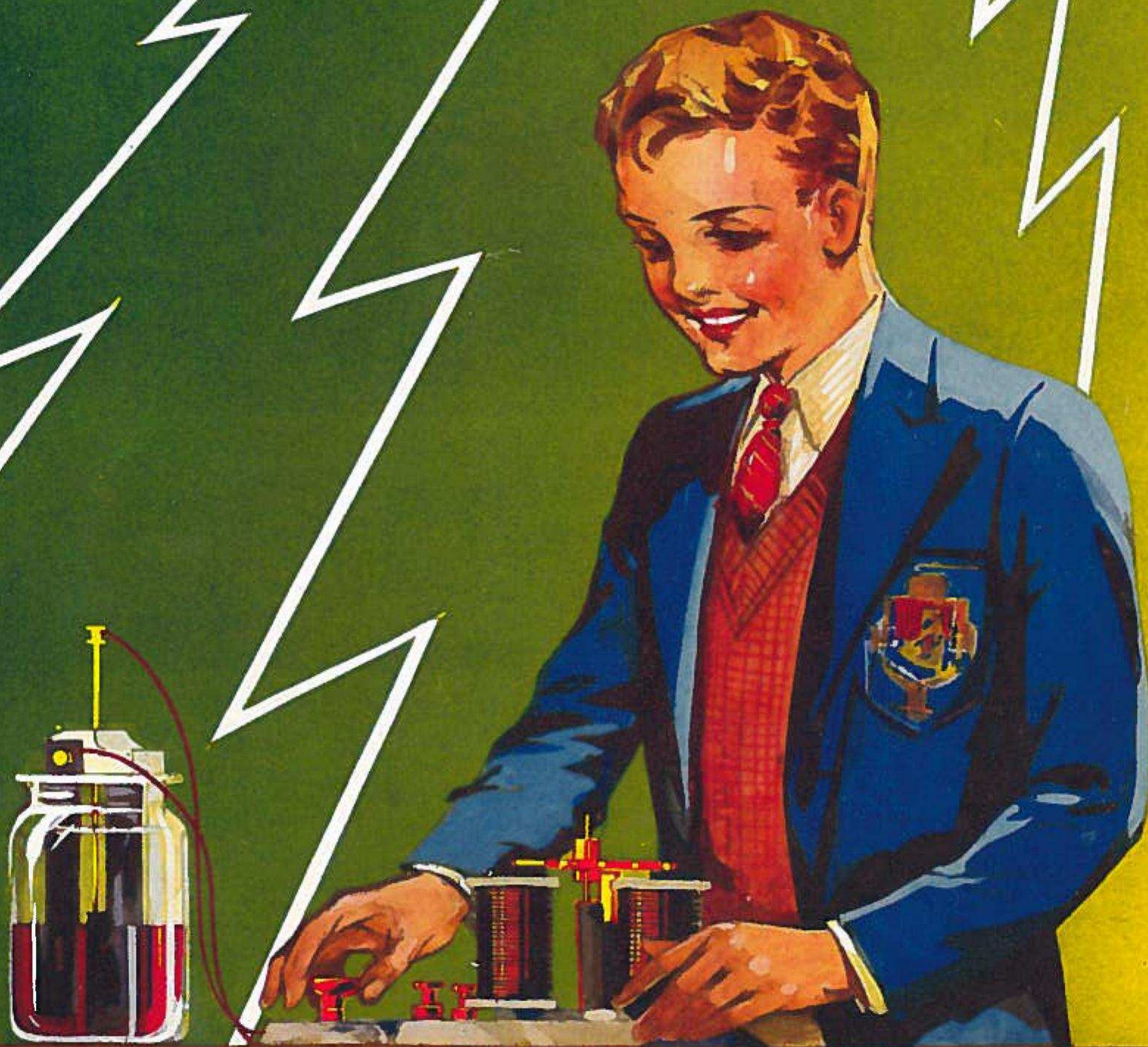


ELEKTRON

EXPERIENCES
ELECTRIQUES



INSTRUCTIONS

POUR

la Boîte No. 1

MECCANO LIMITED

Binns Road, Liverpool 13, ANGLETERRE

PRIX
BELGIQUE
Frs. 9.50
SUISSE
Frs. 1.00

ELEKTRON

EXPÉRIENCES ELECTRIQUES

L'électricité trouve chaque jour des applications de plus en plus vastes pour le chauffage, l'éclairage, l'entraînement des machines et beaucoup d'autres usages encore. Les Boîtes Meccano Elektron ont été spécialement étudiées dans le but d'expliquer à l'aide de toute une série d'expériences extrêmement attrayantes, la façon dont cette force merveilleuse est produite, transmise et utilisée dans notre vie courante.

Le contenu de la Boîte Elektron No. 1 vous permettra de vous initier aux merveilles du magnétisme, d'obtenir des spectres magnétiques et d'étudier les propriétés étonnantes de la boussole marine. Elle vous permettra également de procéder à des expériences d'électricité statique et de pénétrer les secrets de cette force mystérieuse de la nature qui se révèle dans la foudre et qui joue un rôle si important dans la vie moderne.

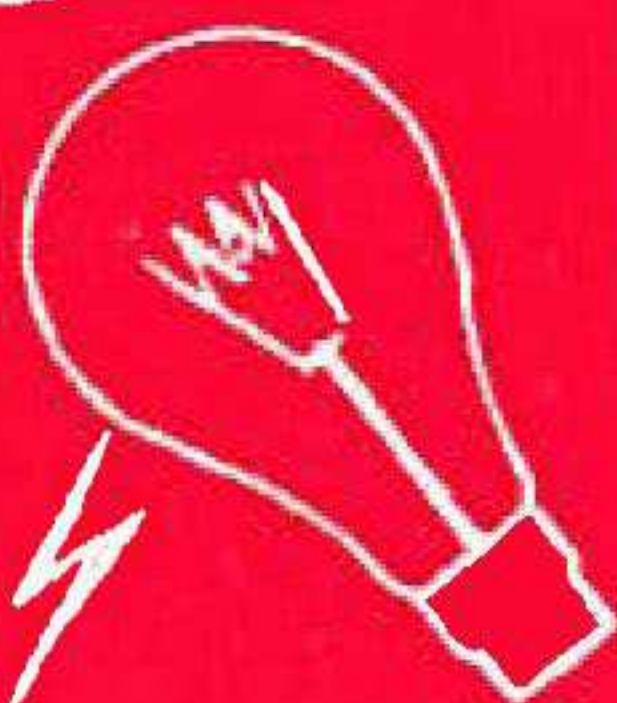
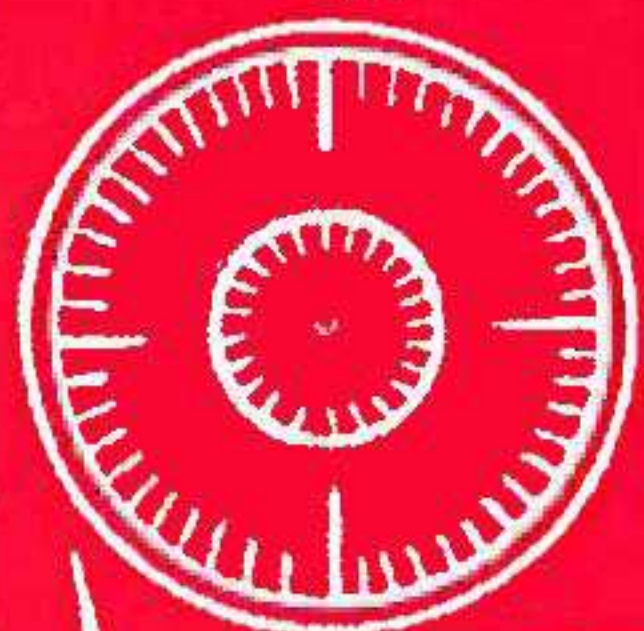
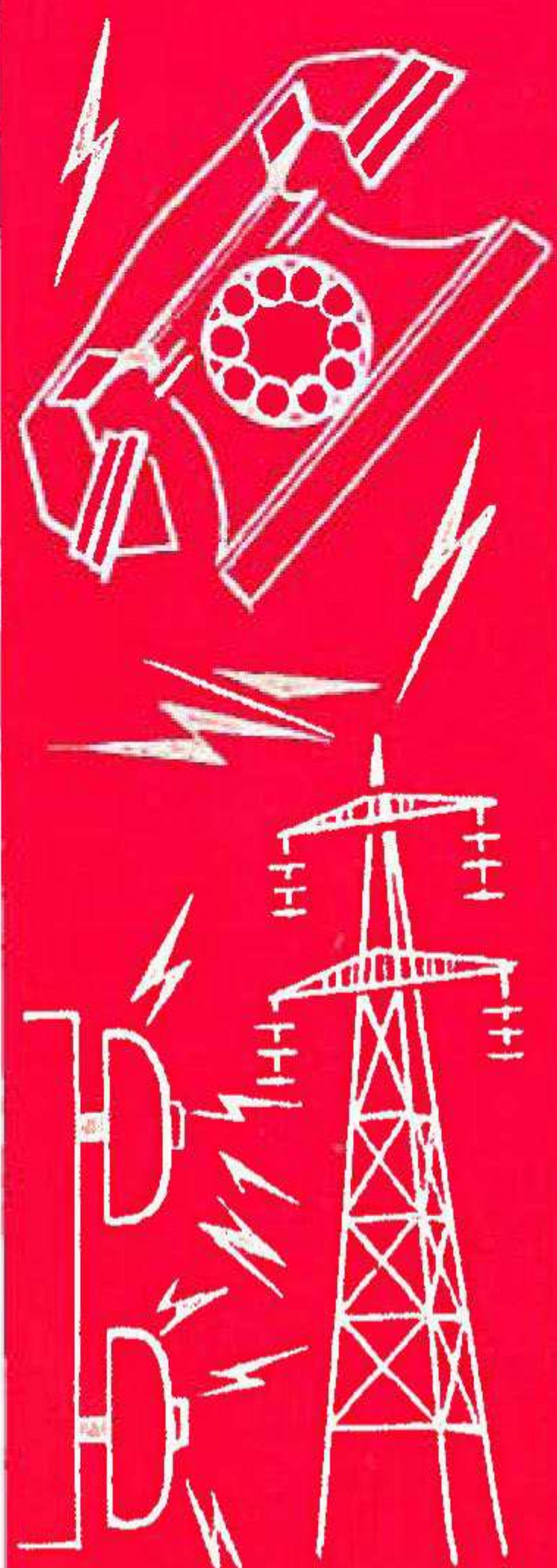
La Boîte complémentaire No. 1A sert à convertir la Boîte Elektron No. 1 en No. 2. Le contenu de cette Boîte permet d'exécuter d'intéressantes expériences avec les courants électriques et donne ainsi une explication du fonctionnement de divers appareils électriques, depuis les simples sonnettes électriques jusqu'aux dynamos et moteurs électriques.

Des articles spéciaux publiés dans le " Meccano Magazine " et consacrés exclusivement aux Boîtes Elektron vous ont dit comment vous procurer le maximum d'amusement avec ces Boîtes et vous ont donnée une description détaillée de nouvelles et intéressantes expériences pouvant être exécutées dans tous les domaines de l'électricité. Le " Meccano Magazine " est lu chaque mois par des milliers de jeunes gens. Il paraît le premier de chaque mois et peut être obtenu chez tous nos dépositaires, ainsi que chez les libraires.

MECCANO LIMITED

LIVERPOOL 13

ANGLETERRE



I Partie. MAGNÉTISME

L'histoire du magnétisme remonte au jour lointain où nos ancêtres s'aperçurent que certains minerais de fer possèdent la propriété

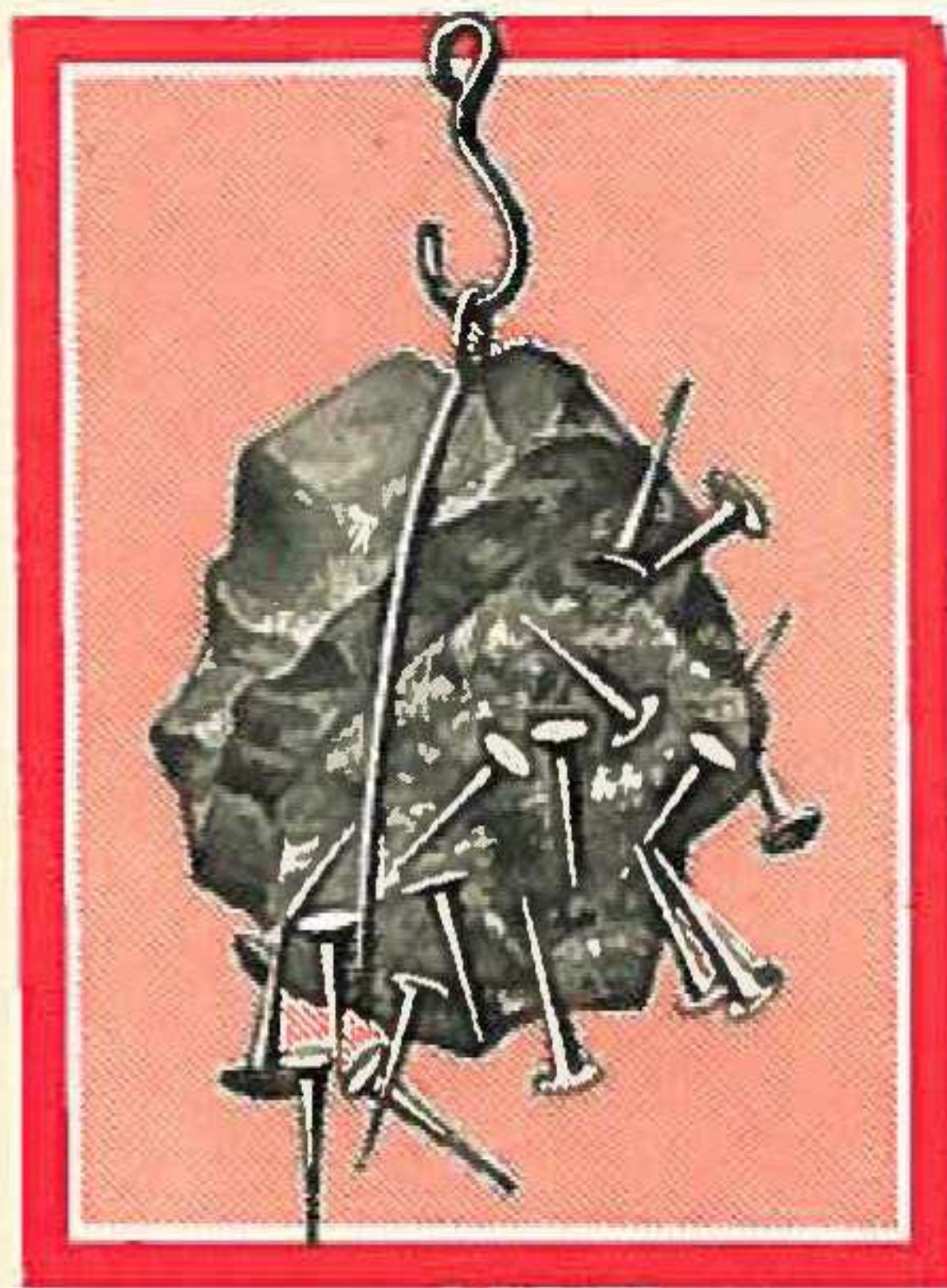


Fig. 1. Aimant naturel plongé dans un tas de clous.

merveilleuse d'attirer des morceaux de fer, et de s'orienter eux-mêmes dans la direction Nord-Sud lorsqu'ils sont librement suspendus.

Il paraît que les Chinois faisaient usage de la boussole plus de mille ans avant l'ère chrétienne. Ils en enseignèrent l'usage aux Arabes, qui la transmirent eux-

mêmes aux Occidentaux, à l'époque des Croisades. Ce minéral remarquable, appelé aimant naturel, fut connu dans certaines parties de l'Europe bien avant que l'usage de la boussole fût universellement répandu. Des gisements importants d'aimant naturel furent découverts en Magnésie, en Asie Mineure, et le nom de "magnétisme" employé aujourd'hui pour désigner la puissance étrange de l'aimant, provient lui-même du nom de cette province.

Les aimants artificiels ne paraissent pas avoir été connus en Europe avant le XII-me siècle. Ils sont à peu près les seuls employés, car on peut régler à volonté leur forme, leurs dimensions et leur donner une puissance supérieure à celle des aimants naturels. Un aimant artificiel peut être fabriqué facilement. Prenez un barreau d'acier et frottez-le à plusieurs reprises et dans la même direction avec une des extrémités d'un morceau d'aimant naturel ; le barreau d'acier acquerra toutes les propriétés d'un aimant, c'est-à-dire qu'il attirera des morceaux de fer et d'acier, et que, librement suspendu, il s'orientera dans la direction Nord - Sud. L'acier devient ainsi un aimant artificiel et, attendu que l'aimant naturel ne perd rien de son magnétisme, vous avez toujours la possibilité de préparer un nombre illimité d'aimants artificiels. Un barreau de fer peut

être aimanté exactement de la même façon et même bien plus facilement que l'acier. Par contre, il ne reste pas aimanté bien longtemps, tandis que l'acier conserve son magnétisme. Il est à remarquer que plus l'acier est dur, mieux il conserve son magnétisme, et c'est la raison pour laquelle les aimants artificiels sont fabriqués avec de l'acier durci par un procédé spécial.

Barreaux Aimantés et Aimants en Forme de fer à Cheval

La Boîte Elektron contient deux Barreaux Aimantés (Pièce No. 1505) en acier durci qui permettent de procéder à de nombreuses expériences fort intéressantes.

Si vous essayez d'attirer avec un des aimants des aiguilles, des plumes, ou d'autres petits objets en fer ou en acier, vous remarquerez que tous ces objets ne sont attirés que par ses extrémités, sa région moyenne n'ayant absolument aucun effet sur eux. On peut démontrer la même propriété curieuse de l'aimant en le roulant dans de la limaille, répandue sur une feuille de carton ou de papier (une quantité suffisante de cette limaille est contenue dans un tube de verre, pièce No. 1513) ; la limaille

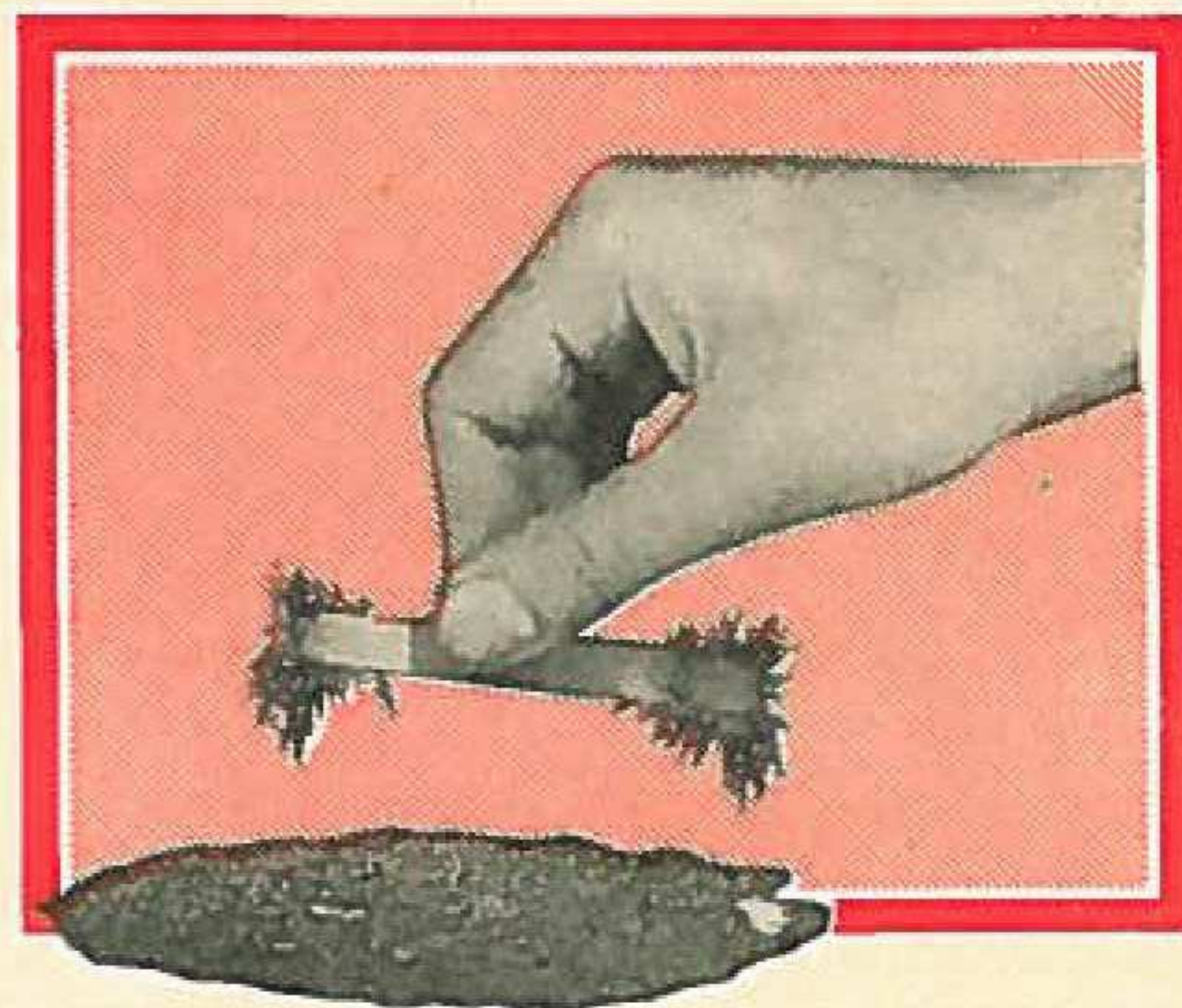


Fig. 2. La force d'attraction de l'aimant est concentrée sur ses pôles.

se concentrera rapidement sur les deux extrémités de l'aimant, tandis que sa région moyenne n'aura aucun effet sur elle.

Les aimants ne possèdent pas dans toutes leurs parties une égale force magnétique ainsi, dans un barreau d'acier aimanté, la force magnétique, nulle dans la région moyenne,

croît à mesure qu'on s'approche de ses extrémités. Les deux points extrêmes, paraissant

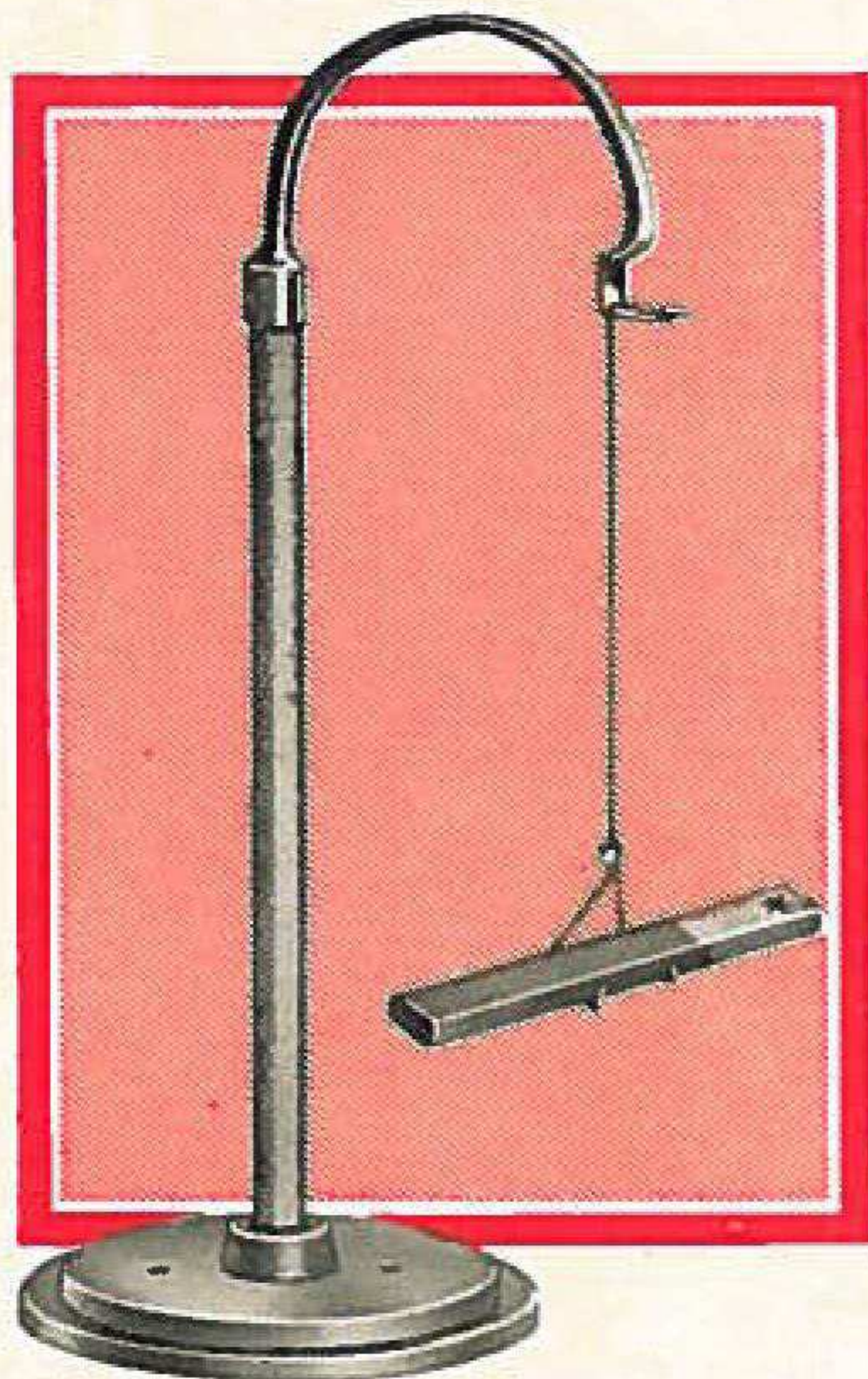


Fig. 3. Un aimant librement suspendu s'oriente dans la direction Nord - Sud.

agir comme de véritables centres d'attraction, ont reçu le nom de " pôles." La région moyenne est appelée " région neutre."

Ainsi que nous l'indiquions plus haut, il existe également un autre type d'aimant, en forme de fer à cheval. En répétant l'expérience précédente avec un Aimant en forme de Fer

à Cheval, vous vous apercevrez que la limaille de fer se groupe sur ses deux extrémités, pas une particule de la limaille n'étant attirée par la partie recourbée de l'Aimant, ce qui démontre que l'Aimant en forme de Fer à Cheval possède également deux pôles.

Un Aimant en forme de Fer à Cheval de dimensions suffisantes est inclus dans la Boîte Elektron No. 2 (Pièce No. 1507). Il est curieux de noter que la force merveilleuse du magnétisme peut agir également à travers des substances solides, telles que papier ou carton. En passant l'aimant sous une feuille de papier ou de carton, recouvertes de limaille, vous constaterez que les particules de cette dernière suivront sur la surface du papier le mouvement de l'aimant.

Les Aimants Indiquent le Nord

Les aimants s'orientent toujours vers le Nord. Pour

le démontrer, on suspendra un des Barreaux Aimantés, contenus dans la Boîte, de façon à ce qu'il puisse pivoter librement sur lui-même ; on se servira dans ce but de la potence figurant sur notre gravure. Le Tube de Galalithe (Pièce No. 1509) est introduit dans le trou du milieu de la Base Circulaire (Pièce No. 1508) et le Support de Suspension (Pièce No. 1510) est fixé à son sommet. L'Etrier en Cuivre (Pièce No. 1511) est suspendu ensuite au Support de Suspension à l'aide d'un fil de soie de la Bobine (Pièce No. 1518). Le Barreau Aimanté est posé alors sur l'Etrier. (Fig. 3).

