

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5138

Das
**physikalische
Laboratorium**

Anleitung zur sachgemäßen Einrichtung eines
physikalischen und elektrischen Laboratoriums,
sowie zur Erzielung der Grundbedingungen
♦♦♦♦♦ wissenschaftlichen Arbeitens ♦♦♦♦♦
für Schüler und angehende Physiker

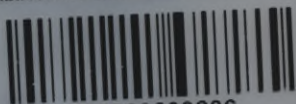
VON

Bruno Thieme



Verlag Otto Maier, Ravensburg

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299206

Das Physikalische Laboratorium

Anleitung

zur sachgemäßen Einrichtung eines physikalischen
und elektrischen Laboratoriums

sowie

zur Erzielung der Grundbedingungen wissenschaftlichen
Arbeitens für reifere Schüler und angehende Physiker

von

Bruno Thieme

Technischer Physiker.



Mit 76 Figuren im Text.



Ravensburg.

Verlag von Otto Maier.



II 5138

Inhalt.

	Seite
Einleitung	11
§ 1. Der gewählte Raum	14
Nützlichkeit	14
Ordnung	14
Raumverwendung	15
Abzug	15
Beleuchtung	16
§ 2. Das Inventar	17
Entfernung des Bettes	17
Apparateschrank	17
Chemikalien	18
§ 3. Der Arbeitstisch	20
Aufstellung	20
Anschlüsse	20
Tischkästen	22
Verlängerung des Tisches	22
§ 4. Elektrische Leitungen	23
a) Schwachstrom	23
Verlegung der Leitungen	23
Anschlüsse	23
Bewegliche Kabel	23
b) Starkstrom	25
Leitungen	25
Kabel	25
§ 5. Die elektrischen Kraftquellen und Schalttafeln	26
a) Schwachstrom	26
Wahl der Stromquelle	26
Der Akkumulator	26

	Seite
Anzahl	26
Behandlung	27
Schaltung	28
Verlegung am Schaltbrett	29
Das Schaltbrett	30
Schaltung	30
Anschluß der Akkumulatoren	31
Plan	31
Verbindung	32
b) Starkstrom	32
Feststellung der Nennwerte	32
Verwendung eines Akkumulators	32
Ladung	32
Akkumulatoren als Widerstände	33
Schalttafel	33
Schaltung	34
Widerstände	34
Anschluß von Apparaten	36
Prüfung	36
§ 6. Notwendige Einrichtungsgegenstände	38
Gebläse und Luftpumpe	38
Hohes Vakuum	39
Glasröhren	40
Schläuche	40
Brenner	40
Bogenlampe	41
a) Kohlelicht	41
Starkstrom	41
Modell	42
Schwachstrom	43
b) Quecksilberlicht	43
1. Ohne Vakuum	43
Einfachste Form	43
Giftige Dämpfe	44
Einbauen der Lampe	44
Zünden	44
Lampe mit Quarzfenster	44
Zündung	45
Starkstrom	45

	Seite
2. Mit Vakuum	46
Starkstrom	46
Quecksilberdampfampe	46
Prinzip	46
Herstellung	46
Trocknen des Quecksilbers	47
Reservegefäß	47
Zündung	47
Verwendung	47
Schwache Belastung	47
Negative Elektrode	47
Schale	47
Stative	48
Glühbirnen	49
Meßinstrumente	49
Meßgläser	49
Thermometer	49
Aräometer	50
Stoppuhr	50
Weitere Gegenstände	50
Motor	51
Nebenapparate	52
Ventilator	52
Rührer	52
Drehspiegel	53
§ 7. Beschaffung bzw. Herstellung nötiger Apparate	55
I. Optische Apparate	55
Natriumflamme	55
Auswahl des Salzes	55
Einbringen in die Flamme	55
Stativ	56
Andere Flammen	57
Herstellung des Halters	57
Einführen der Salze	58
Reinigen der Öse	58
Weiteres (angenähert) homogenes Licht	58
Passende Gläser	58
Wellenlänge	58
Spalte	58
Prinzip	58

	Seite
Wahl des Spaltes	59
Herstellung	59
Veränderliche Spalte	59
Photometer	61
Aufbringen des Fleckes	61
Normalflamme	61
Linse	61
Konvexe Linse	61
Konkave Linse	62
Hohlspiegel	62
Spiegelmessung	62
Projektionsapparat	64
Zweck	64
Linse	64
Einfachste Projektion	64
Aufstellung der Linse	65
Spalte	66
Lichtquellen	66
Bogenlicht	66
Wasserkasten	66
Abbildung der Kohlen	67
Leuchtgas	67
Azetylen	67
Prinzip der Erzeugung	68
Entwicklung des Gases	68
Füllung des Gefäßes	69
Gasometer	69
Verwendung des Gasometers für andere Gase	70
Fernrohr	70
Fadenkreuz	70
Verwendung	71
Schwingungsmessungen	71
Spiegelablese	71
Prisma	71
Flüssigkeitsprisma	71
Spektroskop	72
Das Prisma	72
Das Spaltrohr	72
Herstellung	72
Spalt	73
Prüfung des Spaltes	74

	Seite
Das Fernrohr	74
Aufstellung des Ganzen	74
Verwendung	75
Polarisation	75
Drehung um 90°	76
Glimmer	76
Tischchen	76
Flüssigkeitsröhre	76
Selenzelle	77
 II. Akustische Apparate	 78
Stimmgabel	78
Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel	78
Flammenmanometer	80
Herstellung	80
Verwendung	81
 III. Apparate der Kalorik	 81
Thermometer	81
Thermoelement	81
Herstellung	81
Verwendung	81
Eichung	82
Fixpunkte	82
Kurve	82
Vorsichtwiderstand	83
 IV. Magnetische Apparate	 83
Notwendige Apparate	83
Stabmagnete	83
Magnetnadeln	83
Aufhängung	83
Selbstanfertigung	84
Die Nadel	84
Die Aufhängeöse	84
Aufbringen der Nadel	84
Magnetisierung	84
Prüfung	84
Verwendung	87
Elektromagnet	87
Der Kern	87
Die Polschuhe	87

	Seite
Die Polflächen	88
Die Wicklung	88
Der Draht	88
Dicke und Art der Wicklung	88
Die Schaltung	89
Anlagen der Spannung	90
Verwendung der Schaltung	91
Maximale Stromstärke	91
Nebenapparate	91
Anker	92
Flüssigkeitsröhre	92
V. Elektrische Apparate	93
Influenzmaschine	93
Kondensatoren	93
Flaschenkondensator	93
Selbsterstellung	94
Beschneiden der Ränder	94
Verbindung	94
Maßflasche	94
Herstellung	94
Verwendung	95
Blattkondensator	95
Plattenkondensator	95
Herstellung	95
Aufstellung	96
Änderung der Kapazität	96
Kuglkondensatoren	96
Herstellung	96
Funkeninduktor	96
Platin-Kohle-Unterbrecher	97
Inbetriebnahme	98
Telephon	99
Wellenversuche	99
Lecherversuch	99
Geißler'sche Röhre	100
Röhre für Spektralversuche	100
Hahndichtung	101
Füllung mit Gasen	101
Kathodenstrahlen	102
Röntgenstrahlen	102
Die Röntgenröhre	102

	Seite
Der Schirm	103
Photographische Aufnahmen	103
Schaltung	104
Radioaktivität	104
Teslaapparat	105
Neue Beobachtungen an Teslaströmen	108
Meßapparate	115
Funkenstrecke	115
Mikrometerfunkenstrecke	116
Ablefung	117
Elektroskop	118
Quadrantenelektrometer	119
Das Gehäuse	119
Das Grundbrett	120
Die Nadel	120
Die Schaltung	120
Die Ablefung	120
Hochspannungsbatterie	122
Hydrahtinstrumente	123
Galvanoskop	125
Spiegelgalvanometer	125
Prinzip	125
Herstellung	126
Widerstände	126
Wheatstone'sche Brücke	127
§ 8. Handwerkszeug	128
Geräteschrank	128
Handfertigkeiten	128
Löten	128
Glasarbeiten	129
Zuschmelzen	129
Kugelblasen	129
Biegen	130
T-Stücke	130
Verfchmelzen	130
Reagensgläser	130
Kürzen	131
§ 9. Arbeitsregeln	132
Wesen der Arbeit	132
Erkenntnis mittel	132

	Seite
Das Experiment	132
Prüfung der Ergebnisse	132
Art der Experimente	133
Messende Untersuchung	133
Besprechung eines Versuches	133
Kurven	134
Die unmittelbaren Ursachen der gefundenen Thatfachen	134
Mittelbare Ursachen	134
Folgerungen	135
Zweck des Experimentes	135
Erfordernisse	135
Art der Arbeit	135
Aneignung des Wissens	136
Erziehung des Willens	136

Einleitung.

In der Zeit der beginnenden geistigen Reife erwacht in dem denkenden Menschen das Bedürfnis, einen tieferen Einblick in das Treiben der Natur zu bekommen, als es durch das gläubige Aufnehmen eines Buches oder Vortrages geschehen kann.

Die Autorität spielt im Leben eine zu große Rolle, als daß wir sie bei uns beliebig ausschalten könnten. Wir können nicht alles nachprüfen, was uns als wahr angeboten wird; aber wir müssen uns daran zu gewöhnen suchen, nicht etwas als unbedingte Tatsache anzunehmen, weil es gerade dieser oder jener gesagt hat, dem man keine bewußte Unwahrheit zutrauen darf. Bedenken wir doch, wie häufig wir selber Angaben mit vollem Vertrauen auf ihre Richtigkeit gemacht haben, die sich nachher als völlig unrichtig erwiesen! Wer tiefer in die Physik eingedrungen ist, wird wissen, daß Vorgänge uns durch eine Erklärung einleuchtend gemacht werden können, während uns ein kleiner Umstand dazu zwingen kann, nach einer Erklärung zu suchen, die in einer ganz andern Richtung liegt.

Wer hat nicht schon geglaubt, eine neue Erscheinung aufgefunden zu haben, die sich dann später bei genauerem Zusehen als durch zufällige Nebenumstände hervorgebracht darstellte? Diesem Irrtum verfallen häufig die größten Gelehrten.

Deshalb darf man aber nicht den Mut verlieren. Die Natur bietet uns noch genug des Unbekannten, und jeder kann Entdecker werden.

Macht man sich frühzeitig mit den elementaren Gesetzen und Kenntnissen sicher vertraut, indem man stetig wiederholt oder neue Versuche erfindet, ohne doch etwas entdecken zu wollen, so wird man im späteren Leben eine Grundlage haben, die nicht mehr

erschüttert werden kann und für schwere Arbeiten einen Faden bietet, der es verhindert, grobe Fehler zu machen, die zeitraubend sind und das Gefühl der Unsicherheit und des Nichtkönnens hervorrufen.

Wer spät — als Student — erst beginnt, sich mit den Grundgesetzen der Natur vertraut zu machen, dem erscheinen sie als zu selbstverständlich und elementar. Man schämt sich fast, die fundamentalsten Versuche anzustellen und will sofort mit den schwierigen Apparaten arbeiten; man glaubt das Gesetz verstanden zu haben und übersieht, daß die Natur erkämpft sein will. Ein Wissen geht erst durch stetes Wiederholen und Durchdenken in unsern eigensten Besitz über. Der einfachste Satz läßt sich nach tausend Richtungen durchdenken und ist noch immer unerschöpflich; jede Richtung hat ihre besonderen Schwierigkeiten, die durch eigenes Nachdenken besiegt sein wollen. Dazu ist aber Zeit nötig, Zeit, wie man sie sorglos nur in seinen jungen Lernjahren hat. Diese Zeit muß man zur Verfügung haben; nur so wird das Wissen auch zum Können.

Die ersten physikalischen Versuche stellt man wohl aus Spielerei an. Ein einfacher Versuch, der im Physikunterricht gefallen hat, wird aus Freude am Aussehen nachgemacht. Dieser Trieb, der im Menschen liegt, darf nicht verworfen werden; nötig ist nur, ihn in seine richtigen, nutzbringenden Bahnen zu lenken. Um selber denken zu können, müssen wir uns erst mit den bisher erkannten Tatsachen und Erscheinungen vertraut machen, und das geschieht am besten durch Nachahmung.

Oft gelingt es uns anfangs mit unsern einfachen Mitteln nicht, die Erscheinung zu erhalten; dann beginnt das sehr lehrreiche Aufsuchen der Ursachen und somit das Nachdenken über die Vermeidung der Fehler. Gerade so, wie wir bei der Selbstherstellung eines Apparates gezwungen sind, uns auch mit den Grundlagen seiner Wirkungsweise bekannt zu machen, so kommen wir auch beim Experiment von einer Erkenntnis zur andern.

Das Wissen hängt nebartig zusammen. Bei allem Verneiner sollen wir jedoch eines nicht vergessen: Wir sollen nicht lernen, um andern etwas zeigen zu können; auch ist es falsch, zu denken, dieses oder jenes des Gelernten könnten wir nicht verwenden.

Jede Erkenntnis erweitert unsern Gesichtskreis, auch wenn sie aus ganz andern Gebieten ist; je umfassender unsere Bildung ist, um so urteilsfähiger sind wir in unserem eigenen Gebiet.

Wer sich dabei ertappt, daß seine Handlungen auf Schein hinauslaufen, sei ehrlich genug, ein schnelles Halt zu gebieten. Wir wollen uns bemühen, ein Spielen zu vermeiden. Nicht das Leuchten einer Geißlerschen Röhre soll uns reizen, sondern ihre Verwendung, die Ursache des Leuchtens, Versuche über Einwirkung des verschiedenen Druckes oder Gases auf das Leuchten.

Wer diese Abhandlung zur Hand nimmt, wird gewillt sein, sich ein physikalisches Laboratorium einzurichten, falls er es noch nicht getan hat. Daher soll man sich klar werden, daß man den erwähnten Bedingungen genügen muß, um es mit Nutzen zu verwenden; man hüte sich jedoch auch wieder vor dem Extrem, der falschen Wissenschaftlichkeit, d. h. man mache sich selbst nicht glauben, wissenschaftlich zu handeln, wo man es nicht oder noch nicht kann.

Das Laboratorium erfordert viel Zeit und das ganze Interesse, besonders im Anfange, da man sich die teuren Instrumente und kleineren Hilfsapparate möglichst selbst herstellen muß. —

Haben wir uns jetzt über den nötigen Ernst geeinigt, so können wir mit der Einrichtung beginnen.

§ 1. Der gewählte Raum.

Nützlichkeit.

Liegt der mir benutzbare Raum in einem noch anderweitig benutzten Teil der Wohnung, oder habe ich ein eigenes Zimmer: immer soll ich mir vorhalten, daß ich alles nur für mich zu meinem bequemen Arbeiten einrichte. Es wird sehr nützlich sein, die vorliegenden Arbeiten nicht in Gegenwart dritter, gleichgültig zur Sache stehenden Personen auszuführen. Die Gefahr liegt dann sehr nahe, daß man bald dahin gelangt, der Arbeit einen gewichtigen Schein zu geben; machen wir uns doch für immer damit vertraut, daß sicherlich die Wirkung, falls sie überhaupt eintreten soll, viel größer ist, wenn wir die andern Personen vor die vollendete Tatsache stellen. Seien wir vor uns selber zu stolz, Arbeiten vorzugeben, die wir noch nicht ausführen können. In der Physik und Chemie verleitet die Unwissenheit der andern nur zu leicht dazu, Künste vorzuführen, die im Grunde keine sind und nur für den Laien etwas Verblüffendes haben; wir werden eitel und kommen schließlich dahin, zu glauben, auf jede Frage eine Antwort geben zu müssen, mit andern Worten: wir gelangen zur Lüge und zu dem noch schlimmeren Selbstbetrug. Das Traurige ist dann, daß wir nicht mehr fähig sind, den geistigen Tiefstand noch selber zu erkennen. Das Laboratorium eines solchen Menschen wird seinem Besitzer ähneln: es ist darin alles auf äußere Wirkung zugeschnitten, ohne praktisch verwendbar zu sein; es ist wertlos!

Ordnung.

Das Laboratorium soll auch keine Werkstatt werden, die genia! unordentlich aussieht. Es sollen immer nur die allernötigsten, augenblicklich gebrauchten Apparate und Gegenstände auf dem Tisch sein; alles andere soll sofort wieder an seinen bestimmten Platz

kommen. Wer Lust und Liebe zur Selbstherstellung seiner Apparate hat, betätigt diese möglichst an einem gesonderten Ort.

Ich nehme nun an, daß ein eigenes Zimmer dem angehenden Physiker zur Verfügung steht; ist dieses nicht der Fall, so wird er immer noch alles im Nachfolgenden Gesagte befolgen können.

Raumverwendung.

Der angehende Student wird gut daran tun, sich sein Zimmer gleichzeitig als Herrenzimmer einzurichten oder wenigstens diese Art der späteren Einrichtung sich nicht durch zu starke Betonung des Laboratoriumcharakters zu erschweren. Bücherschrank, Sessel und Rauchtisch sind keine unnützen Attribute, denn man wird in seinem Privatlaboratorium nicht immer am Arbeitstisch stehen wollen; hat man es versäumt, das Zimmer wohnlich einzurichten, so gibt man in späteren Jahren sein Laboratorium leicht als störend auf.

Bei der Aufstellung der Möbel achte man darauf, daß sie den Raum um den Tisch nicht zu stark einengen. Es wird oft im Dunkeln zu arbeiten sein; stößt man dann überall an, so ist es nicht möglich, die zu Untersuchungen durchaus nötige Ruhe zu bewahren.

Abzug.

Durch den Fensterrahmen (oder das Fensterkreuz) wird eine 5 mm dicke Glasröhre geführt, um übelriechende oder gefährliche Dämpfe aus dem Zimmer ableiten zu können. Die Enden der Röhre brauchen beiderseits nur etwa 1 cm hervorzuragen.

Ebenso durchbohre man die Tür oder Wand, um Drähte oder Gase aus dem Zimmer leiten zu können, was nötig sein wird, wenn wir Apparate wegen des Geräusches während ihres Betriebes aus dem Zimmer bei den Untersuchungen hinausbringen müssen.

Ist im Nebenraume eine Wasserleitung, so durchbohre man die Wand in deren Nähe, um später für die Wasserluftpumpe bequemen Anschluß zu haben.

Außen am Fenster befestige man ein Brett, um Gläser usw. hinausstellen zu können. Man mache es haltbar und sicher fest, damit es nicht abstürzen kann.

Beleuchtung.

Vorteilhaft ist es, wenn das Zimmer so gelegen ist, daß es Mittagssonne erhält, da sehr häufig helles Licht auf diese Weise gespart werden kann. Im allgemeinen haben wir jedoch in künstlichen Lichtquellen einen genügenden und jederzeit bereiten Ersatz.

Die Arbeiten, bei denen eine Verdunkelung des Zimmers nötig ist, verlege man auf den Abend. Eventuell muß die Verdunkelung durch Decken u. a. vorgenommen werden. Für unsere Zwecke lohnt die Mühe nicht, eine besondere Vorrichtung dazu anzufertigen.

Der Zugang zum Fenster soll möglichst bequem sein; ebenso der Zugang zu der links über dem Tisch befindlichen Wandgaslampe mit Kleinsteller, die gleichzeitig als Stativ zum Aufhängen von Apparaten usw. dient.

Das wäre allgemein über den zu verwendenden Raum zu sagen. Jedenfalls richte man ihn so ein, daß nach beendeter Arbeit im Zimmer kaum etwas an ein physikalisches Laboratorium erinnert. Nur dann wird man bleibend damit zufrieden sein.

Rechtzeitig gewöhne man sich dabei an solide und haltbare Arbeit. Die aufgewandte Mühe kommt in der Zeitersparnis des späteren Arbeitens dauernd zur Belohnung.

§ 2. Das Inventar.

Über die eigentliche Einrichtung des Raumes kann nicht viel bemerkt werden, da sie im allgemeinen dem persönlichen Können des einzelnen überlassen werden muß.

Entfernung des Bettes.

Wenn es irgend möglich ist, versuche man das Bett aus dem Arbeitsraum zu entfernen. Oft sind Apparate über Nacht stehen zu lassen, die ausdünstende Säure u. a. enthalten. Notwendige Luftleitungen werden in Gefahr kommen, zerrissen zu werden; auch tritt man leicht in kleine Glassplitter, oder es ist Quecksilber verschüttet worden, das mit seinen giftigen Dämpfen für den Schlafenden eine Gefahr bedeutet.

Apparateschrank.

Nötig ist ein in der Nähe des Arbeitstisches stehender, verschließbarer Schrank (ohne Glasscheiben); es eignet sich dazu ganz gut ein kleiner Bücherschrank, der gleichzeitig die nötige kleine Handbibliothek enthält. Die Unterbringung der Apparate hat sich nun in der Weise bewährt, daß man die kleineren Apparate und Gegenstände ihrer Bestimmung nach in Schachteln zusammenlegt. So z. B. Meßapparate, wie Spalte, Bandmaß, Mikrometerschraube usw. Nur die sehr häufig gebrauchten Gegenstände werden in nächster Nähe, z. B. im Tischkasten, aufbewahrt. Schläuche, Kabel, Glasröhren und sonstiges bringe man in die unteren Schrankkästen. Mit dem erwähnten Zusammenlegen der Apparate spart man Platz, schützt vor Staub und hat sofort die Apparate übersichtlich zur Hand, ohne sie beim Herausnehmen zwischen den andern Apparaten umstoßen zu können.

Die einzelnen Schachteln bringt man dann wieder in Gruppen. In das oberste Schrankfach kommen z. B. Schachteln, welche Teile von Apparaten enthalten (Schrauben, Federn, Kugeln usw.). Dann kommen Behälter mit Metallteilen (Rädchen, Platten u. a.), die gelegentlich gebraucht werden; ferner Holz, Pergament, Leder, Watte und sonstiges, was erfahrungsgemäß oft bei den Arbeiten benötigt wird. In Augenhöhe des Schrankes kommen dann die Chemikalien und Vorratsgegenstände, wie Glasfachen, soweit sie im überliegenden Fache keinen Platz hatten.

Chemikalien.

Die nötigsten Chemikalien sind die folgenden:

Ammoniak	Silbernitrat
Äther	Schwefelkohlenstoff
Ammoniumnitrat	Salpeter
Absol. Alkohol	Schwefelsäure, konz.
Ammoniumchlorid (Salmiak)	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,22
Braunstein	Salzsäure
Chlorkalk	Salpetersäure
Jodkalium	Schwefelwasserstoffwasser
Kalilauge	Schwefelammonium
Kaliumpermanganat	Seifenlösung
Kupferbitriol	Sodalösung
Kaliumchlorat	Terpentinöl
Marmor	destilliertes Wasser
Natriumthiosulfat	Jod
Natronlauge	Paraffin
Schwefel	Phosphor.

Ferner die Metalle, wie Aluminium, Quecksilber, Kupfer, Zink, Nickel, Nickelin, Silber und Platin, in Draht- und Plattenform.

Vom Quecksilber hält man sich eine Flasche ganz gereinigtes und eine Flasche verunreinigtes Quecksilber.

Es wird gut sein, wenn sich der Schüler frühzeitig mit der

Chemie und Photographie vertraut macht und beides ernsthaft betreibt. —

In die unteren Schrankfächer kommen nun die optisch-akustischen Apparate, elektrische Apparate und chemische Apparate. Ganz unten hin dann größere Apparate, wie Influenzmaschine und Mikroskop.

Ist man sich so über die Unterbringung der Apparate klar geworden, so geht es an die Herstellung des Allerheiligsten, des Arbeitstisches.

§ 3. Der Arbeitstisch.

Es wird vielleicht oft den Anschein haben, als ob zuviel Wert auf bequemes zur Hand haben der Einrichtungen gelegt wird. Wer aber einmal erfahren hat, welche Zeit ein Versuchsaufbau, wenn er sorgfältig gemacht wird, in Anspruch nimmt, der wird eine Zeiterparnis, die für die Arbeitsfreudigkeit gewonnen wird, wohl zu schätzen wissen. Nur muß man sich von Anfang an klar machen, welche Einrichtungen fast tagtäglich gebraucht werden, und welche für selteneren Gebrauch erst hergestellt werden müßten. Es wird beispielsweise keinen Wert haben, einen Sauerstoffgasometer herzustellen und am Tisch anzubringen, wenn man keine Aussicht hat, eine heiße Sauerstoff-Deuchtgasflamme zu verwenden.

Aufstellung.

Die Aufstellung des Arbeitstisches geschieht am besten vor dem Fenster, so daß man diesem beim Sitzen zugekehrt ist.

Anschlüsse.

Die Gasleitung läßt man sich bis zum Tische herunterziehen. Vorteilhaft ist ein Doppelhahn. Die Anschlußschläuche sind am besten einfache braune Schläuche, die sich stark ausziehen lassen. Vom Hahn aus sollen sie die weitest entfernte Stelle des Tisches noch um 20 cm überragen.

Sehr nützlich wird sich an der Seite des Tisches eine kleine Handdruck- und Saugpumpe erweisen (zum Filtrieren, Glasblasen usw.).