Posé sur l'Etrier, l'Aimant pivote sur lui-même pendant quelques instants. Il s'arrête ensuite avec une de ses extrémités orientée vers le Nord. Répétez cette expérience plusieurs fois de suite et vous vous apercevrez que ce sera toujours la même extrémité du Barreau Aimanté qui indiquera le Nord. C'est le " Pôle Nord " de l'aimant, tandis que l'extrémité opposée est son " Pôle Sud."

Les Pôles de même nom se Repoussent et les Pôles de nom Contraire S'Attirent

En suspendant un Barreau Aimanté à la potence, comme indiqué ci-dessus, et en approchant à tour de rôle de chacune de ses extrémités une aiguille ou tout autre objet de fer ou d'acier non aimanté, on constatera que ses deux extrémités se trouveront attirées. En répétant la même expérience, mais en se servant d'un autre Barreau Aimanté au lieu d'un objet d'acier non aimanté, on obtiendra des résultats entièrement différents. Le pôle Nord de l'aimant que nous tenons

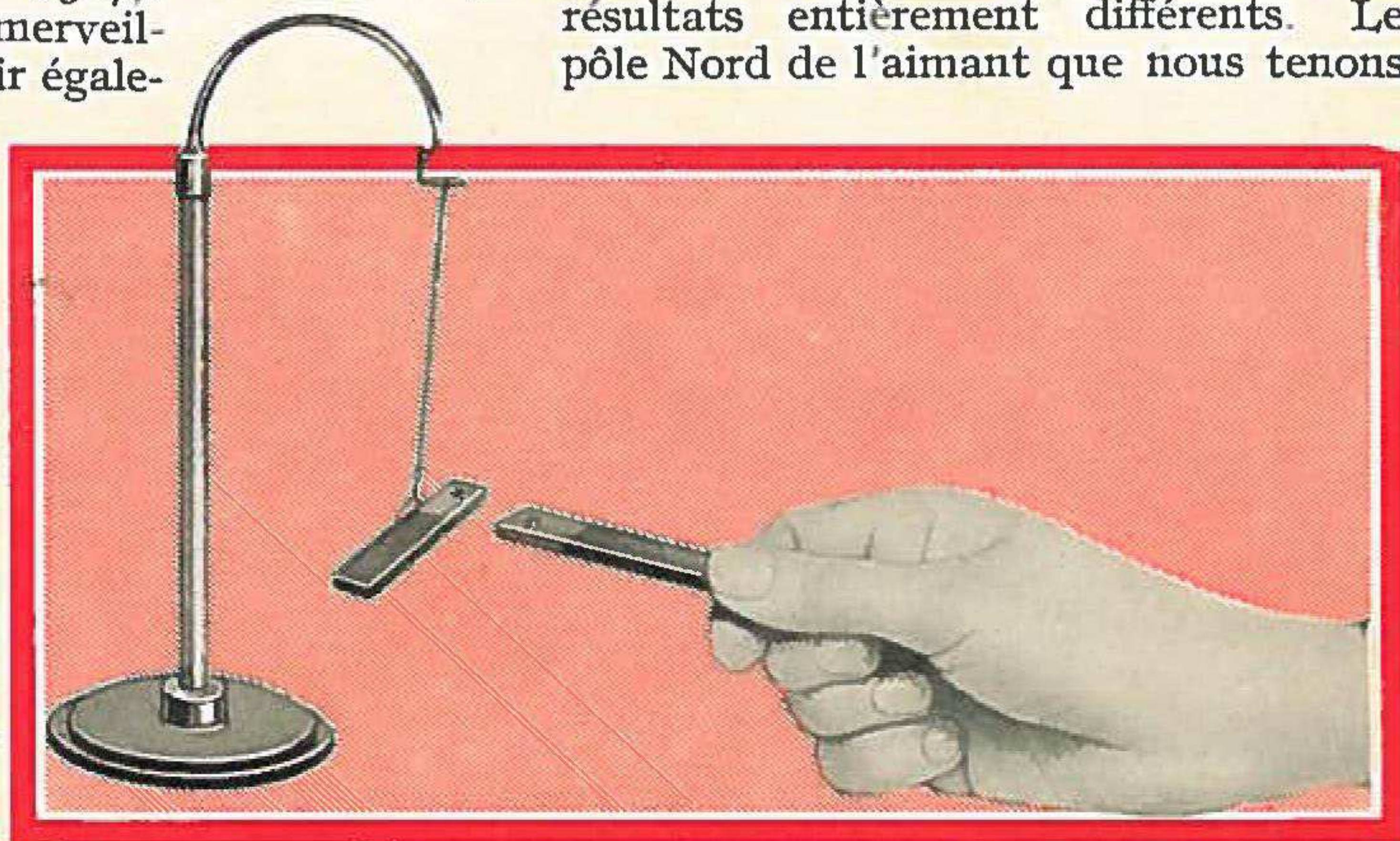


Fig. 4. Le pôle Nord d'un aimant suspendu est repoussé par le pôle du même nom d'un autre aimant.

en main attire le pôle Sud de l'aimant suspendu et repousse son pôle Nord (Fig. 4). Si nous approchons le pôle Sud de notre aimant de l'aimant suspendu, nous nous apercevrons qu'il attire son pôle Nord, mais repousse son pôle Sud.

Ces expériences nous démontrent que LES POLES DE MEME NOM SE REPOUSSENT, tandis QUE LES POLES DE NOM CONTRAIRE S'ATTIRENT.

La Fig. 5 nous montre une expérience aussi instructive qu'amusante. En suspendant deux Ecrous Meccano à chacun des pôles de l'Aimant en forme de Fer à Cheval et en y ajoutant progressivement plusieurs autres écrous, on parviendra à former un vrai chapelet. Les écrous employés pour cette expérience n'ayant pas été aimantés d'avance, on s'aperçoit qu'un écrou mis en contact avec le pôle d'un aimant devient aimant lui-même, et que sa puissance d'attraction se communique successivement à chacun des écrous ajoutés à la chaîne.

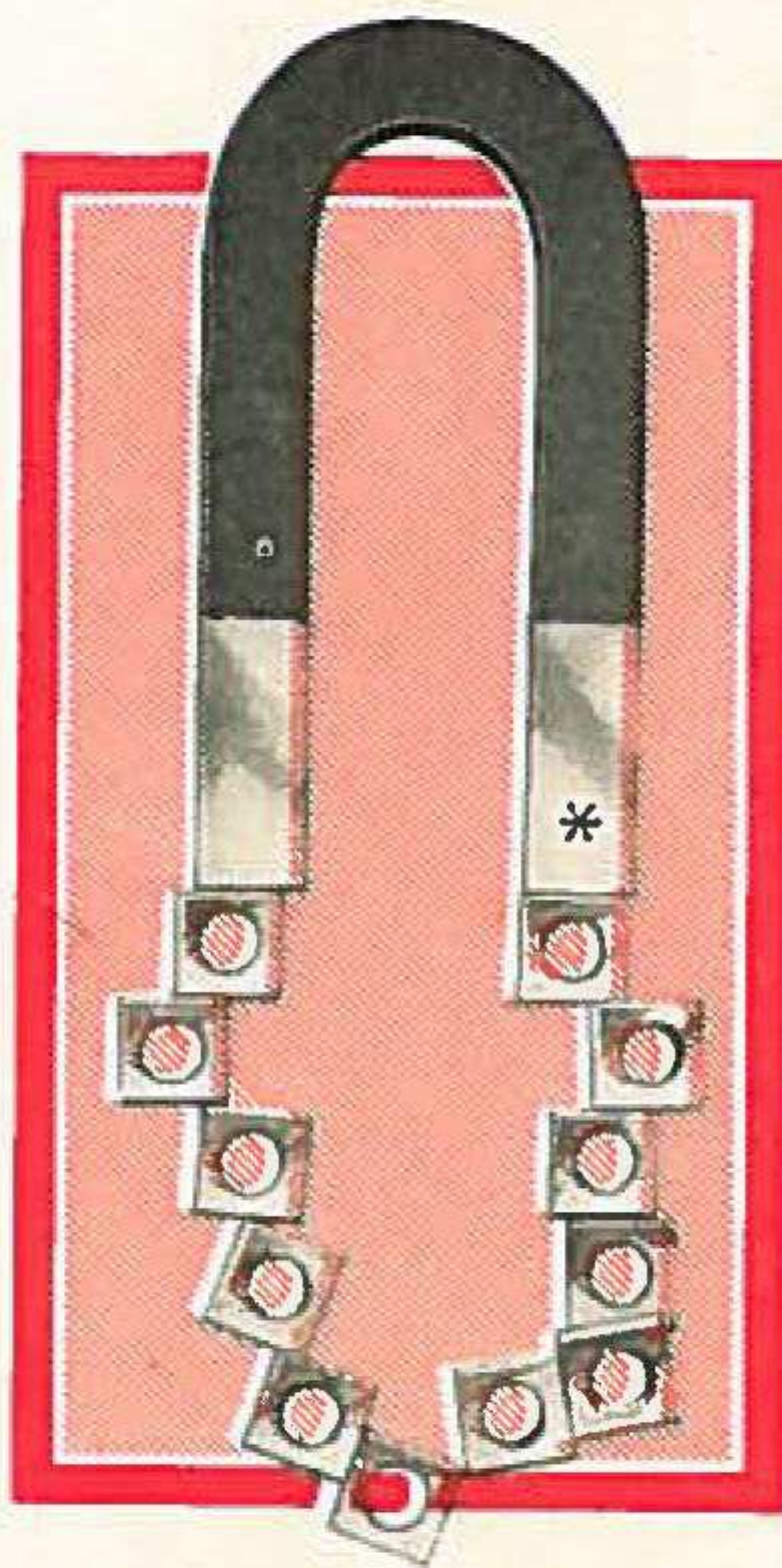


Fig. 5. Chapelet d'écrous formé par l'attraction de l'aimant.

l'aimant la première aiguille, pour que toutes les autres aiguilles s'en séparent et se détachent également l'une de l'autre. Ceci nous démontre qu'une aiguille aimantée par induction ne l'est que temporairement et que ses propriétés magnétiques cessent, aussitôt que son contact avec l'aimant est rompu.

La Fig. 7 nous montre le meilleur système à employer pour ramasser la limaille éparpillée sur la table. On se sert dans ce but d'un clou ou d'un morceau de fer doux mis en contact avec un aimant. La limaille ramassée, on la fera réintégrer son tube en séparant le clou ou la barre de fer de l'aimant. Il est évident qu'on peut ramasser la limaille avec l'aimant tout simplement, mais, rapidement attirée par ce dernier, elle ne pourrait être dégagée qu'avec une certaine patience. Il serait donc bien plus difficile de lui faire réintégrer son tube.

Magnétisme Induit

Pour expliquer les phénomènes du Magnétisme Induit, on prendra un grand clou ou un morceau de fer doux, on le suspendra à l'une des extrémités d'un Barreau Aimanté et on le plongera ensuite dans de la limaille. On s'apercevra, en l'ayant retiré, qu'il est recouvert de limaille à son extrémité, ce qui prouve qu'il est devenu aimant à son tour (Fig. 6). Il suffit de séparer le clou de l'aimant, pour que la limaille attirée par le clou s'en détache et vienne tomber sur la table, ce qui démontre que le clou a perdu sa puissance magnétique. Dans le cas d'une chaînette d'aiguilles suspendues à l'une des extrémités de l'aimant, - il suffira de détacher de

Comment Préparer des Aimants

Exactement comme on transforme en aimant artificiel un morceau de fer ou d'acier en le frottant avec un aimant naturel, on peut préparer des aimants avec les Barreaux Aimantés inclus dans la Boîte Elektron.

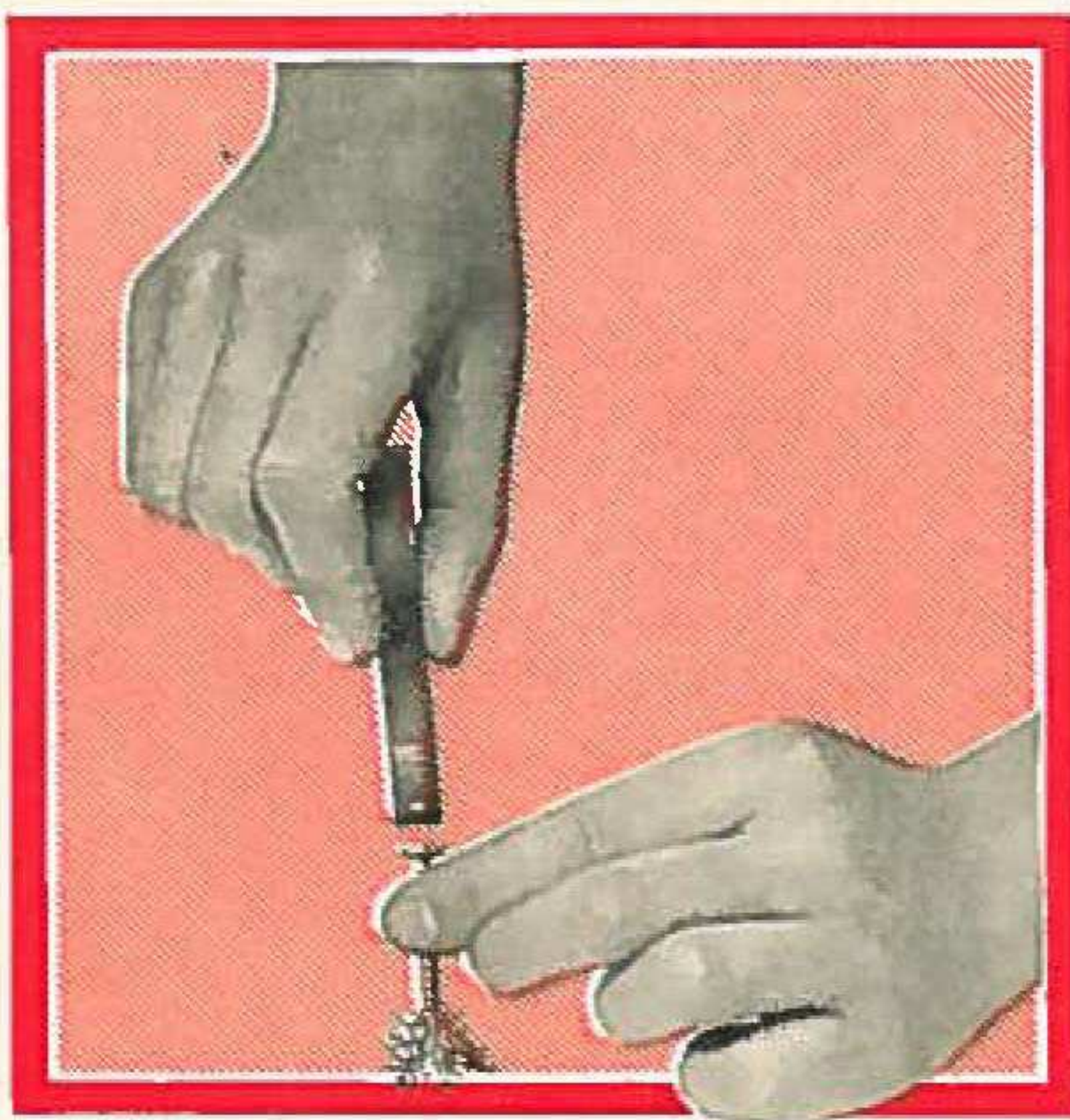


Fig. 6. Tenu à proximité d'un des pôles du Barreau Aimanté, un clou devient temporairement aimant.

Une aiguille à coudre en acier de dimensions moyennes fera très bien l'affaire pour cette intéressante expérience. Il sera nécessaire, toutefois, de s'assurer au préalable à l'aide de la limaille que l'aiguille n'est pas déjà aimantée. Ceci fait, on pose l'aiguille sur la table et l'on procède à son aimantation. Dans ce but, le pôle Sud de l'un des Barreaux Aimantés est passé lentement le long de l'aiguille, de sa tête à sa pointe (Fig. 8). Cette

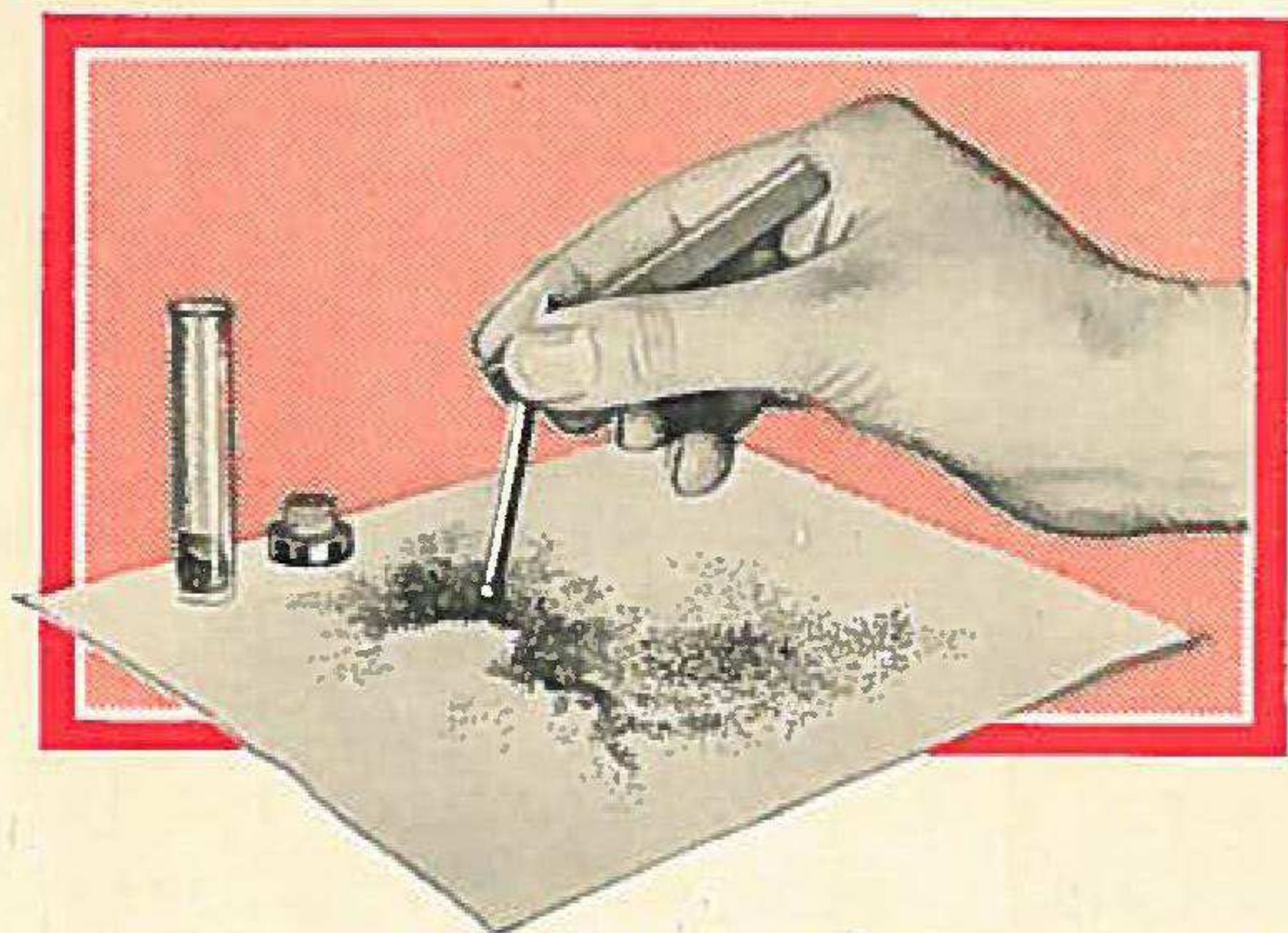


Fig. 7. Moyen pratique de ramasser la limaille éparpillée à l'aide d'un clou.

opération ayant été répétée plusieurs fois, on constatera, à l'aide de la limaille, que l'aiguille est devenue un véritable aimant.

Il sera intéressant à présent de découvrir où se trouvent respectivement le pôle Nord et le pôle Sud de l'aiguille. En suspendant l'aiguille au support, on constatera que sa pointe est orientée vers le Sud, tandis que sa tête indique le Nord.

Vu que l'aiguille a été frottée avec le pôle Nord du Barreau Aimanté, il est évident que le pôle formé à l'extrémité de l'aiguille ou a commencé l'expérience est identique au pôle de l'aimant utilisé pendant cette dernière, tandis que le pôle créé à l'autre bout de l'aiguille est de nom contraire. Il est facile de le démontrer en aimantant une deuxième aiguille avec le pôle Sud du Barreau Aimanté au lieu d'y procéder avec son pôle Nord, ou bien encore en aimantant d'autres aiguilles dans le sens inverse, c'est-à-dire en passant également le pôle d'un des Barreaux Aimantés le long d'elles, mais de leur pointe à leur tête.

Tournevis Aimantés

Tout débutant est toujours grandement surpris en s'apercevant combien d'objets de fer et d'acier qui l'entourent sont déjà aimantés jusqu'à un certain point par eux-mêmes, et il

est fort intéressant d'examiner dans ce but les objets de métal les plus usuels qui vous tombent sous la main. Vous vous apercevrez bien souvent, par exemple, qu'une paire de ciseaux, une lame de couteau ou un tournevis attirent la limaille de fer, mais cette attraction n'est généralement que tout-à-fait insignifiante, de tels aimants étant toujours extrêmement faibles. Dans la plupart des cas, toutefois, tous ces objets peuvent être rapidement aimantés et deviennent alors de véritables aimants.

Un tournevis aimanté, capable d'attirer des petits objets de fer et d'acier, tels que vis, boulons, ou écrous, sera toujours d'une grande utilité pour les jeunes constructeurs Meccano qui pourront s'en servir à merveille pour ramasser leurs petites pièces détachées.

Un AIMANT PERMANENT tend à perdre avec le temps ses propriétés magnétiques, à moins que des précautions spéciales ne soient prises pour y parer. Le meilleur moyen de conserver aux objets aimantés leurs propriétés magnétiques est de mettre des barreaux de fer doux, appelés "armatures," en contact avec les pôles de noms contraires. Les Barreaux Aimantés doivent être toujours rangés par paires, séparés l'un de l'autre par un mince morceau de bois ou par du carton, et leurs pôles de noms contraires doivent être reliés l'un à l'autre par deux barreaux de fer doux (Fig. 9). Pour un Aimant en forme de Fer à Cheval, l'Armature est placée entre ses deux extrémités (Fig. 10).

Les Aimants sont des Objets Délicats

L'aimant, malgré sa solidité apparente, est un objet fort délicat, car il suffit de peu de chose pour qu'il perde ses propriétés magnétiques.

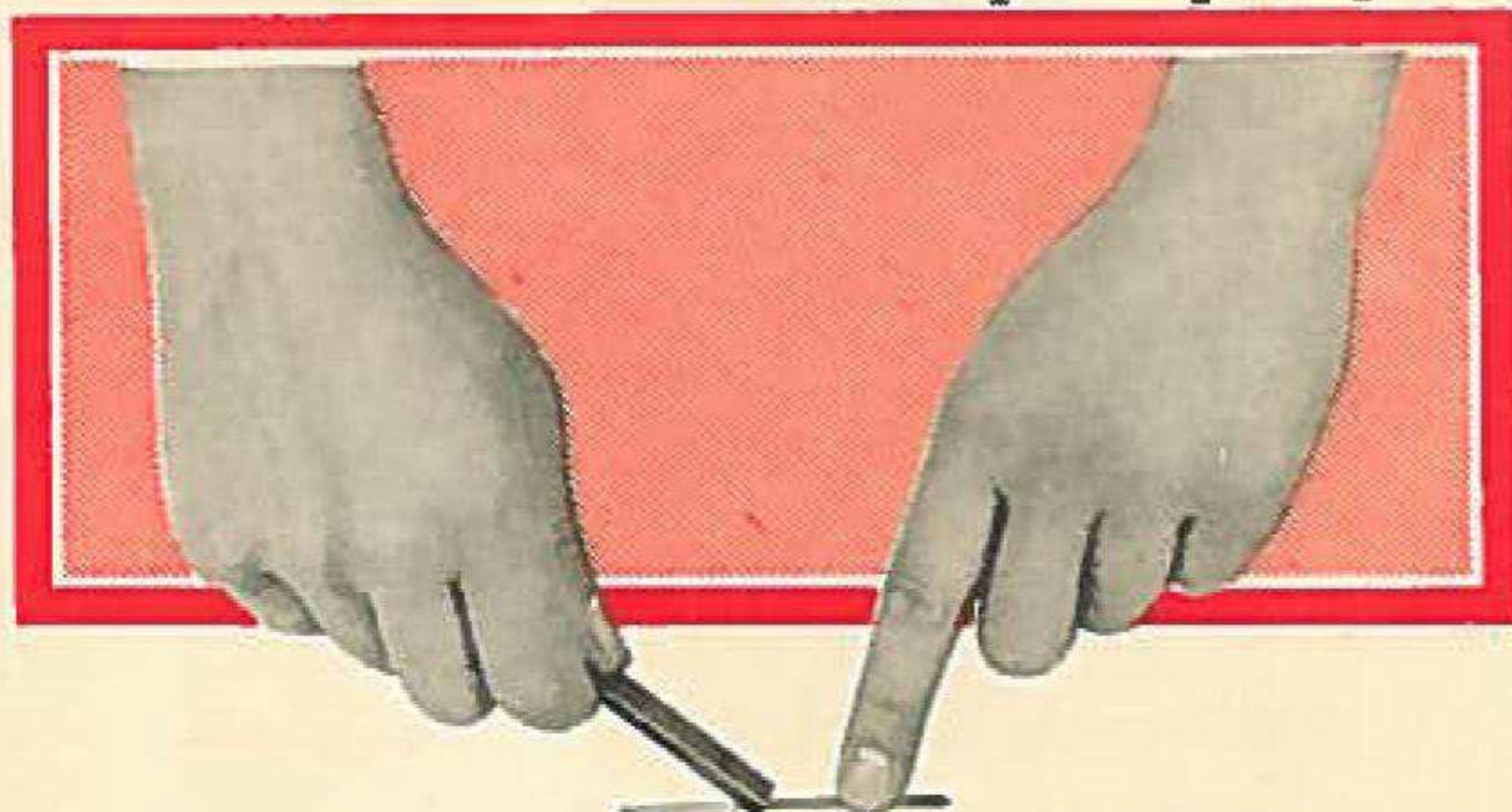


Fig. 8. Aimantation d'une aiguille au moyen d'un Barreau Aimanté.

Il suffit pour cela de jeter un objet aimanté avec quelque force sur la table, de le laisser tomber sur le plancher, ou bien encore de le mettre brusquement en contact avec d'autres aimants. Il n'est guère difficile

d'en comprendre la raison, si l'on se rappelle que, d'après l'hypothèse, tout aimant est composé d'une multitude de petits aimants élémentaires ayant tous leurs pôles de même nom orientés dans la même direction.

Un choc vif a pour effet de les désorganiser complètement et de diminuer ainsi considérablement la puissance magnétique qu'ils composent. Un morceau d'acier aimanté et mis violemment en contact avec un autre aimant produit exactement le même résultat.

Le Secret des Spectres Magnétiques

Pour bien comprendre l'action des forces magnétiques, posez un Barreau Aimanté sur la table et recouvrez-le d'une feuille de carton pas trop épaisse (de l'épaisseur d'une carte-postale). Prenez ensuite la petite Boîte Plate au Fond Perforé (Pièce No. 1512) qui contient les pièces les plus petites de la Boîte "Elektron" et videz-en le contenu. Versez-y ensuite un peu de limaille de fer. Ceci fait, agitez légèrement la petite boîte au-dessus de la feuille de carton, afin d'y répandre uniformément la limaille (Fig. II). Tapez-la légèrement à présent avec un crayon, ou avec une des Baguettes contenues dans la Boîte. La limaille, éparpillée jusqu'à présent en désordre sur la surface du carton, se groupera maintenant en beaux rayons réguliers ("lignes de force") tout autour des deux centres correspondant aux pôles de l'aimant se trouvant sous la feuille de carton. (Fig. 12).

Une figure formée de cette façon par la limaille est connue sous le nom de SPECTRE MAGNETIQUE, et les éléments qui le constituent sont appelés LIGNES de FORCE.

Il est extrêmement amusant de prendre quelques photos de ces spectres et de les comparer ensuite entre elles. Les spectres magnétiques peuvent être facilement obtenus sur des plaques photographiques posées sur les aimants et dont le côté sensible est saupoudré de limaille de fer. On prendra soin de taper légèrement la plaque avec un crayon ou une des Baguettes contenues dans la Boîte, afin de permettre aux particules de la limaille

de se disposer suivant les lignes de force. Toute l'opération devra avoir lieu dans une pièce obscure éclairée à la lumière rouge. On allumera ensuite une allumette et on la tiendra allumée à quelques millimètres au-dessus du centre de la plaque. L'allumette éteinte, on inclinera la plaque tout en la secouant légèrement, afin d'en enlever la limaille. On pourra procéder à présent au développement de la plaque et l'on obtiendra ainsi un beau négatif de spectre magnétique.

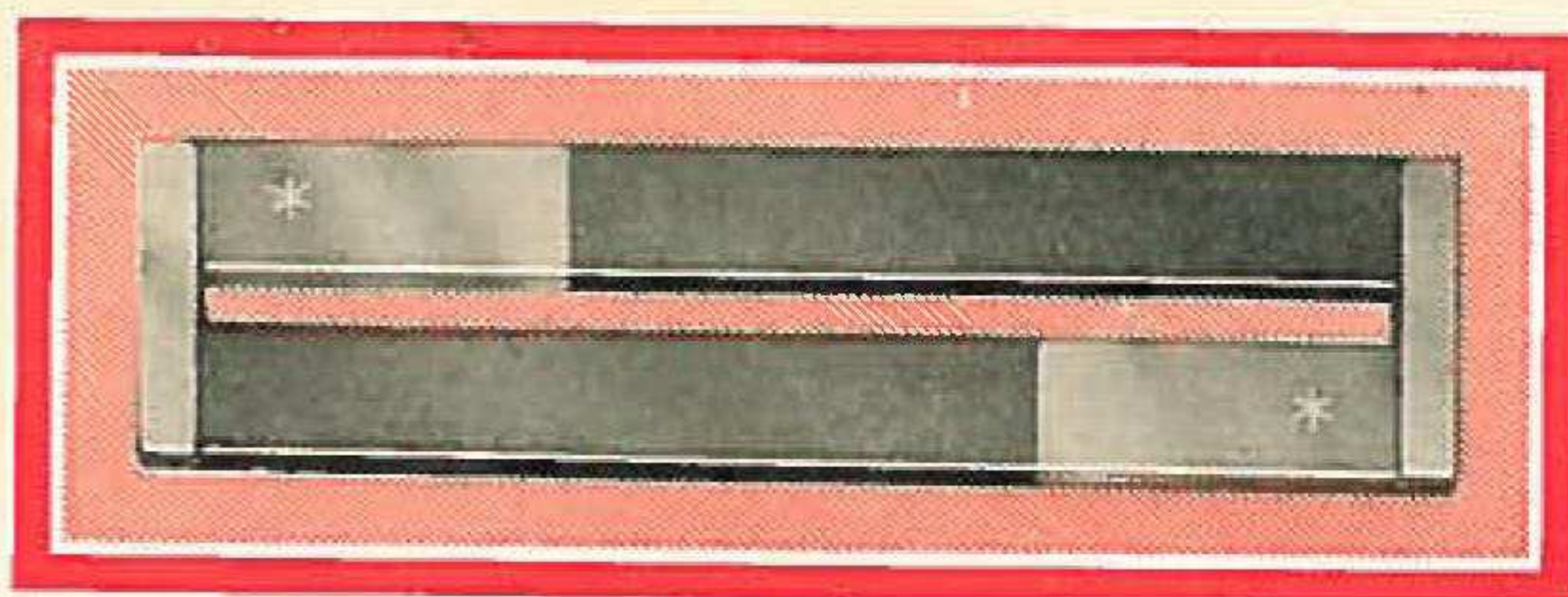


Fig. 9. L'expérience terminée, les pôles de noms contraires des Barreaux Aimantés doivent être reliés ensemble par deux armatures.

Autre Manière d'obtenir des Spectres Magnétiques

Des spectres magnétiques peuvent être obtenus également avec du papier extra-sensible au nitrate. Dans

ce cas il n'est plus nécessaire d'opérer dans une pièce obscure, mais simplement à la lumière solaire. Une feuille de papier extra-sensible est posée sur une feuille de carton pas très épaisse qui repose à son tour sur l'aimant.

On saupoudre ensuite le papier extra-sensible avec de la limaille de fer en procédant exactement de la même façon que dans le paragraphe précédent. Ceci fait, on tapera légèrement la feuille de papier, afin que les particules de la limaille se groupent conformément à leurs lignes de force. Le temps de pose ici devra être plus long que dans le cas d'une plaque photographique. On obtient ainsi un négatif et on peut en tirer ensuite une épreuve positive en recouvrant le négatif d'une seconde feuille de papier sensible ; on veillera en le faisant à ce que les côtés des plaques à couches sensibles soient mises en contact l'une avec l'autre. C'est ainsi qu'ont été prises les photos des spectres magnétiques figurant sur cette page.

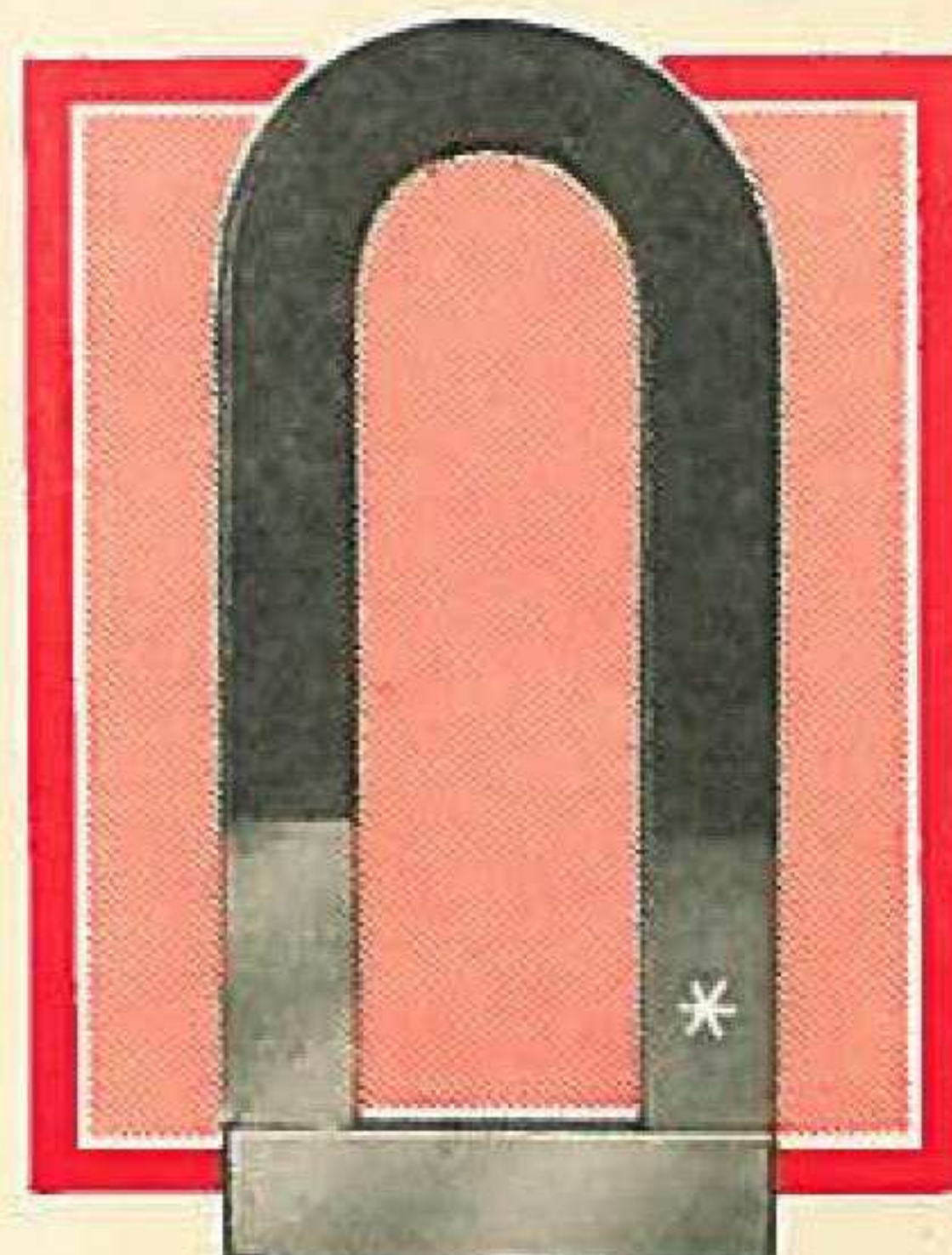


Fig. 10. Aimant en forme de Fer à Cheval.

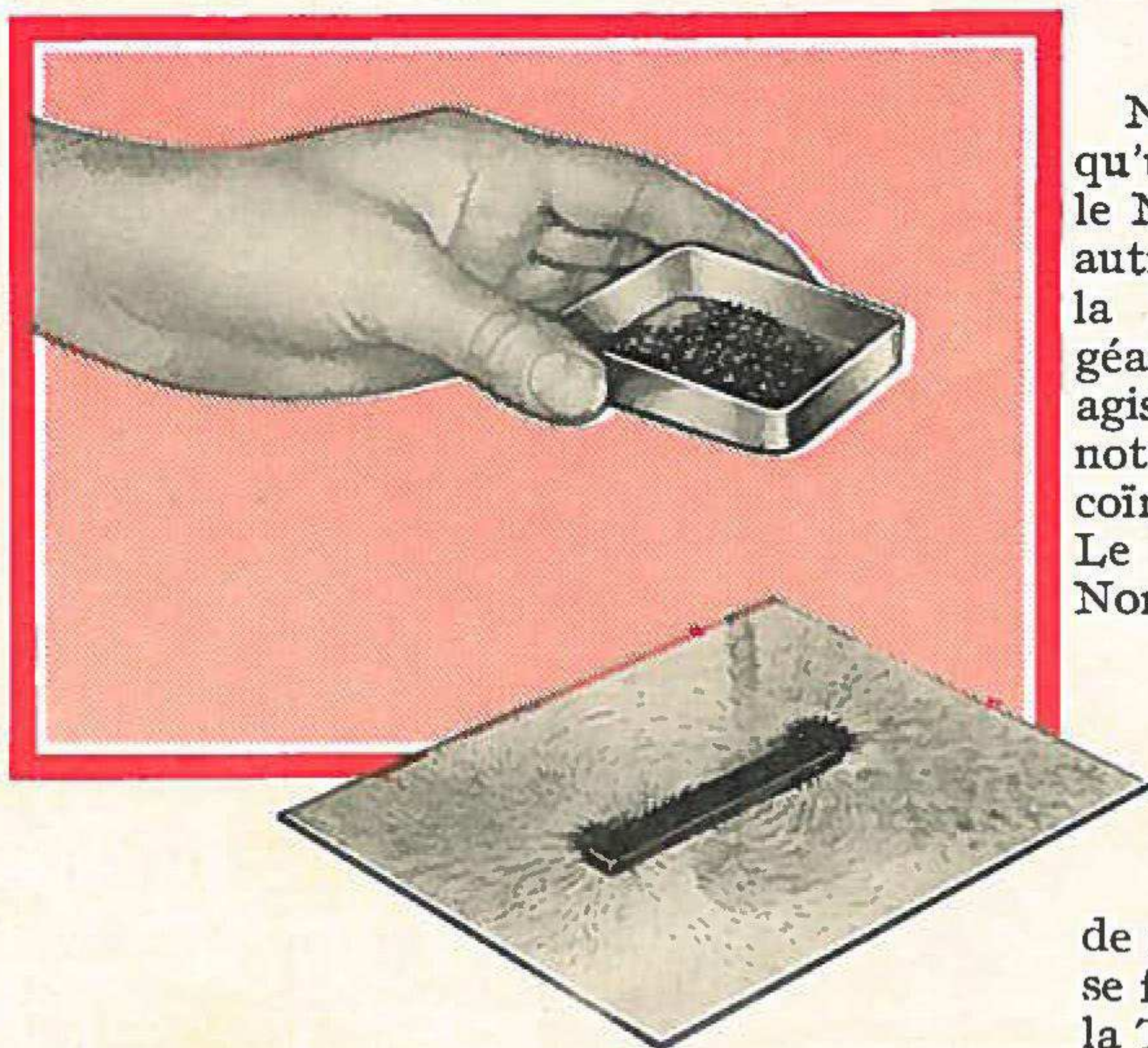


Fig. 11. On agite légèrement la petite boîte à fond perforé au-dessus de la feuille de carton, afin d'y répandre uniformément la limaille.

Elles furent prises à l'aide d'une petite lampe de 3 v. 1/2 promenée au-dessus du papier pendant une dizaine de secondes.

La Fig. 13 montre l'orientation des lignes de force entre deux pôles de nom contraire, dont un est Nord et l'autre Sud.

Les lignes de force convergent d'un pôle vers l'autre et cette expérience nous aide à comprendre la raison pour laquelle deux pôles de nom contraire s'attirent.

La Fig. 14 reproduit les résultats obtenus avec deux pôles de même nom, c'est-à-dire avec deux pôles Nord ou deux pôles Sud. On remarquera qu'ici les lignes de force ne convergent pas, mais divergent en montrant ainsi comment deux pôles de même nom se repoussent.

On est à même d'obtenir de nombreux autres spectres magnétiques en changeant de position les Barreaux Aimantés et en se servant de l'Aimant en Forme de Fer à Cheval, contenu dans la Boîte Elektron No. 2.

Des morceaux de fer doux disposés à proximité des aimants permettent d'obtenir des figures encore plus compliquées et originales.

La Terre—Aimant Géant

Nos expériences nous ont déjà démontré qu'un aimant suspendu s'oriente toujours vers le Nord, comme s'il se trouvait attiré par un autre aimant. Ceci s'explique par le fait que la Terre elle-même représente un aimant géant ayant un pôle Nord et un pôle Sud, qui agissent sur notre Aimant suspendu. Il est à noter que les pôles magnétiques de la Terre ne coïncident pas avec ses pôles géographiques. Le pôle Nord magnétique se trouve dans le Nord du Canada, tandis que le pôle Sud est situé dans la Terre Victoria, terre polaire antarctique, située au Sud de la Nouvelle Zélande.

Il se pose ici un problème fort curieux. Nous savons déjà que les pôles de même nom se repoussent, mais comment se fait-il alors que le pôle magnétique Nord de la Terre attire le pôle Nord de l'aimant au lieu de le repousser. Tout s'explique, si nous considérons le pôle Nord de l'aimant comme un pôle qui cherche le Nord et son pôle Sud, comme un pôle cherchant le Sud.

L'Aimant Guide les Marins

Un barreau aimanté suspendu et qui peut s'orienter librement dans la direction Nord - Sud constitue une boussole. On appelle boussole ou compas, l'instrument destiné à indiquer aux navigateurs la direction du Nord et par suite de tous les points cardinaux.

Il existe plusieurs types différents de boussole, et un de ces types fait partie du contenu de la Boîte Elektron No. 1. La Boussole Elektron est composée de deux pièces : d'une Aiguille Aimantée en forme de

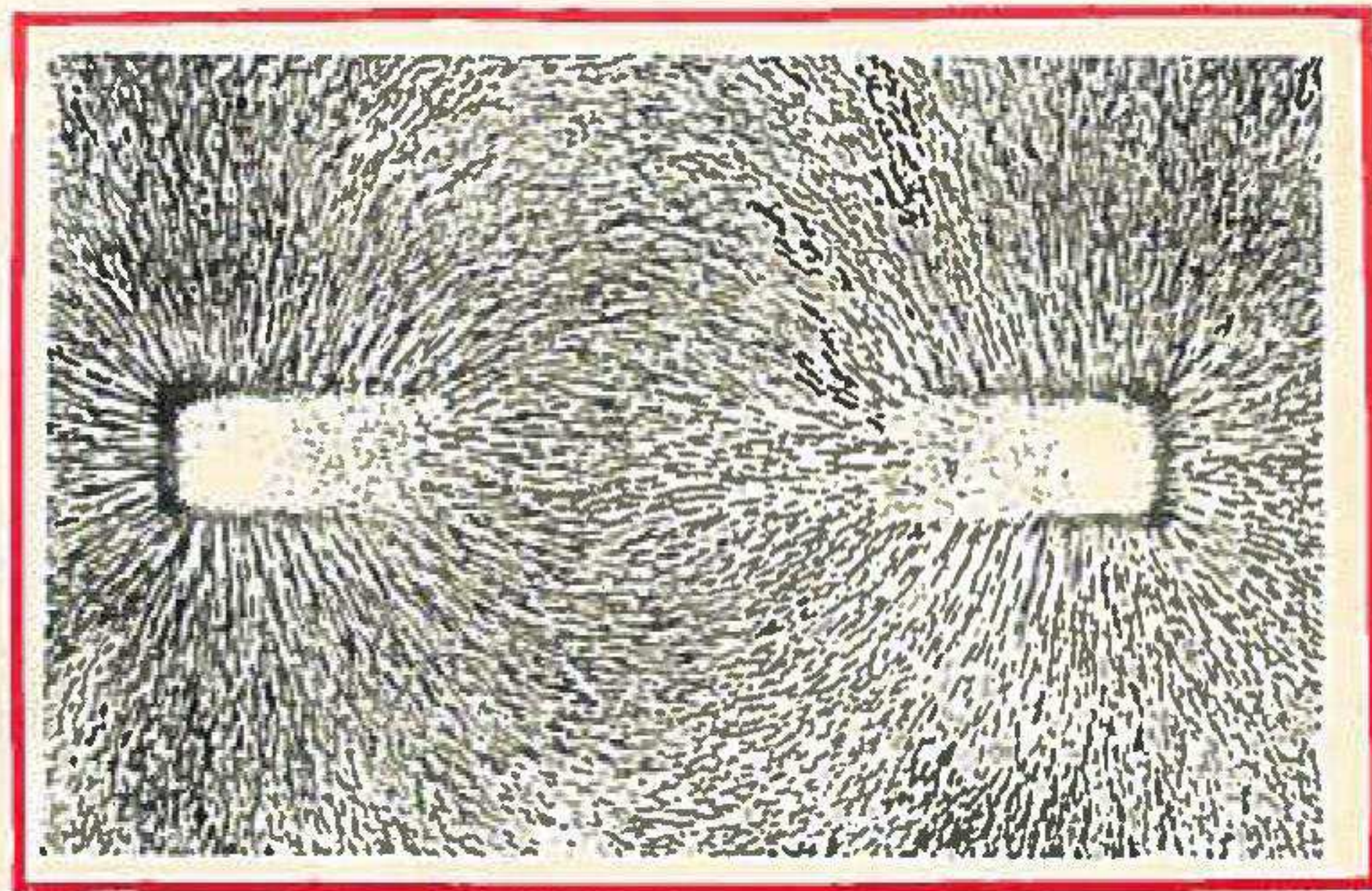


Fig. 12. Lignes de force d'un Barreau Aimanté.

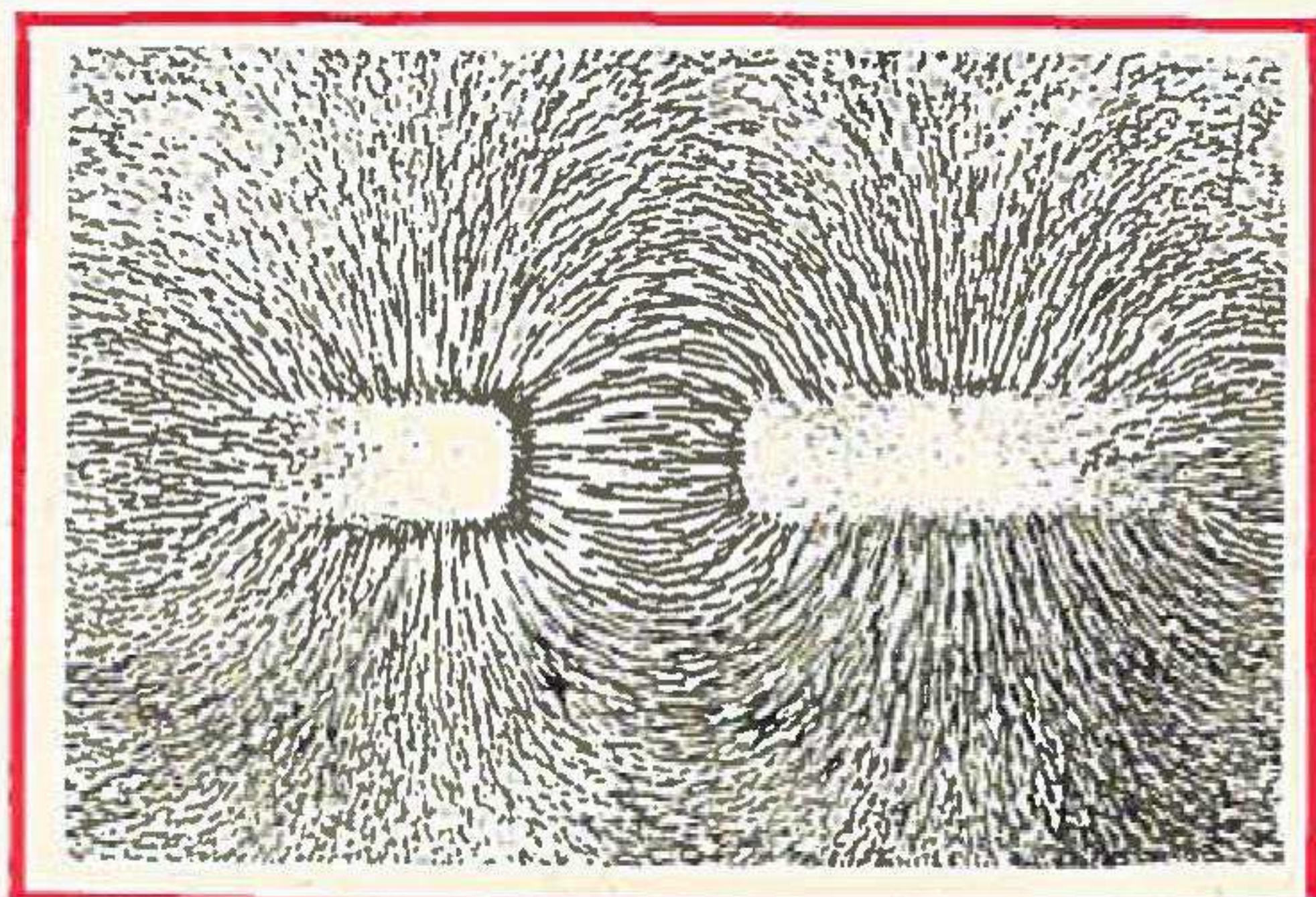


Fig. 13. Lignes de force entre les pôles de noms contraires de deux aimants.

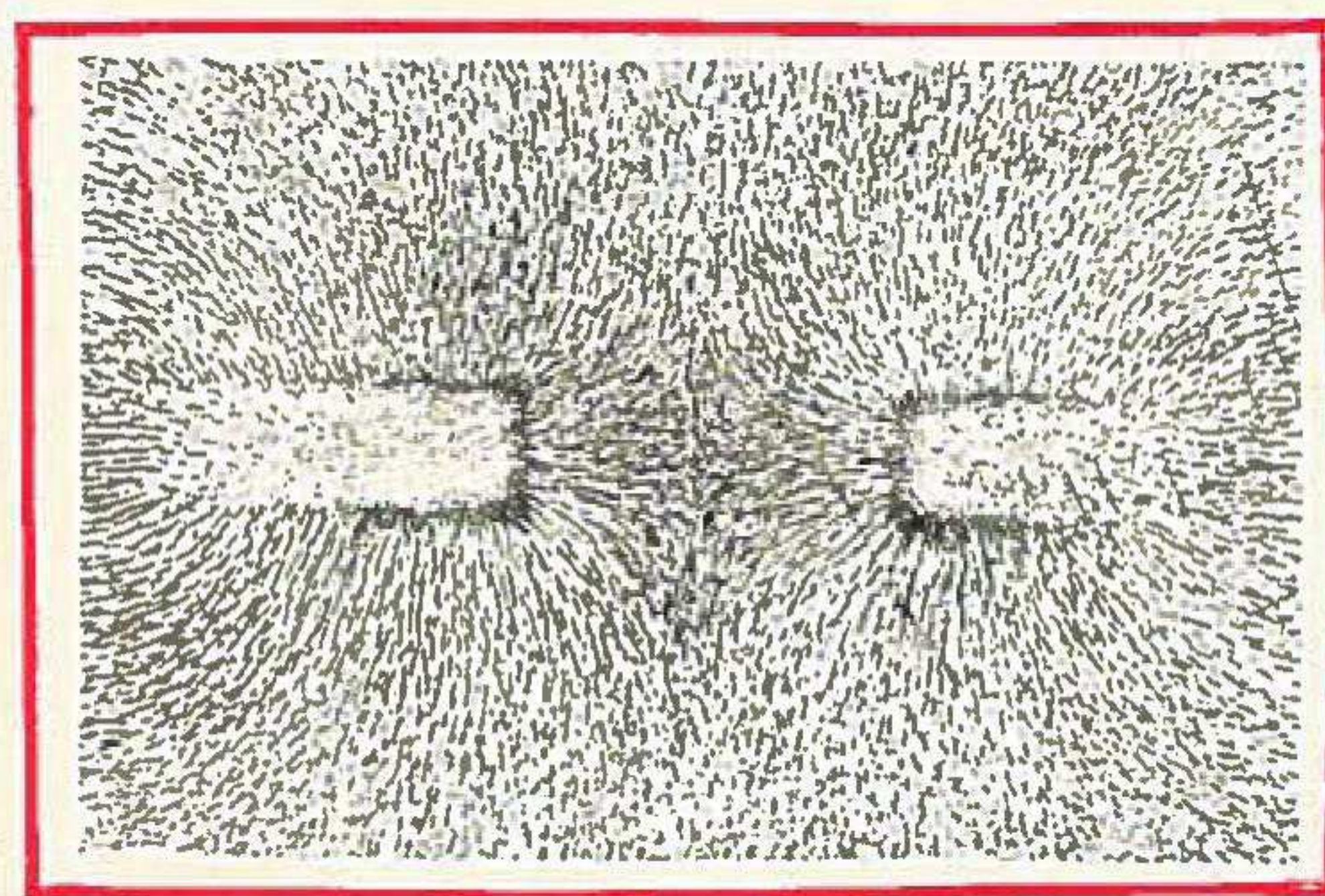


Fig. 14. Lignes de force entre les pôles de mêmes noms de deux aimants.

losange allongé portant en son centre de gravité une cavité (Pièce No. 1503), et d'un Boîtier de Boussole (Pièce No. 1501) muni d'un pivot au milieu. Le pivot est une tige verticale en métal sur laquelle doit reposer l'Aiguille, et autour de laquelle elle peut osciller librement. La Boussole Elektron est reproduite sur la Fig. 15.

Le fond du Boîtier est occupé par un cadran au-dessus duquel se meut l'Aiguille de la Boussole. Le cercle du cadran que parcourt l'Aiguille est divisé en 32 parties et se nomme "Rose des Vents."

La Boussole montée, on tournera lentement le Boîtier jusqu'à ce que les deux extrémités de l'Aiguille Aimantée viennent s'arrêter respectivement sur les graduations "Nord" et "Sud" de la rose des vents. Ceci obtenu, on pourra commencer à se servir de la Boussole.