Als Gebläse dürfte eine Wasserluftpumpe genügen. Der Anschluß derselben geschieht, falls keine besondere Wasserleitung vorhanden ist, nur bei Bedarf, da dieser nicht sehr häufig sein wird.

Den Funkeninduktor befestige man ebenfalls an der Seite des Tisches. Die Stromzuführung erfolgt durch Doppeltabel mit Stecher. Die gewöhnliche brauchbare Funkenlänge ist 40 mm (80 *M*).

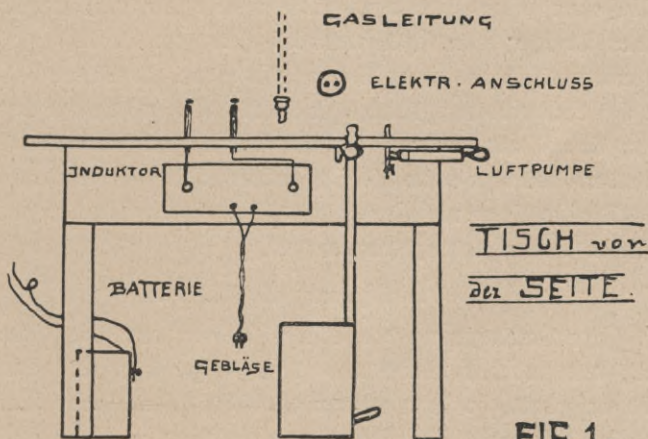
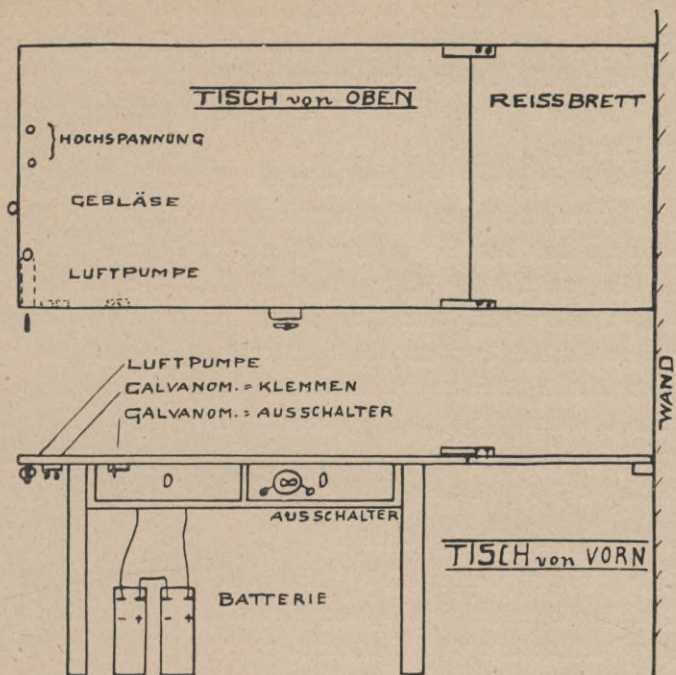


FIG. 1.

Die sekundären Leitungen gehen, mittels Glasröhren isoliert, durch die Tischplatte und endigen in Klemmen (s. S. 7. Meßapparate, Funkenstrecke). Die Löcher der Klemmen läßt man einander zugekehrt sein, damit Funkenstrecken gleich an den Klemmen angebracht werden können.

Das Galvanometer wird auf dem Fensterbrett aufgestellt. Die Stellschrauben können auf Gummischeiben aufliegen, damit die Erschütterung von der Straße kein Schwanken der Nadel hervorbringt. Ein zwei bis drei Meter langes Kabel führt vom Galvanometer zu Tischklemmen. Am Arbeitsplatz befinden sich dann die eigentlichen Anschlußklemmen, die durch einen Auslöschalter mit den vorher erwähnten Tischklemmen verbunden sind.

Am Arbeitsplatz befindet sich gleichfalls ein größerer Schalter mit zwei Klemmen, der zur bequemen Stromunterbrechung vom Arbeitsplatz aus dienen kann (s. Fig. 1).

Tischkästen.

Die Arbeitsplatte selbst bleibt vollkommen frei.

Im Tischkasten befinden sich außer den Papieren usw. je eine Büchse mit Klemmschrauben, Schlauchklemmen und Drähten. Ferner Holzplatten zum Erhöhen von Apparaten, und Holzkeile zum Herstellen einer festen Unterlage. Eine weitere Schachtel enthält einen kleinen Trichter, einen gläsernen Rührstab, eine Glaspritze, Stellschraubenunterlagen, einen Reagensglashalter, ein Schlauch-T-Stück, ein Schlauchverbindungsstück (mit einem konischen dünnen und einem dicken Ende) und mehrere Gummipropsen mit beiderseits hervorstehender Glasröhre (auch als Schlauchverbindungsstücke verwendbar).

Die sonstigen nötigsten Gegenstände richten sich nach dem persönlichen Bedarf des Experimentators.

Verlängerung des Tisches.

Eine Verlängerung des Tisches besorgt man durch ein Reißbrett, das zwischen Wand und Tisch aufgelegt wird. Sind Versuche aufgebaut, so kann man nötigenfalls hieran seine schriftlichen Arbeiten besorgen. Bei Nichtgebrauch wird es aber entfernt.

§ 4. Elektrische Leitungen.

a) Schwachstrom.

Verlegung.

Wer sich zum ersten Male eine elektrische Anlage schafft, wird die Drähte genau nach der Skizze anlegen wollen, die er sich gemacht hat, oder die er fertig geliefert bekommen hat: jeder Draht wird einzeln gezogen. Dieses ist nun aber zwecklos. Die Anlage bekommt dadurch ein unordentliches Aussehen.

Man benutzt einfarbige, umspinnene Kupferdrähte von 0,8 mm bis 1,0 mm Durchmesser; sie werden horizontal und vertikal mit rechten Biegewinkeln gezogen. Ist das Zimmer tapeziert, so kann man in den Mauerbewurf mit dem Stemmeisen eine kleine, $\frac{1}{2}$ cm tiefe Rinne reißen, um dort die Drähte einzubetten. Die Befestigung geschieht dann durch Nägel mit breiten, flachen Köpfen, die vollständig in die Wand zwischen den Drähten hineingetrieben werden, die Drähte dadurch in ihrer Lage festhaltend. Die Rinne überklebt man mit Tapete. Diese Art der Verlegung geht schnell, ist sauber auszuführen und ordentlich im Aussehen, da die Drähte selbst vollkommen unauffällig liegen.

Anschlüsse.

Außer der noch zu besprechenden Arbeitsanlage bringt man dicht über dem Arbeitstisch eine Anschlußdose an der Wand an. Ebenso, falls das Zimmer groß ist, an der entgegengesetzten Seite, um an jeder Stelle des Zimmers Elektrizität zur Verfügung zu haben. Wer es für wünschenswert hält, kann sich am Tische noch eine elektrische Lampe für Arbeiten im Dunklen anbringen.

Bewegliche Kabel.

An Kabelinventar wird gebraucht: Ein Stecker mit zwei Kabeln. Jedes Kabel hat am Ende einen Drahtansatz.

Um diesen letzteren herzustellen, löst man vom Kabel auf 5 cm die Isolierung, macht die einzelnen Kabeldrähtchen, aus denen sich das Kabel zusammensetzt, frei und bringt in ihre Mitte den — nicht zu dünnen — Enddraht. Dann dreht man die Drähtchen fest um diesen herum und verlötet sie (s. § 8. Handwerkszeug). Auf das Ende der Isolierhülle bringt man etwas angewärmten Siegellack und schiebt dann ein kurzes Stück Gummischlauch über das Ganze, so daß nur das Drahtende hervorsteht.

Auf diese Art wird das Kabelende sauber und haltbar hergestellt. Zu beachten ist, daß Kabelenden nie umgebogen werden dürfen. Dieses Kabel soll $\frac{1}{2}$ m über die entfernteste Stelle des Tisches reichen.

Ferner werden vier Einzelkabel und ein Doppelkabel von je 1 bis $1\frac{1}{2}$ m Länge gebraucht. Die Aufbewahrung dieser häufig gebrauchten Kabel kann an der hinteren Schrankwand oder innen an der Tür des Schrankes erfolgen. Man lasse sich nicht dazu verleiten, die Kabel nicht zu verlöten, oder dünne Drähte zu nehmen. Die Mühe der Anfertigung wird durch das sichere Arbeiten mit ihnen, das andernfalls mit der Zeit sicherlich ausbleibt, reichlich belohnt.

Ferner muß man ein 3 m langes Doppelkabel vorrätig haben, das auf der einen Seite mit einem Stecher, auf der andern Seite mit einer Fassung und Handgriff versehen ist. In die Fassung wird eine $1\frac{1}{2}$ bis 2 Volt Osramlampe (1 *N*) eingesetzt und das Ganze in Verbindung mit einem Akkumulator (s. daselbst) u. a. als Ableselampe für feine Teilungen, als Beleuchtungslampe für das Mikroskop, usw. verwendet.

Weiterhin muß ein Doppelkabel von 10 m Länge vorhanden sein. Die Enden der Drähtchen verlötet man und verbindet sie mit Steckern, aus denen sie durch Schrauben leicht und schnell zu lösen sein müssen. Auf diese Weise kann man das Kabel für Dosen- und Klemmichraubenanschlüsse verwenden. Bei Steckern lassen sich oft die Einführungen etwas abschrauben, so daß die Anschlußdrähte direkt angeklippt werden können.

b) Starkstrom.

Leitungen.

Die Anlage der Leitungen für Starkstrom muß einem Elektrotechniker übertragen werden. Auf die sorgfältige Isolierung der Kabel ist besondere Sorgfalt zu verwenden.

Kabel.

Beide Kabel der sogenannten Vize müssen für den Gebrauch bei Starkstrom Gummiadern enthalten; die Stecker müssen Sicherungen haben.

Da schon eine Spannung von 110 Volt am Netz unter Umständen tödlich sein kann, so sind die freien Enden der Leitung nie zu berühren.

§ 5. Die elektrischen Kraftquellen und Schalttafeln.

a) Schwachstrom.

Wahl der Stromquelle.

Als Stromquellen kommen für uns nur Akkumulatoren in Betracht. Wer keine Gelegenheit zum Laden derselben hat, muß sich für seine Versuche mit den heutzutage guten Trockenelementen begnügen, die auch einen genügend konstanten Strom liefern. Da diese Elemente im Durchschnitt jedoch 1.50 *M* kosten und nur 1,5 Volt Spannung geben, kommt die Stromerzeugung teuer und man ist nicht in der Lage, so starke Ströme zu erzeugen, wie nötig ist. Wer in seinem Laboratorium zur Schwachstromerzeugung keine Akkumulatoren hat, wird seine Versuche nicht mit Sicherheit ausführen können. Vor allem ist nicht zu tarieren, wie lange der Strom noch ausreichen wird, usw.

Akkumulator.

Als Einheitsakkumulatoren verwenden wir solche von sieben Amperestunden, die auch für einen häufigen Gebrauch ausreichen. Bei mittelmäßigem Stromverbrauch reichen sie mit einer Ladung 2 bis 3 Monate. Im Durchschnitt werden jedoch $1\frac{1}{2}$ Monate zu rechnen sein bis zur Entladung. Die Lade- und Entladetermine notiert man sich zweckmäßig auf einem Zettel; dadurch kann eine gewisse Kontrolle auf die vollständige Ladung ausgeübt werden. Würde man größere Akkumulatoren nehmen, so würden diese zwar länger vorhalten, doch würde dann auch der Transport schwieriger und teurer sein. Der Preis des einzelnen Akkumulators beträgt im Durchschnitt 2,60 *M*.

Anzahl.

Für die vollständige Batterie benötigen wir 13 Akkumulatoren, so daß ihre Kosten auf den verhältnismäßig billigen Preis von ca.

34 *M* kommen. Wir sind dadurch im Besitze einer Batterie von 26 Volt (in Wirklichkeit sind es sogar ca. 28 Volt, da jeder Akkumulator etwa 2,2 Volt Spannung besitzt), welche allen Anforderungen genügen dürfte. Wie später gezeigt werden soll, können wir damit sogar eine Art Bogenlicht erzeugen.

Behandlung.

Der Akkumulator soll zwar im Maximum mit 1,2 Ampere entladen werden, doch können ihm für kurze Zeit 10 bis 15 Ampere ohne Schaden entnommen werden. Die Laboratoriumsbatterien werden selten längere Zeit beansprucht, so daß sie sich immer wieder erholen können. Akkumulatoren aus verschiedenen Fabriken zeigten z. B. nach einer dreijährigen Beanspruchung von durchschnittlich 3 Ampere auf dem Boden nur einen ganz geringen Überzug von herausgefallener Masse.

Wird der einzelne Akkumulator mit nur 5 Ampere belastet, so kann man der Batterie, falls die Akkumulatoren einzeln parallel geschaltet sind, einen Strom von gut 60 Ampere ohne Schaden entnehmen. Reicht die Spannung nicht aus, so wird auf 4 Volt Spannung geschaltet und es sind immer noch 30 Ampere abzunehmen. Bei starker Stromentnahme liefern die Batterien jedoch quantitativ weniger Strom.

Bei der Normalspannung von 8 Volt, die im allgemeinen für Laboratoriumszwecke am geeignetsten ist, stehen dagegen noch 15 Ampere zur Verfügung, eine Stromstärke, die wohl nur in ganz seltenen Fällen nicht ausreichen wird. Dabei steht ein Akkumulator noch als besondere Stromquelle bereit.

Beim Ankauf achte man darauf, daß die Klemmen an den Bleipolen des Akkumulators aufgelötet sind, da sonst im Laufe der Zeit viel Ärger mit den zerfressenen Klemmen entstehen wird.

Alle zwei bis drei Wochen sehe man die Akkumulatoren nach, reinige sie auf der Schellackdecke von etwa niedergeschlagener Schwefelsäure, welche sonst die Akkumulatoren schnell entladet.

Ist der Schellack um die Pole herum brüchig geworden, so

made man ihn mit einer Stichelampe (Lötflamme) schwach flüßig, so daß er die Pole wieder dichtschließend umgibt.

Sind die Platten nicht mehr von der Schwefelsäure bedeckt, so gieße man (käufliche) Akkumulatorensäure nach. Wird zu voll gegossen, so steigt die Schwefelsäure beim Laden infolge der Gasentwicklung leicht über.

Schaltung.

Man bringt je 4 Akkumulatoren in einen Kasten, welcher Klemmen und eine Anschlußdose hat. Im dritten Kasten bringt man nach folgendem Schema eine Vorrichtung an, die gestattet, je zwei Akkumulatoren mit einer Bewegung zu den andern beiden parallel oder hintereinander zu schalten.

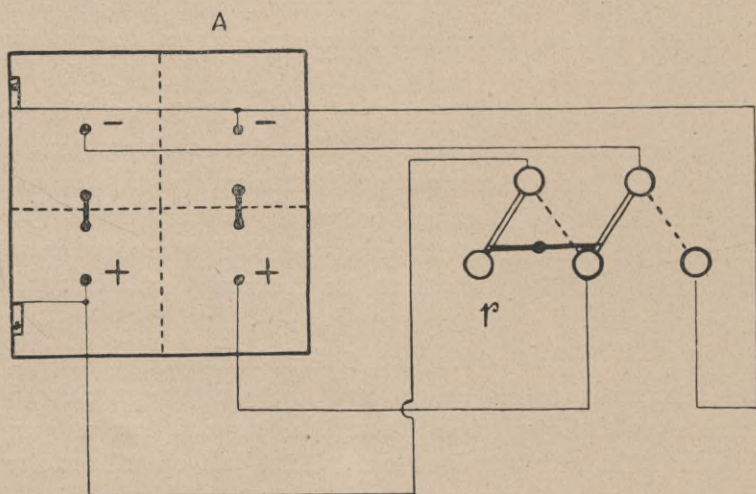


Fig. 2.

A ist der Akkumulatorkasten, an dem auf der Rückseite ein Stromwender (1 M) nach der angegebenen Schaltung angebracht ist. Der Pol p muß (wie in der Figur 2) blind sein. Stehen die starr miteinander verbundenen Hebel wie in der Zeichnung, so sind die Akkumulatorenpaare hintereinander geschaltet; in der punktierten Stellung sind sie nebeneinander geschaltet. Für schwache Beanspruchung des

Motors, für den Betrieb der kleinen Wechselstromapparate usw., wird man mit 4 Volt auskommen, ohne Strom unnütz im Widerstand vernichten zu müssen.

Den letzten Akkumulator bringt man ebenfalls in einem Kasten unter, der Klemmen und Anschlußdose enthält. Außerdem befindet sich an ihm aber noch eine kleine Fassung, in die man ein Zwerg-Osramlämpchen von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Volt einsetzt, das durch Drehen eingeschaltet werden kann; hat der Kasten einen Griff, so kann man diesen Akkumulator sehr praktisch auch als Laterne verwenden. Die kleinen Glühbirnen, die ca. 0.80 *M* kosten, geben ein Licht von 2 Hefnerkerzen.

Diesen Akkumulator ladet man sich selbst auf. Ist nämlich in einem der 8 Voltkästen die Spannung durch Entladung gesunken, so ist meistens erst ein Akkumulator richtig entladen. Man schließt nun den kleinen Kasten (+ Pol an + Pol) an und läßt ihn mehrere Stunden lang stehen. Dann wird der große Kasten fast ganz entladen sein, und der kleine Akkumulator hat wieder Ladung. Auf diese Art braucht man den kleinen Akkumulator nie laden zu lassen. Ein Schaden ist für die entladenen Akkumulatoren nicht zu befürchten.

Verlegung am Schaltbrett.

Zwei 8-Voltkästen werden parallel geschaltet an das Schaltbrett gelegt. Den dritten Kasten (mit der Umschaltvorrichtung) und den kleinen Kasten behält man gesondert. Ist die Hauptbatterie entladen, so wird während der Ladezeit der Einzelkasten angeschlossen, damit man in seinen Versuchen nicht gestört wird.

Die Hauptbatterie wird so ca. drei Monate vorhalten. Der Einzelkasten wird für längeren Stromgebrauch benutzt, z. B. beim Motor, damit die Hauptbatterie nicht so häufig zum Laden gegeben werden muß. In dem Geschäft, wo die Ladung vorgenommen wird, verlange man die Ladung in 24 Stunden, die leicht möglich ist. Für den Akkumulator sind ungefähr 0.15 *M* zu zahlen.

Ist man gezwungen, Strom in Widerständen zu vernichten, so suche man möglichst den auf 4 Volt geschalteten Kasten oder den Handakkumulator an Stelle der Widerstände zur Ladung einzuschalten.

Dadurch macht sich die sonst verloren gehende Energie zum größten Teile wieder nutzbar.

Soll der dritte Kasten nicht unverwendet stehen bleiben, so läßt sich mit ihm die Laboratoriumsbeleuchtung betreiben. Die Arbeitsbatterie darf für derartige Nebenzwecke niemals verwendet werden.

Das Schaltbrett (Fig. 3).

Die Schaltapparate werden in einem an der Wand befindlichen flachen Kasten untergebracht, dessen Deckel seitlich aufklappbar ist.

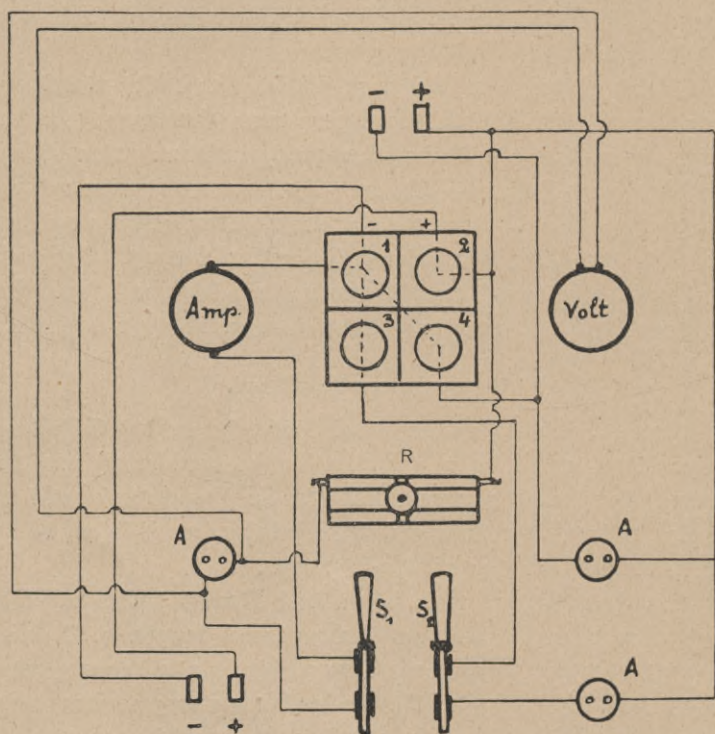


Fig. 3.

Schaltung.

Die Verlegung der Leitungen geschieht auf der Rückseite des Kastens, und zwar am besten nach der beigegebenen Skizze.

Der Strom wird über die + und — Klemme in die Sicherungen 1 und 2 von je 10 Ampere in der + und — Leitung geführt. Der + Strom geht dann von dort über den Regulierwiderstand R (von ca. 10—20 Ohm), der bis 20 Ampere vertragen muß und vollständig ausschaltbar ist, in die links sichtbare Anschlußdose A. Der — Strom geht über das Amperemeter, das bis 60 Ampere angibt, durch den Ausschalter S₁, und von dort zur Dose A. An den Klemmen der Dose liegt das Voltmeter an, das 40 bis 50 Volts angibt. (Über die Anfertigung dieser Apparate s. § 6.)

Über die Sicherung 3 führt der — Strom durch den Schalthebel S₂ zu der rechten unteren Anschlußdose A. Diese dient zum Anschluß des Motors und sonstiger Nebenapparate. Die Sicherung beträgt drei Ampere (die Sicherungen brennen immer erst bei dem Doppelten der angegebenen Stromstärke durch!). Über die Sicherung 4 von zwei Ampere geht der Strom zur oberen rechten Anschlußdose A, gleichzeitig aber auch zu den oberen Anschlußklemmen der Tafel, an denen die Zimmerleitung ihren Anschluß findet.

Anschluß der Akkumulatoren.

An die Schalttafel werden die beiden Kästen mit 8 Volt Spannung gelegt. Das Umschalten auf 16 Volt geschieht durch Hintereinanderschalten der Kästen.

Man lasse sich nicht dazu verleiten, die andern Kästen auch an die Schalttafel anzuschließen. Es ist doch nötig, den Strom an bestimmten Stellen zu brauchen, oft in andern Zimmern, usw. Die Seltenheit des Gebrauches läßt einen besonderen Anschluß an die Schalttafel wohl meist als nutzlos erscheinen. Außerdem ist es wegen falschen Stöpselns nicht angezeigt, verschiedene Spannungen an eine Schalttafel zu legen. Die Tafeln gewinnen dadurch auch ein unpraktisches Ansehen.

Plan.

Ein genauer Plan der Schaltung wird im Deckel des Kastens angebracht. Die Lage der Klemmen, an denen die verschiedenen + und — Leitungen angelegt sind, muß mit der Wirklichkeit über-

einstimmen; nur so lassen sich Änderungen der Leitungen schnell vollbringen.

Verbindung.

Man vermeide beim Gebrauch immer zusammengedrehte Drahtenden und suche jeden Kurzschluß durch Isolierung (Schellack oder Isolierband) blanker Stellen sorgfältigst zu vermeiden.

b) Starkstrom.

Feistellung der Netzwerte.

Bei der Herstellung einer Schalttafel für Starkstrom wird man zuerst den Verwendungsbereich des Zählers prüfen. Die auf ihm angegebene maximale Belastungsstärke soll nicht oder doch nur wenig überschritten werden. Den in die Leitung seitens des liefernden Werkes eingebauten Sicherungen kann der Strom in doppelter Stärke des aufgedruckten Wertes entnommen werden, ehe sie durchbrennen. Es wird sich empfehlen, mit der Maximalbelastung etwas unter diesem Wert zu bleiben, da die Sicherungen selten genau bei der doppelten Stromstärke durchbrennen, sondern meist früher. Diese Belastung wird dann auch der Zähler vertragen. Immerhin wird man nicht gerne über den normalen Wert der Stromstärke hinausgehen.

Verwendung eines Akkumulators.

Da man trotz der Verwendung von Starkstrom nicht umhin können wird, sich einen 8-Volt-Akkumulator, der (nach dem vorangehenden) auf 4 Volt umzuschalten ist, zu halten, wird dieser zur Entnahme starker Ströme durch Parallelschalten aller einzelnen Zellen benutzt werden. Da einer Zelle auf kürzere Zeit 5 und sogar 10 Ampere entnommen werden können, erhält man demnach Ströme von 20—40 Ampere, allerdings bei nur 2 Volt Spannung.

Ladung.

Die Ladung geschieht dadurch, daß der Akkumulator in den Stromkreis der das Zimmer beleuchtenden Birne eingeschaltet wird. Letztere ist zweckmäßig eine Osrambirne, da bei dieser der Span-

nungsabfall nicht bemerkbar ist und außerdem die Ladung wegen der meist verwendeten geringeren Stromstärke langsamer vor sich geht, also geringerer Wartung bedarf als bei der Kohlefadenbirne. Der geringe Verlust an Licht wird nicht empfunden, dagegen wird man in der Lage sein, seine Versuche mit dem so gewissermaßen umsonst gewonnenen Strom auszuführen, denn Starkstrom wird man nur in den seltensten Fällen anzuwenden brauchen.

Akkumulatoren als Widerstände.

Bei dem vorher Besprochenen war es zweckmäßig und billiger, an Stelle von Widerständen die 2- oder 4-Volt-Akkumulatoren zum Laden einzuschalten. Man erhält so den größten Teil der sonst verloren gehenden Energie wieder. Beim Starkstrom würde dieses Verfahren wegen der Höhe der Spannung keine wesentliche Schwächung des Stromes bedingen.

Schalttafel.

Es ist demnach einzusehen, daß nach dem bisher Gesagten eine der vorher besprochenen Schwachstromschalttafeln oft nützlicher sein wird, als eine Tafel zur Starkstromverteilung. Ein Amperemeter wird für Schwach- und Starkstrom zu verwenden sein. Selten hat es dagegen für uns Zweck, die Netzspannung zu wissen; denn einmal schwankt diese fast fortwährend, und dann wird der Starkstrom doch eigentlich nur zum Betriebe von Bogenlampen, Elektromagneten usw. verwendet, wo uns meist nur die Stromstärke interessiert. Das Amperemeter ist hierbei allerdings immer einzuschalten; man soll dies nie veräumen.

Genauere Messungen muß man dagegen mit dem nahezu konstanten Gleichstrom, wie ihn uns die Akkumulatoren-batterie liefert, ausführen.

Da die Schalttafel für den Starkstrom nicht dauernd an das Netz angeschlossen wird, können wir die Apparate auf einem Holzbrett montieren. Durch einen Kontaktstößel, der mit dem Schaltbrett durch eine starke Lige verbunden ist, können wir das Schaltbrett an das Stadtnetz anlegen. Die Lige endet (s. Fig. 4) an

einem Doppelhebelauschalter. Das Amperemeter kann bis 60 Am-
pere anzeigen, eventuell ein Voltmeter die Netzspannung. Es wird
gut sein, wenn die Meßinstrumente auch noch 1 Ampere bezw.
1 Volt ablesen oder schätzen lassen. Man kann diese Schalttafel
durch einfaches Umstöpseln dann auch für Schwachstrom verwenden.

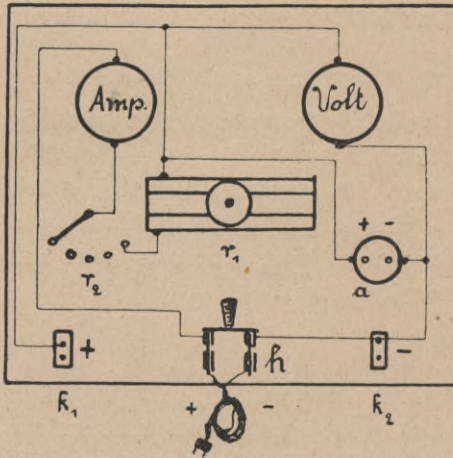


Fig. 4.

Schaltung.

Die sonstige Schaltung ist aus der Figur ersichtlich. k_1 und k_2 sind Klemmen, welche die Anschlußdose a erzeugen können. r_1 ist ein Rhufrat-Widerstand von ca. 10 Ohm, der 7—10 Ampere ver-
trägt.

Wird das Brett als Schwachstromtafel verwendet, so benutzt man r_1 allein, indem r_2 auf den Widerstand 0 gestellt wird. r_2 ist entweder ein Lampen- oder ein Drahtwiderstand.

Widerstände.

Soll r_2 als Lampenwiderstand gebaut werden, so benutzt man 10 Birnen à 1 Ampere, die parallel geschaltet werden. Bei Nicht-
gebrauch sind die Birnen gelockert.

Wird ein Drahtwiderstand vorgezogen, so wird zu seiner Herstellung Nickelindraht von 0,5 mm Dicke benutzt und mit drei Ampere belastet, die er noch aushalten wird. Jedenfalls darf der Draht nicht glühen. Die Länge wird probiert, indem so viel Birnen parallel geschaltet werden, daß der Strom 3 Ampere beträgt (die gewöhnlichen 110 Voltbirnen brauchen meist 0,5 Ampere, so daß also sechs Birnen nötig wären). Der Draht wird auf einen Federhalter oder Bleistift eng aufgewickelt und dann abgenommen. Auf diese Weise werden genügend weite Spiralen erhalten. Oft glüht ein Draht, wenn er zur Spirale gewickelt ist, schon dann, wenn er im ausgezogenen Zustande noch weit von jeder Glut entfernt ist, da die entwickelte Wärme des einen Drahtes die nächstgelegenen Windungen in ihrer Wärmeabgabe beträchtlich vermindert, so daß sich dort Wärme ansammeln kann. Dann ist entweder die Spirale etwas weiter auseinanderzuziehen, um die Luftkühlung zu steigern, oder der Draht zu verlängern, um den Strom zu schwächen.

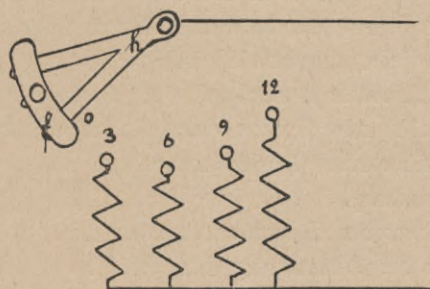


Fig. 5.

Aus dem ersteren Grunde ist auch eine horizontale Aufhängung der Spiralen empfehlenswerter als die senkrechte Befestigung. Es werden nun so viel Spiralen in einem kleinen Holzrahmen parallel geschaltet untergebracht, als Stromstärke, durch drei dividiert, verlangt wird; bei 12 Ampere also vier Spiralen. Der Widerstand r_1 (wie überhaupt alle Widerstände) soll bei Ausschaltung des Widerstandes r_2 auf seinen größten Wert eingestellt sein.

Die feinere Regulierung erfolgt mit r_1 . Wird bei r_2 noch eine Spirale hinzugeschaltet, so muß man r_1 erst auf seinen größten Wert bringen.

Die Drahtenden von r_2 werden nach der vorstehenden Figur 5 verbunden.

Der Hebel h trägt eine Feder f , die nacheinander über die flachen Nägelsköpfe, in denen die Spiralen endigen, schleift und diese dadurch gleichzeitig untereinander verbindet, somit parallel schaltet. Die Zahlen geben die Stromstärke an.

Die Kurbel muß — zur Vermeidung elektrischer Schläge — einen Holzgriff tragen.

Anschluß von Apparaten.

Unterbrecherapparate, z. B. Funkeninduktoren, dürfen nie direkt in den Starkstromkreis geschaltet werden, sondern werden an einen passenden Widerstand im Nebenschluß gelegt, da sonst bei jeder Unterbrechung ein den Platinkontakt zerstörender Lichtbogen auftreten würde. Auch würden die Funken infolge des langsamen Stromabfalles schwach sein.

Folgende Schaltung ist die günstigste:

Soll der Induktor normal mit 6 Volt und 2 Ampere betrieben werden, so schaltet man ihn an einen 6 Volt-Akkumulator an und ladet letzteren über einen Vorschaltwiderstand mit zwei Ampere aus der Starkstromleitung.

Da stets nur der Strom entnommen wird, mit dem geladen wird, so bleibt der Akkumulator stets gefüllt.

Wird der Induktorstrom vom Widerstand selbst, ohne den Akkumulator, abgenommen, so müssen vielleicht 6 Ampere durch den Widerstand gehen, während nur zwei davon vom Induktor verbraucht werden.

Die Einschaltung des Akkumulators bedeutet also eine große Ersparnis; außerdem ist der Strom konstanter.

Prüfung.

Bevor man den Hebelschalter h einschaltet, soll immer geprüft werden, ob die Anordnung kurzschlußfrei ist, ob alle Widerstände

eingeschaltet sind und ob die einzelnen physikalischen Apparate nicht überlastet werden können. Mit dieser kleinen Sorgfalt wird viel Geld und auch Zeit gespart.

Die Prüfung und Feststellung der Pole kann von 12 Volt ab dadurch erfolgen, daß man die Poldrähte in den oberen Teil einer Kerzenflamme hält; am — Pol scheidet sich dann Ruß in reichlicher Menge ab.

§ 6. Notwendige Einrichtungsgegenstände.

Als allgemeiner Satz ist festzuhalten, daß Versuche desto besser gelingen, je vollkommener und zahlreicher die zur Verfügung stehenden Hilfsapparate sind. Unter den Hilfsapparaten, bzw. den Einrichtungsgegenständen, sind diejenigen Utensilien zu verstehen, die nicht eigentlich zum Versuch gehören, sondern äußere Versuchsbedingungen herstellen. Je vielseitiger die einzelnen Teile verwendbar sind, um so vorteilhafter und nützlicher wird die Anschaffung sein. Alles, was in diesem und im folgenden Paragraphen beschrieben wird, kann den Ansprüchen eines derartigen Laboratoriums genügen. Es wird kaum jemand so vermessen sein, wissenschaftliche Zeit- und Streitfragen mit seinen bescheidenen experimentellen Mitteln entscheiden zu wollen!

Gebläse und Luftpumpe (Fig. 6).

Gebläse und Luftpumpe sind in der Wasserluftpumpe vereinigt. Bei dem gebräuchlichen Wasserdruck der Leitung von 3—4 Atmosphären kann man schnell bis auf wenige Millimeter Quecksilberdruck evakuieren und auch das Gebläse ist stark genug, um allen Anforderungen zu genügen.

Der Schlauchansatz soll starkwandig sein und gut schließen. Zur Sicherheit ist er mit Bindfaden an den Befestigungsstellen fest zu umwickeln, da starke Stöße in der Leitung sonst die Pumpe abreißen.

Der Ingenieur ist gewohnt, mit einer zehnfachen Sicherheit zu arbeiten. Dieses Verfahren kann auch in physikalischer Beziehung empfohlen werden.

Verbindet man ein Quecksilbermanometer oder Vakuummeter mit der Pumpe, so ist davor ein Hahn



Fig. 6.

anzubringen, der nur offen zu halten ist, wenn die Pumpe im vollen Betriebe ist, da sonst leicht Wasser eindringt, oder das Quecksilber das Glas zerschlägt.

Die Kosten der Pumpe betragen ca. 3 *M.*, eine Ausgabe, die sehr notwendig ist. Zur Herstellung schwächerer Drucke genügt eine sogenannte Radfahrerluftpumpe.

Hohes Vakuum.

Soll ein sehr hohes Vakuum erzielt werden, so benutzt man in modernen Laboratorien in flüssiger Luft (-193° C.) gekühlte Koksrußkohle, welche die letzten Luftreste absorbiert. Da wir flüssige Luft nicht immer zur Hand haben werden, können wir uns ein sehr hohes Vakuum auf folgende Weise verschaffen, wenn wir in einer ganz geringen Wasserdampf-atmosphäre (die auch in den sonstigen Fällen vorhanden sein wird) arbeiten können.

Wir verbinden unser zu evakuierendes Gefäß mit einem zweiten, kleinen Gefäß (5—10 ccm Inhalt) aus schwer schmelzbarem Glase, das in einem Porzellanschiffchen gelöschten Kalk enthält.

Nachdem alles gut gedichtet worden ist (man wählt Glaschliffe zur Verbindung der Gefäße mit der Pumpe), setzt man die Wasserluftpumpe in Betrieb und erhitzt gleichzeitig das Gefäß mit dem gelöschten Kalk. Aus dem letzteren entwickelt sich dann Wasserdampf, der schließlich die vorhandenen Luftreste mit hinaus nimmt, so daß sich dann in dem zu evakuierenden Gefäß nur noch Wasserdampf unter einem Druck von 10—20 mm Hg befindet. Schließt man nun die Gefäße gegen Luft ab und läßt den gelöschten Kalk erkalten, so nimmt dieser den vorhandenen Wasserdampf wieder begierig auf, so daß ein leerer Raum entsteht.

Das erreichbare Vakuum beträgt nach diesem Verfahren ca. 0,1 mm Quecksilberdruck und kann durch Erhitzen beliebig geändert werden, wenn man beide Gefäße nicht voneinander trennt.

Es sei hierbei noch erwähnt, daß die Kathodenstrahlen in einem so evakuierten Gefäß schon bei höheren Drucken auftreten.


Glasröhren.

Man halte sich einige kurze Schlauchstückchen zur Verbindung von Glasröhren. Letztere sollen einen äußeren Durchmesser von 5 mm haben. Ein gewisser Vorrat von leicht und schwer schmelzbaren Röhren ist notwendig. Aus den Glasröhren verfertigt man sich einige T-Stücke, wie in § 8 angegeben ist.

Schläuche.

Wir nehmen als Schläuche zu den Gasleitungen solche von braunem Gummi, da diese meist haltbarer sind, als solche von schwarzem Gummi. Ein guter Schlauch muß sich mindestens auf seine doppelte Länge ausziehen lassen. Für das Gebläse braucht man zwei dickere Schläuche, die in ihrer Länge die entfernteste Stelle des Arbeitstisches um 20 cm überragen müssen. Der Luftschlauch wird durch breite, schwarze Zintenringe an seinen Enden kenntlich gemacht. Ein Meter Schlauch kostet 0,60 M.

Brenner.

Zur einfachen Herstellung einer Gebläselampe zieht man ein dünnes Messingrohr in einen einfachen Bunsenbrenner durch das Luftloch ein, bis das Ende des Rohres gerade hervorsteht. Am unteren Ende hat man sich zuvor ein verdicktes Stück Rohr für den Schlauchanschluß angelötet. Damit das obere Ende des Rohres in der Mitte des Brennerrohres bleibt, wird  über ersteres einen Ringstern hinübergeschoben, den man etwas unter dem Rohrende anlötet (Fig. 7).

Damit wird gleichzeitig ein Zurückschlagen der Flamme bei dem nach unten brennenden Gebläse verhindert. Dieses Gebläse ist auch als einfacher Bunsenbrenner zu benutzen, wenn die Luftzufuhr eingestellt wird.

Außer diesem Bunsenbrenner ist noch ein Schnittbrenner nötig, da in einem solchen Glas leichter und schneller zu bearbeiten ist. Beide Brenner zusammen stellen sich im Preise auf 2,50 M.

Einen weiteren Brenner (Fig. 9) stellt man sich dadurch her, daß ein an einem Ende verschlossenes und nicht zu dünnes Metallrohr ($1\frac{1}{2}$ cm Durchmesser) an der Längsseite mit einer Reihe kleiner Löcher versehen wird. Dieser Brenner dient uns dann zum Anheizen längerer Röhren.

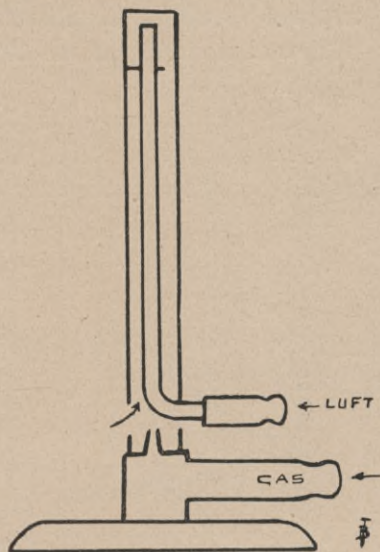


Fig. 8.

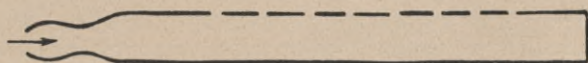


Fig. 9.

Bogenlampe.

Oft wird es nötig sein, möglichst punktförmiges und dabei doch starkes Licht zu verwenden.

a) Kohlelicht.

Starkstrom.

Hat man Starkstrom zur Verfügung, so wird an das Netz ein Widerstand von ca. 20 Ohm und zwei Kohlenstäbe, wie sie für Bogenlicht verwendet werden, geschaltet.

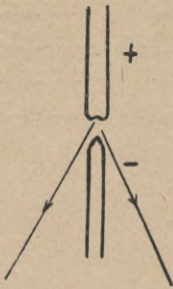


Fig. 10.

nach Bedarf in verschiedenen Lagen zueinander in zwei Stative geklemmt.

Man berührt die Kohlen momentan und entfernt sie dann auf 3—4 mm voneinander. Von der positiven Kohle (die man im allgemeinen dicker wählt) geht die Hauptmenge des Lichtes aus (85 %). Die negative Kohle liefert 10 %, der Bogen 5 % Licht. Die Hauptmenge wiederum fällt unter einem Winkel von 45° zu den Stäben (Fig. 10).

Die Anfertigung einer besonderen Lampe kann meist erspart werden. Die Kohlen werden

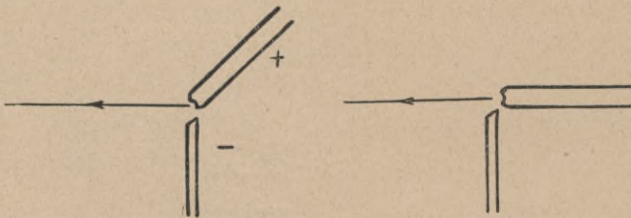


Fig. 11.

Modell (Fig. 12.)

Ein brauchbares Modell für eine Bogenlampe findet sich in Figur 12.

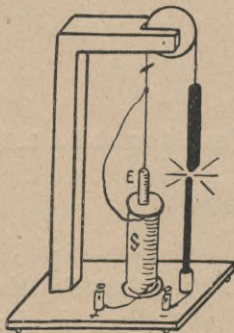


Fig. 12.

Man nimmt ein quadratisches Grundbrett von 15 cm Seitenlänge und leimt an der Seite desselben nach Figur ein Γ -förmiges Stück Holz von 30 cm Höhe an, das an seinem 9 cm langen Tragbalken einen gabelförmigen Ausschnitt erhält, in dem ein Schnurrad gelagert ist.

Über dieses Rad läuft ein Metallseil, aus feinen Kupferdrähten gedreht, die sich dem Rade leicht und biegsam anlegen. Auf der einen Seite trägt das Seil die positive

Kohle (4—5 mm Durchmesser), auf der andern einen Eisenstab **E**, der halb in eine Spule **S** hineinhängt, die mit Draht von 1 mm Dicke bewickelt ist. Der Eisenstab muß im Gewicht so schwer sein, daß er etwas leichter wie die positive halbverbrauchte Kohle ist, so daß sich beim Ausschalten des Stromes die positive Kohle auf die negative Kohle senkt und zum Zünden fertig ist. Die negative Kohle befestigt man in einer gewickelten, drahtumspinnenen Hülse aus starkem Blech, die dem Brett aufgenagelt ist und mit einer Klemme in leitender Verbindung steht. Die Spule **S** ist mit dem Kupferseil und der andern Klemme leitend verbunden. Ein in das Kupferseil gesteckter Knebel hindert das zu tiefe Sinken der positiven Kohle. Ein Vorschaltwiderstand bringt die Stromstärke auf 3 Ampere.

Schwachstrom.

Diese beschriebene Lampe würde sich bei Schwachstrom nicht verwenden lassen, da sie zum guten Brennen 35 bis 45 Volt braucht.

b) Quecksilberlicht.

1. Ohne Vakuum (Fig. 13, 14).

Einfachste Form.

Ein sehr schönes und helles Licht wird erhalten, wenn man einen kleinen, quecksilbergesüllten Napf mit dem — Pol, einen Kohlestab von ca. 2 mm Durchmesser mit dem + Pol einer Batterie verbindet. Zu dem Betriebe genügen bereits 16 Volt. Bei einer Spannung von 24 Volt ist die Helligkeit weit mehr wie die Stromstärke gestiegen.

Es bildet sich zwischen den Elektroden eine Dampfschicht aus, welche während des Betriebes erhalten bleibt. Das hellste Licht geht von der Quecksilberoberfläche aus.

Bertauscht man die Pole, so entsteht zwischen Kohle und Quecksilber ein schwaches grünes Quecksilberlicht; der Strom wechselt dabei periodisch seine Stärke. Im Spektroskop treten die Hg-Linien dann am stärksten hervor, wenn die Kohle so weit vom Quecksilber entfernt ist, daß das Licht stark flackert.

Giftige Dämpfe.

Es treten hierbei jedoch, besonders wenn die Kohle positiv ist, starke Quecksilberdämpfe auf, die sich in der Umgebung kondensieren, und die man sich hüten muß einzuatmen.

Einbauen der Lampe (Fig. 13).

Deshalb suchen wir die Lampe einzubauen. Zu diesem Zweck füllen wir ein Reagensglas vorsichtig halb mit Quecksilber und tauchen einen Draht mit Klemmen ein (Fig. 13).

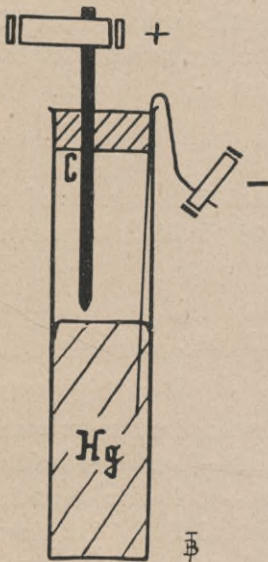


Fig. 13.

Den Verschlusskorken durchbohren wir und führen durch die Öffnung den Kohlestab hindurch. Dieser soll mit mäßiger Reibung gleiten. Auf den Stab setzen wir eine Klemme.

Zünden.

Zum Zünden senken wir die Kohle, bis das Weißglühen des Quecksilbers auftritt; wir entfernen dann den Stab wieder, bis der hellste Grad des Glühens erreicht ist. Die Leuchtkraft nimmt nach einiger Zeit noch zu, wenn sich das Quecksilber genügend erwärmt hat. Für den Fall, daß das Reagensglas springen sollte, stellen wir es noch in ein etwas weiteres Glas. Die Wände müssen nach jeder Benutzung gut gereinigt werden, da sich sonst die Kohle dort fein verstäubt fest niederschlägt.

Lampe mit Quarzfenster (Fig. 14).

Da bei der Quecksilberkohlelampe die größte Menge des Lichtes nach oben fällt, und da ferner das Quecksilberlicht seine Hauptstärke im violetten Teile des Spektrums hat, der vom Glase fast ganz vernichtet wird, müssen wir zu diesem Zwecke noch eine andere Konstruktion erfinden.

Dazu nehmen wir eine 8 cm lange Blechbüchse von 4 cm Durchmesser. Aus dem Deckel entfernen wir ein kreisrundes Stück Blech von 2 cm Durchmesser und setzen dafür eine kleine Quarzplatte ein, wie wir sie in physikalisch-optischen Handlungen für 2 *M* bekommen (Fig. 14).

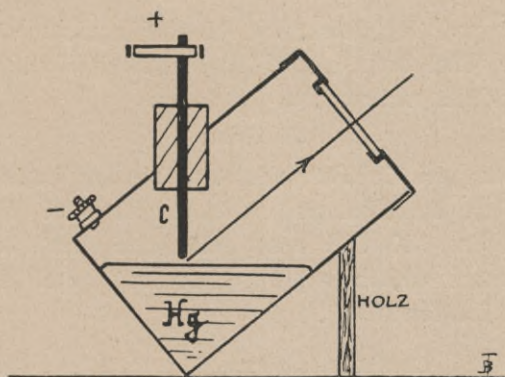


Fig. 14.

Wir stellen nun die Büchse unter einem Winkel von 45°, durch ein passendes, mit der Laubsäge geschnittenes Stück Holz unterstüzt, auf und setzen in die obere Wandung (wie in der Figur) einen Korken ein, durch den wir wiederum den Kohlestab einführen. An die Wand löten wir ferner eine Klemme oder einen Draht als — Pol an.

Die Hauptmenge des Lichtes fällt dann in der Pfeilrichtung durch das Quarzfenster.

Zündung.

Die Zündung erfolgt wie bei der vorigen Lampe.

Zum Reinigen nimmt man nur den Deckel ab und reinigt das Quarzfenster.

Starkstrom.

Legt man diese Lampe an eine Spannung von 40 Volt, so ist der Strom außerordentlich stark (10—15 Ampere) und die Helligkeit zwar groß, doch nicht dem starken Strom entsprechend.

Günstiger ist es, wenn die Kohle an den negativen Pol gelegt wird. Dann erhält man nämlich einen Quecksilberlichtbogen von außerordentlicher Stärke bei einem Stromverbrauch von nur 2 bis 3 Ampere. Die Entwicklung von Quecksilberdämpfen ist dabei sehr stark.

2. Mit Vakuum.

Es sei noch beschrieben, wie sich eine sogenannte Quecksilberdampflampe selbst herstellen läßt, wenn die nötigen Vorarbeiten sauber ausgeführt werden.

Startstrom.

Zwischen zwei Quecksilberelektroden, die sich im Vakuum befinden, entsteht ein Lichtbogen bereits bei 24 Volt. Man nimmt jedoch mindestens 30 Volt und schaltet eine Anzahl von Widerstandswindungen vor, da sonst das Licht stark flackert (Dämpfungs-widerstand, Selbstinduktion).