La Boussole est indispensable aux navigateurs et aux explorateurs. Elle leur permet de se diriger au milieu des mers et de parcourir des régions inconnues.

Boussole Marine

On se sert dans la navigation d'un type de boussole spécial. Dans cette boussole, extrêmement sensible, l'aiguille aimantée de la boussole ordinaire est remplacée par plusieurs bandes très minces d'acier aimanté, fixées à un cadran de papier à demi transparent monté sur un bâti d'aluminium. (Fig. 16). L'ensemble du cadran et des bandes d'acier ne pèse que quelques grammes seulement et repose en équilibre sur un pivot situé dans une cuvette de cuivre. La cuvette peut conserver sa position horizontale, pendant n'importe quel mouvement de roulis, grâce à des balanciers qui la supportent et qui consistent en deux anneaux concentriques rattachés à des pivots horizontaux et qui oscillent sur des axes situés sous des angles droits par rapport l'un à l'autre.

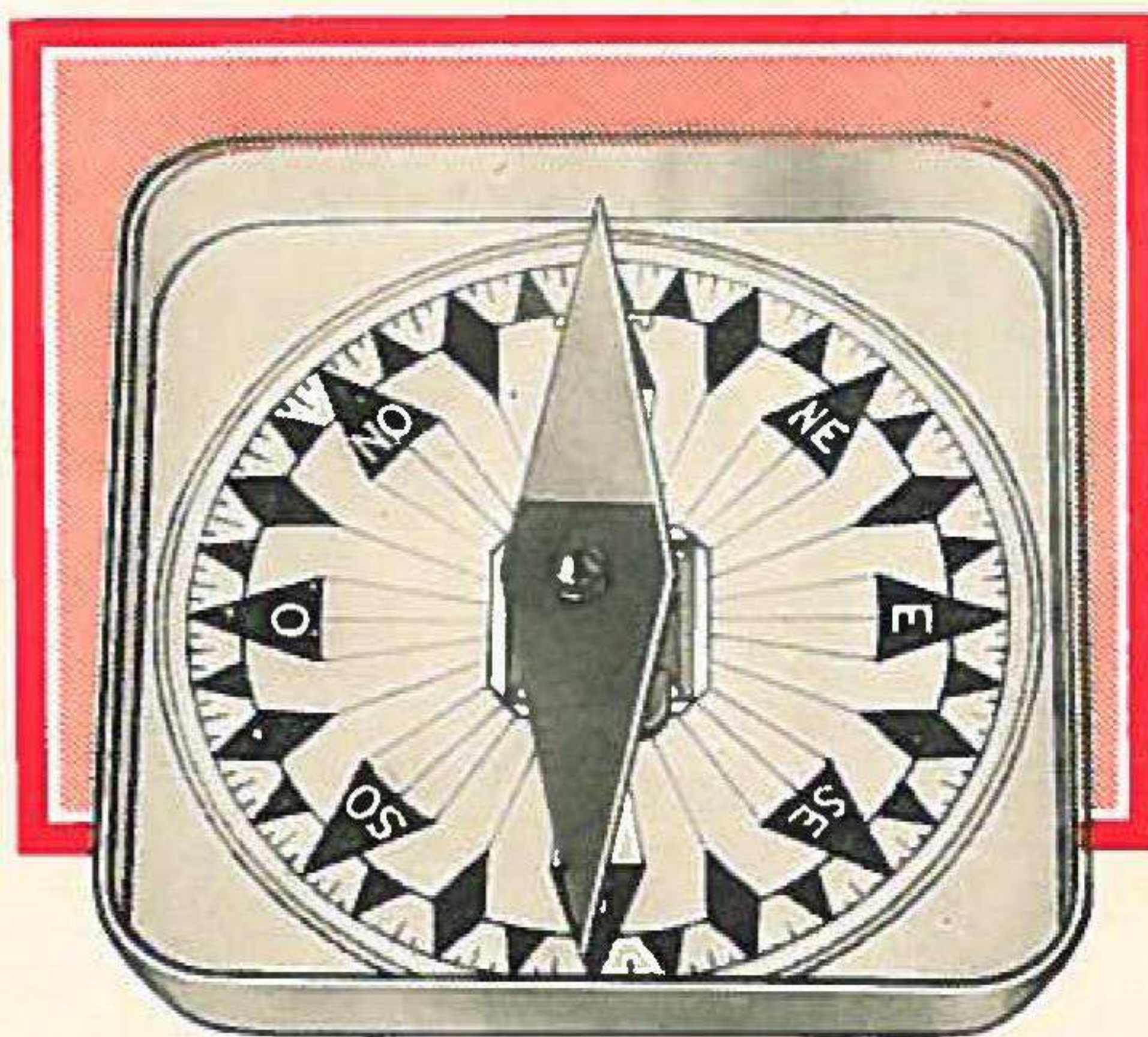


Fig. 15. La Boussole Elektron.

Certains compas ne comportent pas de pivot métallique. La rose et l'aiguille, fixées ensemble, reposent sur un liquide généralement de l'eau glycinée et c'est sur ce support que la rose prend ses oscillations.

Les compas liquides sont d'une très grande sensibilité, bien que tournant lentement, et conviennent particulièrement aux petits bâtiments sur lesquels

les mouvements de roulis empêchent souvent les compas ordinaires de bien fonctionner.

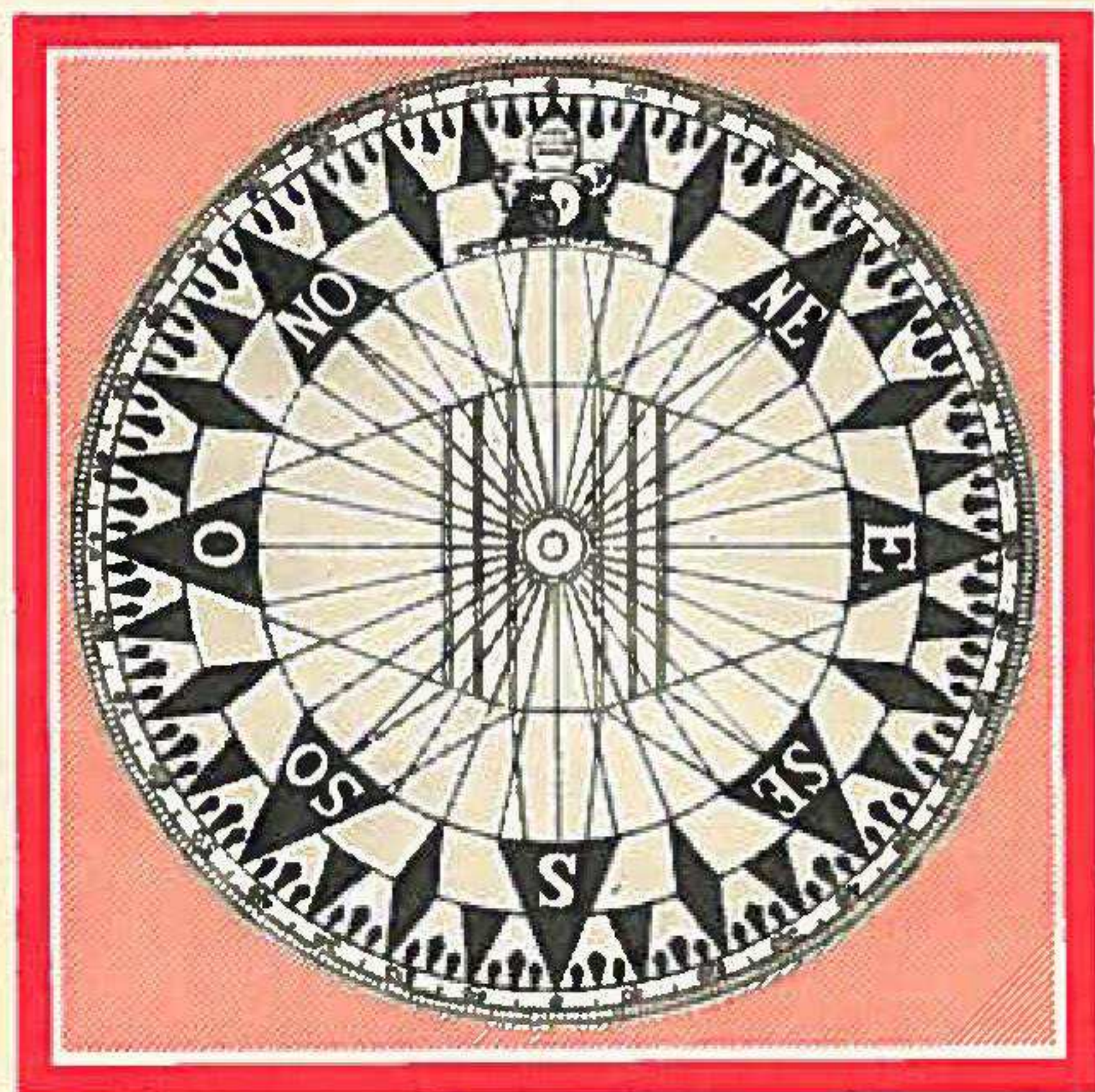


Fig. 16. Rose des vents d'une boussole marine.

Art de Naviguer avec le Compas

Sur la paroi latérale de la cuvette du compas, aux deux extrémités d'un même diamètre, sont tracées deux lignes verticales appelées "lignes de foi."

Dans le compas de route, ces deux lignes de foi déterminent un plan qui passe par la quille du navire. On connaît donc la route au compas suivie par le navire en regardant quelle division de la rose coïncide avec la ligne de foi de l'avant du compas.

Chacun des intervalles compris entre les trente-deux aires de vent de la boussole s'appelle "rumb."

Si l'aiguille magnétique se dirigeait toujours bien exactement vers le Nord, le navire, en admettant qu'il n'y ait ni dérive ni courant, se dirigerait toujours très exactement vers le point de l'horizon correspondant à l'aire de vent qui est en regard de la ligne de foi ; mais, ainsi que nous l'avons déjà spécifié plus haut, le Nord magnétique ne coïncide pas exactement avec le Nord géographique de la Terre, et le navigateur qui suivrait à la lettre les indications de son compas serait sûr, par conséquent, de se tromper de direction.

Le Nord vrai et le Nord Magnétique

Sous l'influence du magnétisme terrestre, l'aiguille aimantée fait toujours avec le Nord vrai, ou Nord du monde, un angle variable

suivant le lieu de la surface du globe où l'on se trouve. Cet angle est connu sous le nom de "DECLINAISON" La déclinaison est donnée sur les cartes marines avec l'indication de l'année à laquelle elle se rapporte et sa variation moyenne par année.

L'action du fer entrant dans l'armement ou dans la construction d'un navire sur l'aiguille aimantée du compas fait dévier l'aiguille aimantée de la vraie ligne Nord - Sud. L'angle ainsi formé prend le nom de "DEVIATION." La déviation est presque nulle sur les bateaux en bois ; elle est considérable sur les bateaux en fer.

On appelle " VARIATION," la combinaison de la déclinaison et de la déviation. C'est l'angle formé par la ligne Nord - Sud du compas avec la vraie ligne Nord - Sud.

Inclinaison Magnétique

Les Barreaux Aimantés suspendus et l'Aiguille d'une Boussole ne peuvent pivoter que dans un plan horizontal. Si une aiguille aimantée est suspendue de façon à pouvoir pivoter aussi bien dans un plan vertical que dans un plan horizontal, elle ne fera pas que s'arrêter dans la direction Nord - Sud, mais son extrémité indiquant le Nord s'inclinera vers le sol à tout endroit au nord de l'équateur. C'est le contraire qui se produira au sud de l'équateur, car ce sera cette fois l'extrémité de l'aiguille indiquant le Sud qui s'inclinera vers le sol. L'inclinaison de l'aiguille sera nulle sur l'équateur magnétique, car l'influence des deux pôles magnétiques de la Terre y sera exactement la même. Placée immédiatement au-dessus d'un des pôles magnétiques, l'aiguille

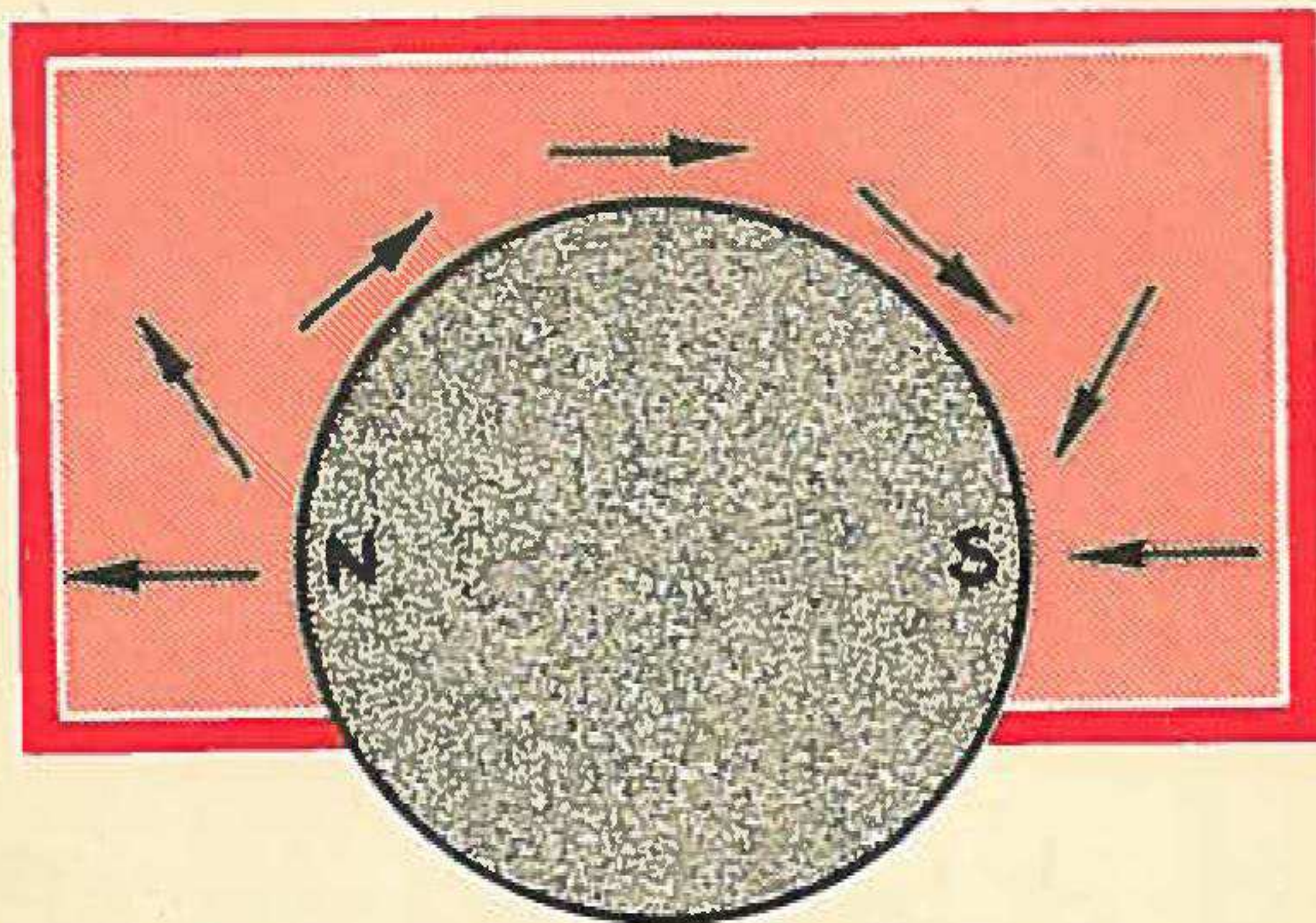


Fig. 17. Diagramme expliquant les raisons de l'inclinaison magnétique.

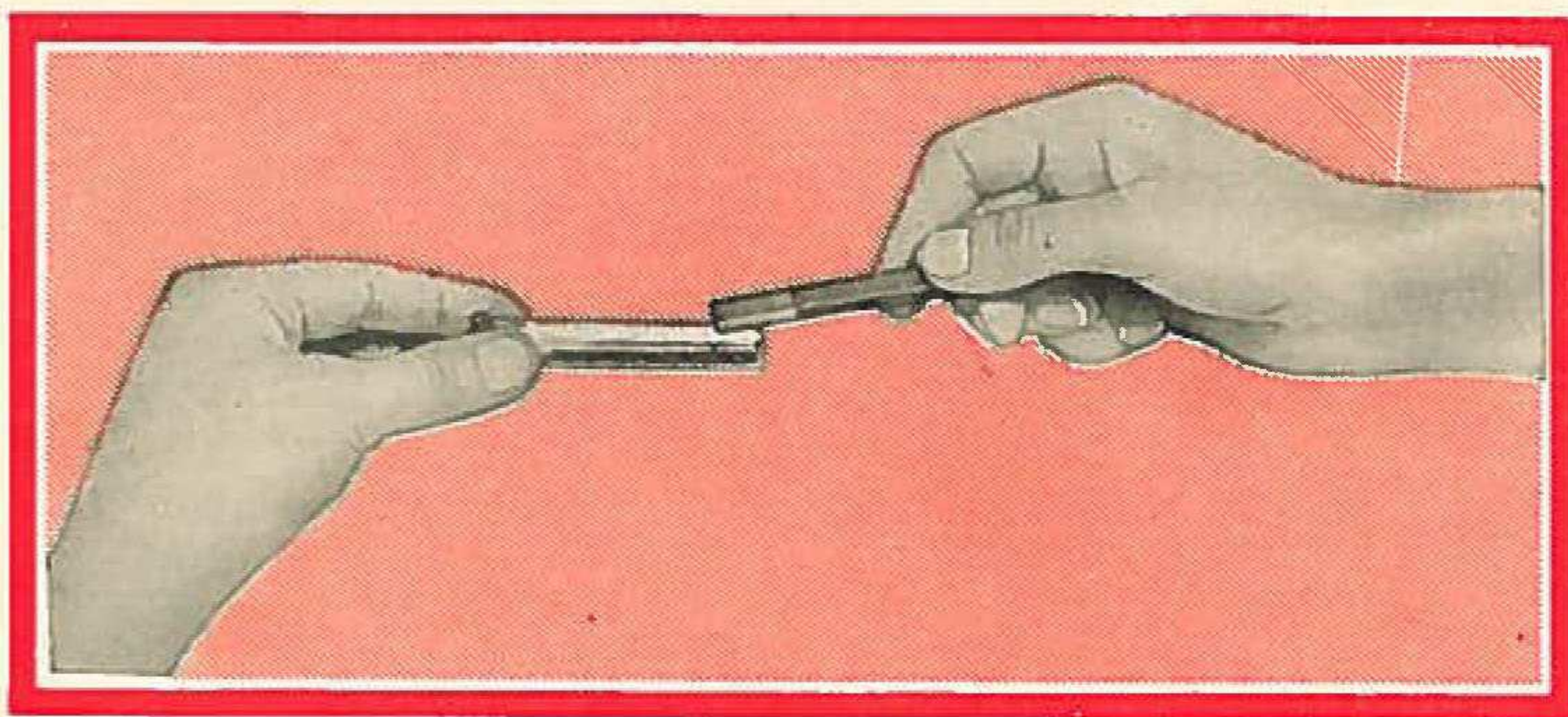


Fig. 18. Les particules de la limaille sont converties en faibles aimants.

prendrait une position verticale. Cette inclinaison, connue sous le nom d' "INCLINAISON MAGNETIQUE," se produit en raison de la forme sphérique de la Terre (Voir Fig. 17).

Orientation des Particules

On n'ajoute absolument rien à une aiguille et on n'en enlève rien du tout également quand on l'aimante, et pourtant l'action de l'aimant y provoque un grand changement, ainsi que le démontrent nos expériences avec la limaille. Ce changement est dû à une nouvelle disposition des particules qui composent l'aiguille et l'expérience décrite ci-dessous nous donne une bonne idée de ce qui se passe exactement avec l'aiguille quand on l'aimante.

Prenez le Tube de Verre contenant la limaille de fer, (Pièce No. 1513), agitez-le et, ceci fait, approchez à tour de rôle de chacune de ses extrémités les pôles Nord et Sud de l'Aiguille Aimantée. Les deux pôles se trouveront attirés également, ce qui prouve que la limaille n'est pas aimantée. Tenez à présent le tube horizontalement et passez lentement le pôle Nord d'un Barreau Aimanté le long de sa paroi extérieure, du fond du tube jusqu'à son bouchon. (Fig. 18). Les particules de la limaille suivent dans le tube le mouvement de l'Aimant. Approchez maintenant, en prenant soin de ne pas agiter la limaille, le pôle Nord de l'Aiguille Aimantée du fond du Tube. Vous

vous apercevrez que cette fois-ci l'Aiguille sera repoussée, ce qui prouve que cette extrémité du tube rempli de limaille est devenue pôle Nord. Vu que le verre ne joue aucun rôle dans l'action magnétique, il est évident que c'est bien la limaille qui constitue un aimant. Il suffit d'agiter le tube, pour s'apercevoir que toute puissance magnétique aura disparue.

Chaque Particule de la Limaille est un Aimant

L'explication de ces expériences est fort simple. Chaque particule de la limaille dans le tube constitue par elle-même un faible aimant. Néanmoins, le contenu du tube n'est plus aimanté, car les pôles des particules sont orientés dans des directions différentes (Fig. 19A). En passant le Barreau Aimanté le long du tube on change la disposition des particules, dont les pôles Nord s'orientent dans la même direction (Fig. 19B), ce qui fait que leurs propriétés magnétiques s'allient au lieu de s'opposer.

Un changement similaire a lieu également dans un morceau de fer ou d'acier aimanté, le métal consistant en toutes petites particules qui sont elles-mêmes des aimants. Dans ce cas, cependant, les particules sont infiniment plus petites que celles de la limaille dont nous

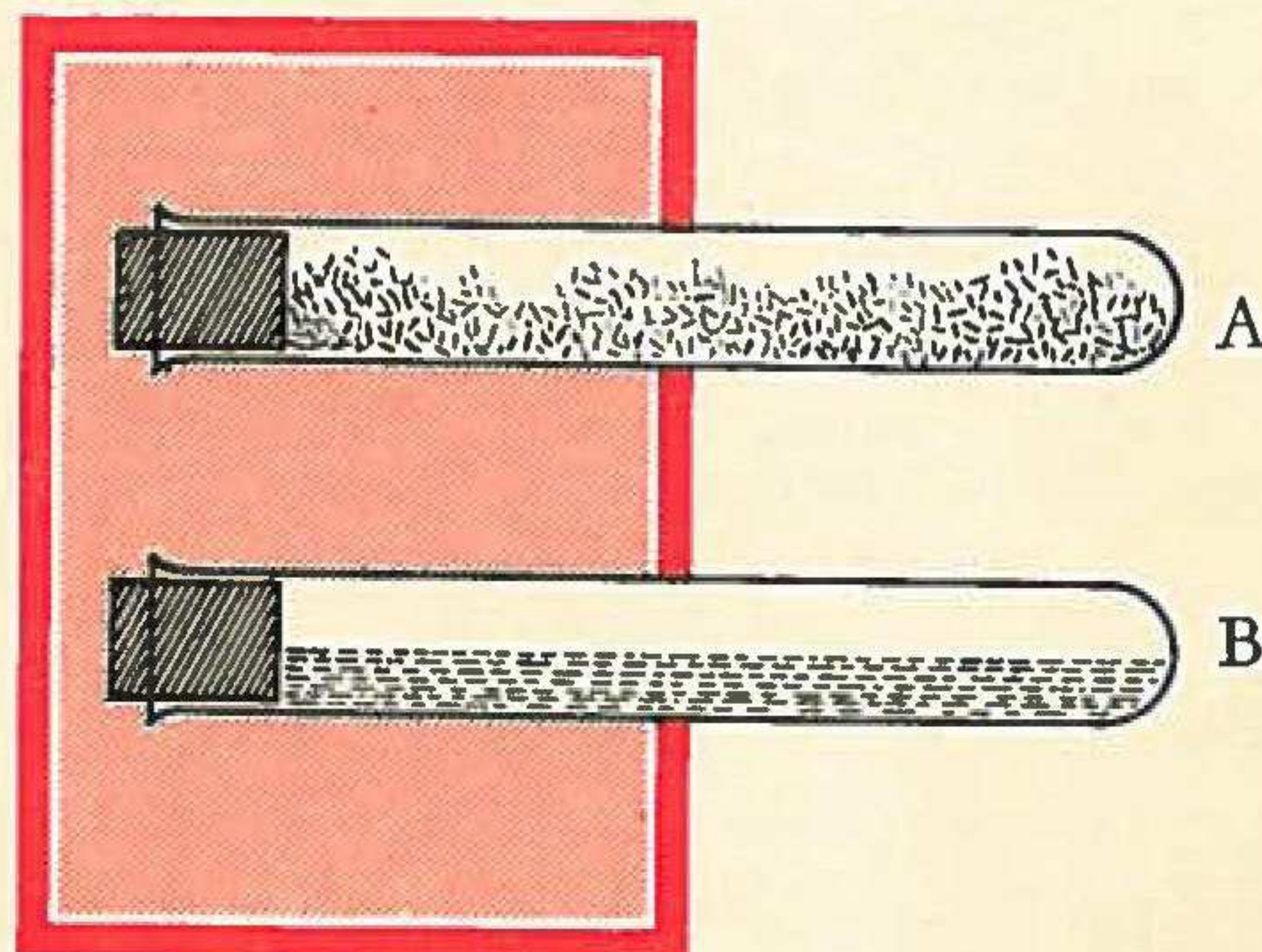


Fig. 19. (a) Particules de limaille de fer avant leur aimantation, avec leurs pôles Nord orientés dans différentes directions. (b) Les mêmes particules après aimantation, avec leurs pôles Nord orientés tous dans la même direction.