Quecksilberdampflampe (Fig. 15, 16).

Da wir in unserem Laboratorium nicht imstande sind, mit unsern Mitteln das nötige hohe Vakuum leicht herzustellen, müssen wir uns anderweitig helfen.

Prinzip.

Wir kennen alle das sogenannte Torricellische Vakuum im Barometer. Dieses wollen wir nun benutzen.

Herstellung.

Wir nehmen ein Glasrohr von 85 cm Länge und 6—8 mm Durchmesser (wenigstens muß es in den letzten 20 cm so weit sein). In dieses schmelzen wir an dem einen Ende einen starken (2 mm) Platindraht ein, der mit einem eisernen Nagel oder dergleichen gut leitend verbunden ist (der Nagel soll im Rohr die Wände nicht berühren, da sonst das Vakuum nicht hoch genug wird).

Diese Eisenelektrode bildet den positiven Pol (Fig. 15).

Wir füllen nun das ganze Rohr mit gut gereinigtem, trockenem Quecksilber.



Fig. 15.

Trocknen des Quecksilbers.

Das Trocknen des Quecksilbers geschieht, indem man es unter stetem Umrühren in einer flachen Schale auf ca. 150 ° erhitzt, so daß ein aufgespritzter Tropfen Wasser sofort verdunstet.

Reservegefäß.

Das so gefüllte Rohr wird in ein halb mit Quecksilber gefülltes Reagenzglas von 15 cm Länge gestellt. Ist das Barometerrohr vollständig eingetaucht, so muß das Quecksilber im Rohr die Cijenelektrode berühren.

Zündung.

Hebt man nun das Rohr, so fällt in ihm das Quecksilber und bei genügender Spannung entsteht zwischen dem Eisen und dem Quecksilber die bekannte leuchtende Dampfbahn des Quecksilbers.

Verwendung.

Für Arbeiten mit einfarbigem (monochromatischem) Lichte und für Spektraluntersuchungen ist dieses Licht hervorragend geeignet.

Schwache Belastung.

Man hüte sich davor, die Lampe stärker als mit der gerade genügenden Spannung zu belasten, d. h. man hebt das Rohr so hoch, daß bei der verfügbaren Spannung die Lampe noch genau und ruhig brennt, da sonst das Glas leicht springt.

Negative Elektroden.

Die Stromzuführung zum Quecksilber geschieht sehr einfach dadurch, daß man einen amalgamierten Kupferdraht in das Reservegefäß (Fig. 16, a) taucht, oder, wie bei der Form b, bei der die Füllung leichter ist, daß man den Kupferdraht in den Trichter T taucht, der mit dem Rohr durch einen starkwandigen Schlauch verbunden ist.

Schale.

Wie bei allen Arbeiten mit Quecksilber, so ist auch hier eine größere Schale zur Sicherheit unterzustellen. Hat sich Quecksilber

verschüttet, so nimmt man die zusammengesabten Hauptmengen mit einem flachrandigen Löffel auf; die kleinen Kugeln, die sich in Spalten des Fußbodens verbergen, kann man durch Berührung mit der amalgamierten, d. h. mit Quecksilber überzogenen Kante des Löffels aufnehmen und in die Flasche abstreifen.

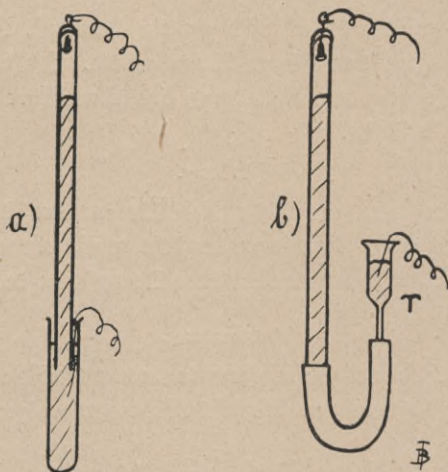


Fig. 16.

Stative.

An Stativen werden zwei gebraucht: ein kleines Stativ von ca. 40 cm Höhe und ein großes von $1\frac{1}{2}$ m Höhe. Letzteres nimmt man mit schwerer, viereckiger Grundplatte, den Stab fast an dem einen schmalen Ende der Platte eingesetzt. Die Kosten sind 3 M. Diese Ausgabe ist nicht zu scheuen, da feste und gute Stative durchaus zum sicheren Arbeiten nötig sind; je nach dem Bedürfnis suche man ihre Anzahl zu mehren.

Jedes Stativ wird mit zwei Stativklemmen versehen. Stativteller usw. sind überflüssig.

Ein bis zwei kleine Tischchen auf Ständern sind sehr nützlich, doch genügen auch quadratische Holzplatten von 10 cm Seite und 5—10 mm Höhe. Dazu schneidet man sich einige Holzkeile.

Glühbirnen.

Für die 8 Volt-Anlage benutzt man Osrambirnen von 6 Volt. Bei den hohen Strompreisen der Akkumulatorenbatterien ist es weit vorteilhafter, die Birnen mit Überspannung zu brennen, als den normalen Strom zu gebrauchen. Bei schwachen Spannungen geht außerdem wegen des niedrigen Widerstandes der Metallfadensbirnen prozentual viel Spannung in der Leitung verloren.

Es sind z. B. in einer 16 Volt-Leitung 12 Voltbirnen seit Jahren im Betrieb, die statt 12 Hefnerkerzen 25 Kerzen gaben bei ganz geringem Stromverbrauch. Dadurch wird eine Birne mit der doppelten Stromstärke, die sonst zur genügenden Beleuchtung nötig wäre, gespart. Für den Akkumulatorenbetrieb ist (bei Privaten) die Ausnutzung der Überspannungsmöglichkeit bei Metallfadenslampen von großer Wichtigkeit.

Messinstrumente.

An Maßgegenständen braucht man ein Metermaß, eine Schublehre bis 15 cm mit Nonius (2 *M*), eine Mikrometerschraube für Ableseung der $\frac{1}{100}$ mm (4—6 *M*). Dazu ein Fernrohr mit ungefähr zehnfacher Vergrößerung und einen einfachen Spiegel (10×20) für Spiegelableseung. Besitzt das Fernrohr, das man für 5 *M* bereits bekommen kann, kein Fadencross, so wird über das Objektiv der dazu gehörigen Lupe ein Kokonfaden gespannt. Kehrt das Fernrohr die Bilder um, so muß man sich für Spiegelableseung einen Maßstab zeichnen, der auf der Rückseite die Zahlen in Spiegelschrift trägt, und diesen dann umgekehrt aufhängen (siehe auch § 7, Spiegelableseung).

Messgläser.

Man beschaffe sich weiterhin Messgläser von 1 bis 10 ccm und 1—100 ccm Inhalt (1 *M* in den photographischen Handlungen).

Thermometer.

Thermometer braucht man eines von -20° bis $+110^{\circ}$ C. Die Kosten sind 1,20 *M*; die Thermometer sind dafür schon aus Jenaerglas erhältlich.

Für genaue Messungen ist zuweilen der Eis- und Siedepunkt zu prüfen, gleichzeitig eine lehrreiche Laboratoriumsaufgabe, die sehr viele Reduktionen erfordert, dann aber das Instrument gut aicht (die Reduktionen finden sich in Physikbüchern beschrieben).

Aräometer.

Wer das nötige Geld hat, schafft sich zwei Aräometer an; die Skalen sind geteilt von 0,75—1 und 1—2,00. Doch kann man auch, da spezifische Gewichte sehr selten zu bestimmen sein werden, die Wage zu ihrer Messung benutzen.

Stoppuhr.

Dagegen ist die Anschaffung einer Stoppuhr, besonders wenn man keine Hülse oder kein Metronom zur Verfügung hat, eine Notwendigkeit (Preis 8—12 *M.*).

Weitere Gegenstände.

Jetzt folgt eine kurze Aufzählung sonstiger Gebrauchsgegenstände: Ein Satz Bechergläser (5 *M.*), ein Duzend Reagenzgläser (0,40 *M.*), Abdampfschalen aus Porzellan (0,60 *M.*), Asbestschieferplatte zur Unterlage für heiße oder glühende Körper (0,20 *M.*), Drahtnetz 15×20 cm (0,40 *M.*), drei Trichter verschiedener Größe (0,50 *M.*), Filtrierpapier (0,30 *M.*), fünf Kochflaschen verschiedener Größe (1,50 *M.*), die sich zu sehr vielen Zwecken nach kleinen Änderungen eignen, so daß die Anschaffung von Spezialapparaten tunlichst vermieden werden kann; ferner einige Glashähne (4 *M.*), einen Rührstab aus Glas (durch Verschmelzen der Enden eines kurzen Glasstabes gebildet); andere Glasapparate müssen nach dem jeweiligen Bedürfnis beschafft werden, so z. B. Destillierkolben usw. Einige einfache Apparate, wie Kühl- schlangen usw. biegt man sich selbst aus Glasröhren, wenn man ihrer bedarf.

Es mag hier darauf hingewiesen werden, daß im Anfang leicht der Fehler gemacht wird, die Apparatesammlung möglichst vielseitig machen zu wollen.

Die Folge davon ist, daß die Versuche über der Herstellung und Beschaffung der Apparate vergessen werden, d. h. das Mittel wird uns unlogischerweise zum Zweck.

Wir sollen nur darauf sehen, uns einen gewissen Grundstock zu sammeln, damit wir imstande sind, Arbeiten auszuführen. Dann erst beschaffen wir uns die für den einzelnen Versuch nötigen Apparate; und auch diese noch suchen wir möglichst vielseitig so zu gestalten, daß sie auch für andere Experimente verwendbar sind. In den meisten Fällen wird es jedoch genügen, wenn wir die Apparate für den Versuch aus einzelnen Teilen provisorisch zusammenstellen.

An Einrichtungsgegenständen wird noch eine Dosenlibelle (aus Glas 0,50 *M*), eine Lupe, ein Porzellanmörser (0,80 *M*), ein Reagenzglashalter, der aus Draht selber zu biegen ist, sowie mehrere Quetschhähne (ohne Schraube à 0,20 *M*) und eine Glaschale für Quecksilber (1 *M*) gebraucht.

Motor (Fig. 17).

Ein kleiner, kräftiger Motor für 8 Volt (2 Ampere) wird möglichst bald zu beschaffen sein (15 *M*). Es sind kleine Arbeits-

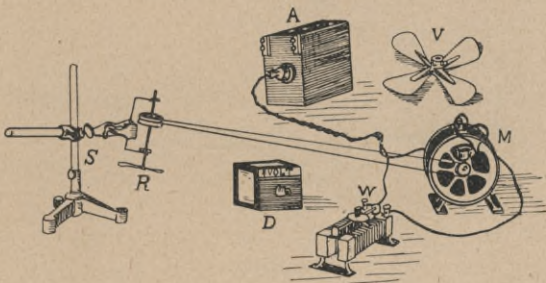


Fig. 17.

motoren (schwerer Eisenrahmen, Kapfelmotoren) im Handel, die bereits mit zwei Volt anlaufen, mit 16 Volt bei 5 Ampere Stromverbrauch jedoch Vorzügliches leisten, so daß sie z. B. zum Stahlbohren wie jeder Starkstrommotor mit gleichem Wattverbrauch dienen können (13 *M*).

Der Motor soll jedenfalls so kräftig sein, daß er die Wims-
hurst-Influenzmaschine von 20 cm Scheibendurchmesser genügend
schnell betreibt.

Nebenapparate (Fig. 17, 18, 19).

Der Motor wird im physikalischen Laboratorium eine sehr viel-
seitige Verwendung finden.

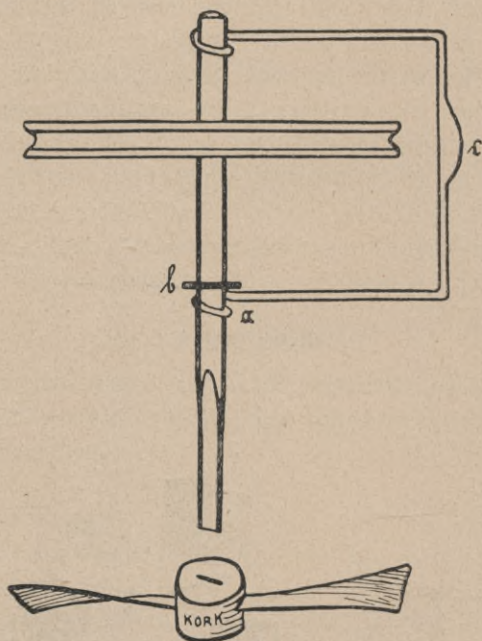


Fig. 18.

Ventilator.

Zur schnelleren Abkühlung von heißen Gegenständen schraubt
man auf die Motorachse einen Ventilatorflügel, wie man ihn in
jedem Geschäft für 50—60 S erhält (Fig. 17, V).

Rührer.

Um in Flüssigkeitsbädern schnell eine gleichmäßige Temperatur-
verteilung zu erhalten, benutzt man sogenannte Rührer (Fig. 17, R).

Man schiebt dazu ein selbstverfertigtes Holzrad (nach Figur 18) oder ein Bleirad (für 20 Pf. zu kaufen) von ca. 5 cm Durchmesser auf einen Metallstab von 10 cm Länge und befestigt es in der Nähe des einen Endes. Das andere Ende des Stabes hat man mit einem Hammer breitgeklopft (man nimmt deshalb geglähtes, langsam abgekühltes Kupfer zu dem Stabe).

Man schneidet sich nun ein kleines flaches Stück Kork von 2 cm Durchmesser und steckt (nach Figur) zwei aus Büchsenblech geschnittene Eisenflügel hinein (für Säuren und andere angreifende Substanzen müssen eventuell die Flügel aus einem Material gefertigt sein, das nicht angegriffen wird). Von diesen Flügeln werden nach Bedarf größere und kleinere geschnitten.

Zum Gebrauche stößt man den Stab in die obere Fläche des Korkes und verbindet den Rührer durch eine Schnur mit dem Motor.

Damit das Schnurrad nicht bei a aufliegt, wird eine kleine Blechscheibe b auf den Stab aufgelötet.

Der Teil c des haltenden Drahtes wird in ein Stativ gespannt.

Drehspiegel (Fig. 19, 17 D).

Zur Herstellung dieses durchaus notwendigen Instrumentes wird aus starker Pappe ein Kreuz nach folgendem Muster geschnitten.

Die Seitenfläche jedes Quadrates soll 10 cm betragen. Auf der Seite, die nach außen kommen soll, macht man einen tiefen Schnitt mit dem Messer an den Bruchlinien und formt in bekannter Weise aus der Figur einen Würfel, der sorgfältig verklebt wird.

Mit dem Diamanten schneidet man nun aus einem Spiegel vier Platten von der Größe der Quadrate (resp. läßt sie sich von einem Glaser schneiden) und befestigt sie an den vier Seitenflächen des Würfels durch Verkleben. Dabei ist zu beachten, daß nie der Klebstoff auf die Belegung des Spiegels kommen darf, da der Spiegel sonst stumpf wird. Vielmehr klebt man auf der Glasseite

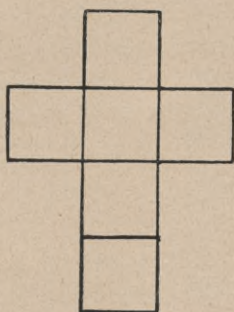


Fig. 19.

am Rande einen weit überstehenden (schwarzen) Papierstreifen an, der auf der Ober- resp. Unterseite des Drehspiegels befestigt wird. Ebenso wird der Raum zwischen den einzelnen Spiegeln mit schwarzem Papier verdeckt. Um das Ganze auf der Achse des Motors leicht auswechselbar zu befestigen, durchbohrt man einen Kork längs, so daß er fest auf der Motornelle sitzt, und leimt ihn dann auf der Unterseite des Drehspiegels genau zentrisch an (Fig. 17 D).

Der Motor wird senkrecht aufgestellt.

Zur Regulierung der Tourenzahl schaltet man einen Regulierwiderstand in die Stromzuführungen des Motors ein (Fig. 17 W).

Den bisher beschriebenen Gebrauchsgegenständen wird der angehende Physiker im Laufe der Zeit nach seinem Spezialbedürfnis noch einige neue hinzufügen, doch hüte er sich vor dem Zuviel, damit diese nicht der Zweck des Laboratoriums werden.

§ 7. Beschaffung bzw. Herstellung nötiger Apparate.

Es werden nicht Demonstrationsapparate beschrieben, sondern solche Apparate, die wir für unsere Untersuchungen am häufigsten brauchen.

I. Optische Apparate.

Natriumflamme.

Um bequem einfarbiges Licht zu erhalten, verwendet man Natriumsalz in einer entleuchteten Bunsenflamme. Natrium sendet im dampfförmig-glühenden Zustande zwei Wellenlängen aus, die praktisch jedoch so nahe aneinander liegen, daß wir sie als eine Wellenlänge auffassen können. Treten bei Untersuchungen farbige Erscheinungen störend auf, so verwenden wir die schnell herstellbare Natriumflamme.

Auswahl des Salzes.

Das stärkste Licht sendet das metallische Natrium selbst aus, wenn es in der Flamme verdampft wird. Es genügt jedoch, ein Salz des Natriums zu nehmen, das billiger ist als Natrium selbst. Wir können Natriumthiosulfuricum (Unterschwefligsaures Natron) nehmen, das sich leicht schmelzen und in Form von Stangen bringen läßt. Das gewöhnliche Kochsalz „sprakt“ in der Flamme.

Einbringen in die Flamme (Fig. 20).

Um das Salz jederzeit in genügender Menge zum Einbringen in die Flamme vorrätig zu haben, drehen wir uns aus starkem Asbestpapier, wie wir es in Chemikalienhandlungen billig erhalten, eine kleine Tüte, die wir mit der Spitze auf einen starken Eisendraht schieben. Um der Tüte einen besseren Halt zu geben, umwickeln wir die Spitze mit Eisendraht (Fig. 20).

Mit der Schere schneiden wir dann die halbe Wand der Lütte fort, so daß wir eine Art Schaufel erhalten. Auf diese schmelzen

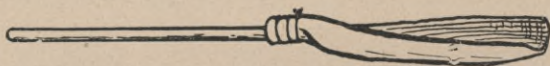


Fig. 20.

wir nun das Salz mit einer Bunsenflamme auf, indem wir es hinauflegen und mit der Flamme von oben her erwärmen.

Stativ.

Braucht man eine Natriumflamme häufig, so wird die Schaufel mit dem Brenner verbunden, um ein besonderes Stativ zu sparen.

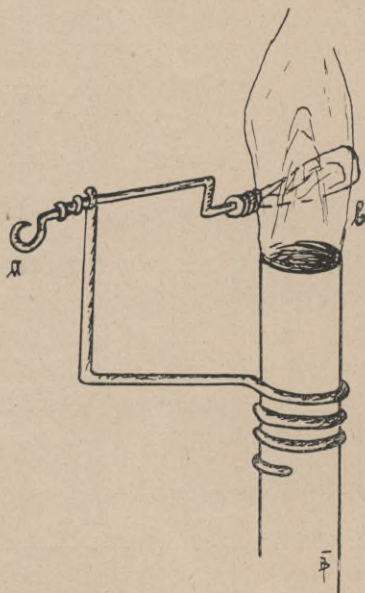


Fig. 21.

Man biegt sich dazu einen verzinkten Eisendraht von 2 mm Durchmesser so, wie es in der vorstehenden Figur 21 angegeben ist.

Der Draht ist demnach so anzuordnen, daß durch eine seitliche Drehung bei a die Schaufel b aus der Flamme entfernt oder in den unteren Saum der Flamme gebracht werden kann. Dabei ist zu beachten, daß nur der Rand der Schaufel die Flamme berühren soll. Ein Abtropfen des Salzes läßt sich damit vermeiden; auch ist die Flamme intensiver gefärbt.

Um bequem lange leuchtende Flammen zu erhalten, werden neuerdings Zerstäuber aus Glas benutzt, welche das betreffende Salz gelöst enthalten und einfach in die Gasleitung eingeschaltet werden (0,50 *M*).

Andere Flammen.

Sollen andere Salze in die entleuchtete Bunsenflamme gebracht werden, so benutzt man nicht die Asbestpappe, sondern einen Platindraht von 1 mm Durchmesser.

Für diese und andere Zwecke ist es zu empfehlen, sich einen kleinen Vorrat von Platindraht und dünnem Platinblech zu schaffen (das Gramm Platin kostet ca. 6 bis 7 *M*).

Platin wird fast nicht angegriffen und gibt — gut gesäubert und ausgeglüht — der Flamme keine Färbung; gleiche Dienste leisten Magnesiastifte.

Bereitung des Halters (Fig. 22).

Man nimmt ein Stück Glasrohr von 5 cm Länge und schmilzt das eine Ende in der Bunsenflamme zu, nachdem das andere Ende durch leichtes Anschmelzen seiner scharfen Kante beraubt worden ist.

Kurz bevor sich die Öffnung schließt, wird ein Stück Platindraht von 4—5 cm Länge auf 2 mm in das weiche Glas eingeführt.



Fig. 22.

Das Ende des Drahtes wird nach Figur 22 zu einer Öse von 3 mm Durchmesser gebogen.

Einführen der Salze.

Um Salze in die Flamme einzuführen, beseuchtet man die Öse schwach und taucht sie dann in den Salzvorrat. In den unteren Saum der Flamme gebracht, wird das Salz nun meist in der Öse zu einer Perle schmelzen.

Reinigen der Öse.

Sofort nach Gebrauch schleudert man die noch flüssige Perle aus und läßt den Platindraht einige Zeit in verdünnter Salzsäure liegen. Der Draht ist dann frei von dem Salz, wenn er in die Bunsenflamme gebracht, diese nicht mehr färbt.

Weiteres (angenehmer) homogenes Licht.

Um Licht von möglichst einer Wellenlänge zu verwenden, können oft auch bunte Gläser genommen werden, die man vor weißes Licht, wie es z. B. aus dem Projektionsapparat kommt, bringt.

Passende Gläser.

Es dürfen nur solche Gläser (sogenannte Lichtfilter) genommen werden, die im später zu besprechenden Spektroskop nur einen Teil des Sonnenspektrums hindurchlassen, und zwar einen möglichst wenig ausgedehnten Teil, z. B. nur ein Teil des Rot. Werden für einen Versuch chemisch unwirksame Lichtstrahlen gebraucht, so darf das farbige Glas nur den am weitesten vom Blau entfernten Teil des Rot hindurchlassen, usw.

Gläser für gelb, rot, blau werden am häufigsten zu verwenden sein.

Wellenlänge.

Mittels des Spektrometers oder der Methode der Beugungsspalte bestimmt man sich die mittlere Wellenlänge des hindurchgelassenen Lichtes und notiert sie auf einem kleinen aufgeklebten Zettel am Glase.

Spalte.

Prinzip.

Ziemlich homogenes Licht kann man mit Hilfe der Spalte erhalten; wird nämlich ein Stück undurchsichtiges Papier, aus dem in

der Mitte ein schmaler Streifen herausgeschnitten ist, in die Bahn des Lichtes gebracht, so kann man dadurch gewissermaßen ein Stück davon herauschneiden. Hat man nun, wie im Spektrum, Licht verschiedener Wellenlängen, so kann mit Hilfe des Spaltes nur das Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge hindurchgelassen werden.

Wahl des Spaltes.

Je schmaler der Spalt ist, desto sicherer wird Licht von einer einzigen Wellenlänge erhalten, um so lichtschwacher wird aber auch die zu beobachtende Erscheinung. Deshalb sind mehrere Spalte von verschiedener Breite anzufertigen.

Berfertigung.

Man nimmt einen Bogen schwarzes Zeichenpapier und schneidet aus ihm ein Quadrat von 15 cm Seitenlänge heraus. In der Richtung senkrecht zu einer der Seiten macht man in der Mitte des Quadrates zwei parallele Schnitte von 5 cm Länge, deren Abstand nach der gewünschten Verwendung $\frac{1}{2}$ mm bis 5 mm beträgt. Die Schnitte müssen vor allem bei den engeren Spalten genau parallel und gradlinig geführt werden. Zum Schneiden benutzt man ein sehr scharfes Messer, da sonst die Ränder des Spaltes fransig werden.

Da Zeichenpapier eine bei vielen Untersuchungen störende Dicke hat, werden auch andere Spalte benutzt, indem man gut geglättetes Stanniolpapier auf Glas fest aufklebt. Ist das Stanniol gut getrocknet, so macht man wiederum mit einem scharfen Messer die Schnitte und hebt das zwischenliegende Stanniol vorsichtig heraus. Über die so entstandenen Spaltränder wird leicht mit dem Fingernagel gestrichen, um sie zu schärfen.

Die Glasspalte verursachen jedoch einen bedeutenden Lichtverlust und sind für ultraviolette Strahlen nicht zu verwenden.

Veränderliche Spalte (Fig. 23).

Oft wird es wünschenswert sein, die Weite der Spalte verändern zu können.

Dazu sägt man sich eine quadratische Holzplatte von 10 cm

Seitenlänge und nimmt innen noch eine Fläche heraus, so daß ein 2 cm breiter Rahmen entsteht.

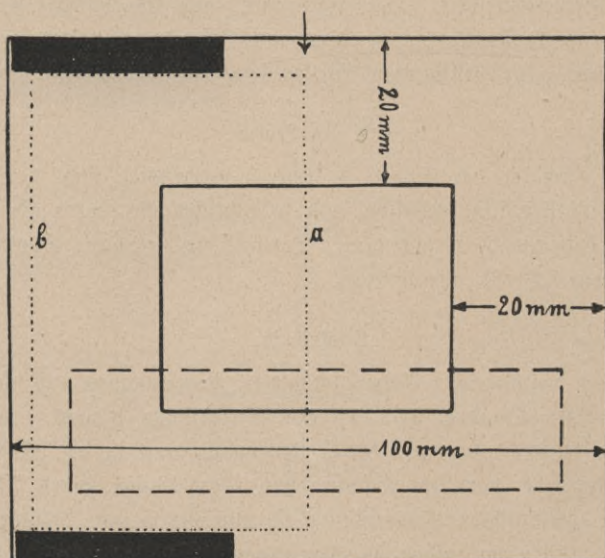


Fig. 23.

Nun schneidet man sich einen Blechstreifen von 7×2 cm Seitenlänge und befestigt ihn in der oben durch die unterbrochene Linie angedeuteten Weise.

Zwei weitere Bleche von 8×4 cm bilden den eigentlichen variablen Spalt; das eine Blech wird auf die linke Seite gelegt, wie es durch die punktierte Linie angedeutet ist, das andere kommt, dem ersten entsprechend, auf die rechte Seite. Auf die genau parallele Lage der Spaltlinien bei *a* ist zu achten. Die Seiten der Bleche bei *b* sind etwas umgebogen, um bequem anfassen zu können. Die Führung dieser beiden Bleche erfolgt zwischen aufgeleimten Holzleisten (in der Figur schwarz ausgezogen), die vom Rande aus $3\frac{1}{2}$ cm lang sind. Die beiden Bleche müssen dazwischen ohne größere Reibung gleiten.

Nun wird noch ein Blech von 7×3 cm Seitenlänge ge-

geschnitten, welches man von oben her mit der Schmalseite zwischen den aufgeleimten Holzleisten einführt (in der Pfeilrichtung), um damit die Spaltlänge verändern zu können. Das obere Ende biegt man wieder um.

Somit haben wir einen Spalt, den wir bis auf 3 cm verbreitern können, und dessen Länge beliebig klein, bis zum punktförmigen Loch, gemacht werden kann.

Photometer.

Um Lichtstärken zu messen, werden wir mit der einfachen Vorrichtung des Fettfleckphotometers auskommen.

Aufbringen des Fleckes.

Wir nehmen ein nicht zu kleines Stück weißes Zeichenpapier und tropfen ein wenig Stearin auf; in einiger Entfernung über einer kleinen Flamme bringen wir das Stearin dann zum Auseinanderlaufen, so daß es sich auf einen größeren Kreis gleichmäßig verteilt. Dann lassen wir das Ganze erkalten.

Normalflamme.

Man benutzt als Einheitslichtstärke die sogenannte Hefnerkerze der Amylacetatlampe. Wir werden jedoch mit der Normalkerze auskommen, die wir auf Hefnerkerzen umrechnen können, da 1 Normalkerze = 1,2 Hefnerkerzen ist.

Als Normalkerze wird eine Paraffinkerze von 2 cm Durchmesser und 5 cm Flammenhöhe verwendet, die man zusammen mit dem Photometerkarton längs eines Maßstabes aufstellt.

Linien.

Konvexe Linien.

Man besorge sich in einem optischen Geschäft Glaslinsen von drei Brennweiten:

1. ca. 70 cm (für Wellenlängenmessungen durch Beugung),
2. „ 15 „ (als Beleuchtungslinse usw.),
3. „ 1 „ und darunter (als Hilfsmikroskop).

Wird Linse 3 dicht vor das Auge gebracht, so kann man den betrachteten Gegenstand, wenn die Linse eine sehr kurze Brennweite hat, bereits so stark vergrößert sehen, daß diese Linse uns ein Mikroskop ersetzt. Die Linse hat dann einen Kreisdurchmesser von 3—4 mm.

Das Störende ist hierbei jedoch, daß man sich dem Objekt bis auf wenige Millimeter nähern muß.

Daher wird für häufigere mikroskopische Beobachtungen besser ein kleines Mikroskop (15 *M*) angeschafft.

Wer die Mittel dazu nicht besitzt, wird auch mit einem sogenannten Fadenzähler (1 *M*), wie ihn die Tuchhändler benutzen, auskommen.

Konkave Linsen.

Konkave Linsen beschafft man sich aus den Gläsern eines stark Kurzsichtigen, falls die Ausgabe für eine kreisrunde Linse zu groß ist.

Im allgemeinen werden für Untersuchungen konkave Linsen nur selten gebraucht.

Sohlspiegel.

Als Hohlspiegel benutzt man einen Rasierspiegel von mindestens 10 cm Durchmesser, der auf der Rückseite einen gewöhnlichen Planspiegel trägt.

Bei dem Hohlspiegel achte man darauf, daß das Gesicht beim Hineinsehen nicht verzerrt erscheint, da der Spiegel sonst schlecht ist.

Die für unsere Zwecke verwendbaren Spiegel müssen (fast) absolut plan sein, d. h. gerade Linien dürfen im Spiegelbild nicht gewunden erscheinen.

Spiegelmessung (Fig. 24).

Die Rückseite des Hohlspiegels, d. h. den Planspiegel, verwendet man u. a. für die Spiegelmessung.

Nehmen wir z. B. an, wir hätten bei Untersuchungen an dem Lichtbogen den Abstand der beiden Kohlen zu bestimmen. An die Kohlen selbst können wir nicht heran, da der heiße Lichtbogen uns die Meßapparate zerstören würde; auch wird der Abstand zwischen den Kohlen so gering sein, daß die Schublehre zu dick zum Messen

wäre. Aus irgend einem Grunde kann auch das Berühren der Kohlen unterjagt sein, sei es, daß eine Erschütterung vorkommen könnte, oder daß die Kohlen auf ein bestimmtes Potential geladen sind, welches durch Berühren der Kohlen verschwinden würde. Da helfen wir uns durch eine Anordnung, wie sie uns die Figur 24 zeigt.

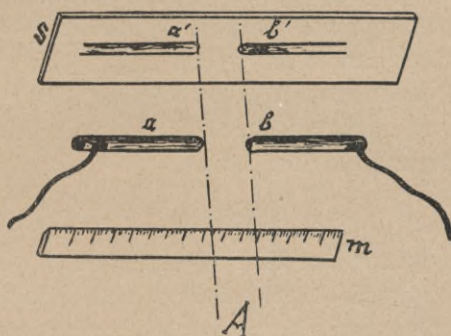


Fig. 24.

Der Maßstab m, die Kohlen a und b und der Spiegel s seien möglichst parallel aufgestellt.

Der Maßstab m ist auf der Rückseite genau den Teilstrichen der Vorderseite entsprechend geteilt. Die Bezeichnungen (Zahlen) sind in Spiegelschrift angebracht (diese Maßstäbe kann man sich auch selbst anfertigen, indem man ein ca. 20 cm langes Stück starkes Zeichenpapier auf der Vorder- und Rückseite in Millimeter teilt und dann die Bezeichnungen auf der einen Seite in gewöhnlicher, auf der andern Seite in Spiegelschrift anbringt).

Es wird nun von A aus das Auge des Beobachters in solche Lage gebracht, daß es (in Richtung der einen punktierten Linie) mit den Enden des Kohlestabes a und seines Spiegelbildes a' in einer geraden Linie liegt. Dann macht man die Ableseung an der Teilung des Spiegelbildes vom Maßstab; diese Ableseung muß mit der an der Teilung des Maßstabes m vorgenommenen Ableseung übereinstimmen.

Daselbe macht man nun an der andern Kohle. Die Differenz beider Ableseungen gibt dann den Abstand der Kohlen.

Projektionsapparat.

Zweck.

Einer der Apparate, die für uns nicht durchaus nötig sind, deren Vorhandensein aber doch nützlich sein kann, ist der Projektionsapparat. Sein eigentlicher Zweck ist, kleine Bilder usw. gleichzeitig vielen Personen (vergrößert) vorzuführen zu können.

Wir benutzen ihn mehr in dem Sinne, daß wir eine Lichtquelle möglichst vollkommen lichtdicht abschließen und ihren Strahlen nur einen Ausweg gestatten, durch den wir sie beliebig in ihrer Form verändern und gestalten können.

Linien.

Die dabei verwendeten Linsen haben zweierlei Zweck.

Einmal dienen sie dazu, möglichst viel Licht der Lichtquelle aufzunehmen und es auf einen kleinen Raum zu bringen, somit eine große Lichtstärke zu erzeugen.

Des weiteren benutzen wir sie zur Abbildung eines Gegenstandes (Objektes).

Einfachste Projektion (Fig. 25).

Halten wir zwischen eine Kerze und eine Linse einen Gegenstand, z. B. ein Gitter aus dicht nebeneinander ausgedehnten dünnen Drähten, wie man es zur Darstellung der Beugung benutzt, so erhalten wir bei geeigneter Stellung der Linse ein Bild dieses Gegenstandes auf einem Schirm, den wir in einiger Entfernung aufstellen (Fig. 25).

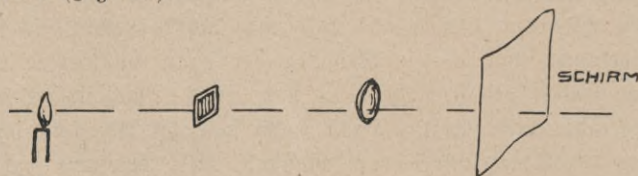


Fig. 25.

Wir benutzen diese einfache Vorrichtung nun dazu, um die Gitterstriche sicher an dem Bild auf dem Schirme abzählen zu

können, was beim einfachen Betrachten durch eine Lupe auf Schwierigkeiten stoßen würde.

Aufstellung der Linien (Fig. 26, 27).

Für physikalische Zwecke sind am geeignetsten für unsern Projektionsapparat Linsen von 5—10 cm Kreisdurchmesser, und zwar benutzen wir als Kondensatorlinsen zwei plankonverge Linsen.

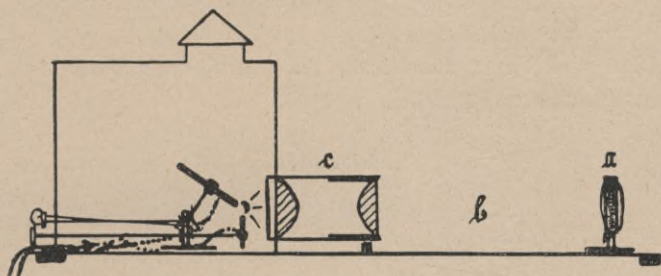


Fig. 26.

Die Anordnung derselben bei c in zwei kurzen, ineinander verschiebbaren Röhren aus starker Pappe ist aus der Figur ersichtlich. Die Befestigung in den Röhren kann durch aufgeklebte Papierstreifen erfolgen.

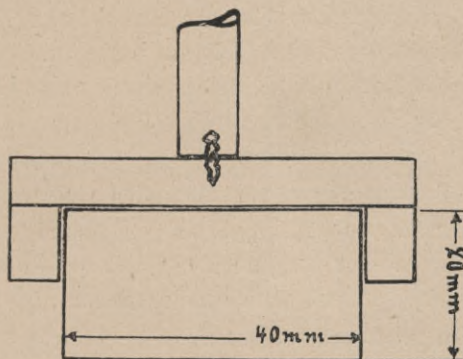


Fig. 27.

Um möglichst viel Licht aufzufangen, muß die Planseite der Linsen nach außen gerichtet sein.

Das abzubildende Objekt kommt bei *b* auf, die Gleitschiene. Diese ist eine gut parallel bearbeitete Holzleiste von dem Querschnitt 2×4 cm und ca. 56 cm Länge. Auf ihr gleitet bei *a* ein Schlitten, der eine Sammellinse von ca. 20 cm Brennweite trägt (Fig. 27).

Spalte.

Vor den Linsen *c* (zwischen *b* und *c*) bringt man dann auch die Spalte an.

Das aus diesen austretende Licht macht man durch die Linse *a* dann (annähernd) parallel.

Lichtquellen.

Bogenlicht.

Haben wir Starkstrom zur Verfügung, so eignet sich zur Bedienung des Projektionsapparates am besten das Licht der Bogenlampe. Wir setzen unsere im vorigen Abschnitt beschriebene Bogenlampe in den Kasten des Apparates, jedoch so, daß die positive Kohle, von den Linsen aus gesehen, hinter der negativen Kohle steht, da der positive Lichtkrater bekanntlich das weitaus meiste Licht ausstrahlt. Für 10 *M* erhalten wir auch bereits einfach regulierbare Stative für Bogenlicht, die, für Ströme von 7—9 Ampere berechnet, die entstehende enorme Hitze gut vertragen. Hierbei müssen ca. 20 Ohm eines starkdrähtigen Widerstandes vorgeschaltet werden.

Wasserkasten (Fig. 28).

Da die bei Verwendung von Bogenlicht ausgestrahlte Wärme bedeutend ist, wäre ein Springen der Glaslinsen zu befürchten. Deshalb bringen wir vor die Linsen *c* hinter den Kasten ein Gefäß mit Wasser. Dieses nimmt dann die Wärme auf.

Wir lassen uns vom Klempner ein rechteckiges Gefäß aus Zink herstellen, das die Lichtöffnung des Projektionskastens um einige Zentimeter überragen soll; für unsere Linsen von 5 cm Durchmesser wären die Abmessungen also $7 \times 7 \times 3$ cm. In die quadratischen Seiten lassen wir dann (s. Fig. 28) kreisrunde Öff-

nungen schneiden, die in unserem Falle $4\frac{1}{2}$ cm haben müßten, also etwas kleiner als die Linsendurchmesser sein sollen.

(Die Öffnung des Projektionskastens kann gleichfalls etwas kleiner als der Linsendurchmesser sein.)

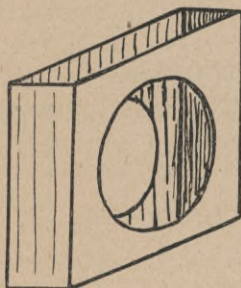


Fig. 28.

Beim Glaser läßt man sich nun zwei Glasplatten schneiden, die in die quadratischen Flächen gut hineinpassen.

Das Verkitten und Verschmieren geschieht mit Mennigekitt, wie man ihn in Drogerien erhält.

Abbildung der Kohlen.

Durch geeignete Stellung der Linse a kann man natürlich auch die Kohlen der Lichtquelle selbst abbilden, was einen sehr interessanten Anblick gewährt.

Leuchtgas.

Verwendet man Leuchtgas als Lichtquelle, so ist für geeignete Abfuhr der Abgase zu sorgen. Man kann den Querstrumpf auch ohne Glaszylinder leuchten lassen, doch muß sich dann vor den Linsen eine Glasplatte befinden, um ein Springen durch Erhitzung zu vermeiden.

Azetylen.

Steht weder Leuchtgas noch Starkstrom zur Verfügung, so ist eine sehr geeignete Lichtquelle das Azetylen, das man sich auch in kleinen Orten selbst herstellen kann, da es für Laternen usw. überall in kleinen Mengen in den Handel kommt. Das Licht des Azetylens ist sehr reich an ultravioletten Strahlen, so daß man es auch für andere optische Zwecke gut verwenden kann.

Solange die einfachen, fast selbstverständlichen Verhaltungsmaßregeln befolgt werden, ist es auch absolut ungefährlich.

Prinzip der Erzeugung.

Das Acetylen, ein sehr kohlenstoffreiches Gas, wird aus Calciumcarbid durch (schwaches) Übergießen mit Wasser erzeugt. Wir fangen das Gas in einem Gasometer auf, in dem es unter ca 2—3 cm Wasserdruck steht. Aus diesem Gasometer entnehmen wir es dann und verbrennen es in den bekannten Doppelbrennern für Acetylen.

Entwicklung des Gases (Fig. 29).

Das Acetylen muß in einem Blechgefäß B entwickelt werden, da die stark entwickelte Wärme Glasgefäße zersprengen würde.

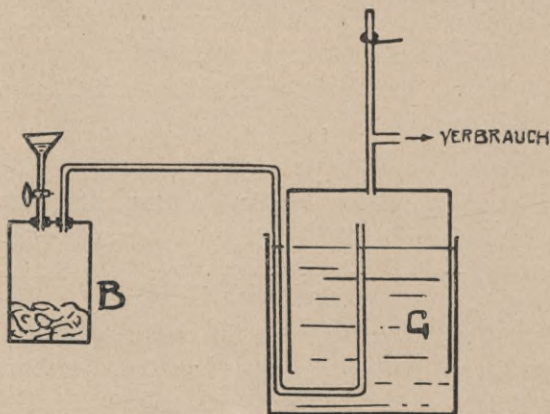


Fig. 29.

Man nimmt dazu Blechbüchsen von 1 l Inhalt, die oben einen halbförmigen Ansatz mit einer Öffnung von 2—3 cm haben. In diesen Ansatz setzt man einen doppelt durchbohrten Gummistopfen ein. Die eine Röhre endet dicht unter dem Stopfen und dient zum Ableiten des Gases. Sie muß ca. 6 mm innere Weite und 20 cm Länge haben, da mitgerissenes Wasser dem Gase sonst den Durchgang erschweren und ein Flackern des Lichtes veranlassen würde.

Die andere Durchbohrung des Korkens ist von einer Glasröhre ausgefüllt, die in eine Spitze ausläuft (Fig. 29). Oberhalb des Stopfens befindet sich ein Hahn.

Füllung des Gefäßes.

Zu beachten ist, daß das Gefäß B immer nur halb mit Calciumcarbid zu füllen ist, da sich das Volumen der Masse beim Entwickeln des Gases stark vergrößert, und somit die Röhren verstopft werden können. Es ist immer nur wenig Wasser zuzulassen, damit der Gasometer G nicht „übergast“.

Gasometer.

Um sich einen Gasometer herzustellen, nimmt man eine Büchse von 20 cm Durchmesser, deren Deckel entfernt ist. Die Höhe der Büchse soll 30—40 cm betragen, da sonst der Füllungsraum zu klein ist. Der Boden der Büchse wird durchbohrt, so daß man von außen ein Glasrohr von 30 cm Länge einfügen kann. Man erwärmt Rohr und Büchse schwach und gießt dann guten Siegellack in dicken Lagen innerhalb und außerhalb der Büchse um das Glasrohr herum. 5 cm von der Büchse entfernt wird (nach § 8) ein seitlicher T-Glasansatz angeschmolzen, um das Gas ableiten zu können. Das obere Ende des langen Glasrohres hat man zuvor verschmolzen. Das lange Rohr dient gleichzeitig als Führungstange, um ein Umschlagen der Gasometerglocke zu verhüten. Als unteres Wassergefäß kann ein Eimer oder dergleichen benutzt werden. Man streicht das Ganze mehrere Male mit Ölfarbe, die man jedesmal gut trocknen läßt, außen und innen. Dann gibt man noch einen Überzug von Asphaltlack.

Genügt der Gasdruck nicht, nachdem Wasser bis 3 cm vom Rande eingefüllt worden ist, so setzt man auf die Glocke ein Zweipfundgewicht auf.

Das Hineinleiten des Gases in den Gasometer geschieht durch ein Glasrohr, das nach Figur 29 gebogen und eingeführt ist.

Da Acetylen sehr giftig ist, muß darauf geachtet werden, daß die Glocke unbedingt dicht ist. Ein Sinken der Glocke kann jedoch

daher kommen, daß das Füllwasser des Gasometers frisch, also frei von gelöstem Azethlen ist und daß sich nun das in der Glocke enthaltene Azethlen im Wasser löst.

Verwendung des Gasometers für andere Gase.

Der Gasometer kann auch für andere Gase benutzt werden, doch muß dann die Glocke gut gelüftet und das Füllwasser erneuert werden, da sonst leicht Verunreinigungen der andern Gase und vor allem Explosionen vorkommen könnten. Trotzdem ist Azethlen nicht zu fürchten, denn ähnliche Vorsichtsmaßregeln muß der junge Physiker und vor allem Chemiker immer beachten.

Dieselbe erwähnte Maßregel hat auch stattzufinden, wenn der Gasometer umgekehrt wieder für Azethlen verwendet wird.

Fernrohr.

Man kann gute Fernrohre von 8- bis 10-facher Vergrößerung bereits von 5 *M* an in optischen Geschäften erhalten. Es ist besonders darauf zu achten, daß der Fernrohrauszug, ohne seine Längsachsenrichtung zu verändern, ausziehbar ist, d. h. das Fernrohr muß fest gebaut sein, da sonst Einstellungen usw. unsicher werden.

Für einige Zwecke kommt man auch mit dem einen Rohr eines guten Opernglases oder eines Feldstechers aus.

Fadenkreuz.

Erhält man das Fernrohr nicht mit Fadenkreuz und hat es eine Okularlupe, so spannt man in einiger Entfernung von diesem einen Kokonfaden quer durch das innere Rohr aus und stellt die Lupe darauf ein.

So viel Wert sonst auch auf die Selbsterstellung der Apparate, schon wegen der Kosten, gelegt werden muß, so wäre beim Fernrohr die Selbsterstellung wahrscheinlich teurer und zeitraubender als der fertige Einkauf. Da wir mit diesem Fernrohr die mannigfachen Apparate zusammenstellen können, müssen wir als Physiker die Forderung größter Exaktheit stellen, eine Forderung, die nur der Optiker mit seinen Präzisionswerkzeugen erfüllen kann.

Verwendung.

Das Fernrohr wird vor allem für messende Versuche, wie Pendel- oder Magnetenadelschwingungen, benutzt; dabei wird der Durchgang des schwingenden Teiles durch das Fadentkrenz beobachtet.

Schwingungsmessungen.

Man zählt leise jeden Durchgang anfangs mit 0,0 . . . Dann im gegebenen Moment, wo z. B. ein anderer Vorgang einsetzt, oder dergleichen, laut 0, dann laut 1, 2, 3 usw. Das laute Zählen ist notwendig, um Irrtümer auszuschließen. Bei wichtigen Messungen werden die Schwingungen bis zu einer ungeraden Zahl beobachtet und dann durch die Zahl der für diese Schwingungen gebrauchten Sekunden dividiert. So erhält man die Dauer einer einzelnen Schwingung.

Spiegelablefung.

Weitere Verwendung findet das Fernrohr bei den Spiegelablefungen am Galvanometer. Die Skala in Spiegelschrift befestigt man dabei gleich vorne am Objektiv, so daß nur eine Stativklemme zum Festklammern gebraucht wird. Es gehört eine gewisse Geschicklichkeit und Übung dazu, um für Versuchsaufbauten möglichst an Stativen zu sparen; diese Übung ist jedoch notwendig, da wir sonst aus Mangel an Stativen unsichere Versuchsbedingungen erzielen.

Prisma.

In einem optischen Geschäft kauft man sich ein Prisma mit einem Brechungswinkel von ca. 60°. Dieses Prisma dürfte für unsere Zwecke am geeignetsten sein. Die Höhe desselben kann 1—2 cm betragen (2 *M*). Die reflektierten Bilder sollen scharf begrenzt und unberzerrt sein.

Flüssigkeitsprisma.

Will man Körper auf ihr optisches Verhalten hin untersuchen, so dürfte um die Beschaffung eines Flüssigkeitsprismas nicht herumzukommen sein. Diese Prismen bestehen aus mit Kanadabalsam

zusammengefitteten Glasplatten, die zu einem Trog zusammengestellt sind. Für leichtverdunstende Flüssigkeiten, wie den häufig gebrauchten, starkbrechenden Schwefelkohlenstoff, sind diese Prismen auch mit Glasstopfen zu erhalten (5 *M.*)

Spektroskop (Fig. 30, 31, 32, 33).

Das Spektroskop dient dazu, Licht in seine Wellenlängen, aus denen es zusammengesetzt ist, dem Auge erkennbar zu zerlegen, d. h. das Licht zu analysieren.

Es besteht aus:

1. dem Prisma als Hauptbestandteil,
2. dem Spaltrohr,
3. dem Beobachtungsfernrohr.

Das Prisma.

Als Prisma können wir unser bereits beschriebenes Prisma mit dem Brechungswinkel von 60° nehmen.

Das Spaltrohr.

Das Spaltrohr dient dazu, von dem zu beobachtenden Licht einen schmalen Teil durch einen vorgestellten Spalt auszuscheiden. Dieses hindurchgegangene Licht wird durch eine Linse, deren Brennpunkt im Spalte liegt, parallel gemacht und fällt so auf das Prisma.

Beritellung (Fig. 30, 31).