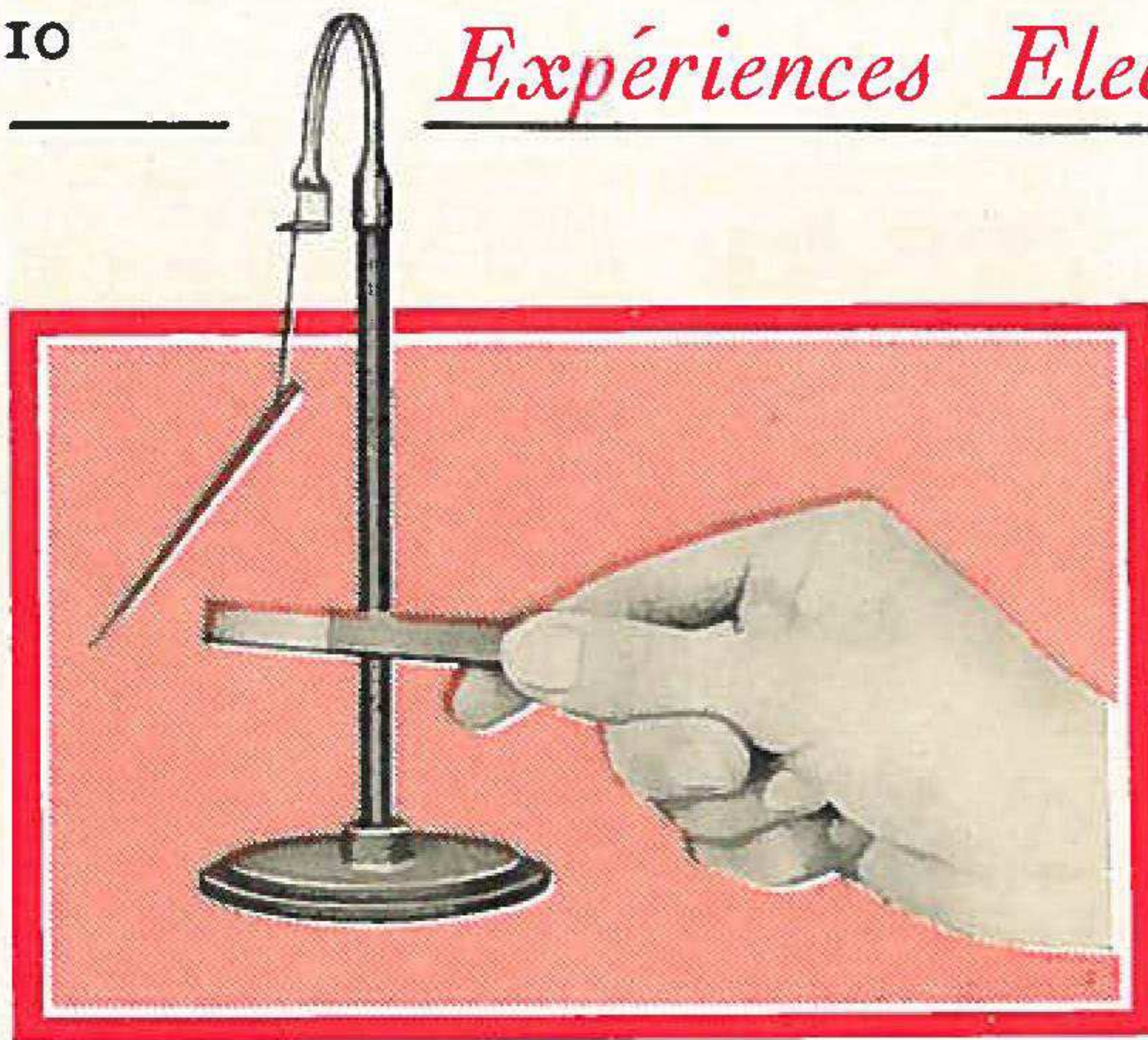


Fig. 20. En raison de la répulsion magnétique, l'aiguille commencera à s'agiter en prenant les positions les plus extraordinaires.

venons de nous servir ; elles sont même si petites qu'il est impossible de les voir avec le plus puissant des microscopes. Les particules composant un morceau de fer non aimanté ne sont pas disposées symétriquement, de sorte que leurs magnétismes se neutralisent. Il suffit, néanmoins de passer, un aimant le long du morceau de fer, pour provoquer un changement dans la disposition de ses particules, dont les pôles Nord s'orientent tous dans la même direction. C'est donc en raison de leur magnétisme combiné que tout le morceau de fer acquiert des propriétés magnétiques.

Nous avons déjà vu qu'en agitant le tube contenant de la limaille aimantée on met fin à l'orientation symétrique de ses particules, ce qui entraîne la désaimantation de toute la limaille. C'est exactement la même chose qui se produira avec un morceau de fer aimanté traité de façon similaire : on le désaimantera en tapant dessus violemment ou en le laissant tomber par terre, car ses particules perdront leur disposition symétrique. L'aimant est en effet un objet qui, malgré sa solidité, est fort délicat : il suffit de le jeter avec quelque force sur la table ou de le laisser tomber sur le plancher pour qu'il perde ses propriétés magnétiques.

Expériences Amusantes

Vous pouvez exécuter plusieurs expériences amusantes avec quelques aiguilles et les Barreaux Aimantés contenus dans la Boîte Elektron No. 1.

Suspendez à l'aide d'un fil une aiguille aimantée à la Potence consistant en un Tube de Galalithe (Pièce No. 1509), une Base Circulaire (Pièce No. 1508), et un Support de Suspension (Pièce No. 1510). (Fig. 20). Approchez d'elle ensuite les pôles d'un Barreau Aimanté. L'aiguille commencera à s'agiter en prenant les positions les plus extraordinaires.

Suspendez à présent une ou deux aiguilles au pôle Sud d'un des Barreaux Aimantés. Faites glisser ensuite le second Barreau Aimanté tout le long de la surface du premier et ceci de telle façon que le pôle Nord du deuxième aimant vienne recouvrir le pôle Sud de premier (Fig. 21). Les deux pôles contraires se neutraliseront mutuellement, et les aiguilles se détacheront de l'aimant et tomberont sur la table.

Répulsion des Aimants

Ainsi que nous le savons déjà, les pôles de même nom se repoussent. Les curieux effets de cette loi du magnétisme peuvent être démontrés à l'aide d'ai-

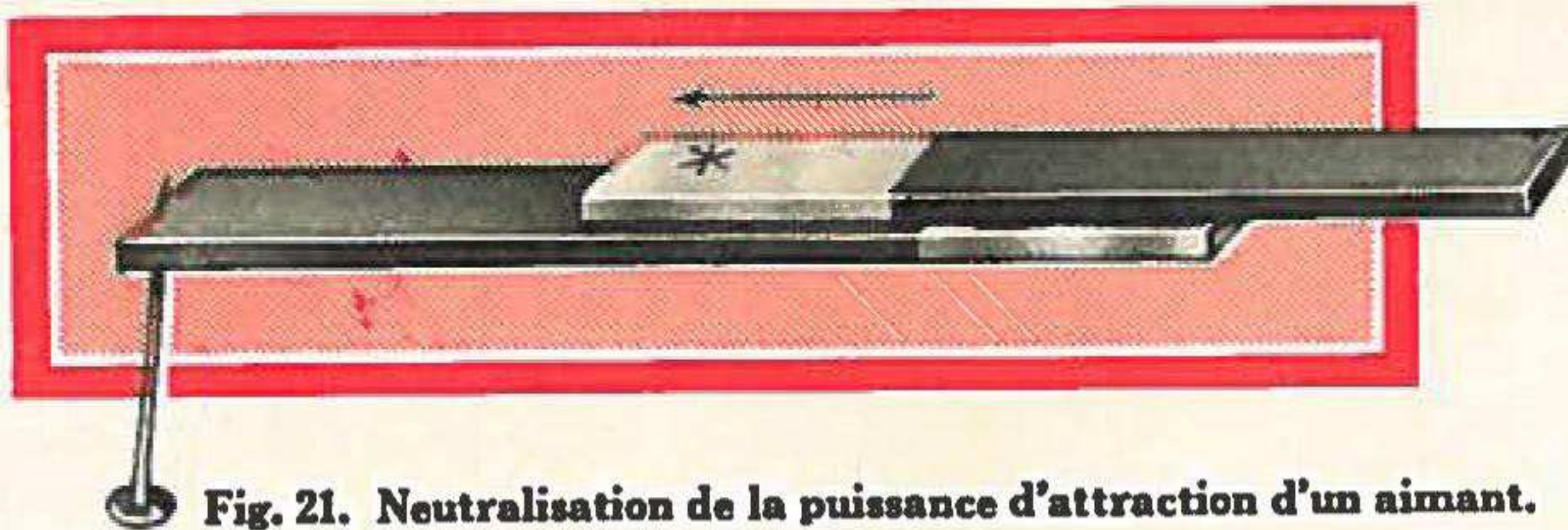


Fig. 21. Neutralisation de la puissance d'attraction d'un aimant.

mants flottant verticalement dans une cuvette d'eau.

Aimantez des aiguilles avec le pôle Nord d'un des Barreaux Aimantés, en le passant lentement de la tête à la pointe de chacune d'elles. Passez ensuite ces aiguilles à travers des bouchons, en veillant à ce que leurs têtes, c'est-à-dire leurs pôles Nord, se trouvent au sommet (Fig. 22). Ceci fait, posez quatre de ces bouchons munis d'aiguilles dans une cuvette d'eau. Les pôles Nord flottant sur la surface de l'eau se repousseront



Fig. 22. Aiguille aimantée et bouchon employés pendant les expériences avec l'aimant flottant.

mutuellement et tous les bouchons resteront, par conséquent, toujours à une certaine distance l'un de l'autre.

Approchez à présent le pôle Sud d'un des Barreaux Aimantés tenu en mains verticalement des aiguilles flottantes sur les bouchons. Ces aiguilles se trouveront attirées par l'aimant et se rapprocheront de ce dernier, mais s'arrêteront brusquement à une certaine distance de lui, en formant les quatre coins d'un carré régulier. Ceci est dû à la répulsion mutuelle des pôles de même nom (Fig. 23). Si vous répétez cette expérience avec sept aiguilles flottantes,—une d'elles viendra se poser juste sous le pôle Sud de l'aimant, tandis que les six autres formeront un cercle autour d'elle (Fig. 24). En augmentant le nombre des aimants flottants—vous obtiendrez la formation d'un deuxième cercle, et ainsi de suite. On aura soin

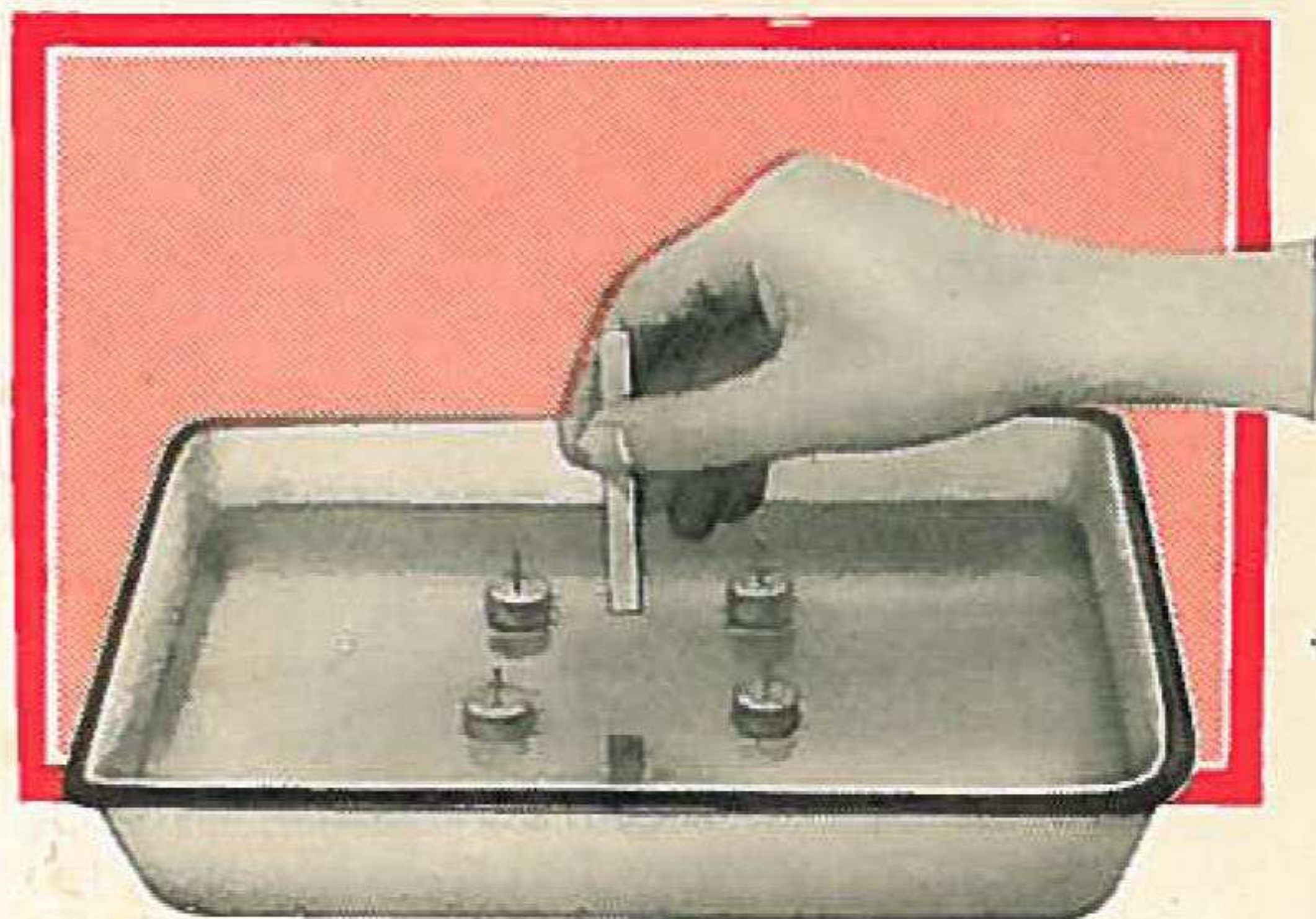


Fig. 23. Les quatre aimants flottants forment les quatre coins d'un carré régulier.

de bien caler la cuvette, car toute vibration pourrait nuire à la bonne réussite de l'expérience.

La Pêche à la Ligne

Procurez-vous tout d'abord quelques petits poissons en celluloïde chez un marchand de jouets. Aimantez ensuite plusieurs petites aiguilles à coudre, mais de telle façon que la moitié de ces aiguilles ait leurs pôles Nord situés à leurs têtes, et l'autre moitié—à leurs pointes. Introduisez-les

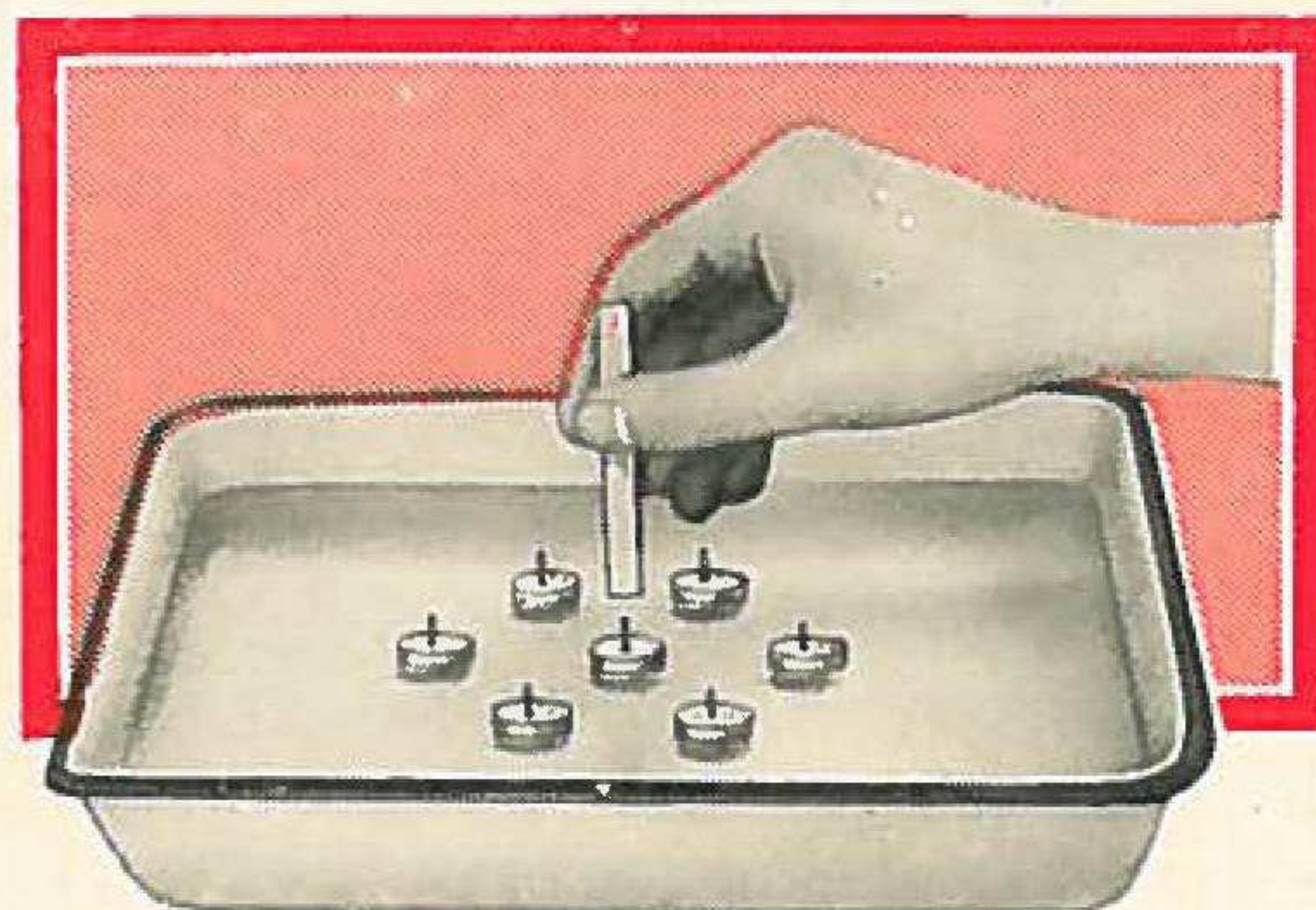


Fig. 24. Répétition de l'expérience reproduite sur la Fig. 23 avec sept aimants flottants.

ensuite par leurs pointes dans les museaux des petits poissons en celluloïde, en veillant à ce que les têtes des aiguilles en ressortent légèrement. Les trous dans lesquels sont introduites les aiguilles doivent se trouver au-dessus de la surface de l'eau, et les aiguilles elles-mêmes ne doivent pas être trop longues, afin que les poissons ne perdent pas leur équilibre. Ces poissons aimantés flottant sur l'eau, la "pêche" pourra commencer. Les poissons seront attirés, en effet, par des Barreaux Aimantés servant d'hameçons et suspendus à un fil attaché à une baguette de bois (Fig. 25). Certains poissons se trouveront attirés et d'autres repoussés d'une façon fort amusante. Dans le cas où il y aurait plus de deux "pêcheurs" qui désireraient prendre part à ce jeu, on pourra utiliser en guise des Barreaux Aimantés des aiguilles à repriiser aimantées, mais leur puissance magnétique ne sera pas aussi forte.

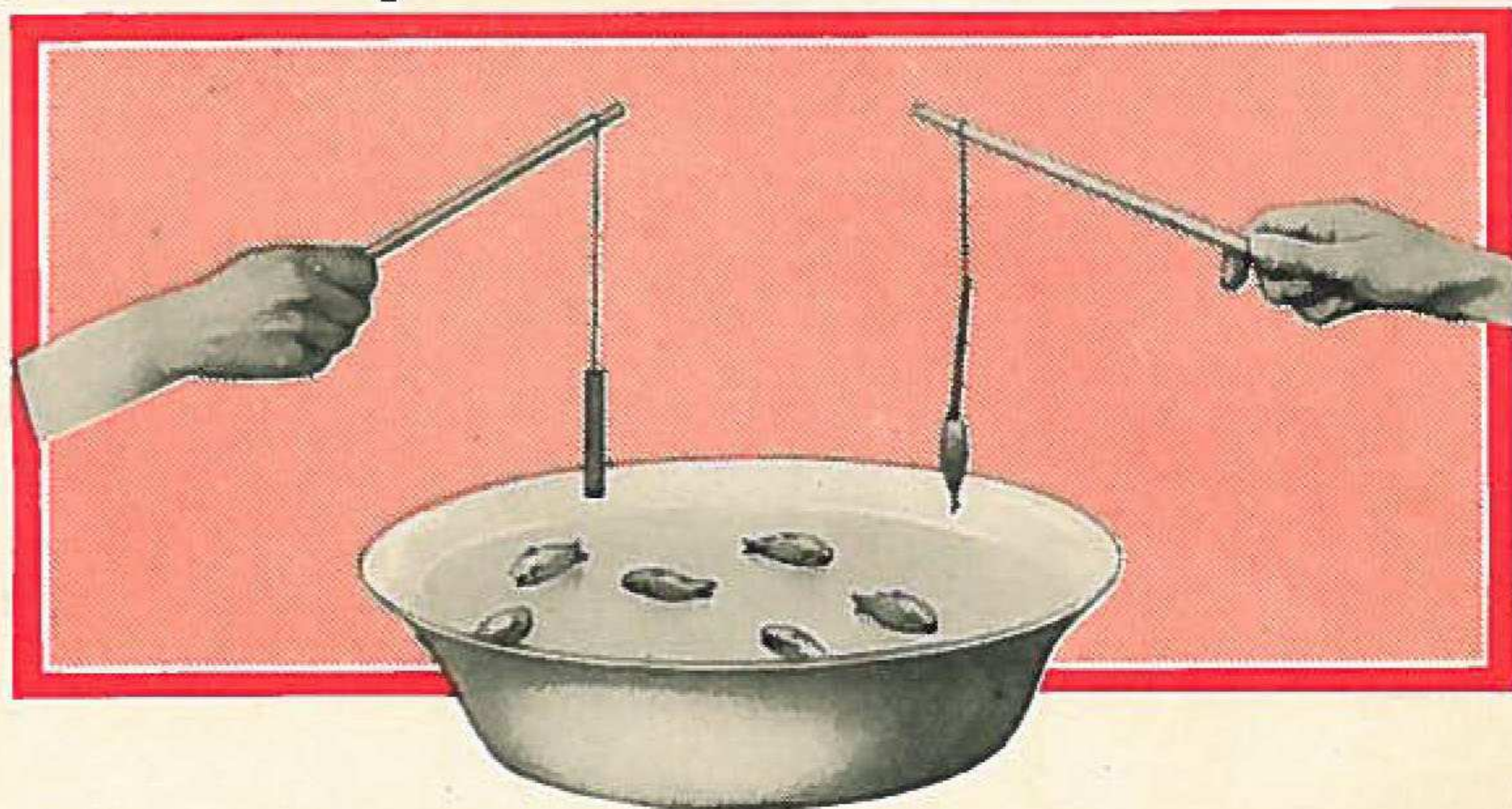


Fig. 25. Pêche à la ligne magnétique.

II Partie. ELECTRICITE STATIQUE

On appelle "électricité" la propriété qu'ont tous les corps d'attirer dans certaines circonstances, les corps légers environnants, d'émettre des étincelles et de causer des commotions chez les animaux. Il existe deux genres d'électricité : 1) l'électricité statique—qui est l'électricité développée sur un corps conducteur par frottement ou par influence et qu'on appelle également électricité de frottement et 2) l'électricité dynamique—qui prend la forme de courants électriques.

L'électricité était connue il y a plus de 2.000 ans, mais la forme sous laquelle elle se présentait (électricité statique) ne permettait pas de l'employer en vue de résultats utiles.

Il est facile de faire des expériences avec l'électricité statique, en frottant une pipe, un stylo ou de la cire à cacheter contre la manche de son veston. Le corps frotté se charge d'électricité statique et devient capable d'attirer de petits morceaux de papier, de la cendre de tabac et autres objets légers, de la même manière qu'un aimant attire des épingles et certains objets en métal.

La force d'attraction était connue des Grecs de l'antiquité qui la démontraient en frottant de l'ambre contre de la fourrure. On croit que cette découverte a été faite pour la première fois, environ 6.000 ans avant J.-C. par Thalès de Milet un éminent philosophe grec.

Sans le savoir, les Grecs firent le premier pas dans la fondation de la science de l'électricité en démontrant ainsi la force d'attraction de l'ambre. Ils considéraient ce phénomène comme une curiosité et croyaient que la force d'attraction avait été donnée à l'ambre par les dieux. La Légende raconte comment Phaéton, le fils du Soleil, décida de conduire le char de son père à travers le ciel. Cependant il s'approcha trop près de la Terre, ce qui eut

comme résultat que les océans séchèrent et que la terre brûla. Jupiter, le maître du ciel, voyant ce qui se passait, foudroya Phaéton et l'envoya sur terre. Comme suite du châtimement, ses soeurs éplorées, les Héliades, furent changées en peupliers et leurs larmes en ambre.

Cette histoire n'offre pas qu'un intérêt passager, car le nom du dieu du soleil était Alector "celui qui brille." A cause de cela l'ambre devint connue sous le nom d' "elektron" ou "ce qui brille" ; c'est de là que vient le mot "électricité."

Aujourd'hui, on ne s'occupe pas de la légende grecque et le secret de la force d'attraction de l'ambre s'explique d'une manière plus scientifique. Cette force étrange est due à une charge d'électricité statique, impartie à l'ambre comme résultat du frottement.

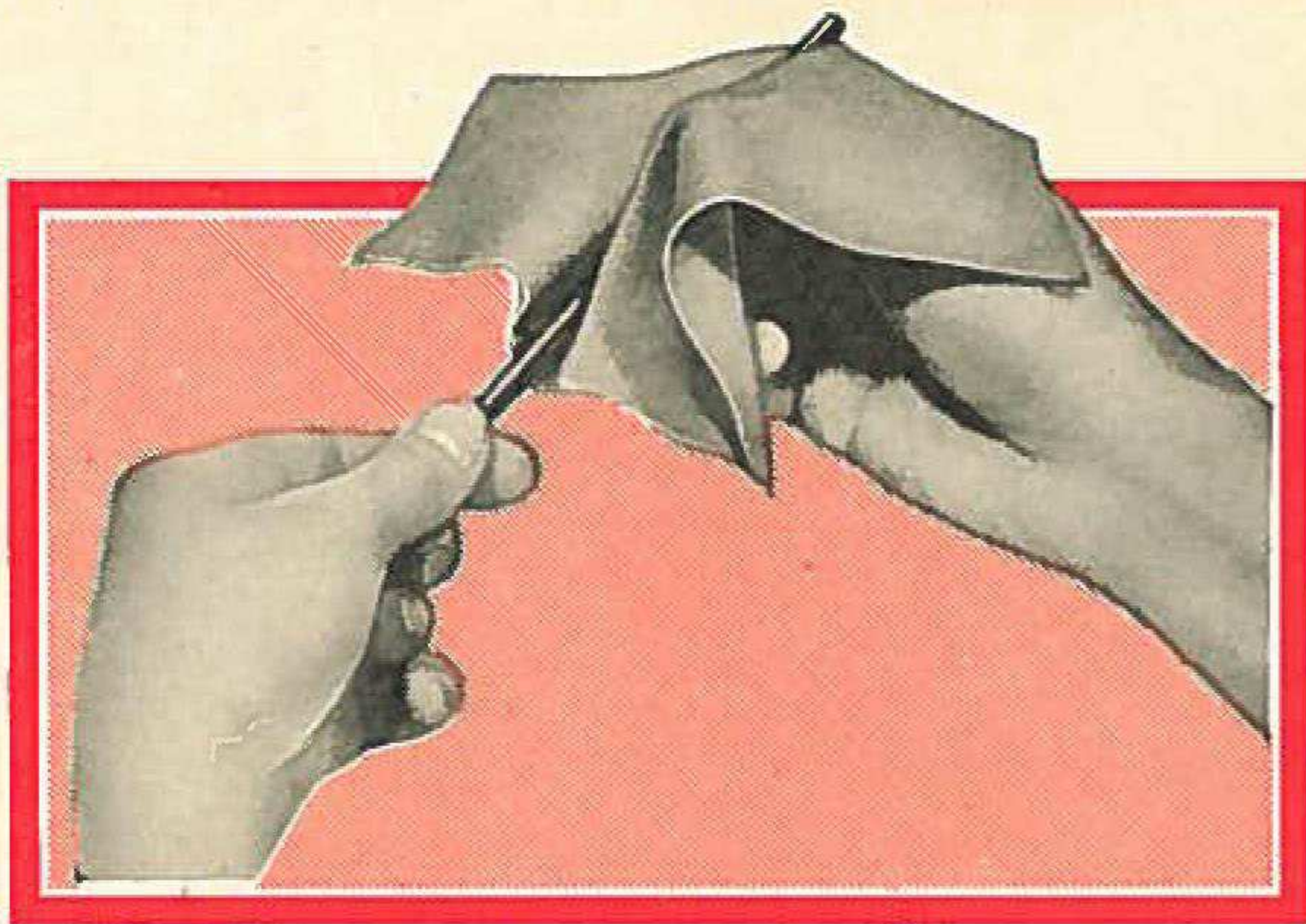


Fig. 26. On électrise une Baguette d'Ebonite en la frottant avec un morceau de flanelle.

Une fois qu'ils eurent découvert la possibilité d'appeler à volonté cette merveilleuse force d'attraction, les Grecs ne poussèrent pas plus loin leur étude. De fait, le sujet paraît avoir été presque complètement oublié jusqu'au XVII^e siècle. Le mot "électricité" fut employé pour la première fois par le célèbre savant

anglais Gilbert de Colchester qui fit voir qu'une foule de corps autres que l'ambre sont également électrisables. En 1737 le célèbre savant français Dufay démontra que tous les corps bons ou mauvais conducteurs de l'électricité peuvent être électrisés par frottement.