Wir nehmen eine Linse von ca. 20 cm Brennweite und 3 cm Kreisdurchmesser und kleben sie in ein Papprohr ein, das so lang ist, daß das Brennbild des parallelen Lichtes genau am Ende des Rohres liegt. Man läßt dazu Sonnenlicht auf die Linse durch das Rohr fallen und hält auf der andern Seite ein Stück schwach durchsichtiges Papier dagegen; darauf verschiebt man die Linse so lange, bis das Sonnenbild auf dem Papier ganz scharf erscheint (s. Fig. 30).

Dann ist die Linse von dem Papier genau um die Brennweite entfernt. Schärfer wird die Einstellung, wenn wir ein rotes

Rubinglas vor die Linse halten, damit wir ein rotes Sonnenbild erhalten. Nun klebt man die Linse fest, was einfach dadurch geschehen kann, daß wir mit einem Pinsel vorsichtig und sauber Fischleim an den Rand der Linse bringen. Das Rohr kann dabei aus mehreren Lagen Papier gedreht sein, muß jedoch die Linse genau umschließen.

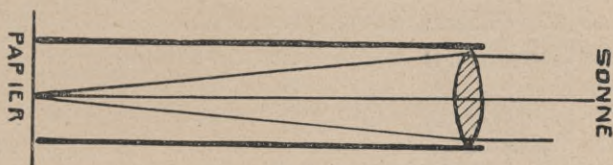


Fig. 30.

Spalt (Fig. 31).

An Stelle des durchsichtigen Papiers bringt man nun vor die Mitte des Rohres einen veränderlichen Spalt, den man sich aus schwarzem Papier nach der folgenden Figur 31 schneiden kann.

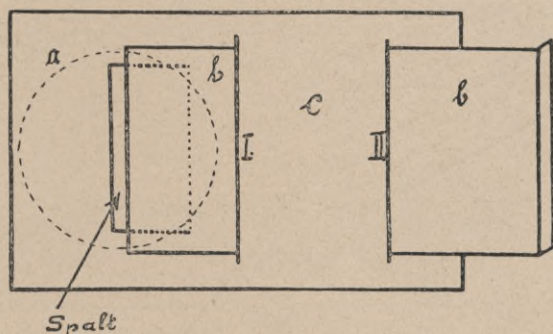


Fig. 31.

a ist ein Stück schwarzes Papier von 4×7 cm Seitenlänge. b ist die verschiebbare Zunge aus schwarzem Papier, die an a durch die Brücke c befestigt ist. c ist durch Ritzen zweier paralleler Linien I und II erhalten worden.

Die Zunge b bedeckt links die Hälfte des eigentlichen Spaltes, dessen unter der Zunge liegender Teil durch die punktierte Linie an-

gedeutet ist. Die Lage des Spaltes zum Rohr ist durch den punktierten Kreis angedeutet. Der Spalt wird lichtdicht angeklebt.

Prüfung des Spaltes.

Die Prüfung des Spaltes erfolgt nach der Zusammenstellung des ganzen Spektroskops dadurch, daß man das Spektroskop auf eine Natriumflamme richtet und das sichtbare Spaltbild darauf prüft, ob die Ränder scharf, gerade und parallel sind. Ist dieses nicht der Fall, so muß die Schere nachhelfen.

Das Fernrohr.

Man verwendet das bereits beschriebene Fernrohr mit ca. fünfmaliger Vergrößerung.

Da die Strahlen das Prisma parallel verlassen, muß das Fernrohr auf unendlich eingestellt sein, d. h. beim Hineinsehen müssen sehr weit entfernte Gegenstände (ferne Türme usw.) scharf erscheinen.

Aufstellung des Ganzen (Fig. 32, 33).

Der Strahlengang und damit die Aufstellung ergibt sich aus nachstehender Figur 32.

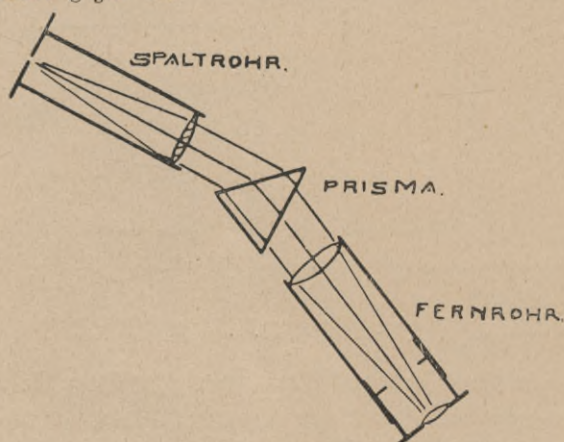


Fig. 32.

Die Zusammenstellung und den Aufbau zeigt uns dann das Bild 33.

Wird das Prisma auf ein in einem Stativ drehbares Tischchen gestellt, so kann man die verschiedenen Teile des Spektrums untersuchen, ohne die Aufstellung zu ändern.

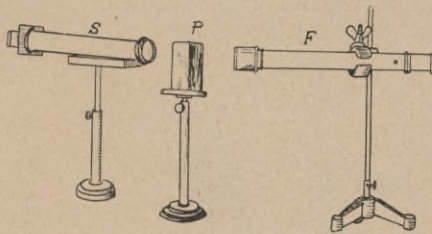


Fig. 33.

Ein über die Aufstellung gedecktes schwarzes Tuch ist notwendig, um störendes Nebenlicht abzublenken.

Verwendung.

Dieses Spektroskop kann man mit einiger Übung für spektralanalytische Untersuchungen anwenden, besonders wenn vor die Lupe des Fernrohres mit Kanadabalsam ein in $\frac{1}{5}$ mm geteilter Glasmaßstab (2 M) gekittet wird, so daß die Lupe auf ihn scharf eingestellt ist.

Dazu müssen dann Spalt- und Fernrohr jedoch genau auf unendlich eingestellt sein, was man durch eine eingeritzte Marke angibt.

Bei günstiger Aufstellung wird unter den angegebenen Verhältnissen die Natriumlinie in die Linien D_1 und D_2 gespalten zu sehen sein.

Polarisation (Fig. 34, 35).

Für Polarisationsversuche benutzt man zwei Glasplatten 9×12 cm, die auf einer Seite mit Asphaltlack bestrichen sind. Diese Platten spannt man dann in ein Stativ nach Figur 34, so daß die nicht bestrichenen Seiten einander zugekehrt sind.

Drehung um 90°.

Um die obere Platte um 90° drehen zu können, fittet man in der Mitte (nach Figur 34) einen Siegellackstab an, den man bequem in der Stativklemme verstellen kann.

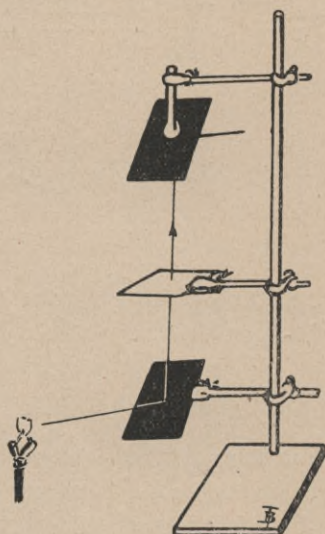


Fig. 34.

Glimmer.

Den für die Versuche nötigen Glimmer erhält man aus den sogenannten „unzerbrechbaren Gaszylindern“, die aus Glimmer hergestellt sind.

Tischchen.

Das zum Auflegen der zu untersuchenden Substanzen nötige Tischchen stellen wir (nach Figur 34) aus einer Glasplatte 9×12 cm her, die wir in das Stativ einspannen.

Flüssigkeitsröhre (Fig. 35).

Auch die zur Untersuchung von Flüssigkeiten nötige Röhre können wir uns selbst herstellen. Wir blasen dazu (§ 8) an eine

Röhre von 10 cm Länge und 1 cm Durchmesser ein T-Stück an; darauf brechen wir die Enden der Röhre gut ab. Nun erwärmen wir kleine Glasplatten (von 1,5 cm Seitenlänge im Quadrat) ganz vorsichtig und langsam bis fast zur Rotglut auf einem Asbeststeller. Darauf werden die rotglühenden Enden der Röhre so gegen die heiße Glasplatte gedrückt, daß die Röhre durch letztere gut abgeschlossen wird (Fig. 35).

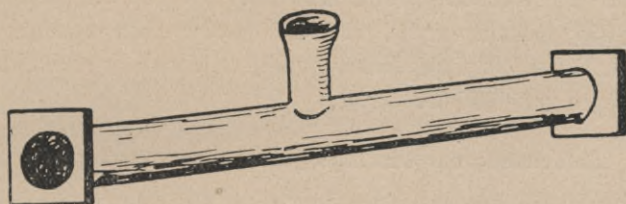


Fig. 35.

Wenn das Anschmelzen nicht gelingt, muß man die Enden der Röhre mit einer feinen, mit Petroleum befeuchteten Feile glattschleifen und die Platten mit Kanadabalsam ankitten (s. wegen der Verwendung auch „Nebenapparate“ beim Elektromagneten).

Selenzelle.

Selen hat die Eigenschaft, beim Auffallen von Licht seinen elektrischen Widerstand zu ändern. Hierauf beruht die Lichttelephonie.

Zur Herstellung einer solchen Selenzelle nimmt man ein Platinblech von 4—6 qcm, an das ein starker Platindraht zur Stromzuführung angelötet ist. Nun bringt man zwei Gramm Selen (3,50 M) auf das Blech und erhitzt beides längere Zeit auf 180° (wegen Feststellung der Temperatur s. Thermolemente). Das Selen muß das Platin auf seiner ganzen Fläche in nicht zu dünner Schicht bedecken.

Hat man ca. eine Stunde lang erhitzt, so wird schnell ein schwach rotglühendes Platinnetz von derselben Größe wie das Blech auf das Selen gelegt, so daß es einschmilzt, ohne das Platinblech zu berühren. Das Netz muß dabei ebenfalls einen Drahtansatz zur

Stromzuführung haben; den Draht kann man von einer Masche des Netzes lösen.

Bei Gebrauch erfolgt von der Seite des Platinnetzes her die Belichtung.

II. Akustische Apparate.

Stimmgabel.

An Stimmgabeln besorge man sich eine für den Kammerton ($a = 435$ Schwingungen), eine für wenige Schwingungen (80) und eine für möglichst viel Schwingungen, wie man sie in Musikalienhandlungen für 0,50 \mathcal{M} erhält.

Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel.

Die in Ermanglung einer Sirene zur Bestimmung der Schwingungszahl n einer Stimmgabel geeignete Methode ist diejenige der Kapillarwellen, wie sie besonders von Grunmach¹ ausgearbeitet worden ist.

Eine Stimmgabel trägt an ihren Zinken je eine kleine angelötete Spitze; die Gabel steht senkrecht über einer Flüssigkeitsoberfläche, so daß die Spitzen der Zinken ein wenig in die Flüssigkeit eintauchen.

Schlägt man nun die Stimmgabel an, so bilden sich auf der Flüssigkeitsoberfläche zwischen den Spitzen stehende Wellen aus, deren Wellenlänge λ eine Funktion gewisser Größen ist.

Ist n die Schwingungszahl der Gabel,

λ die Wellenlänge in mm,

s das spezifische Gewicht der verwendeten Flüssigkeit,

so ist die Kapillaritätskonstante in einer vereinfachten Beziehung

$$a = \frac{1}{61600} s n^2 \lambda^3 \frac{\text{mg-Gw}}{\text{mm}},$$

woraus sich ergibt

$$n = \sqrt[3]{61600 \frac{a}{s \cdot \lambda^3}}.$$

¹ Z. Grunmach, Ann. d. Phys. (4) 3, 660; 1900.

Wie ersichtlich, ist die Beziehung einer experimentellen Bestimmung von n sehr günstig. Nehmen wir als Flüssigkeit Wasser, so wäre für die Zimmertemperatur von 18° der Wert 7,7 für α und 0,9986 für s zu setzen. Da jedoch ein Fehler bei der Messung von λ mit der dritten Potenz in die Gleichung kommt, kann $s = 1$ gesetzt werden.

Demnach bliebe nun noch die Messung von λ , bezw. $\lambda/2$, da der Abstand zweier Wellenberge bei stehenden Wellen gleich $\lambda/2$ ist.

Grunmach (t. c.) verwendet ein sehr genaues Meßverfahren zur Bestimmung des Abstandes zweier (sich im reflektierten Licht dunkel abhebender) Wellenberge. Für unsere Zwecke können wir mit einer einfacheren Anordnung genügend auskommen.

Das (nicht abgeblendete) Licht einer 4 Volt-Kohlefadenlampe trifft seitlich auf die Flüssigkeitsoberfläche zwischen den eintauchenden Spitzen der Stimmgabel auf und wird in ein Beobachtungsfernrohr reflektiert. Die gegenseitige Entfernung der einzelnen Teile der Aufstellung beträgt ca. 50 cm.

Das Beobachtungsfernrohr ist ein solches von ungefähr 8-facher Vergrößerung, wie man es in kleinen gradsichtigen Taschenspektroskopen häufig findet. Die Lupe des Fernrohres ist mit einem in $1/5$ oder $1/10$ mm geteilten Maßstabe verbunden.

Die Einstellung geschieht auf größte Schärfe der eintauchenden Spitzen, wenn sich ihr Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes befindet, und ihre Verbindungslinie sich parallel zur Lupenskala derselben überlagert.

Der wahre Spitzenabstand ist zuvor mit dem Komparator oder der Mikrometerschublehre möglichst genau in Millimeter bestimmt worden. Er sei a .

Im Fernrohr betrage der Spitzenabstand n Skalenteile.

Nachdem die Stimmgabel angeschlagen worden ist, zeigen sich im Fernrohr auf der Skala die dunklen Bilder der Wellenberge, deren Abstand voneinander bekanntlich $\lambda/2$ ist. Es wird nun der Abstand in Skalenteilen der beiden äußersten, noch scharf erscheinenden Wellenberge bestimmt und durch die Anzahl der zwischenliegenden $\lambda/2$ dividiert. Der so erhaltene Wert ergibt mit 2 multipliziert

dann die Größe der Wellenlänge λ in Skalenteilen ausgedrückt als n' .

Es muß dann die einfache Proportion

$$a : n = x : n'$$

bestehen, aus der sich dann x , die Größe von λ in mm, sofort berechnen läßt.

In die oben angegebene Gleichung für n eingesetzt, ergibt sich die Schwingungszahl der verwendeten Stimmgabel mit genügender Genauigkeit.

Flammenmanometer (Fig. 36).

Das Flammenmanometer dient dazu, die Luftschwankungen, die Töne oder Laute erzeugen, auf eine Flamme zu übertragen und im Drehspiegel (s. § 6 bei Motor) sichtbar zu machen (Schwingungskurven).

Beritellung.

Man durchbohrt Boden und Deckel einer flachen Büchse von 5 cm Kreisdurchmesser mit je einer kurzen Glasröhre, von denen die eine in eine Spitze ausläuft (Fig. 36).

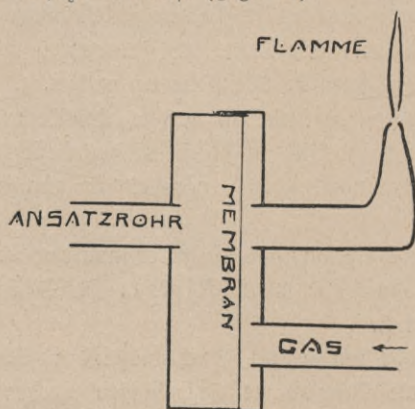


Fig. 36.

Ein drittes Glasrohr dient zur Gaszufuhr. Das Einfitten kann bei schwach erwärmter Büchse mit Siegellack geschehen. Nun legt man zwischen Boden und Deckel der Büchse ein Glimmerblatt

und drückt den Deckel fest auf. An einigen Stellen werden Boden und Deckel verlötet. Undichte Stellen streicht man mit warmem Siegellack aus und lackiert dann das Ganze mit Asphaltlack.

Die Spitze darf nicht zu dicht an der Büchse sein, damit sich diese nicht erwärmt.

Verwendung.

Sollen der Flamme die Schwingungen der menschlichen Sprache erteilt werden, so verbindet man das Ansaugrohr durch einen Schlauch mit einem Gläsrichter.

III. Apparate der Kalorik.

Thermometer.

Es genügt für unsere Wärmemessungen das bereits in § 6 erwähnte Thermometer von -20° bis $+110^{\circ}$ in $\frac{1}{1}^{\circ}$ geteilt.

Thermoelement (Fig. 37).

Zur Messung von Temperaturen über 100° bis ca. 700° stellen wir uns ein Thermoelement aus Konstantan-Platin-Konstantan her. Konstantandraht von 0,5 mm Durchmesser erhält man in chemischen, auch zuweilen in elektrischen Geschäften.

Herstellung.

Man wickelt die Drähte (nach Figur 37) auf 2 cm an den Enden zusammen und biegt das Ende mit einer Flachzange um. Dieses äußerste Ende schmilzt man nun in der Gebläseflamme so an, daß Platin und Konstantan verschmelzen.

Verwendung.

Die Klemme k_1 und k_2 wird mit einem feinen Spiegelgalvanometer (s. daselbst) verbunden.

Erhitzt man eine der Lötstellen, während die andere kalt ist, so erfolgt im Galvanometer ein Ausschlag, der (bei schwachen Ausschlägen!) bis 600° , d. h. zur schwachen Rotglut der Lötstelle, der Temperatur fast proportional ist.

Eichung.

Um das Element für Temperaturmessungen zu verwenden, müssen wir die Beziehung des Galvanometerauschlags zur Temperatur feststellen, d. h. das Thermoelement eichen.

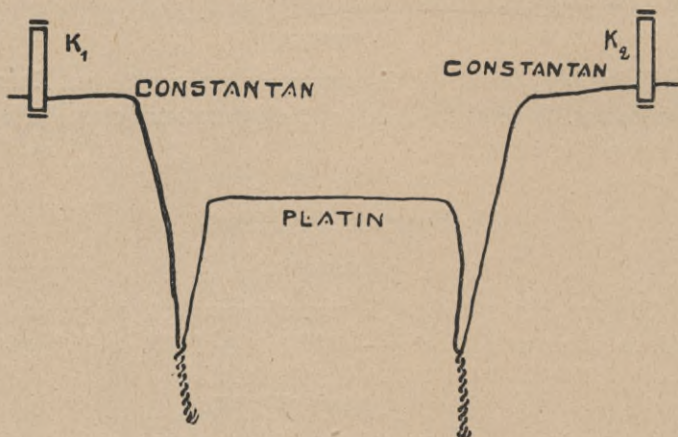


Fig. 37.

Fixpunkte.

Wir bringen dazu eine Lötstelle auf 0° , tauchen sie also in ein Bad von schmelzendem Schnee und Wasser.

Die andere Lötstelle bringen wir nun zuerst auf die Temperatur 100° , indem wir sie in die Dämpfe von kochendem Wasser halten (dicht über dem siedenden Wasser in einem geschlossenen Gefäß). Wir lesen den nun erfolgenden Galvanometerauschlag ab, wenn die Nadel zur Ruhe gekommen ist.

Darauf wird diese selbe Lötstelle in ein Bad von 327° , d. h. in Blei gehalten, das gerade zu schmelzen beginnt, also zum Teil noch fest ist. Wiederum wird der erfolgende Ausschlag abgelesen und notiert.

Kurve.

Die Ergebnisse trägt man dann auf Millimeterpapier auf.

Die erhaltene Kurve kann man bis 600° für dieses Element extrapolieren, d. h. in der erhaltenen Form verlängern. Aus dieser

Kurve kann dann später, wenn man einen bestimmten Galvanometerauschlag erhält, die unbekannte Temperatur durch einfaches Ablesen festgestellt werden.

Vorschaltwiderstand.

Ist der Nadelauschlag bei 1000 mm Abstand der Skala und des Fernrohres vom Galvanometerspiegel (s. Spiegelableseung) größer als 200 mm nach einer Seite bei der Höchsttemperatur von 600° , so ist ein geeigneter Widerstand vor das Galvanometer zu schalten, bis sich der Ausschlag auf 200 mm erniedrigt, da sonst für gleiche Stromintervalle der Ausschlag nicht mehr als proportional angesehen werden kann, somit die erhaltenen Werte falsch sind.

IV. Magnetische Apparate.

Notwendige Instrumente.

Stabmagnete.

Wir besorgen uns zwei gleiche Stabmagnete von gleicher Länge (12 cm, à 1 *M*); diese werden vor allem für die Versuche der Polstärkenmessungen usw. gebraucht.

Magnetnadeln (Fig. 38, 39, 40).

Von Magnetnadeln werden kürzere und längere gebraucht. Die längeren sind 7—10 cm lang (0.30 *M*), die kürzeren 3 cm und 1 cm; es gibt auch noch kleinere Nadeln. Diese kleinsten von 1 cm und weniger befinden sich meist auf Kupfer aufgenietet (siehe Fig. 38).

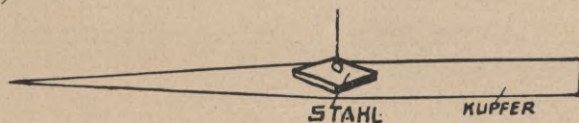


Fig. 38.

Aufhängung.

Die feinen Nadeln werden nicht auf einer Spitze, sondern an einem einfachen, ungedrehten Kokonfaden aufgehängt, da die schwache magnetische Kraft wahrscheinlich die verhältnismäßig große Reibung an der Spitze nicht überwinden dürfte.

Selbstanfertigung.

Wir schneiden uns einen Kupferstreifen nach obiger Figur 38 von 10 cm Länge. Dann binden wir einen Faden um die Mitte dieser Kupfernadel und suchen den Schwerpunkt (ist der Faden am Schwerpunkt, so hängt die Nadel wagerecht). Diese Stelle markieren wir und bringen etwas Lötzinn darauf.

Die Nadel.

Die Nadel stellen wir aus dem hinteren Ende einer Stahlschreibfeder her, indem wir dieses auf ca. 1 cm abbrechen.

Die Aufhängeöse (Fig. 39).

An diese Nadel löten wir nun nach Figur 39 ein Stückchen Kupferdraht als Öse an.

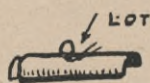


Fig. 39.

Die Enden des Drahtes dienen zum Festhalten während des Anlötens und werden nachher mit der Kneifzange entfernt.

Aufbringen der Nadel.

Der Kupferstreifen wird nun an der Stelle, wo das Lot aufgebracht worden ist, schwach erwärmt, so daß letzteres schmilzt. Dann setzt man die Nadel auf.

Magnetisierung.

Die Stahlnadel wird nun magnetisch gemacht, indem man mit dem Nordpol eines Stabmagneten 20—30mal über die Seite der Nadel fährt, die der Spitze der unterliegenden Kupfernadel abgekehrt ist.

Prüfung (Fig. 40).

Selten wird hierbei die Nadelachse mit der sogenannten magnetischen Achse zusammenfallen, d. h. bei Ausschlägen der Nadel nach beiden Seiten, die durch die gleiche magnetische Kraft bewirkt sind, wird die Spitze meistens verschieden weit ausschlagen.

Daher macht man folgende Prüfungsanordnung: 5 cm oberhalb der Nadel spannt man genau parallel zur Nord-Südlage derselben einen Kupferdraht aus.

Die Spitze umgibt man nach Figur 40 mit einem Halbkreis aus Papier, so daß die Nadel beim Schwingen am inneren Rand entlang schwingt. Die Nulllage wird markiert.

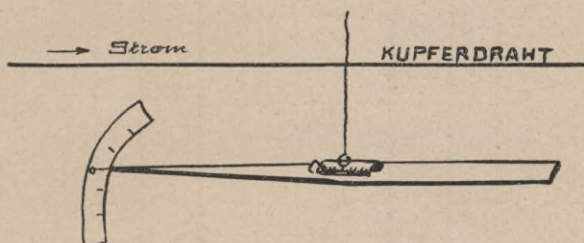


Fig. 40.

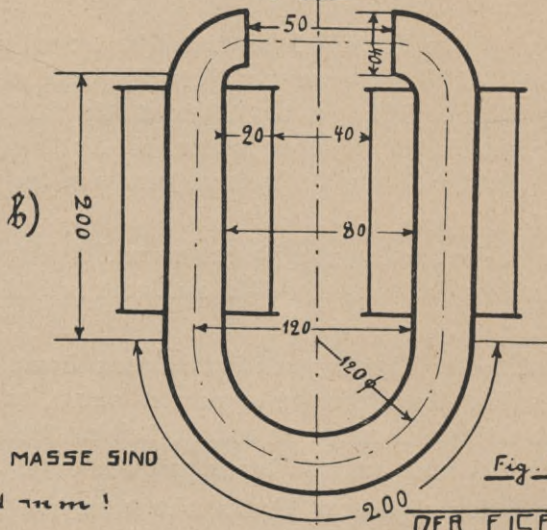
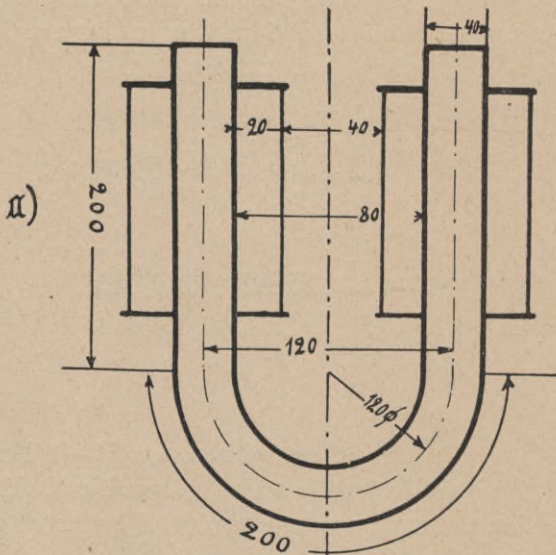
Man schickt durch den Draht einen Strom von $\frac{1}{2}$ —1 Ampere und macht dort, wo die Kupferspitze einsteht, einen Strich. Dann kehrt man die Stromrichtung um und macht bei der neuen Einstellung wieder einen Strich.

Beträgt bei gleicher Stromstärke der Unterschied der mit einem Winkelmesser auf dem Papier gemessenen Ausschläge mehr als 5° , so muß durch leichtes Schmelzen des Lötzinnes die Stahlnadel etwas auf der Kupfernadel verschoben werden, bis der Unterschied geringer wird. Vollständig zum Verschwinden wird man ihn selten bringen können.

Hat man indessen den Kupferstreifen gut symmetrisch geschnitten, so läßt sich die Nadel bei einigem Geschick annähernd parallel aufsetzen.

Diese Methode der Ablenkung mit kommutiertem Strom muß bei allen magnetischen Nadelmessungen angewendet werden, da sonst große Irrtümer entstehen können; denn auch die Aufhängepunkte für Spitzen befinden sich selten genau in der magnetischen Achse.

Aus den beiden abgelesenen Werten wird dann das Mittel genommen. Bei genauen Messungen wird der Strom zehn- bis zwanzigmal kommutiert, jedesmal die Ableesungen gemacht und daraus das Mittel genommen.



DIE MASSE SIND
IN mm!

Fig. 41.

DER EISEN KERN.

Verwendung.

Die kleinen Magnetnadeln finden Verwendung bei Messungen mit Tangentenbussofen und diesen ähnlichen Methoden.

Elektromagnet (Fig. 41—48).

Um Versuche mit starken magnetischen Kräften auszuführen, können wir nicht mehr unsere gewöhnlichen Magnete nehmen, sondern müssen Elektromagnete verwenden, die uns mit Hilfe des elektrischen Stromes gestatten, weit bedeutendere Mengen magnetischer Energie zu erzeugen.

Der Kern (Fig. 41).

Wir lassen uns beim Schmied eine Stange weichen, d. h. geglähten und langsam abgekühlten Schmiedeeisen von 60 cm Länge und 4 cm Durchmesser zur nachstehenden Form zusammenbiegen, so daß die Abmessungen diejenigen der Fig. 41a sind.

Da bei der Form a die magnetische Streuung sehr groß ist, wendet man zur Erzielung stärkerer Felder die Form b an.

Die Länge des gewählten Stabes muß dann ca. 65 cm sein. Man zeichnet auf durchsichtigem Papier eine genaue Kopie der gewünschten Form und gibt sie dem Schmied.

Die Polschuhe (Fig. 42).

Für die Form a kommen zwei Polschuhe in Betracht, welche Abmessungen $4 \times 4 \times 6$ cm haben. Der verbleibende Zwischenraum



Fig. 42.

beim Auflegen ist dann 4 cm, was für die para- und diamagnetischen Versuche genügt. Am besten läßt man die eine Seite nach Fig. 42 mit einer Spitze versehen.

Kommt man in die Lage, auch für die Form b Polschuhe verwenden zu müssen, so läßt man sich zwei Regel von 4 cm

Bodendurchmesser und 1 cm Höhe drehen (Zwischenraum noch 3 cm). Haften diese nicht durch remanenten Magnetismus, so werden sie festgebunden.

Die Polflächen.

Um einen guten Übergang der Kraftlinien zwischen Polschuhen und Polflächen zu ermöglichen, müssen die Berührungsflächen beider möglichst eben geschliffen und am besten poliert sein.

Die Wicklung (Fig. 43).

Die Führung des Drahtes erfolgt, von oben gesehen, in der durch Figur 43 bezeichneten Richtung.



Fig. 43.

Es wird also auf dem einen Schenkel gegen, auf dem andern Schenkel mit dem Uhrzeiger gewickelt.

Der Draht.

Man nimmt Draht von 1 mm Durchmesser (nicht schwächer!), der aufgewickelt wird, nachdem der Eisenkern mit einer Lage Papier umwickelt worden ist, um Kurzschluß zu vermeiden. Holzspulen vermeiden wir als Schutz, da sie nicht unbeträchtlich schwächen, außerdem bei starker Erhitzung des Magneten verschwelten.



Fig. 44.

Der Draht muß doppelt (mit Baumwolle) umspinnen sein.

Dicke und Art der Wicklung (Fig. 44).

Die Dicke der gewickelten Lage soll 1,5—2 cm betragen; mehr Lagen vermehren nur den Widerstand, ohne entsprechende Vermehrung der magnetischen Kraft zu bedingen.

Auf jeden Schenkel wickelt man 100 m Draht (4 *M*) und beginnt möglichst an den Polenden, da ein derartig bewickelter Elektromagnet schnell allen Stromänderungen folgt (Telephonwicklung).

Die Figur 44 zeigt die Art der Lagerung. Um ein Abspringen der Windungen zu verhindern, werden sie bei a mit Leim bestrichen.

Die Schaltung (Fig. 45).

Hat man Starkstrom zur Verfügung, so schaltet man beide Schenkel hintereinander, unter Wahl eines geeigneten Vorschaltwiderstandes.

Bei Schwachstrom geschieht die Schaltung nach beistehender Skizze. Wir benutzen dann die Parallelschaltung. Um die Stromstärke kontrollieren zu können, müssen wir aber dann vier durchaus gleiche Spulen haben, damit wir sicher sind, daß der durch 4 dividierte Hauptstrom die maßgebende Stromstärke in jedem einzelnen Zweig angibt.

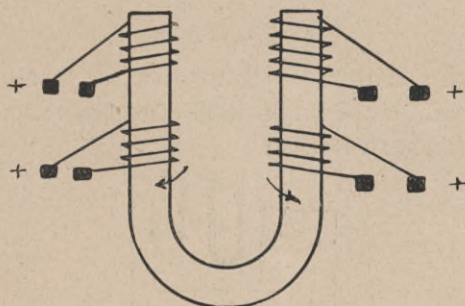


Fig. 45.

Die + Enden jeder der vier Spulen versteht man mit einem Ring von Zinte. Alle Enden sehen 10 cm aus der Wicklung hervor und sind mit Klemmen versehen.

Auf jedem Schenkel dürfen die Spulen natürlich keinen Abstand wie in obiger Figur aufweisen.

Anlegen der Spannung (Fig. 46, 47, 48).

Die Punkte entsprechen den Klemmen der Figur 45.

a) 110 Volt.

Die vom Amperemeter angegebene Stromstärke ist dann die maßgebende.

b) 16 Volt.

Will man schwache magnetische Kräfte haben, schaltet man (ebenso auch bei 4 Volt in diesem Falle) die Windungen wie bei 110 Volt und benutzt eventuell noch einen Vorschaltwiderstand.

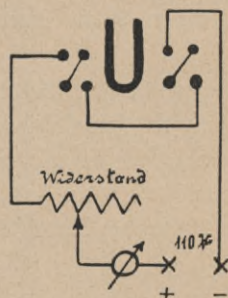


Fig. 46.

Für stärkere Wirkungen schaltet man die Spulen auf jedem Schenkel parallel, die Schenkel selbst aber hintereinander, so daß folgendes Schaltschema entsteht:

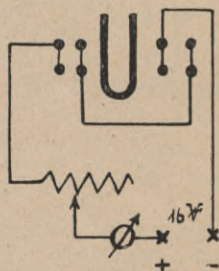


Fig. 47.

Die angegebene Stromstärke ist dann durch 2 zu dividieren.

Für die stärksten Wirkungen schaltet man alle Spulen parallel (Fig. 48).

Die angegebene Stromstärke ist dann durch 4 zu dividieren.

Zeigt uns das Amperemeter also 20 Ampere an, so haben wir eine wirkende Stromstärke von 5 Ampere.

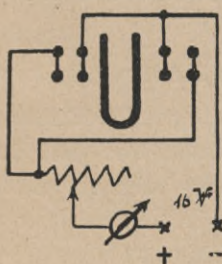


Fig. 48.

Verwendung der Schaltung.

Naturgemäß werden bei diesen hohen Stromentnahmen die Akkumulatoren bedeutend angegriffen. Daher läßt man für gewöhnlich alle vier Spulen hintereinandergeschaltet, und erst wenn die verfügbare Spannung nicht mehr ausreicht, um einen stärkeren Strom hindurchzutreiben, wendet man die Parallelschaltung an.

Man lasse jedoch möglichst den Strom nur ganz kurze Zeit eingeschaltet.

Maximale Stromstärke.

Der einzelnen Spule dürfen normal 8 Ampere zugemutet werden (der Widerstand des Magneten bei hintereinandergeschalteten Spulen beträgt ca. 4 Ohm).

Wird nur kurze Zeit eingeschaltet, so kann man jedoch auf 15 und 20 Ampere gehen; man prüft dann die Temperatur der Spulen durch festes Anlegen der Hand. Kann infolge der Hitze die Spule nicht mehr berührt werden, so ist schnell auszuschalten.

Zu beachten ist, daß Taschenuhren nicht in die Nähe starker Magnete gebracht werden dürfen, da sie dann falsch gehen oder gar stehen bleiben.

Nebenapparate.

Die Form b) ist für alle physikalischen Versuche wohl die geeignetere, da sie ein homogeneres und stärkeres Feld liefert.

Anker.

Für die Form a) wird man sich einen Anker anschaffen, der ebenfalls aus weichem Schmiedeeisen besteht und die Abmessungen $2 \times 4 \times 14$ cm hat.

Flüssigkeitsröhre (Fig. 49, 50).

Für Versuche über magnetische Drehung der Polarisations Ebene läßt man sich nun entweder die Pole durchbohren, wie es die Figur 49 zeigt, und schiebt dann die unter „Polarisation“ (s. da- selbst) beschriebene Röhre in die Bohrlöcher von 12 cm Durchmesser oder benutzt eine neue Röhre.

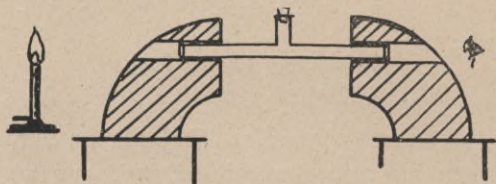


Fig. 49.

Diese stellen wir uns nach dem folgenden Prinzip her.

Tritt Licht schräg von vorne in eine schmale Glasröhre ein, so wird es total von den inneren Wänden reflektiert und tritt am andern Ende der Röhre aus, selbst wenn die Röhre (schwach) gebogen ist. Das Licht ist allerdings um einen gewissen Prozentsatz infolge der häufigen Reflexion geschwächt.

Wir haben also ein Mittel, Licht in Röhren fortzuleiten. Unser Zwischenraum zwischen den Polflächen beträgt bei Form b) 5 cm. Wir setzen uns also wieder die unter „Polarisation“ beschriebene Röhre zusammen, nur geben wir ihr (von oben gesehen) die folgende Form (Fig. 50).

Auf die eine Fläche konzentrieren wir dann das Licht einer möglichst hellen Lichtquelle und beobachten die andere Fläche mit dem Auge. Die Polarisationsplatten (s. Polarisationsapparat) können ebenfalls verwendet werden; die erste Platte (der „Polarisator“) kommt vor Linse und Röhre!

Die umgebogenen Enden der Röhre müssen im Verhältnis zur Länge derselben ganz kurz sein, da sonst nicht angenommen werden kann, daß das Licht den Kraftlinien parallel läuft.

Um störendes Nebenlicht zu vermeiden, lackieren wir die Seitenwände der Röhre mit Asphaltlack.

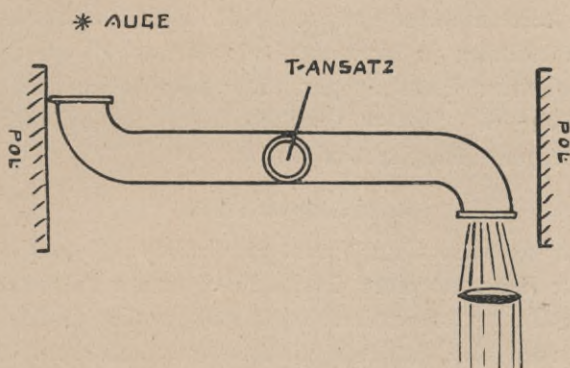


Fig. 50.

V. Elektrische Apparate.

Influenzmaschine.

Bei der Beschaffung einer Influenzmaschine ist darauf zu achten, daß keine zu kleine Maschine genommen wird.

Sehr gute Maschinen sind die sogenannten Wimshurstmaschinen, die aus zwei gegeneinanderlaufenden, mit Stanniolkollektoren belegten Hartgummischeiben bestehen.

Für Maschinen von 20 cm Scheibendurchmesser, die, nach Vorschrift gut gesäubert, Funken bis zu 10 cm Länge geben, beträgt der Preis 20 *M.* Sie geben jederzeit Elektrizität, was andere Maschinen nicht immer tun (z. B. nicht in feuchter Luft).

Kondensatoren.

Flächenkondensator.

Es ist nötig, sich zwei Leydenerflaschen von gleicher Form und Größe, mit einer Belegung von mindestens 15 cm Höhe, zu beschaffen (ca. 6 *M.*).

Selbſtherſtellung.

Da der Preis der Flaſchen ein ſehr hoher iſt, ſcheint es vor-
teilhafter, ſich die Gebrauchsflaſchen ſelbſt herzuſtellen. Dasjenige,
was die gekauften Flaſchen teuer macht, die innere Stange und
Kugel, können wir für phyſikaliſche Zwecke fortlaſſen.

Wir nehmen Gläſer von ca. 20 cm Höhe und 8 cm Durch-
meſſer und bekleben ſie innen und außen bis zu 17 cm Höhe mit
gutem geglätteten Stanniolpapier. Das bekannte Einſchlageſtanniol
iſt zu dünn; es würde zu ſchnell zerreißen. Das Stanniol muß
ſo dick wie gutes Schreibpapier ſein.

Beſchneiden der Ränder.

Sind die Ränder an den oberen Enden nicht ganz glatt, ſo
führen wir innen mit einer ſcharfen Nadel, außen mit einem Meſſer
einen Kreisriß, der das Stanniol ganz durchtrennen muß, um beim
nun folgenden Abſchaben des überſtehenden Randes ein Einreißen
zu vermeiden.

Verbindung.

Eine in die Flaſche gehängte, den Boden berührende Kette
ſtellt die Verbindung mit andern Leydenerflaſchen oder ſonſtigen
Apparaten her.

Maßflaſche (Fig. 51).

Den Namen Maßflaſche führt eine Leydenerflaſche, die gleich-
zeitig mit einer verſchiebbaren Funkenſtrecke verſehen iſt.

Herſtellung.

Man lötet an den inneren Metallſtab einer (gekauften) Leydener-
flaſche einen zweiten Metallſtab von ca. 6 cm
Länge horizontal an, ſo daß er vom Rande
der Flaſche geſtützt wird (ſ. Fig. 51).

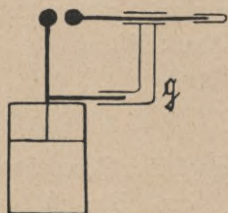


Fig. 51.

An das Ende dieſes Stabes kommt ein
nach Fig. 51 gebogenes Glasrohr g, welches
an dem horizontalen Stab mit Siegelack
eingefittet wird. An das obere Ende dieſes
Rohres ſchmelzen wir ein weiteres Rohr von

4 cm Länge an, durch das ein Metallstab geführt ist, der an dem einen Ende eine der Flaschenkugel gleiche Kugel trägt (das Aufsetzen geschieht eventuell von einem Mechaniker); das andere Ende des Stabes verlängert sich in einem 3 cm langen Stück Siegellack, das als Griff beim Ändern des Kugelabstandes dient.

Verwendung.

Gebraucht wird die Maßflasche bei Funkenpotentialmessungen u. a. Sie läßt sich jedoch häufig als Funkenstrecke verwenden, wenn mit dieser eine Kapazität verbunden sein soll (Teslaapparat).

Blattkondensator.

Blattkondensatoren kommen für uns nicht in Betracht, außer bei der etwaigen Selbstherstellung von Funkeninduktoren. Gesagt sei deshalb nur, daß Stanniolblätter verwendet werden, welche durch Lagen von paraffinetränktem Papier getrennt sind. Plattenkondensatoren sind für uns vielseitiger verwendbar; bemerkt sei jedoch, daß auf Postämtern zuweilen Telephonkondensatoren billig alt käuflich sind, wie wir sie zur drahtlosen Telephonie und ähnlichen Anwendungen von Schwingungskreisen vorteilhaft verwenden können, da sie auf kleinem Raum eine außerordentlich hohe Kapazität (1—3 Mikrofarad) besitzen.

Plattenkondensator (Fig. 52).

Die bisher beschriebenen Kondensatoren haben alle eine bestimmte Kapazität, die sich nach Fertigstellung des Apparates nicht mehr ohne durchgreifende Änderung des Ganzen ändern läßt. Bei Kapazitätsmessungen, bei Schwingungsversuchen zum Einstellen auf Resonanz usw., werden wir jedoch variable Kapazitäten verwenden müssen.

Berfertigung.

Einen einfachen Kondensator von veränderlicher Kapazität schaffen wir uns folgendermaßen.

Wir lassen uns vom Glaser zwei runde Glascheiben von 10 cm Durchmesser schneiden und bekleben sie sorgfältig mit Stanniol, so

daß daselbe ganz glatt anliegt und keine Vorsprünge und Kanten zeigt. Als Halter kleben wir dann in die Mitte senkrecht zur Platte je einen runden Siegellackstab an.

Aufstellung.

Das Aufstellen geschieht durch Einspannen in zwei Stativbeine dermaßen, daß sich die Platten genau parallel gegenüberstehen (Fig. 52 in Seitenansicht!).

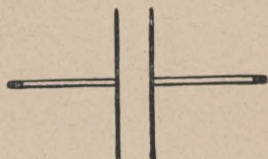


Fig. 52.

Änderung der Kapazität.

Die Veränderung geschieht entweder durch Verschieben des einen Stativbeines oder durch verändertes Einspannen der Siegellackstange in den Halter.

Kugelkondensatoren.

Kugelkondensatoren beanspruchen im Verhältnis zu den übrigen Kondensatoren viel Raum für die gegebene Kapazität, doch sind sie bequem zu eichen, da die Kapazität einer Kugel gleich dem Radius derselben in Zentimetern ausgedrückt ist.

Berfertigung.

Stehen uns keine Metallkugeln zur Verfügung, so bekleben wir Gummibälle, wie sie überall billig erhältlich sind, mit gut anliegendem Stanniol.

Diese Kondensatoren haben den großen Vorzug der Leichtigkeit.

Dieselbe Wirkung erreicht man natürlich auch durch starkes Bronzieren der Bälle.

Funkeninduktor.

In dem Schülerlaboratorium wird ein Funkeninduktor von 6—14 mm Funkenlänge für Versuche in fast allen Fällen genügen,

da er weniger zur Funkenenerzeugung als vielmehr als Hochspannungsquelle dient und die erreichbaren Potentiale von mehreren Tausend Volt nur in wenigen Fällen nicht ausreichen dürften.

Für wirksame Verwendung von Röntgenstrahlen wird ein Induktorium von mindestens 40 mm Funkenlänge benötigt (Preis 80 *M*).

Der Funkeninduktor ist — auch bei Selbstherstellung — der teuerste Apparat unseres Laboratoriums. Jedoch setze man alles daran, ihn wenigstens mit der Zeit zu beschaffen, denn wir geben sonst die interessantesten und lehrreichsten Versuche auf.

Platin-Kohle-Unterbrecher (Fig. 53).

Für sehr schnelle Unterbrechungen am Induktorium dient uns nebenstehender Unterbrecher.

Auf ein weites Reagenzglas (s. Fig. 53) setzen wir einen dreifach durchbohrten Gummistopfen auf. In die erste Durchbohrung kommt ein Stab von Bogenlampenkohle (ca. 5–6 mm Durchmesser), der am oberen Ende eine Klemme trägt und mit seinem unteren Ende fast den Boden berührt. Die zweite Durchbohrung wird von einem Kupferdraht durchsetzt, der an seinem unteren Ende mit einem Stück Platindraht von $\frac{1}{2}$ mm Durchmesser versehen ist und am oberen Ende ebenfalls eine Klemme trägt. Der Platindraht ist vor seinem Übergang in den Kupferdraht in ein Glasrohr eingeschmolzen, das den Kupferdraht vor dem Zerfressen durch die einzufüllende Säure schützen soll.

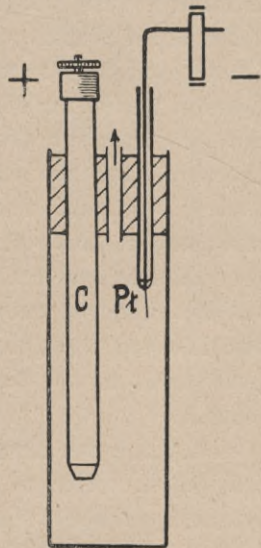


Fig. 53.

Die dritte Durchbohrung trägt ein 5 mm weites Stückchen Glasrohr, das dem Abzug der entwickelten Gase dient.

Inbetriebnahme.

Wir füllen nun so viel verdünnte Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,22 auf, daß das Platin gerade berührt wird (das Glasrohr mit dem Platin muß in dem Gummistopfen etwas verschiebbar sein).

Legen wir nun eine Spannung von 24 Volt an die Elektroden, so müssen wir, um eine gute Unterbrechungszahl zu erhalten, das Platin so tief eintauchen, daß die entstandene Gasentwicklung fast ganz aufhört, Flämmchen auftreten und ein surrender Ton hörbar wird.

Bei Verwendung dieses Unterbrechers wird die Funkenlänge des Induktoriums geringer. Der Kondensator kann fortfallen¹.

Der Funkeninduktor darf sonst nie direkt an die Klemmen einer Starkstromleitung gelegt werden, wie bereits unter dem Teil der elektrischen Einrichtung besprochen worden ist. Beim Loslösen der Unterbrecherfeder an den Kontaktstellen würde sich dort ein zerstörender Lichtbogen bilden. Man sendet deshalb bei Induktorien mit Hammerunterbrechern den Strom zuerst durch einen Vorschaltwiderstand, von dem aus ein Teil der Spannung (4—8 Volt) abzuzweigen ist, falls man es nicht vorzieht, den Apparat mit Akkumulatoren zu betreiben.

Benutzen wir den elektrolytischen Unterbrecher, so können wir den Induktor mit vorgeschaltetem Unterbrecher direkt an das Netz von 110 Volt legen, werden aber vorsichtshalber zuerst noch Widerstand vorlegen, um die Stromstärke nicht zu stark anwachsen zu lassen.

Apparate mit Deprezunterbrechern oder mit begrenzt schwingenden Federunterbrechern werden mit 4—8 Volt bei 2—4 Ampere betrieben; beim Betriebe mit 16 Volt und mehr wird die Stromstärke zu groß; dennoch kann zur Erreichung hoher Potentiale ein Betrieb mit ca. 16 Volt stattfinden, wenn die Federn sehr weit und lose schwingen können. Die Stromstärke beträgt dann zwar nur

¹ Bei Elektrodenwechsel und 2 Volt Klemmenspannung kann dieser Apparat auch als elektrolytischer Detektor bei der Wellentelegraphie dienen.

1—2 Ampere, auch sind die Unterbrechungen langsamer, doch durchbahnt der Funke, besonders bei parallel geschalteten Leydenerflaschen, eine viel größere Luftstrecke, was besonders auffallend in Erscheinung tritt, wenn der Funke durch eine Flamme schlägt. Infolge der niederen Stromstärke ist auch die Erhitzung der Kontaktstellen nicht bedeutend.

Telephon.

Die Herstellung eines solchen findet sich im Band Nr. 18 der Sammlung „Spiel und Arbeit“. Postanstalten lassen oft auch für wenige Pfennige alte Telephone, Relais usw. ab.

Wellenversuche (Fig. 54, 55).

Als Empfänger für elektrische Wellen benutzten wir den in Figur 53 dargestellten und am Ort ausführlich beschriebenen Apparat, indem wir ihn mit einem Telephon zusammen so in den Stromkreis eines Akkumulators einschalten, daß die feine Platinspitze als + Pol die Schwefelsäure gerade berührt. Das Eintreffen einer Welle macht sich dann durch ein Knacken im Telephon bemerkbar, da die Wirkung der Welle widerstandsmindernd ist.

Liecherversuch (Fig. 54, 55).