Electrisation du verre et de l'ébonite

Le verre et l'ébonite se trouvent parmi les corps qui sont électrisables comme l'ambre. L'ébonite est du caoutchouc durci par vulcanisation, et d'un beau noir. On en fait des peignes, des disques pour phonographes, etc.

Frottez la Baguette d'Ebonite (Pièce No. 1514) avec le Carré de Flanelle (Pièce No. 1516), ainsi que nous le montre la Fig. 26, et tenez-la

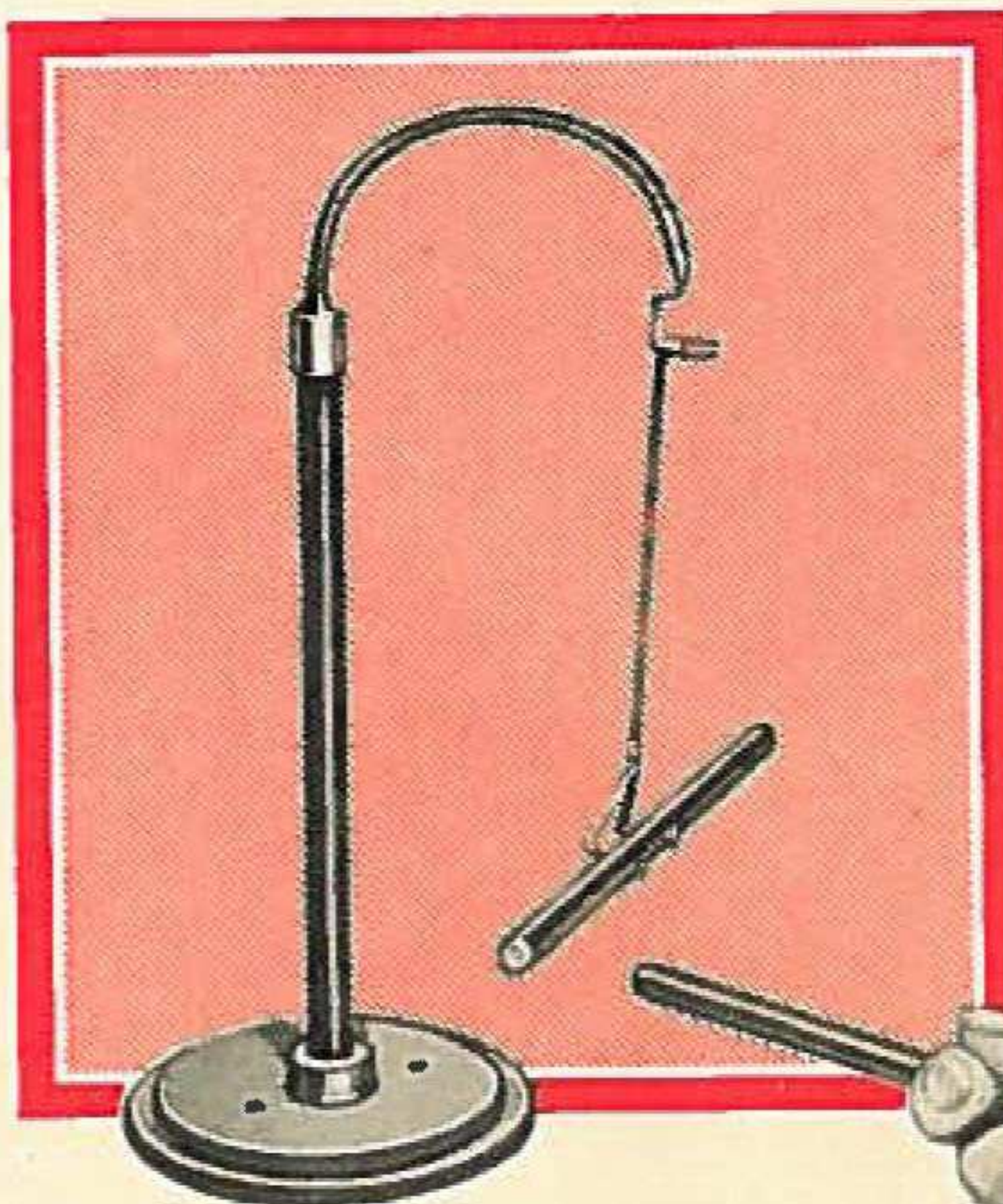


Fig. 27. Répulsion électrique entre deux Baguettes d'Ebonite électrisées.

au-dessus de petits morceaux de papier fin. Ces derniers seront attirés par la Baguette et se colleront à elle. Répétez l'expérience avec la

Posez une Baguette d'Ebonite électrisée sur l'Etrier de Cuivre de la potence utilisée déjà lors de nos expériences magnétiques. (Fig. 27). Frottez la deuxième Baguette d'Ebonite avec le Carré de Flanelle et approchez-la ensuite de l'extrémité électrisée de la Baguette suspendue. Cette dernière sera repoussée.

Répétez l'expérience avec une Baguette de Verre frottée avec le Carré de Soie. Cette fois-ci la Baguette d'Ebonite sera attirée. Cette attraction est due au fait que les charges des deux baguettes sont de noms contraires.

Electricité Positive et Négative

L'électricité obtenue sur la Baguette de Verre s'appelle "positive," et l'électricité sur la Baguette d'Ebonite est connue sous le nom de "négative."

Baguette de Verre (Pièce No. 1515) frottée avec le Carré de Soie (Pièce No. 1517). Vous obtiendrez les mêmes résultats qu'avec la Baguette d'Ebonite. Cette puissance d'attraction est due à la présence d'une faible charge d'électricité produite par le frottement. Cette expérience, ainsi que toutes les autres expériences dans le domaine de l'électricité statique, doit être exécutée avec du matériel absolument sec, et les meilleurs résultats sont obtenus dans une pièce bien chauffée.

Deux Electricités Différentes

Nous avons vu au cours de nos expériences magnétiques que, bien qu'en attirant des morceaux de fer et d'acier exactement de la même façon, les deux pôles d'un barreau aimanté étaient complètement différents, le magnétisme de l'un étant Nord et de l'autre - Sud. Les expériences ci-dessous vont nous démontrer qu'il en est exactement de même pour les charges électriques.

Nos expériences nous montrent qu'ici aussi il existe une parfaite similarité entre l'électricité et le magnétisme : les corps chargés d'électricité de même nom se repoussent mutuellement,

tandis que ceux qui sont chargés d'électricité de noms contraires s'attirent.

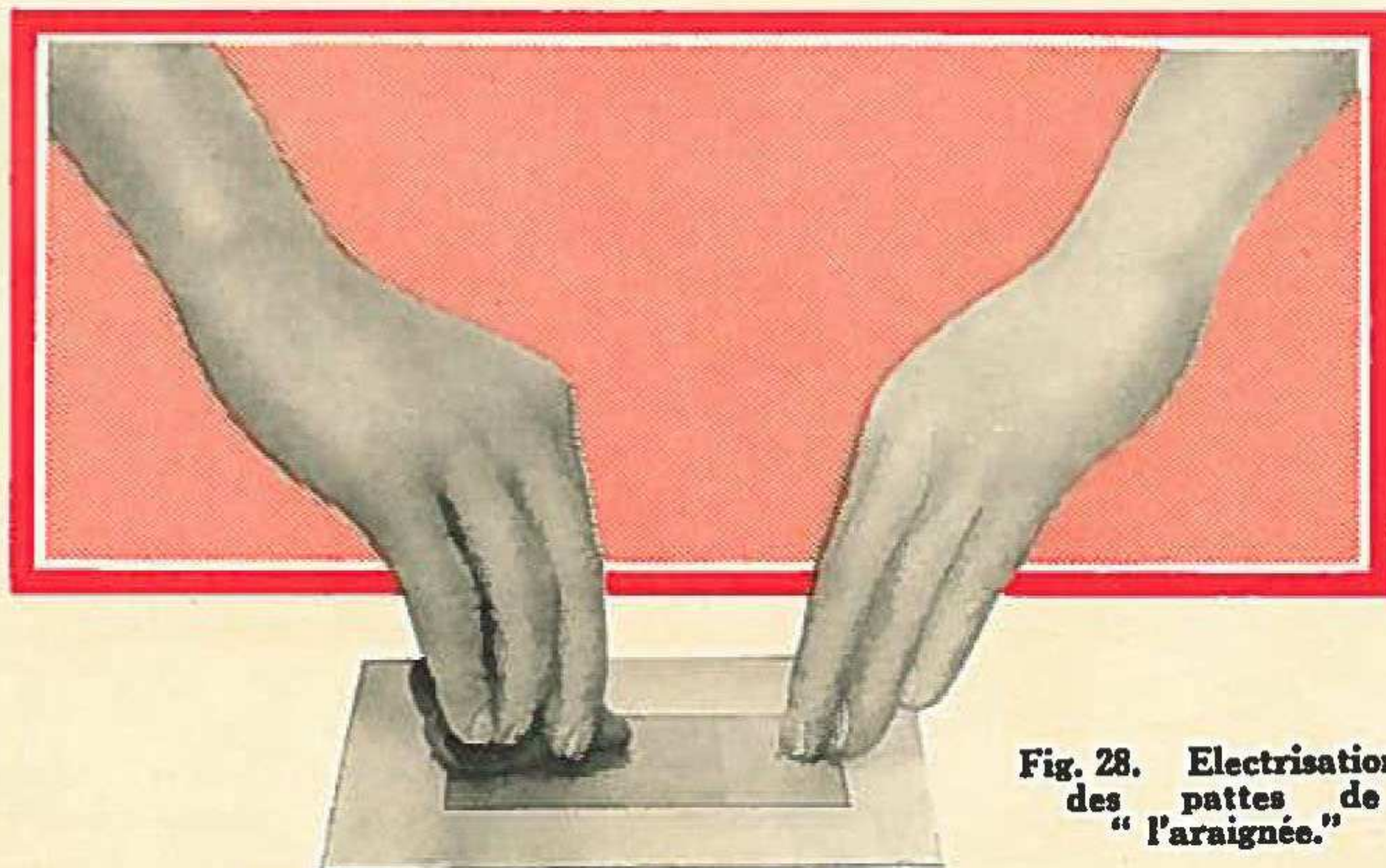


Fig. 28. Electrification des pattes de "l'araignée."

L'Araignée Electrique

Voici une expérience fort amusante qui nous démontre que les objets chargés de la

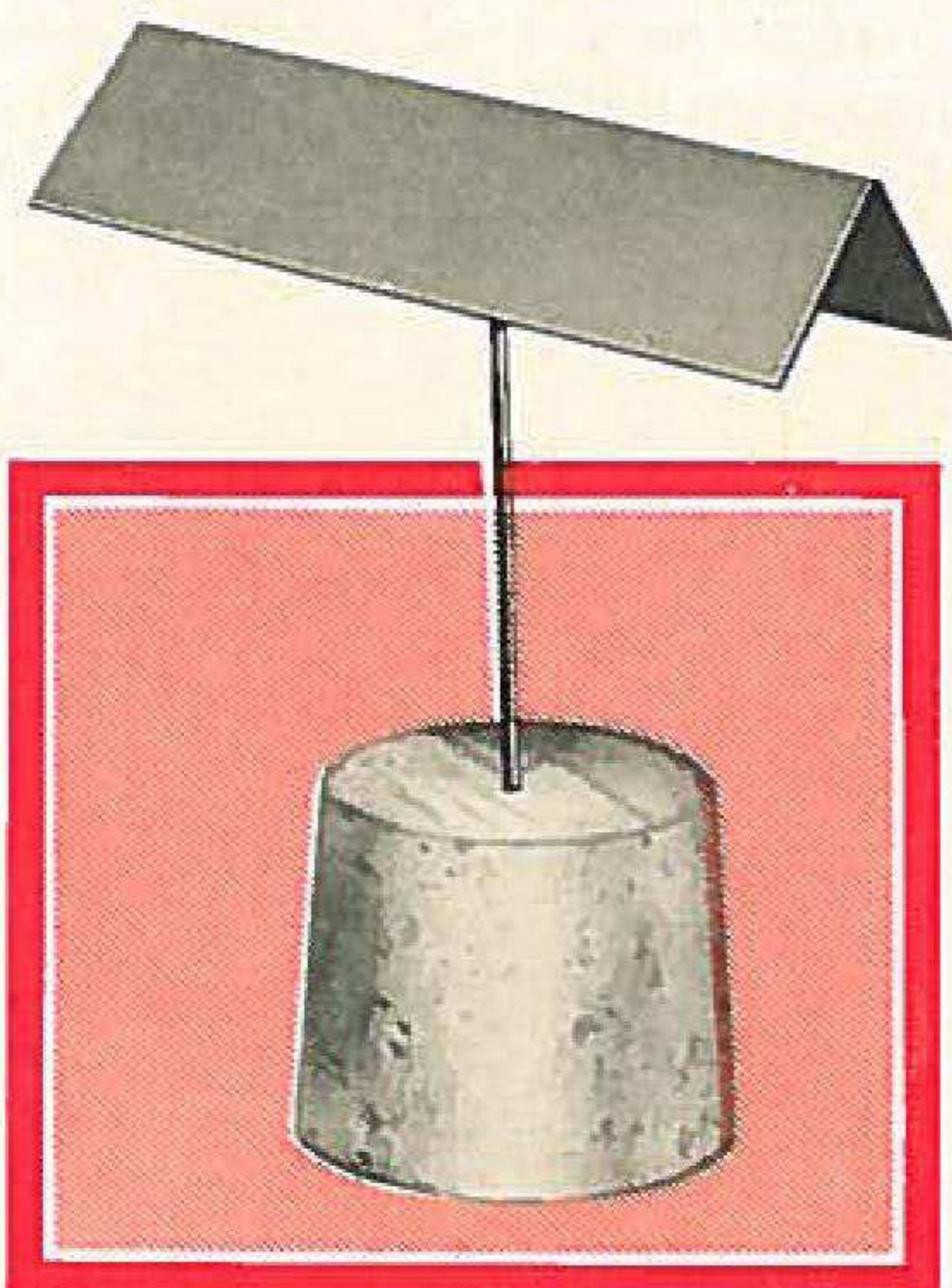


Fig. 29. La "boussole électrique" employée pour déceler les charges électriques.

même électricité se repoussent mutuellement.

Découpez une feuille de papier fin d'environ 10 cm. de long et de 5 cm. de large et divisez-la sur une longueur d'environ 75 mm. en huit bandes étroites. Vous obtiendrez

ce qu'on appelle une "araignée électrique," dont la tête est représentée par l'extrémité non découpée du papier et les pattes par les bandes.

Posez l'"araignée" sur une plaque de verre, et, tout en la retenant par la tête, frottez énergiquement les pattes avec le Carré de Flanelle (Fig. 28). Ceci fait, soulevez promptement l'"araignée." Toutes ses pattes s'écarteront, car elles sont toutes chargées d'électricité de même nom et, par conséquent, se repoussent mutuellement.

Posez à présent de petits morceaux de papier d'étain ou de "papier d'argent" sur un plateau métallique et tenez au-dessus d'eux une Baguette d'Ebonite électrisée. Ils seront tout d'abord attirés par la Baguette, mais il leur suffira d'entrer en contact avec elle pour être violemment repoussés. Se trouvant ainsi de nouveau sur le plateau métallique, ils seront immédiatement réattirés par la Baguette, et le même phénomène se produira aussi longtemps que nous continuerons l'expérience. En entrant en contact avec la Baguette, les morceaux de papier acquièrent une partie de

sa charge électrique et sont repoussés. Ils sont à nouveau attirés après avoir perdu leur charge sur le plateau métallique.

Déceleurs d'Electricité

Il est nécessaire parfois de déterminer si tel ou autre morceau d'ébonite, de verre ou de tout autre substance est électrisé ou non. Il n'est pas toujours commode, toutefois, de se servir pour cela de petits morceaux de papier ou d'une baguette suspendue, et le "déceleur d'électricité" décrit ci-dessous pourra leur être substitué avec succès.

Découpez un morceau de papier épais ou de carton d'environ 4 cm. $\times$ 1 cm. Pliez-le en deux dans le sens de sa longueur et placez-le ensuite sur la pointe d'une aiguille passant à travers un Bouchon (Fig. 29), ou sur le Pivot démonté du Boîtier de la Boussole (Pièce No. 1502). Il suffit d'approcher une Baguette électrisée d'une des extrémités du morceau de papier ou de carton, pour que ce dernier s'oriente vers la Baguette. C'est ainsi qu'on peut déceler la présence de charges d'électricité même très faibles.

On obtient un instrument bien plus sensible pour déceler des charges électriques en suspendant à la potence à l'aide d'un fil de soie un des petits Bouchons (Pièce No. 1519) qui sont tous perforés pour permettre le passage d'un fil. Une plume ou une bande de papier fin peuvent être utilisées à la place de Bouchons. Le papier peut être découpé, pour plus d'effet, en forme de papillon (Fig. 33) ou de petit oiseau et peint en couleurs appropriées.

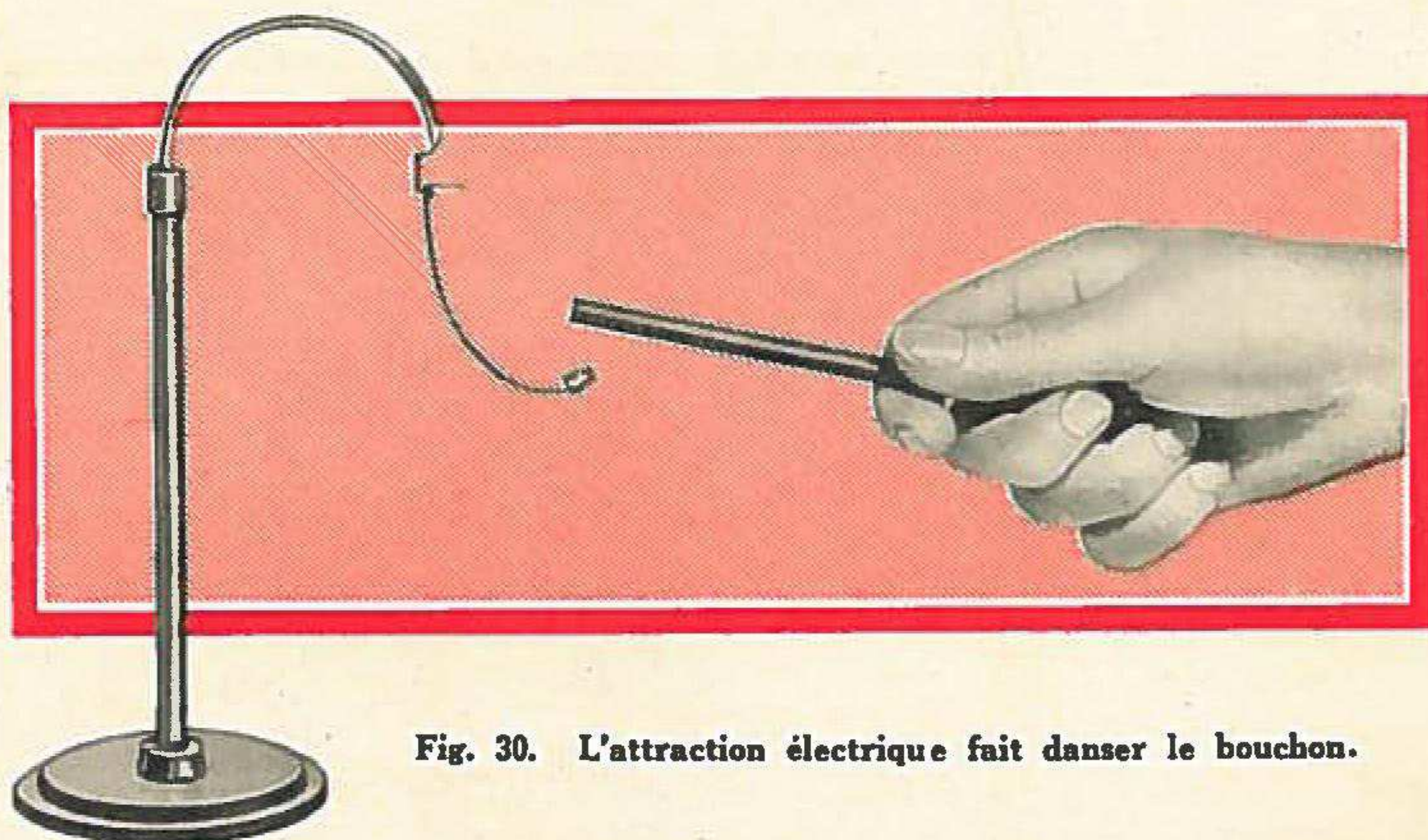


Fig. 30. L'attraction électrique fait danser le bouchon.

Electroscope Elémentaire

Approchez du Bouchon suspendu à la potence une Baguette de Verre ou d'Ebonite préalablement électrisée par frottement. Le Bouchon sera fortement attiré (Fig. 30) et, vu sa légèreté, on pourra le faire monter à n'importe quel angle. On obtiendra les mêmes résultats en utilisant au lieu de Bouchon une plume ou une bande de papier. Cet instrument représente un électroscope élémentaire, c'est-à-dire un

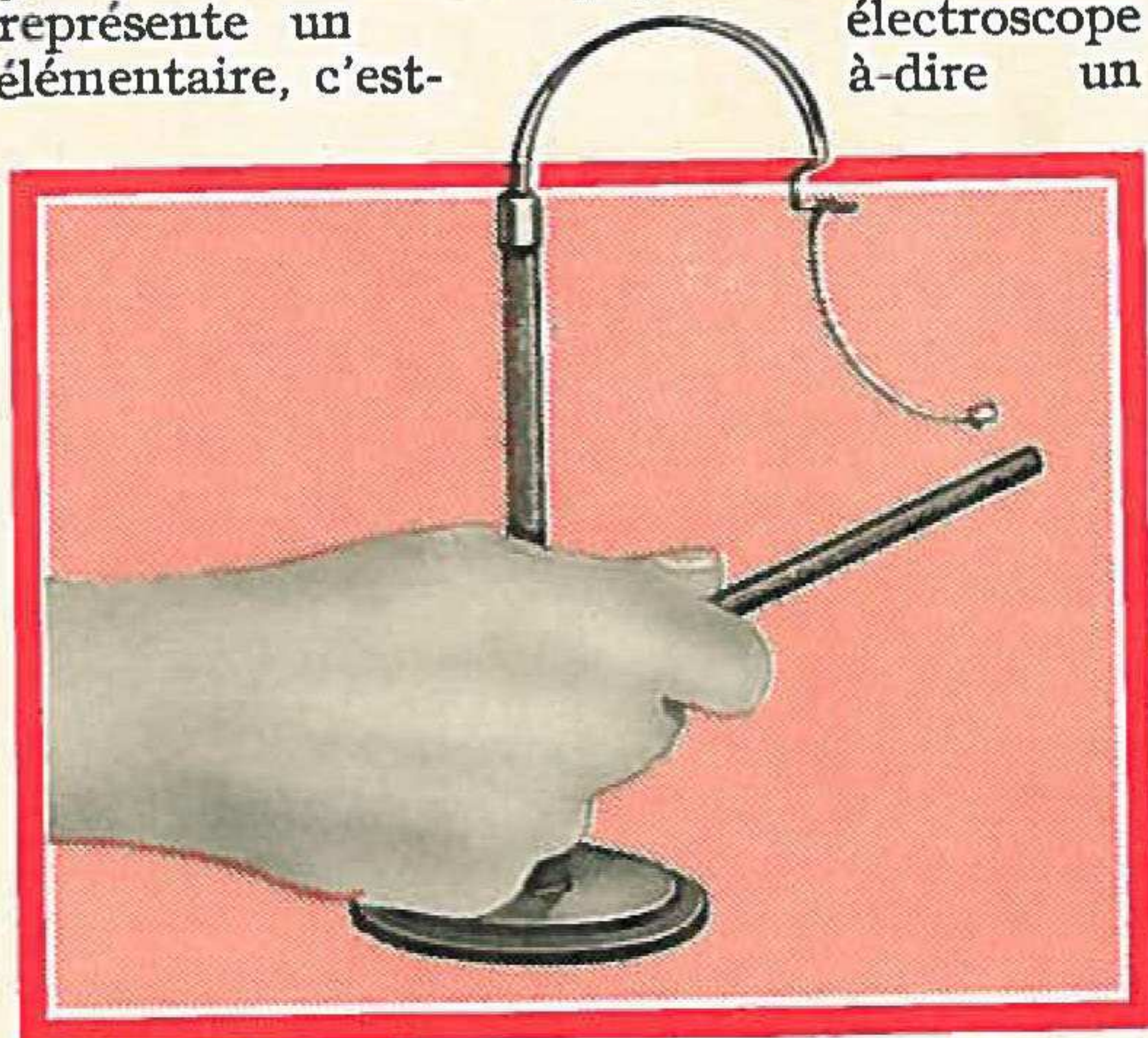


Fig. 31. Un bouchon électrisé est repoussé par une baguette chargée d'électricité de même nom.

appareil servant à déceler la présence de petites charges d'électricité dans un corps.

Touchez maintenant le Bouchon suspendu du bout de la Baguette électrisée. Il sera violemment repoussé (Fig. 31), car il sera chargé à présent d'électricité de même nom que celle de la Baguette. Cette expérience réussira le mieux si le Bouchon suspendu est enveloppé dans du papier d'étain.

La Terre—Réservoir D'Electricité Géant

Repoussé ainsi, le Bouchon ne pourra être attiré à nouveau que si la charge d'électricité qu'il a reçue de la Baguette, en est enlevée. Frottez dans ce but la surface du Bouchon avec la main. Ceci fait, approchez-en la Baguette; il sera attiré à nouveau, car il aura perdu toute sa charge d'électricité qui passera par la main et le corps dans la Terre.

La Terre représente un réservoir d'électricité géant, dans lequel pénètrent les

deux espèces d'électricité aussitôt qu'elles en ont l'occasion. Passées dans la Terre, les deux électricités se neutralisent.

Un Jeu Electrique Amusant

Une expérience très amusante peut être exécutée avec un Bouchon enveloppé dans du papier d'étain et suspendu à la potence. Tenez d'un côté la Plaque de l'Electroscope (Pièce No. 1520) et de l'autre - une Baguette électrisée, ceci à une distance d'environ 25 mm. du Bouchon. (Fig. 32). Le Bouchon est attiré par la Baguette, mais est repoussé vers la Plaque aussitôt qu'il l'aura touché. Entré en contact avec cette dernière, il perd sa charge d'électricité qui est mise à la terre et est à nouveau attiré par la Baguette. Le Bouchon oscillera ainsi rapidement entre la Baguette et la Plaque constituant un véritable " pendule électrique."

Cette oscillation permet d'organiser un jeu électrique fort amusant.

Doublez l'intérieur d'une petite boîte en carton avec du papier d'argent et divisez ensuite le fond de cette boîte en plusieurs sections numérotées. Placez dans la boîte une flèche en papier pas trop épais et recouvrez la boîte avec une feuille de celluloïde transparent. Si nous électrisons le celluloïde, en le frottant légèrement avec le doigt, la flèche se soulèvera dans la boîte, mais retombera aussitôt après avoir atteint la feuille de celluloïde. Entrée en contact avec la doublure en papier d'argent, la flèche perd sa charge d'électricité qui est mise à la terre et peut être attirée à nouveau vers le couvercle si nous continuons

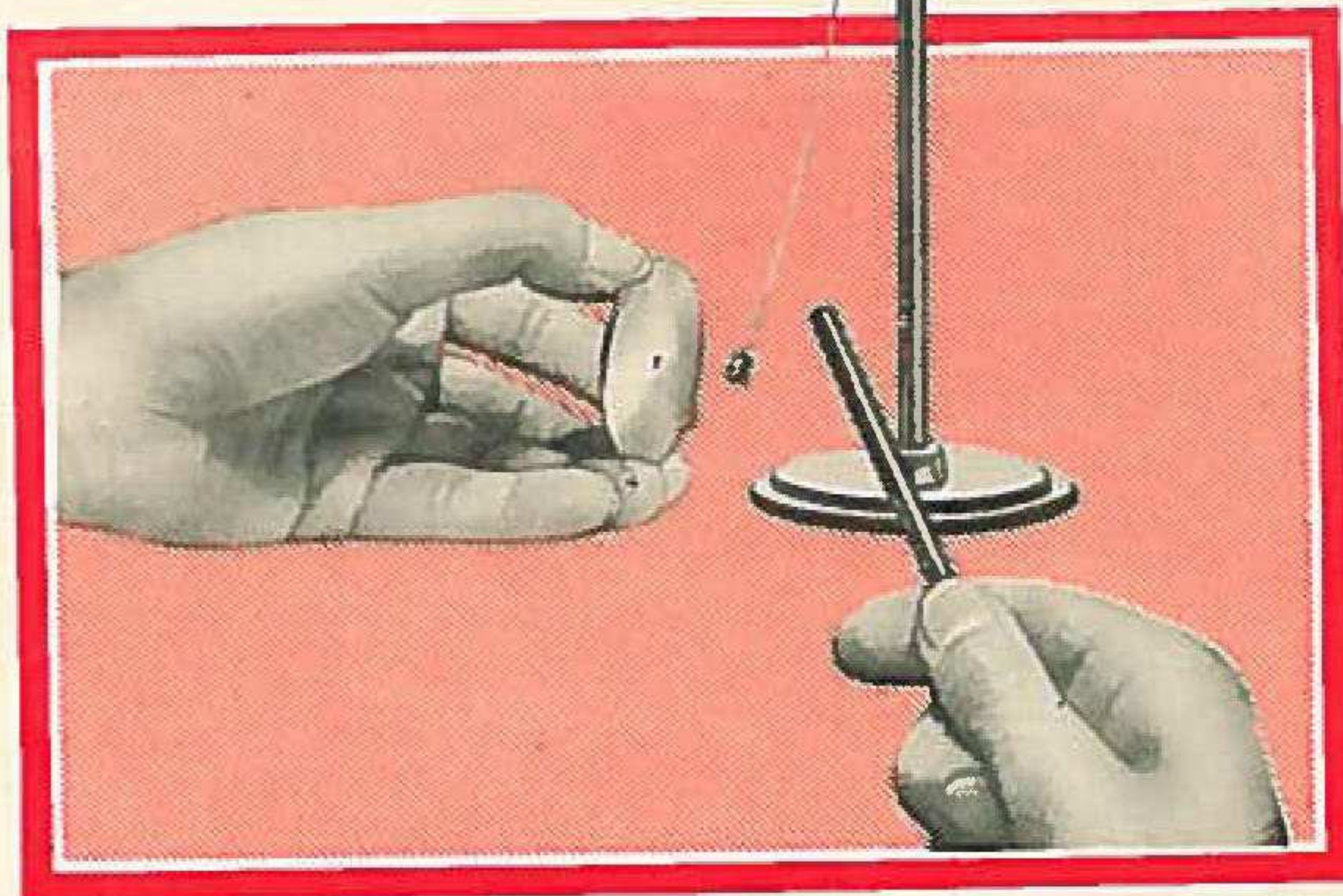


Fig. 32. Pendule électrique.

l'expérience. Pendant le jeu, les joueurs marquent les points d'après les numéros sur lesquels viendra tomber la flèche.

Montage d'un Electroscope Pratique

Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, l'électroscope est un instrument propre à déceler la présence et à déterminer l'espèce d'électricité dont un corps est chargé.

Un électroscope bien plus attrayant et pratique que le Bouchon suspendu peut être fabriqué à l'aide de pièces contenues dans la Boîte Elektron et d'un verre. (Fig. 34).

Placez la Base Circulaire (Pièce No. 1508) sur un verre de telle façon que le rebord de la Base repose sur le bord du verre. Introduisez ensuite le Bouchon d'Ebonite (Pièce No. 1524) dans le trou central de la Base Circulaire, et, ceci fait, passez à travers lui la Tige de l'Electroscope (Pièce No. 1521). Placez le Manchon de Galalithe (Pièce No. 1522) sur la Tige au-dessus du Bouchon d'Ebonite et vissez la Plaque de l'Electroscope (Pièce No. 1520) sur l'extrémité supérieure de la Tige. La Plaque y sera maintenue à l'aide d'un contre-écrou.

Fixez le Crochet de l'Electroscope (Pièce

d'environ 25 mm. de long et 5 mm. de large de la Feuille d'Aluminium (Pièce No. 1525) contenue dans une petite enveloppe de la Boîte. Placez une bande au-dessus de l'autre et percez un petit trou à une des extrémités de cette paire de bandes. Suspendez ensuite ces bandes ou "feuilles" au Crochet de l'Electroscope.

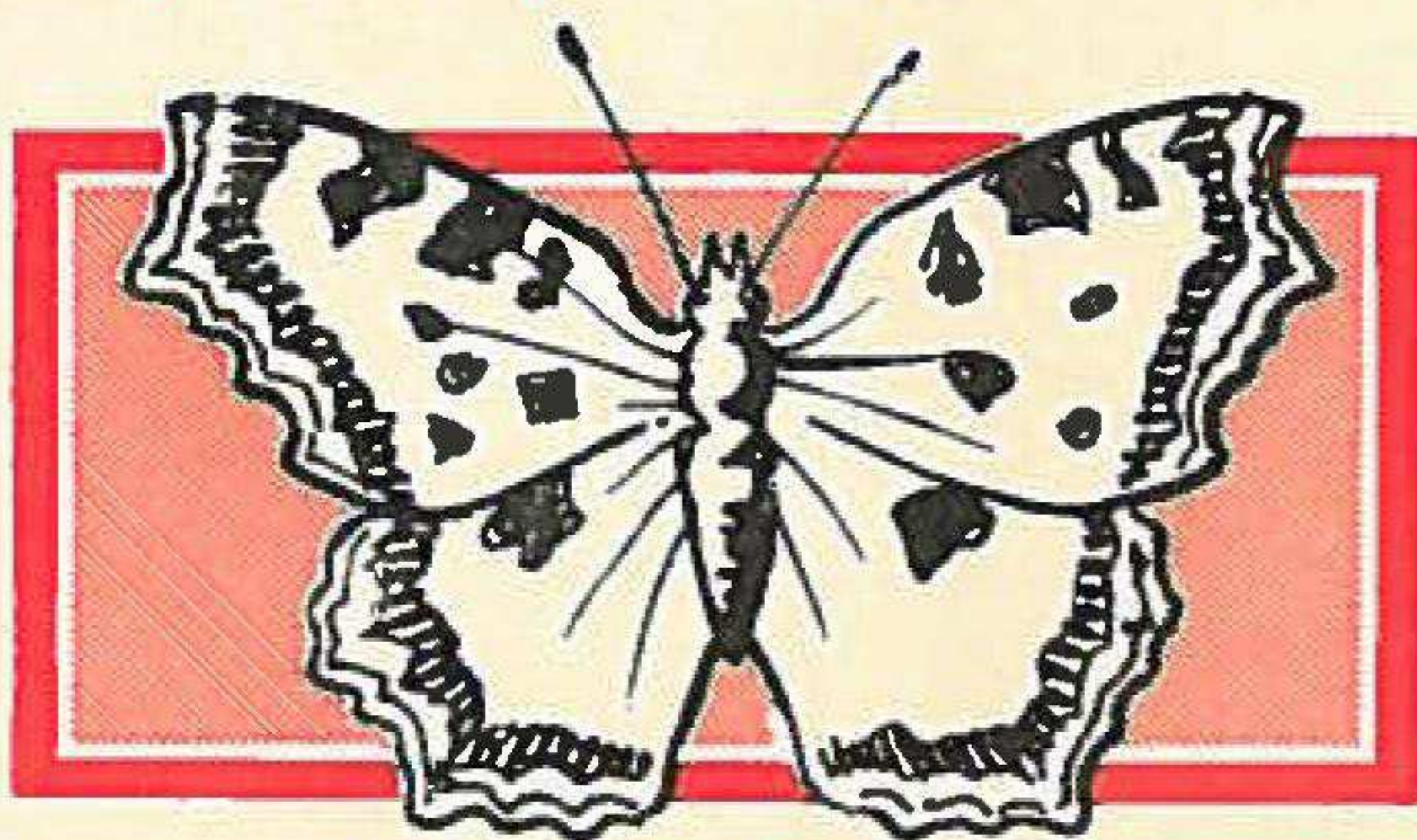


Fig. 33. Déceleur d'électricité en forme de papillon.

Electrisez à présent une Baguette d'Ebonite et mettez-la en contact avec la Plaque de l'Electroscope. Les "feuilles" de l'Electroscope s'écarteront immédiatement et resteront

dans cette position même après que la Baguette aura été retirée, car elles sont chargées d'électricité de même nom et, par conséquent, se repoussent mutuellement. Touchez la Plaque de l'Electroscope avec la main. Les "feuilles" retomberont verticalement immédiatement, car elles seront déchargées.

Conducteurs et Isolants

L'électroscope permet de constater si tel ou autre corps laisse passer l'électricité, c'est-à-dire s'il est CONDUCTEUR ou ISOLANT. Il suffit pour cela d'approcher le corps du disque d'un électroscope chargé en tenant le corps dans la main. Si le corps est conducteur, les feuilles de l'électroscope retomberont ; par contre, les feuilles resteront écartées, si le corps oppose une résistance au passage de l'électricité. Si, par exemple, nous approchons un clou de fer tenu dans la main d'un électroscope chargé, les feuilles de l'appareil retomberont ; elles demeureront écartées, si nous répétons l'expérience avec un fil de soie bien sec. Cette expérience nous apprend que le fer laisse passer facilement l'électricité, mais que ce n'est pas le cas avec la soie.

Les métaux, les acides et le corps humain sont de bons conducteurs ; le coton, la toile et le papier ne le sont qu'en partie et l'air, la résine, la soie, le verre, la cire à cacheter et la gutta-percha sont de mauvais conducteurs. Toutefois, nous devons dire que cette classification n'est pas absolue, car, en réalité, les corps mauvais conducteurs



Fig. 34. Chargement de l'électroscope Elektron à l'aide d'une baguette électrisée.

No. 1523) à l'extrémité filetée inférieure de la Tige. Découpez ensuite deux petites bandes étroites de papier d'aluminium

possèdent aussi une certaine conductibilité, tandis que les bons conducteurs opposent une certaine résistance au passage de l'électricité.

Pour conserver la propriété électrique sur un corps bon conducteur, il est nécessaire de l' "isoler," c'est-à-dire lui ôter tout contact avec les corps qui pourraient lui enlever son électricité ; car, si on le prend à la main, le corps humain étant lui-même bon conducteur de l'électricité, il se trouve mis en communication avec la terre et perd sa propriété.

Nous avons eu déjà l'occasion de voir deux applications pratiques des propriétés respectives des conducteurs et des isolants. En montant notre électroscope - bouchon, nous avons dû isoler le Bouchon en le suspendant au support à l'aide d'un fil de soie. Dans notre deuxième électroscope, les "feuilles" sont suspendues à une Tige de cuivre qui est bon conducteur, de sorte que l'électricité de la Plaque de cuivre peut passer dans les "feuilles." D'autre part, la Tige, la Plaque et les feuilles de l'électroscope doivent être isolées, car il serait impossible autrement de les électriser. C'est le Bouchon d'Ebonite qui est employé ici comme isolant.

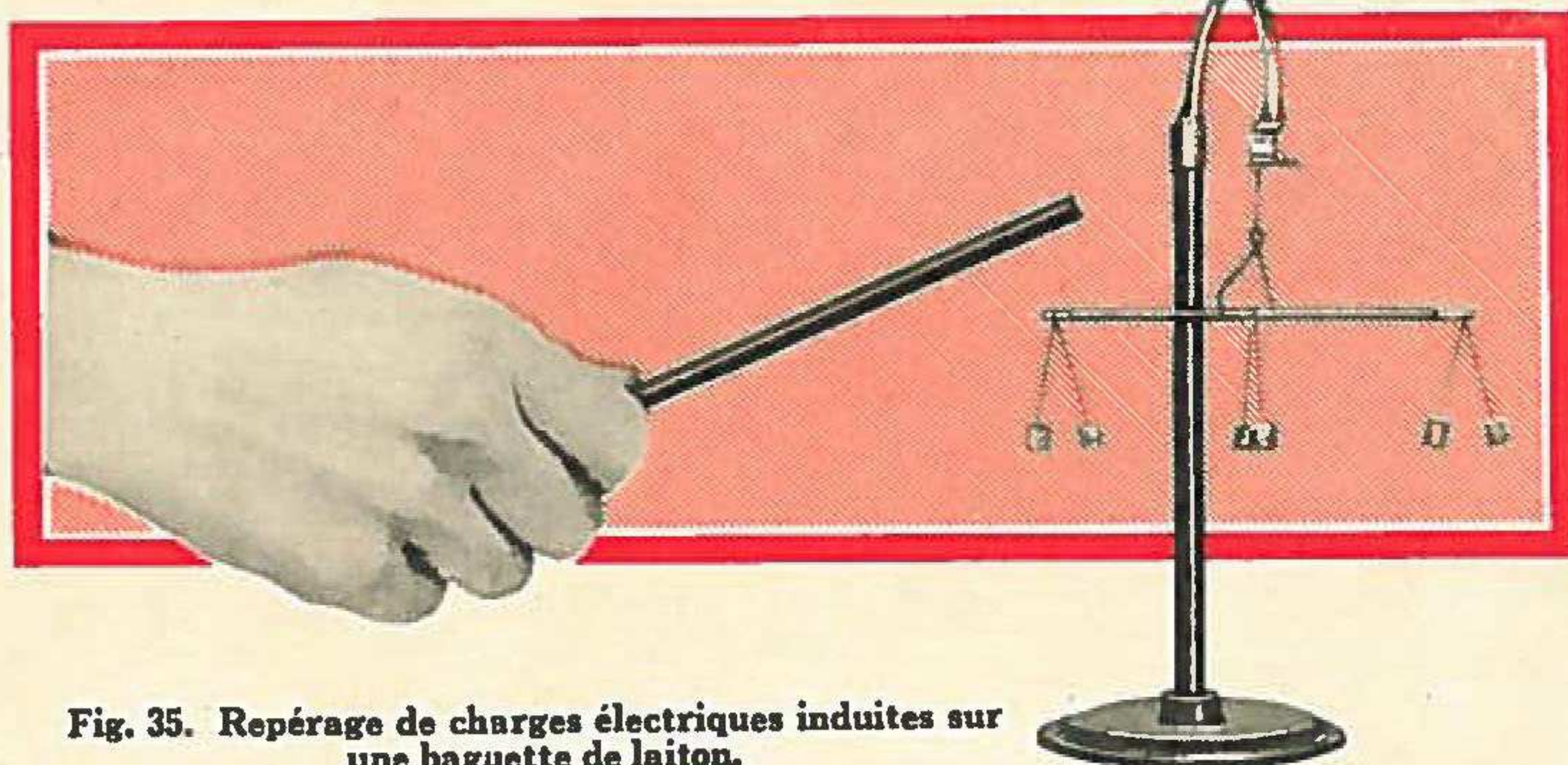


Fig. 35. Repérage de charges électriques induites sur une baguette de laiton.

exactement pour la même raison qu'il est difficile d'électriser des baguettes de verre ou d'ébonite dans une pièce humide.

On a pu remarquer que les baguettes dont nous nous sommes servis jusqu'à présent pour obtenir des charges électriques étaient faites en matières isolantes. En frottant une baguette faite en matière isolante, nous électrisons la partie frottée et la charge électrique y reste car la matière isolante ne lui permet pas de se disperser dans le milieu ambiant. Toutefois, en répétant la même expérience avec une baguette en métal ou en toute autre matière conductrice, nous n'obtiendrons aucun résultat. La baguette recevra il est vrai, une charge électrique, mais l'électricité se répandra immédiatement le long de la baguette, passera dans la main et disparaîtra dans la terre. Par conséquent, pour électriser une baguette en métal, il faudra l'isoler préalablement, afin d'empêcher la charge

électrique de se perdre. On peut, par ex., électriser facilement une baguette métallique en la frottant avec un morceau de fourrure, mais à condition qu'elle soit munie d'une poignée en verre ou en toute autre matière isolante.

Les Corps Humides ne Peuvent pas être Electrisés

Nous avons déjà indiqué plus haut que toutes les expériences d'électricité statique doivent être exécutées avec des appareils bien secs et dans une pièce bien sèche. On s'apercevra en effet que dans une pièce humide les "feuilles" d'un électroscope chargé retomberont lentement, ce qui démontre que leur électricité se disperse malgré le Bouchon d'Ebonite isolant. La dispersion de l'électricité est due à la présence d'humidité sur la surface du Bouchon qui—nous savons que l'eau est un bon conducteur—permet à l'électricité de s'écouler dans l'espace. C'est

Les Secrets de l'Induction Electrique

Nous avons déjà vu dans plusieurs expériences qu'un bouchon reçoit une charge électrique en étant mis en contact avec un corps électrisé. Il est possible, toutefois, d'électriser un corps à l'aide d'un autre corps électrisé, sans que ces deux corps soient mis en contact et ceci à l'aide de l' "INDUCTION," ou de l' "INFLUENCE ELECTRIQUE."

On appelle "influence électrique" la production d'électricité dans un corps conducteur, sans frottement ni contact, par la seule présence d'un corps électrisé, placé à une certaine distance.

Placez la Tige de l'Electroscope dans l'Etrier de la potence, en vous servant pour cette expérience d'un fil de soie plus court que dans les expériences précédentes. Suspendez ensuite une paire de bouchons à chacune des extrémités de la Tige, et une autre paire à son milieu (Fig. 35). Approchez à présent une Baguette d'Ebonite électrisée d'une des extrémités de la Tige. Les bouchons aux extrémités se repousseront mutuellement, en démontrant ainsi que les extrémités sont électrisées ; par contre, il n'y aura pas de répulsion entre les bouchons du milieu, ce qui prouve que cette partie de la Tige n'est pas électrisée. L'expérience démontre que les charges aux extrémités sont de noms contraires, la charge la plus rapprochée de la Baguette

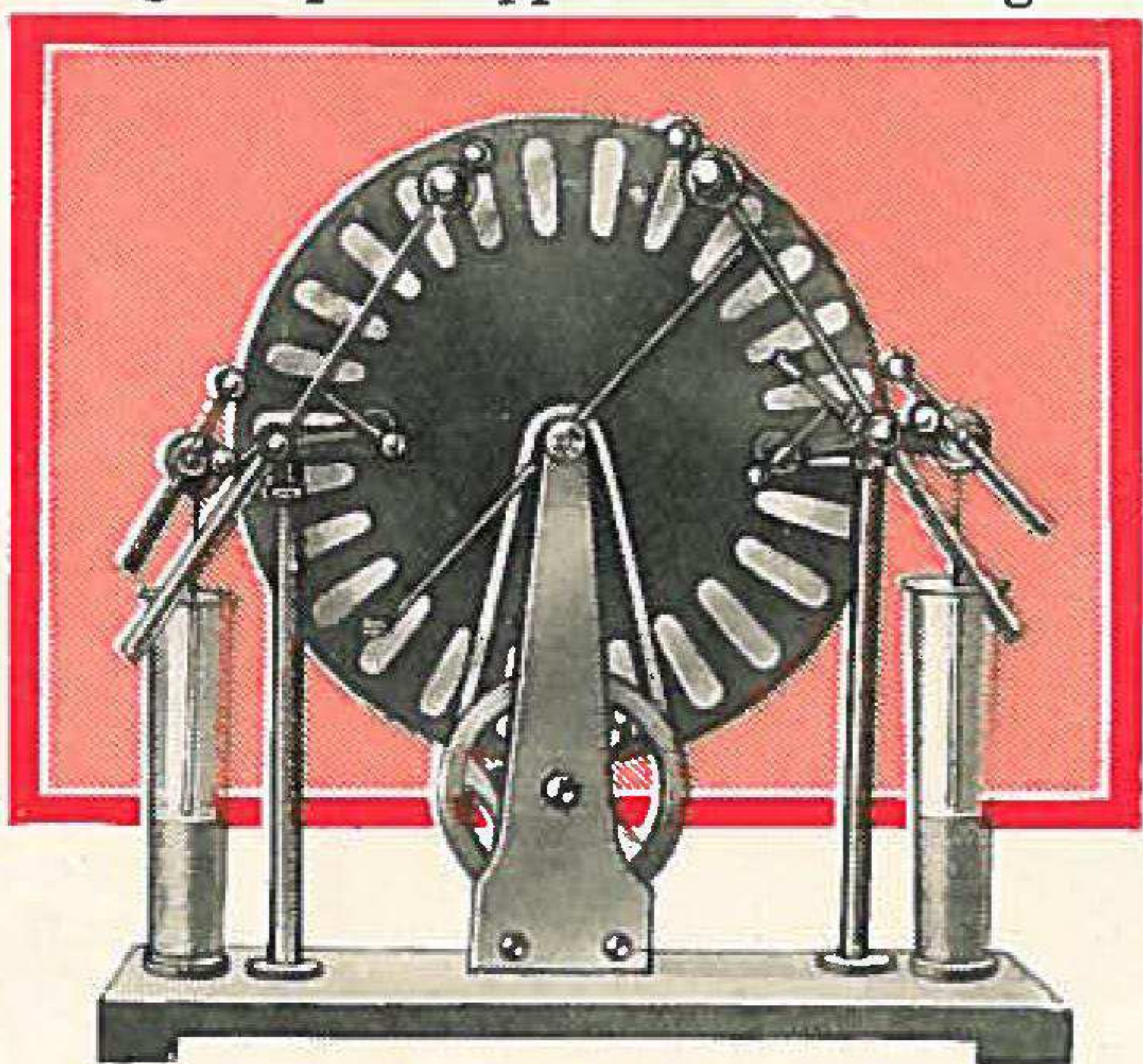


Fig. 36. Machine électrique de Wimshurst.

d'Ebonite étant positive, et l'autre négative. C'est ainsi que la charge négative de la Baguette d'Ebonite attire vers elle l'électricité positive et repousse l'électricité négative vers l'extrémité la plus éloignée de la Tige de Cuivre.

Induction à Travers le Verre

La Baguette électrisée éloignée, les Bouchons ne se repousseront plus, car les charges de noms contraires de la Tige se rejoignent et se neutralisent mutuellement. Dans cette expérience, les charges électriques sont, comme on dit, "induites" sur la Tige de Cuivre. L'induction a lieu à une distance considérable et agit même à travers des obstacles, comme, par exemple, une plaque de verre.

Il n'est pas difficile de comprendre à présent pourquoi une baguette ou tout autre objet

électrisé attirent les corps non électrisés, tels que, par exemple, le bouchon employé dans nos expériences précédentes. La baguette électrisée communique une charge électrique de nom contraire au côté du bouchon le plus rapproché et une charge de même nom au côté opposé. Une moitié du bouchon se trouve, par conséquent, attirée, tandis que l'autre moitié est repoussée. Vu, toutefois, que le côté attiré est le plus rapproché de la baguette, la force d'attraction est plus forte que celle de répulsion, et c'est pour cela que le bouchon sera attiré par la baguette.

L'Electroscope et l'Induction

En approchant une Baguette d'Ebonite électrisée de la Plaque de l'Electroscope, on s'apercevra que les feuilles de l'Electroscope divergeront. Toutefois, l'effet produit ainsi ne sera pas permanent, car si nous éloignons la Baguette, sans l'avoir mise préalablement en contact avec le Disque, les feuilles retombent verticalement aussitôt. L'explication de cette expérience est fort simple. La Baguette étant électrisée négativement, elle attire l'électricité positive vers le Disque et repousse l'électricité négative vers les feuilles de l'électroscope, qui se repoussent alors mutuellement. Aussitôt la Baguette éloignée, l'attraction et la répulsion disparaissent, et c'est la raison pour laquelle les feuilles perdent leur charge négative et retombent verticalement.

Machine Electrique de Wimshurst

Touchez le Disque en Cuivre de l'Electroscope du bout du doigt tenant en même temps une Baguette d'Ebonite électrisée à proximité du Disque. Les feuilles retomberont immédiatement, car leur charge d'électricité négative passera dans la Terre par le doigt. Eloignez à présent de l'électroscope la Baguette d'Ebonite électrisée et vous verrez que les feuilles de l'appareil divergeront à nouveau, car il n'y aura plus d'électricité négative pour neutraliser la charge d'électricité positive, qui passe maintenant à travers toutes les parties métalliques de l'Electroscope. Les feuilles qui étaient précédemment électrisées négativement sont à présent chargées d'électricité positive et c'est pour cela qu'elles se repoussent mutuellement.

Lorsqu'on a besoin de grandes quantités d'électricité statique, il faut employer une machine électrique. Les premières machines de ce

genre étaient simplement des dispositifs mécaniques servant à frotter des cylindres de verre contre des coussins spécialement préparés, ce qui les faisait appeler "machines à friction."

(La première machine électrostatique date de la seconde moitié du XVI^e siècle et fut construite par le célèbre physicien anglais William Gilbert. Elle consistait en un tube de verre, que l'on frottait avec une étoffe de laine). Ces machines sont maintenant remplacées par des machines basées sur l'induction. Dans la machine de Wimshurst (Fig. 36) qui est actuellement le plus souvent employée, les plaques de verre ou d'ébonite sont comprises pour tourner rapidement lorsqu'on tourne la poignée. Les tubes de déchargement deviennent alors très fortement chargés et s'ils sont placés assez près les uns des autres, des étincelles passent entre eux. La machine de Wimshurst produit une grande quantité d'électricité.

Eclairs Naturels et Artificiels

L'analogie qui existe entre les éclairs et les étincelles d'une machine électrique (Fig. 37) est frappante et, de fait, les étincelles électriques sont des éclairs artificiels en miniature.

Même la plus petite machine de Wimshurst est capable de produire de belles étincelles de 75 à 100 mm. de longueur entre les boules de ses éclateurs. Ces étincelles se produisent en zigzags et sont accompagnées de craquements perçants. La machine étant mise en marche, les boules des éclateurs reçoivent des charges électriques de noms contraires qui tendent à s'atteindre mutuellement à travers l'air. L'air est un mauvais conducteur d'électricité et s'oppose, par conséquent, au passage des charges ; aussitôt, toutefois, que les charges atteignent une certaine puissance, les particules de l'air sur le chemin de la décharge deviennent incandescentes en raison de la chaleur

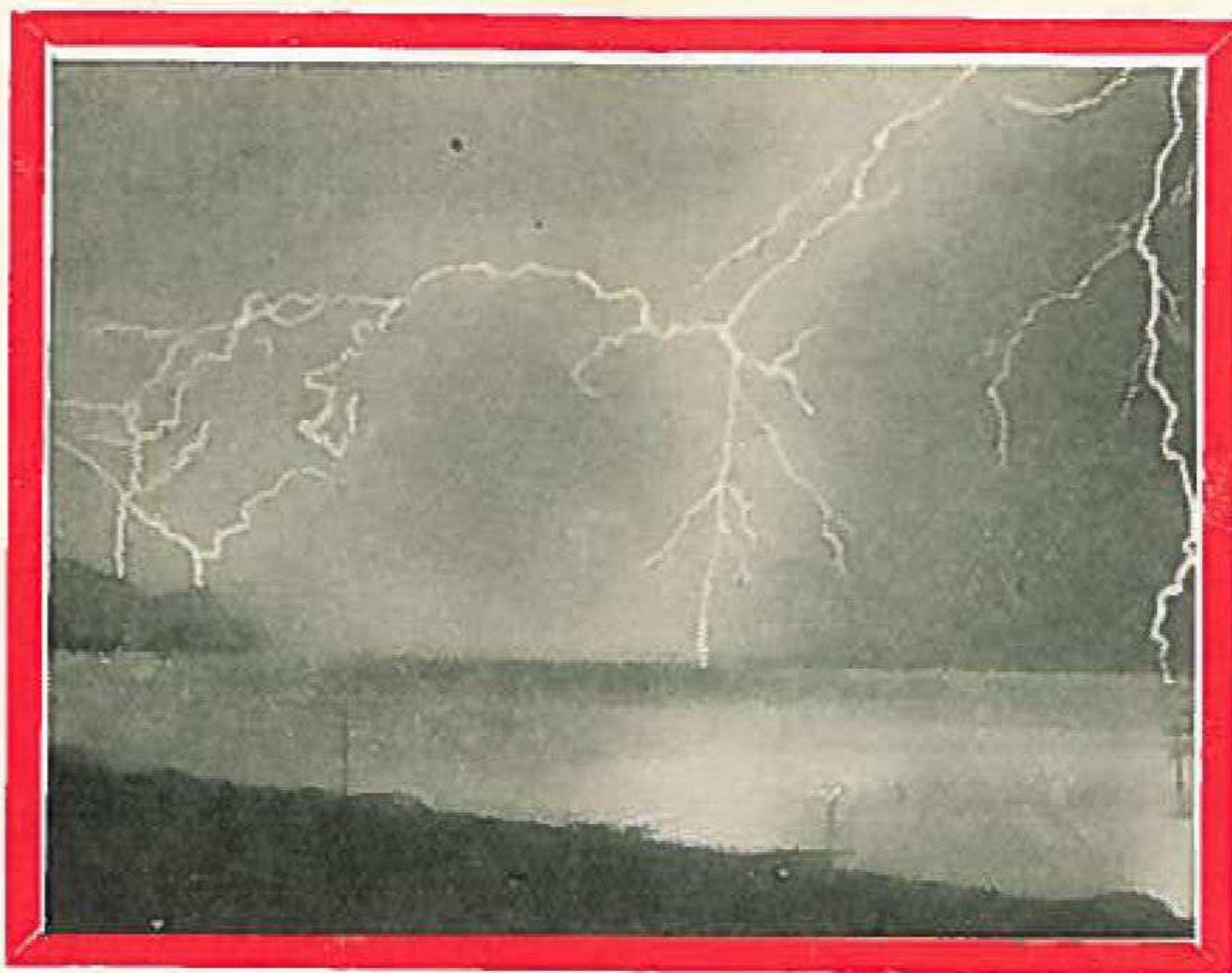


Fig. 37. Eclairs en zigzag photographiés la nuit.

produite par le passage violent de l'électricité, ce qui provoque les étincelles.

Tonnerre et Eclairs

L'éclair est une étincelle électrique géante passant entre deux nuages, ou entre un nuage et la terre. Les nuages sont généralement plus ou moins chargés d'électricité, et lorsque des charges opposées deviennent

suffisamment fortes, l'électricité s'échappe dans l'espace qui les sépare.

L'éclair peut avoir de 1 à 10 kilomètres de longueur. Le bruit qui accompagne l'éclair est causé par l'échauffement et la dilatation subite de l'air sur le trajet de la décharge ce qui détermine un vide partiel, dans lequel l'air environnant se précipite avec violence.

Les éclairs prennent différentes formes. Toutefois, l'éclair en zigzag et l'éclair direct sont les plus répandus. La forme en zigzag est causée par la décharge qui recherche dans l'air les parties présentant le moins de résistance, et l'éclair direct est probablement la

réflexion d'un éclair s'étant produit dans un lieu éloigné. Les éclairs que l'on appelle "éclairs de chaleur" et que l'on voit la nuit à l'horizon sont la réflexion d'un orage trop éloigné pour que l'on puisse entendre le tonnerre. Il



William Gilbert (1540-1603).

existe une autre forme d'éclair, dans lequel la décharge apparaît sous l'aspect d'une boule de lumière qui se déplace lentement, puis explose brusquement. Il y a lieu de mentionner également l'éclair en chapelet composé d'un certain nombre de décharges parallèles, apparaissant comme ruban.

Si l'on est surpris par l'orage dans un champ, le meilleur moyen de s'abriter consiste à s'étendre à terre, malgré la pluie. Pendant un orage, il ne faut jamais se servir de parapluie, ce qui présente un grand danger. La foudre tombe très souvent sur les arbres isolés, surtout les chênes ; il est donc imprudent de chercher à s'abriter dessous.

300,000 Kilomètres à la Seconde

Il existe un moyen fort simple et très curieux, de déterminer la distance approximative qui nous sépare de l'endroit où s'est produit l'éclair. La vitesse avec laquelle se propage la lumière est, on le sait, d'environ 300,000 kilomètres à la seconde. Nous apercevons, par conséquent, l'éclair presque au même moment où il se produit. La vitesse de la propagation des ondes sonores est, par contre, de 340 mètres environ par seconde, ce qui fait qu'un laps de temps assez considérable s'écoule avant que nous entendions le bruit du tonnerre. Si, par conséquent, nous multiplions le nombre des secondes écoulées entre la vision de l'éclair et le bruit du tonnerre par 340, nous obtiendrons la distance approximative en mètres qui nous sépare de l'endroit où l'éclair s'est produit.

Qu'est-ce Que L'Electricité ?

Quelle est la raison pour laquelle l'ambre, le verre ou l'ébonite frottés avec un morceau de soie ou de flanelle acquièrent la propriété d'attirer des objets légers ?

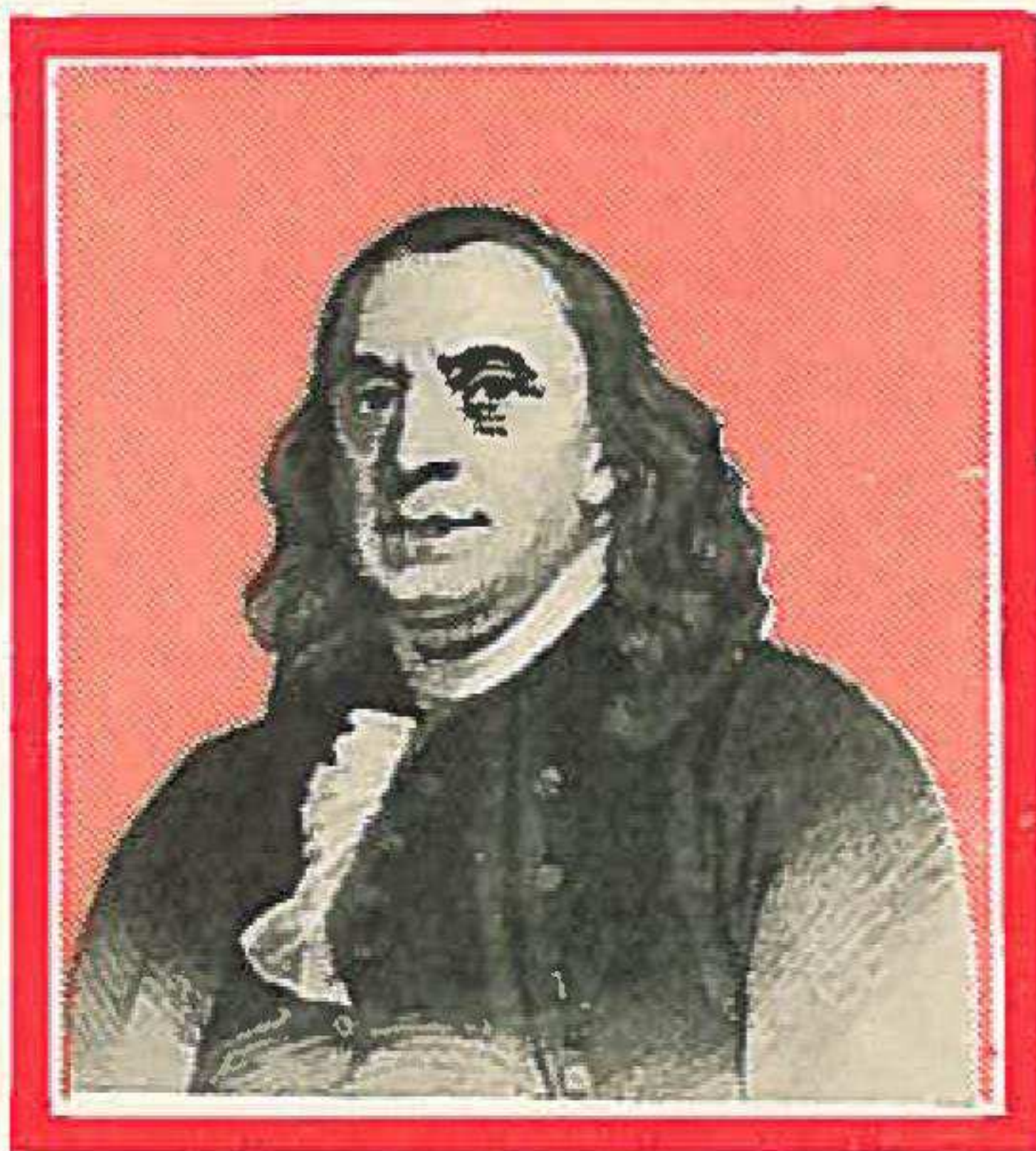
La cause de ce phénomène resta mystérieuse pendant plus de 2,000 ans. Les Grecs croyaient que cette puissance d'attraction était due à un principe vivant mis en action par le frottement. On crut plus tard que chacune des deux électricités n'était autre chose qu'un fluide

indestructible. On supposa que tout corps non électrisé possédait les deux fluides en même quantité et qu'un corps électrisé contenait un excédent de fluide positif ou négatif.

Le célèbre savant américain Benjamin Franklin émit en 1747 une hypothèse bien plus simple : il n'y aurait d'après lui qu'un seul type de fluide électrique. Il croyait que chaque corps en possédait une bonne provision et qu'on obtenait une charge positive en l'augmentant et une charge négative en le diminuant.

L'Electricité n'est pas un Fluide

Nous ne croyons plus aujourd'hui à l'existence de fluides électriques. La science moderne considère tous les corps physiques comme formés d'une multitude de parcelles, infiniment



Benjamin Franklin (1706-1790).

petites et isolées, que l'on nomme ATOMES. Il a été prouvé, en outre, par différentes expériences que l'atome n'est pas un élément indivisible comme on le croyait jusqu'à présent ; il consiste à son tour en un noyau central, considéré comme centre positif, autour duquel tournent à des vitesses vertigineuses des particules chargées d'électricité négative, nommées ELECTRONS. La masse électrique du système étant nulle, ces électrons gravitent autour du centre positif

comme les planètes autour des étoiles. Il est à remarquer que les électrons peuvent être déplacés et transférés d'un corps à un autre. Un corps contenant plus d'électrons qu'il ne doit en avoir normalement, est chargé négativement, tandis qu'il est chargé positivement quand il y a diminution d'électrons.

Les électrons sont excessivement actifs et passent facilement à travers les bons conducteurs d'électricité.

Les électrons en mouvement forment les courants électriques. La Boîte complémentaire Elektron No. 1A, mentionnée sur la dernière page de la couverture de ce Manuel, permet d'effectuer toute une série d'expériences fort intéressantes avec les courants électriques.

Expériences Electriques Elektron

Lampe de Chevet Elektron

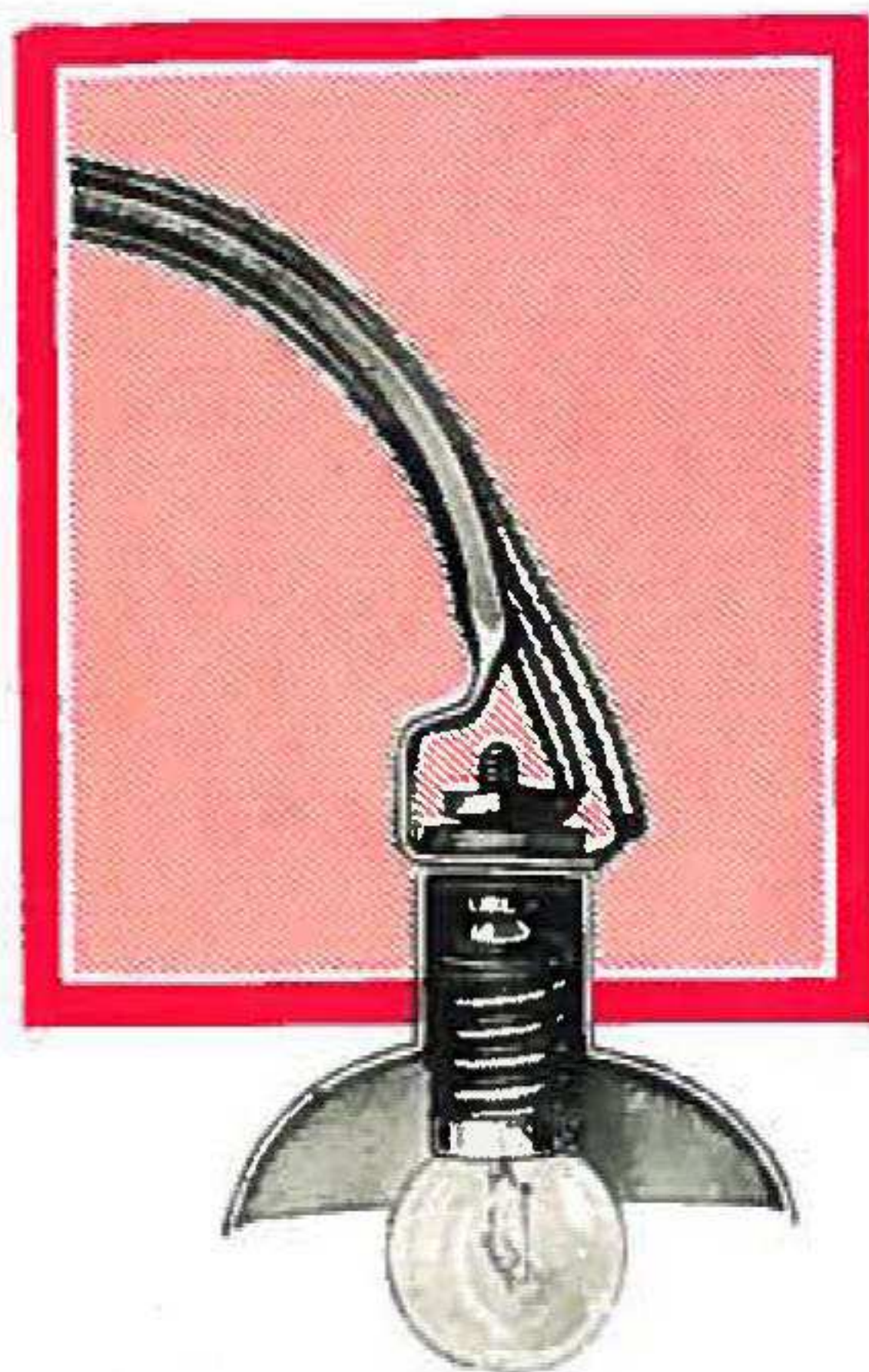


Fig. 38. Porte-Lampe avec Réflecteur.

La lampe de chevet pratique reproduite sur la Fig. 39 peut être construite avec les pièces contenues dans la Boîte Elektron No. 1. On assemble la Potence en introduisant le Tube de Galalithe (pièce No. 1509) dans le trou du milieu de la Base Circulaire (Pièce No. 1508) et en fixant le Support de Suspension (Pièce No. 1510) à son extrémité supérieure.

la vis pour la tenir en position, et le Porte-Lampe ayant été à nouveau retourné, la grande Rondelle (Pièce No. 1570) est fixée à sa place sur la tige de la Vis, munie ensuite de l'Ecrou Hexagonal 6 B.A. Ceci fait, l'extrémité perforée du Support de Suspension est passée entre le Porte-Lampe et la Rondelle et le bout de l'un des deux fils est fixé sous elle, l'extrémité du deuxième fil étant enroulée entre la Rondelle et l'Ecrou Hexagonal.

La Fig. 38 représente le Porte-Lampe fixé sur le Support de Suspension et muni de fils électriques. On peut à présent serrer la petite vis, et le Fil de Connexion est passé dans la rainure du Support de Suspension et à l'intérieur du Tube de Galalithe. Les extrémités des fils, passées sous la Base Circulaire, sont dénudées sur une longueur d'environ 10 mm. et fixées sous les têtes des Boulons, auxquels sont rattachées les Bornes.

Les bornes sont montées sur la Base Circulaire, deux Boulons 6 B.A. de 12 mm. (Pièce No. 1575) étant passés à travers les petits trous par en-dessous. Chacun de ces Boulons est ensuite fixé en position à l'aide d'un Ecrou Hexagonal 6 B.A. (Pièce No. 1562) au-dessus de la Base. Ceci fait, une Borne (Pièce No. 1563) est fixée sur chaque Boulon. Deux Fils de Connexion de 32 cm. (Pièce No. 1566) sont passés à travers le Tube et au-dessus du Support de Suspension, leurs extrémités faisant saillie sous l'extrémité perforée sur une distance d'environ 5 mm. Ces extrémités en saillie sont ensuite dénudées.

Le Porte-lampe avec Réflecteur (Pièce No. 1534) doit être à présent fixé sur le bout du Support de Suspension. Dans ce but, en tenant en main le Porte-Lampe dans une position renversée, on introduit dans sa partie étroite la petite Rondelle Isolatrice (Pièce No. 1561), à laquelle est ajoutée immédiatement après la Vis du Porte-Lampe (Pièce No. 1535), dont la Tige est passée à travers la Rondelle et le trou du Porte-Lampe. La mèche du Tournevis est introduite dans la fente de

Il ne reste plus maintenant qu'à visser la petite Lampe (Pièce No. 1537) dans la douille du Porte-Lampe et de relier les bornes de la Base Circulaire avec ceux d'une pile de 3 volts, ou, ce qui est encore mieux, avec ceux de la Pile au Bichromate de Potassium reproduite sur la Fig. 39. Toutes les pièces nécessaires pour la construction de cette pile, ainsi que l'interrupteur représenté sur la même gravure, sont comprises dans la Boîte Elektron No. 1A, qui convertit la Boîte No. 1 en Boîte No. 2.

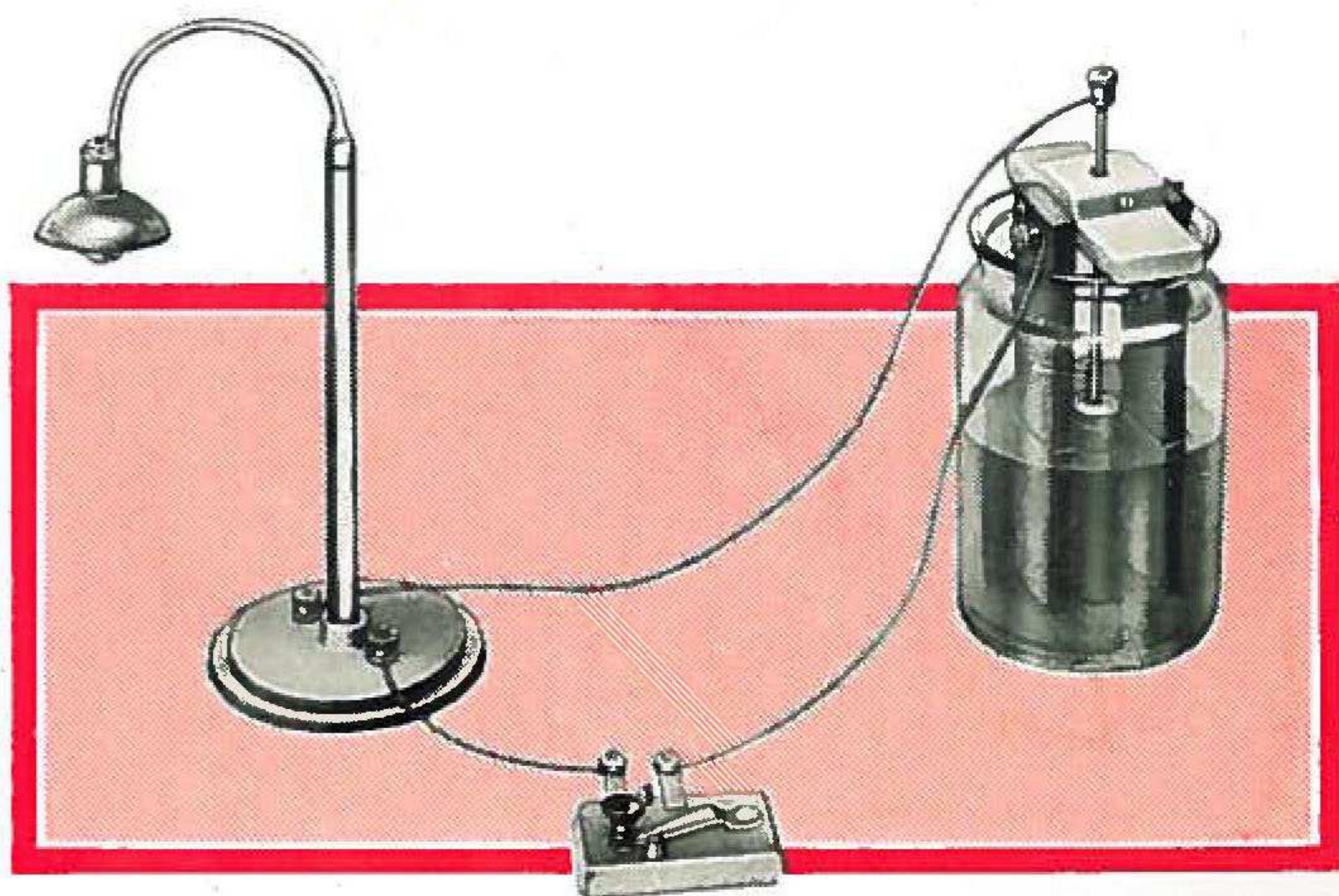


Fig. 39. Lampe de Chevet connectée à la Pile de Bichromate au Potassium.

Liste des Pièces Détachées Elektron

No.		Quantités.		
		Boîte No. 1	Boîte No. 1A	Boîte No. 2
1500	Base Universelle	—	1	1
1501	Boîtier de Boussole	1	—	1
1502	Pivot de Boussole	1	—	1
1503	Aiguille Aimantée	1	—	1
1504	Rose des Vents	1	—	1
1505	Barreau Aimanté	2	—	2
1506	Armature pour Barreau Aimanté	2	—	2
1507	Aimant en forme de Fer à Cheval	—	1	1
1508	Base Circulaire	1	—	1
1509	Tube de Galalithe pour Support de Suspension	1	—	1
1510	Support de Suspension	1	—	1
1511	Etrier de Cuivre	1	—	1
1512	Boîte à Fond Perforé avec Couvercle	1	—	1
1513	Tube de Limaille de Fer	1	—	1
1514	Baguette d'Ebonite	2	—	2
1515	Baguette de Verre	1	—	1
1516	Carré de Flanelle	1	—	1
1517	Carré de Soie	1	—	1
1518	Bobine de fil de Soie	1	—	1
1519	Bouchon	2	—	2
1520	Plaque d'Electroscope	1	—	1
1521	Tige d'Electroscope	1	—	1
1522	Manchon de Galalithe, 32 mm.	1	—	1
1523	Crochet d'Electroscope	1	—	1
1524	Bouchon d'Ebonite	1	—	1
1525	Feuille d'Aluminium	1	—	1
1526	Lame de Cuivre, 25 x 50 mm.	—	1	1
1527	Lame de Zinc, 25 x 50 mm.	—	1	1
1528	Support d'éléments de Pile	—	1	1
1530	Boulon de Support de Pile	—	1	1
1531	Tige de Zinc	—	1	1
1532	Plaque de Charbon	—	2	2
1533	Tige Filetée	—	2	2
1534	Porte-Lampe avec Réflecteur	1	—	1
1535	Vis pour Porte-Lampe	1	—	1
1538	Bobines Magnétiques	—	2	2
1539	Noyau Magnétique (complet)	—	2	2
1540	Crochet d'Aimant	—	1	1
1541	Culasse Magnétique (petite)	—	1	1
1542	Ecrou de Crochet d'Aimant	—	1	1
1543	Armature de Sonnette (complète)	—	1	1
1544	Marteau de Sonnette	—	1	1
1545	Timbre de Sonnette	—	1	1
1546	Support du Timbre (avec Ecrou et Vis)	—	1	1
1547	Culasse Coudée	—	1	1

No.		Quantités.		
		Boîte No. 1	Boîte No. 1A	Boîte No. 2
1548	Support de Vis de Contact de Sonnette (complète)	—	1	1
1549	Vis de Serrage pour Contact	—	1	1
1550	Support d'Armature	—	1	1
1551	Vis pour Armature	—	1	1
1552	Bobine d'Enroulement pour Bobine de Ruhmkorff	—	1	1
1553	Poignées pour Bobine de Ruhmkorff	—	2	2
1554	Tube de Réglage pour Bobine de Ruhmkorff	—	1	1
1555	Culasse Magnétique (grande)	—	1	1
1556	Armature et Commutateur	—	1	1
1557	Arbre d'Armature	—	1	1
1558	Equerre de Support	—	1	1
1559	Balais de Contact du Commutateur	—	1	1
1560	Manchon de Galalithe, 16,5 mm.	—	1	1
1561	Rondelle Isolatrice	1	—	1
1562	Ecrous Hexagonaux 6 B.A.	3	0	12
1563	Bornes	2	4	6
1564	Bobine de Fil de Cuivre, S.C.C. (9 mètres)	—	1	1
1565	Clef—Tournevis	1	—	1
1566	Fil de Connexion	1	—	1
1567	Barre de Connexion	—	1	1
1568	Boulon Spécial 6 B.A., 25 mm.	—	1	1
1569	Vis de Contact 6 B.A.	—	1	1
1571	Anneaux de Couleur	—	4	4
1572	Interrupteur	—	1	1
1573	Boulons 6 B.A., 9,5 mm.	—	3	3
1574	Serre-Fils avec Vis	—	1	1
1575	Boulons 6 B.A., 12 mm.	2	3	5
1576	Sulfate de Cuivre	—	1	1
1577	Bichromate au Potassium	—	1	1
1581	Fil de Résistance, 15 cm.	—	1	1
1582	Morceaux d'Acier	4	—	4
1583	Ecrou Carré 6 B.A.	—	1	1
1584	Fil de Cuivre, 45/100 15 cm.	—	1	1
1585	Armature pour Aimant en forme de Fer à Cheval	—	1	1
1586	Fil de Cuivre, 45/100 S.C.C.	—	—	—
1587	Fil de Cuivre, 60/100 S.C.C.	—	—	—
1588	Vis pour Marteau et Armature de Sonnette	—	1	1
1589	Manuel d'Instructions pour Boîte No. 1	1	—	1
1590	Manuel d'Instructions pour Boîte No. 2	—	1	1
1591	Vis à Borne de Bobine	—	—	—
1592	Coussinet Isolateur	1	—	1
184a	Ampoule Electrique, 2½ v.	—	1	1

COMMENT CONTINUER

Et maintenant que vous avez tiré tant d'amusement de ces expériences électriques, vous allez sûrement être impatients de pouvoir procéder à de nouvelles expériences encore plus intéressantes et avancées. En faisant l'acquisition d'une Boîte Meccano Elektron Complémentaire No. 1A, vous pourrez convertir votre Boîte No. 1 en Boîte No. 2, la plus grande des Boîtes Meccano Elektron.

Parmi les pièces contenues dans la Boîte

Elektron No. 1A, vous trouverez, entre autres, un Aimant en forme de Fer à Cheval et des Bobines et Culasses magnétiques pour la construction d'électro-aimants qui vous permettront de monter une Sonnette Electrique et un Récepteur Télégraphique. Vous serez à même également de monter une superbe Bobine de Ruhmkorff et vous trouverez tous les éléments nécessaires pour la construction de deux Moteurs électriques de types différents.



MECCANO LTD. : LIVERPOOL 13 : ANGLETERRE