Für diesen Fundamentalversuch werden vier Metallplatten 10×10 gebraucht. Um isolierende Stative zu sparen, setzt man sie auf Paraffinklöbchen, die man sich selbst durch Hineingießen von



Fig. 54.

flüssigem Paraffin in leere Streichholzschachteln als Form hergestellt hat. Das Aufsetzen und Einschmelzen erfolgt nach vorherigem leichten Erwärmen der Platten (Prof. Dr. F. Bremer-Berlin).

Die Drähte werden in zwei Zentimeter Abstand voneinander geführt und sind ca. 0,4 mm stark.

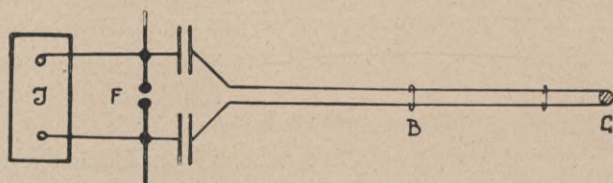


Fig. 55.

Vorstehende Figur 55 zeigt die Gesamtanordnung von oben gesehen. J ist der Funkeninduktor, F eine Funkenstrecke von 2 mm, G ein Glasstab, im Stativ eingespannt, B sind sogenannte verschiebbare Drahtbrücken.

Man ermittelt die Wellenlänge durch Auflegen einer Geißler'schen Röhre an den ausgespannten Drähten. Am geeignetsten sind mit Helium gefüllte Röhren, doch sind diese sehr teuer.

Geißlerische Röhre (Fig. 56, 57, 58).

Kleine, gut brauchbare Geißler'sche Röhren erhält man bereits für 0,50 M.

Röhre für Spektralversuche.

Ist man im Glaschmelzen geübt, so kann man sich für Spektraluntersuchungen von Gasen eine dazu geeignete Röhre selbst herstellen.

Man bricht nämlich den Abschmelzansatz der Röhre dicht hinter dem verschmolzenen Teil ab (Fig. 56), erweitert eventuell die rotglühende Öffnung etwas durch Hineinstecken und Drehen eines kalten Drahtes und bringt sie dann mit dem gleichfalls glühenden Ende eines Glashahnes in Berührung.

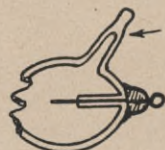


Fig. 56.

Durch fortwährendes Gegeneinanderdrücken und Auseinanderziehen der Glasteile wird dann eine dichte Verschmelzung herbeigeführt.

Hahndichtung.

Den Hahn dichtet man durch Lanolin Fett sicher und genügend ab.

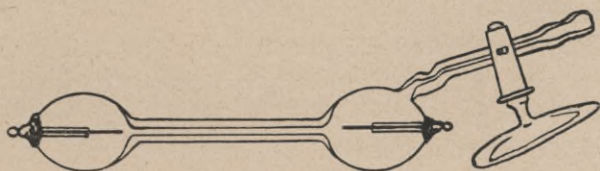


Fig. 57.

Füllung mit Gasen.

Die Füllung der Röhre mit Gasen stellt die folgende Figur 58 dar.

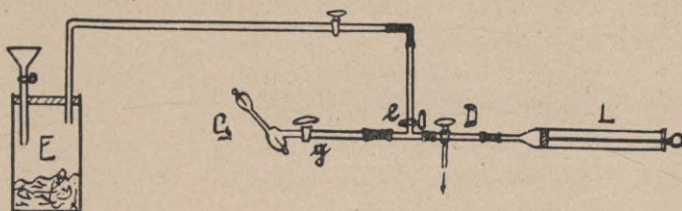


Fig. 58.

E sei die Gasentwicklungsflasche, e der sie abschließende Hahn, der mit den übrigen Apparaten nach Figur 58 durch ein T-Stück verbunden ist.

G ist die Geißlersche Röhre, g der sie abschließende Hahn.

D ist ein Dreiweghahn, L eine kleine Luftpumpe (aus Glas für medizinische Zwecke gebräuchlich).

1. Man läßt nun zuerst alle Hähne geöffnet und längere Zeit den Apparat gasen, um möglichst alle Luft zu entfernen.

2. Dann schließt man e und verbindet Luftpumpe und Geißler-röhre durch den Dreiweghahn.

3. Darauf zieht man den Kolben der Pumpe aus und schließt schnell die Röhre durch den Dreiweghahn ab und zwar so, daß L mit der Luft (in der Pfeilrichtung) in Verbindung steht.

4. Nun öffnet man e, so daß Gas in die evakuierte Röhre einströmt. Dann schließt man e wieder.

5. Der Kolben wird zurückgeschoben, L wieder wie anfangs mit G verbunden.

6. Nach dem wieder erfolgten Ausziehen des Kolbens schließt man g und hat nun die Röhre mit dem verdünnten Gase gefüllt.

Sollte noch zu viel Luft enthalten sein, so muß der Vorgang mehrere Male wiederholt werden.

Kathodenstrahlen.

Schaltet man vor eine Geißlersche Röhre eine Funkenstrecke, so fluoresziert das Glas an der — Kathode und man sieht um die Elektrode sich den dunklen Raum verbreiten. Gleichzeitig bemerkt man ein lebhaftes Szintillieren an der Elektrode (vom Stoßdruck abhängig).

Röntgenstrahlen (Fig. 59).

Mit einer Wimshurstmaschine von 20 cm Scheibendurchmesser oder mit einem Funkeninduktor von 40 mm Funkenlänge können wir bereits Röntgendurchleuchtungen vornehmen, vorausgesetzt, daß wir eine geeignete Röntgenröhre haben.

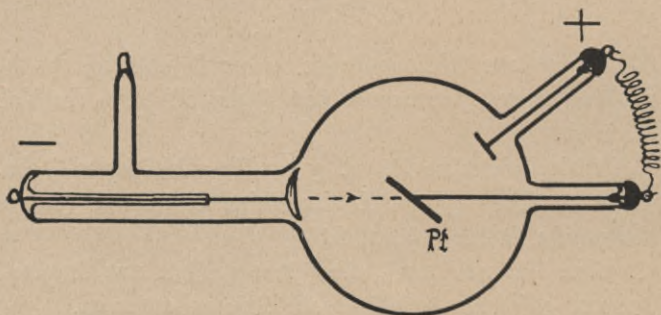


Fig. 59.

Die Röntgenröhre.

Legen wir eine Entladungsröhre an eine Hochspannung an und evakuieren wir die Röhre mit einer Quecksilberluftpumpe, so

gehen schließlich von einem bestimmten niedrigen Drucke an von der — Elektrode Strahlen aus, die beim Auftreffen auf feste Körper Röntgenstrahlen erzeugen. Die erzeugenden Strahlen nennt man, da sie von der Kathode ausgehen, Kathodenstrahlen.

Kathodenstrahlen sind magnetisch ablenkbar, Röntgenstrahlen nicht, wie leicht mit einem kleinen Stabmagneten festgestellt werden kann.

Die Kathodenstrahlen nehmen in der Röntgenröhre (s. Fig. 59) ihren Weg von der Kathode aus in der Pfeilrichtung und treffen auf die „Antikathode“, ein Platinblech, auf dem sie Röntgenstrahlen erzeugen.

Der Preis der Röhren für unsere Funkenlänge beträgt 10 *M.*

Der Schirm.

Für unser Auge sind Röntgenstrahlen nicht sichtbar. Die grüne Fluoreszenz des Glases wird erst von Röntgenstrahlen erzeugt, ist also sekundär.

Baryumplatinzyanür leuchtet grünlich auf, wenn es von Röntgenstrahlen getroffen wird. Für Durchleuchtungen nimmt man daher einen mit dieser Substanz bestrichenen Schirm. Der Preis ist nach der Größe desselben sehr verschieden; es werden 6—8 *M.* dafür einzusetzen sein.

Photographische Aufnahmen.

Bei einigem Probieren über die Dauer der Belichtung wird man auch mit Röhren, die keine guten Durchleuchtungen bei dickeren Gegenständen ergeben, photographische Röntgenbilder aufnehmen können.

Man wickelt dazu eine photographische Platte lichtdicht in schwarzes Papier und legt die (außen markierte) Schichtseite nach oben.

Darauf kommt dann der zu durchleuchtende Gegenstand, und — bei unsern Röhren — dann in einigen Zentimetern Entfernung die Röntgenröhre.

Schaltung.

Kennt man nicht die Pole der Hochspannung ihrem Vorzeichen nach, so ist nach dem Einschalten des Stromes die Röhre zu beobachten.

Leuchtet die eine Hälfte derselben im grünlichen Licht, während die andere dunkel bleibt, so ist die Röhre richtig angelegt.

Treten dagegen mehrere grünleuchtende Ringe auf, die sich über die ganze Kugel parallel verteilen, so ist die Röhre falsch geschaltet und es sind sofort die Pole zu vertauschen, da sonst die Röhre zerstört wird.

Röntgenstrahlen haben für uns einen großen Wert, da sie ein bequemes Mittel sind, die Luft durch Ionenbildung leitend zu machen. In ähnlicher Weise wirkt eine Flamme oder das ultraviolette Licht der Bogenlampe, der Quecksilberdampflampe, der Kondensatorentladungen zwischen Zinkelektroden.

Radioaktivität.

Bei Versuchen mit radioaktiven Körpern kommen für uns hauptsächlich die Uranpechblende (pro Gramm 2—3 *M*) und nicht abgebrannte Glühstrümpfe für Leuchtgas in Betracht. Letztere entladen das Elektroskop ziemlich schnell (Beachtung der Spitzenwirkung!).

Radioaktiv sind im Glühstrumpf die seltenen Erden. Sehr hübsche Photographien infolge radioaktiver Wirkungen erhält man, wenn ein Stückchen eines Glühstrumpfes einige Monate lang auf einer mit schwarzem Papier umwickelten Platte gelegen hat.

Als radioaktiv stellen sich noch viele Salze heraus, die jedoch oft sekundär als radioaktiv wirken.

Wesentlich ist dabei zu beachten, daß man nicht die Spitzenwirkung für Radioaktivität ansieht; bei Salzen macht man deshalb die Versuche mit derselben Menge eines nicht aktiven Salzes, das man in gleichen Mengen auf dieselbe Platte bringt. Der Unterschied der Entladungszeiten gibt die durch Radioaktivität bedingte Entladung.

Teslaapparat.

An anderer Stelle¹ habe ich bereits einen Teslaapparat mit einigen neuen Versuchen beschrieben; trotzdem möchte ich den Apparat selbst wegen seiner Einfachheit hier noch einmal mitteilen.

Der Teslaapparat besteht wie jeder Induktionsapparat aus einer Primär- und einer Sekundärspule, d. h. durch die primäre Drahtwicklung von wenigen dicken Wicklungen schicken wir den niedriggespannten, starken, erregenden Strom, den wir irgend einer Stromquelle entnehmen; aus der Sekundärspule von vielen dünnen Windungen entnehmen wir den hochgespannten, schwachen, induzierten Strom. Daß der Strom primär stark, aber niedriggespannt, sekundär schwach, aber hochgespannt ist, kommt daher, daß das Produkt aus Stromstärke und Spannung (abgesehen von den notwendigen Verlusten, die durch Wärmeerzeugung, magnetische Wirkungen usw. verursacht sind) stets das gleiche sein muß.

Bei den gewöhnlichen Induktionsapparaten benutzt man Eisen zur Verstärkung der Wirkung. Bei den Teslaapparaten muß eine solche Wirkung ausbleiben, da das Eisen den, wie wir sehen werden, sehr schnellen elektrischen Wechsell nicht schnell genug magnetisch folgen kann. Auch würde Eisen innerhalb der Sekundärspule bei den hohen Spannungen nicht genügend gegen die Windungen isoliert werden können, so daß der erzeugte Strom im Eisen flösse und nicht anderweitig nutzbar gemacht werden könnte.

Entladen wir eine Leydenerflasche durch eine Luftfunkenstrecke, so besteht der sichtbare Funke bekanntlich nicht aus einem einzigen Stromstoß, sondern läßt sich (im Drehspiegel sichtbar) in viele einzelne, ihre Richtung periodisch wechselnde Ströme zerlegen. Die zur Erzeugung von Induktionsströmen nötigen primären Wechselströme sind uns also schon in der einfachen Entladung einer Leydenerflasche gegeben, so daß wir imstande sind, sekundär sehr schnelle Schwingungen zu erzeugen, falls die Spule den Schwingungen so schnell zu folgen vermag.

¹ B. Thieme, Ztschr. f. phys. chem. Unterricht, 25 (2), S. 82—87; 1912.

Die Schaltung unserer Teslaanordnung wird also so erfolgen, daß wir die Belegungen einer mittelgroßen Leydenerflasche wechselnd durch die Entladungen eines Funkeninduktors (für den beschriebenen Apparat genügt bereits ein Induktorium von 10—15 mm Schlagweite) aufladen, indem wir sie mit den Induktorpolen durch einen Draht verbinden, und über eine kleine Funkenstrecke durch die primäre Spule entladen.

Die Wirkung ist am günstigsten, wenn die Funken am lautesten übergehen.

Sollte die Sekundärspule wenig Funken liefern, so schaltet man hinter die Funkenstrecke (veränderlich in der Windungszahl) einige Drahtwindungen ein, bis Resonanz eintritt, d. h. bis die sekundären Funken am längsten sind.

Resonanz erkennt man auch, wenn eine Spitze am sekundären Pol im Dunklen das größte Funkenbüschel ausfendet, oder wenn eine Geißleröhre in größter Entfernung vom Sekundärpol noch aufleuchtet.

Die Herstellung der Primärspule erfolgt so, daß wir auf einem Holzteller von 10 cm Durchmesser an drei gleich weit voneinander entfernten Punkten des Umfanges je eine Siegellackstange senkrecht aufkitten. Dann legen wir das Ende des primären Drahtes (1 mm Durchmesser) 5 cm über dem Holzteller horizontal außen an eine der Siegellackstangen an, jedoch so, daß das eigentliche Ende zum Anschluß an die andern Verbindungsdrähte noch etwas über den Siegellack hinaussteht. Mit einer kleinen Flamme wird dann der Draht leicht an den Siegellack angeschmolzen. Dasselbe wird bei der nächsten Stange gemacht usw., indem man schließlich spiralenförmig hochgeht. Die Windungen behalten einen Abstand von 10 mm. Nach 5—6 Windungen endet der Draht wieder kurz hinter einer Siegellackstange.

In diese primäre Wicklung wird nun die Sekundärspule, gegen Erde durch eine untergeschobene Glasplatte isoliert, hineingestellt.

Zur Herstellung der Sekundärspule verfahren wir folgendermaßen: Wir nehmen einen gewöhnlichen Gaszylinder von Glas (ca. 5 cm Durchmesser und 20 cm Höhe) und 100 m auf eine

Garnrolle gewickelten besponnenen Draht von 0,18 mm Durchmesser, und bewickeln ersteren mit diesem Draht¹. Das Wickeln erfolgt entweder mit der Wickelmaschine oder von Hand. Man beginnt im Abstand von 25 mm vom Zylinderrand, nachdem zuvor das Ende auf ca. 6 cm von der Umhüllung befreit ist. Die ersten Windungen betropft man mit etwas Paraffin, um ihnen Halt zu geben. Die Windungen sollen eng und glatt aneinander liegen.

Wird ohne Maschine gewickelt, so faßt man den Glaszylinder mit der linken Hand, indem man den Daumen fest auf die Stelle der Windungen legt, wo der aufzuwickelnde Draht beginnt, und dreht mit der rechten Hand den Zylinder gegen die Wicklungsrichtung herum. Die neuen Windungen legen sich dann sauber neben die alten; das Wickeln nimmt 45—60 Minuten in Anspruch. Das Ende des Drahtes wird wieder auf einige Zentimeter von der Umhüllung befreit und mit einem Paraffintropfen befestigt.

Nun beginnt das Isolieren der Windungen. Wir erhitzen etwas Paraffin bis zur Siedehitze und streichen es mit einem breiten Pinsel von der Mitte beginnend auf die Sekundärwindungen auf, wobei darauf zu achten ist, daß sich das Ende nicht lösen darf und vom Paraffin unbedeckt bleiben muß.

Ist der Draht gut überzogen, so streicht man noch das übrige Paraffin gleichmäßig auf, um die Sekundärspule vor leichten äußeren Verletzungen zu schützen.

Unser Glaszylinder zeigt nun an seinen Enden noch zwei wicklungsfreie Ringe; diese machen wir dann zu den Sekundärpolen.

Wir schneiden uns zwei Stanniolstreifen von der Länge des Zylinderumfangs und einer Breite von 40 mm. Diese bestreichen wir einseitig mit Gummiarabikum und legen sie um die Enden des Zylinders herum; das blanke Drahtende der Wicklung muß dabei unter dem Stanniol zu liegen kommen und elektrischen Schluß bilden. Den überstehenden Teil des Stanniolstreifens schneiden wir

¹ Zufällig ergab eine kleinere Spule von der Zylinderhöhe 15,5 cm und dem Durchmesser 30 mm bessere Wirkungen, da sie Funken von 40—50 mm Länge gab und Büschellentladungen bis zu 10 cm Länge erzeugte.

in kurzen Intervallen ein und schlagen ihn nach der Innenseite des Glaszylinders um.

Die so hergestellte Spule stellen wir auf die Glascheibe innerhalb der Primärspule.

Auf den oberen Pol kann man noch eine Metallscheibe mit senkrecht eingesetzter Drahtspitze bringen, um die gebräuchliche Anordnung der Teslaapparate zu erhalten.

Schalten wir den Apparat in die Teslaanordnung ein, so lassen sich damit die bekannten Versuche an Teslaströmen wiederholen. Sehr hübsch ist das Einsenken einer Geißleröhre an einem Faden in den Zylinder. Bei guter Herstellung und Resonanz wird eine Geißleröhre noch in einer Entfernung von ca. 50 cm vom Apparat leuchten. Bei einer Funkenlänge von sekundär 15 mm sind primär 6 mm lange Funken nötig.

Neue Beobachtungen an Teslaströmen.

Im Anschluß an die vorhergehende Beschreibung des Teslaapparates will ich näher auf einige Beobachtungen eingehen, die mit einem derartigen Apparat gemacht worden sind.

Es soll gezeigt werden, daß sich auch mit den aus einfachsten Mitteln hergestellten Apparaten Versuche ableiten lassen, die eine gewisse Beachtung verdienen, falls nicht vollkommen präzise Messungen verlangt werden müssen. In den meisten Fällen wird das Ergebnis mehr vom Benutzer als vom Apparat abhängig sein; dennoch ist es bei guten Messungen immer angebracht, stabil gebaute Spezialapparate zu benutzen, da wir dann von den zufälligen Fehlern zusammengesetzter Systeme befreit sind. Wir werden daher bei der Bewertung von Ergebnissen wesentlich die benutzten Instrumente und Methoden in Bezug auf ihre möglichen Fehler mitsprechen lassen. —

Bei den gemachten Beobachtungen wurde der Teslaapparat mit einem Funkeninduktor von 80 mm Schlagweite betrieben.

Auf den Pol der Sekundärspule wurde die vorstehend beschriebene Spitze aufgesetzt, so daß sie die bekannte Büschelentladung zeigte; wurde der Spitze nun eine Röntgenröhre genähert, die so weich

war, daß sie, mit dem Funkeninduktor verbunden, bereits Funkenbänder zeigte, so fluoreszierte die Glaswand außerordentlich stark und die inneren Elektroden warfen scharfe Schatten auf die gegenüberliegende Glaswand, wenn die Teslaspiße der Röhre anlag. Wurde der Strom im Primärkreis kommutiert, so blieb die Erscheinung bestehen. Innerhalb der Röhre ist dabei immer an der Teslaspiße ein gesondertes Lichtbüschel zu sehen, das sein Dasein der positiven Elektrizität zu danken haben mag.

Wird die Spitze entfernt und die Röhre direkt auf den ringförmigen Pol gebracht, so laufen bei geeignetem Abstand die Kathodenstrahlen in einen Punkt zusammen, so daß dort die Glaswand hell fluoresziert und stark erhitzt wird.

Die Röhre wird nach kurzer Zeit, auch ohne daß eine merkbare Erhitzung der Glaswände eingetreten ist, sehr weich. Bei der sich aus dem hohen Entladungspotential herleitenden großen Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen dürfte eine starke Gasabtreibung aus den Glaswänden auch erklärlich sein. In gewissem Sinne könnte an eine Saugwirkung gedacht werden.

Haben wir es hier schon in der Hand, durch Änderung der Elektrodenform des Teslaapparates die Kathodenstrahlen in verschiedene Formen zu bringen, so gelingt dieses noch viel mehr, wenn wir die Röhre nicht mehr dem Pole direkt anliegen lassen, sondern sie nur den Wirkungen des Teslafeldes aussetzen; wir sehen dann die Röhre schwach leuchten.

Legen wir nun eine Elektrode, z. B. den Finger, an die Glaswand, so müssen von dieser Stelle Kathodenstrahlen ausgehen und die gegenüberliegende Glaswand zur Fluoreszenz bringen; legen wir zwei Finger nebeneinander, so können zwei parallele Bündel erzeugt werden, usw.

Machen wir eine fluoreszierende Stelle wieder zum Ausgangspunkt von Kathodenstrahlen, so verschwindet dort die Fluoreszenz, eine Einwirkung der sich begegnenden Strahlen aufeinander ist jedoch sonst nicht zu bemerken. —

Bringt man eine kleine niedervoltige Kohlenfadenlampe in das Teslafeld, so wird sie in einem weißlichen Nebellicht leuchten, jedoch

beginnt der leuchtende Teil erst in einigem Abstand von der Glaswand und dem Kohlefaden, so daß dazwischen ein dunkler Raum bleibt. Es ist nun leicht einzusehen, daß der leuchtende Kern nur der Gesamteindruck vieler einzelner Kathodenbündel ist, denn wir können uns vorstellen, daß jeder einzelne Stromfaden des Teslafeldes beim Herantreten an die Glaswand zur Elektrode wird und ein Kathodenstrahlbündel aussendet. Die große Anzahl der einzelnen Bündel läßt dann in unserem Auge den Gesamteindruck des Nebelleuchtens entstehen. Legen wir eine gut leitende Elektrode an die Glaswand, so muß erstere jetzt eine große Anzahl Stromfäden in sich aufnehmen und damit den andern Teilen der Glaswand entziehen; die Folge wird das Auftreten eines von der leitenden Elektrode ausgehenden dicken Kathodenstrahlbündels und das schwächere Leuchten des weißen Kernes, sowie das Kleinerwerden des zwischen demselben und der Glaswand liegenden dunklen Raumes sein, was in der Tat zu beobachten ist. Daß keine oder nur schwache Fluoreszenz zu bemerken ist, erklärt sich aus dem Verschwinden derselben bei Gegenelektroden.

Daß Kathodenstrahlen die wirkende Rolle spielen, zeigt sich zum Teil auch darin, daß der als Bolometerdraht verwendete Leuchtbügel einer kleinen Metallfadenslampe eine starke Temperaturerhöhung anzeigt, wenn sich die Birne im Teslafelde befindet; oft ist dann auch ein schwaches Glühen der Verbundstellen des Metallfadens zu bemerken.

Das Nebellicht ist nicht polarisiert und zeigt ein Bandenspektrum mit den Linien der eingeschlossenen Gase, je nach den äußeren Bedingungen in wechselnder Stärke. Bei den kleinen Kohlefadenbirnen treten hellere Linien bei 562, 520, 482 $\mu\mu$ hervor, die auch bei dem im folgenden beschriebenen Nachleuchten des Gases nach dem Entfernen aus dem Teslafelde erhalten bleiben. Ein elektrisches Glühen des Glühfadens bleibt ohne Einfluß auf die Leuchterscheinung. —

Entfernte man die kleinen Glühbirnen aus dem Teslafelde, so zeigte sich zuweilen 1—2 Sekunden lang das bekannte Nachleuchten der Gasmasse; wurde ein heißer Luftstrom gegen die Glas-

wand geleitet, so erfolgte ein einmaliges helles Aufleuchten, womit dann die Erscheinung beendet war. Feuchte Glühbirnen zeigten kein Nachleuchten; dagegen hatte ein nachträgliches Anfeuchten auf die lange andauernde Phosphoreszenz des Gases keine Wirkung. Die Phosphoreszenz läßt sich im Gegensatz zu den bisher bekannten Fällen mit der Temperatur steigern, so daß anzunehmen ist, daß in diesem Falle die Temperatur primär eine starke Wirkung hat und daß erst dieser primäre Effekt eine erhöhte Phosphoreszenz des Glases sekundär im Gefolge hat, so daß die negative Wirkung der Temperatur auf die Phosphoreszenz hinter dem primären Effekt weit zurückbleibt und somit nicht zur Geltung kommt. Bei der Erklärung des Nachleuchtens werde ich hierauf zurückkommen.

Der an der Birne haftende Ozongeruch dürfte in der Hauptsache kaum durch die inneren Vorgänge hervorgerufen worden sein, da er beim Nachleuchten, das auf andere Arten — Reibung usw. — erhalten wurde, nicht auftrat.

Ein Nachleuchten, das sich sehr gut zur Beobachtung eignete, wurde erhalten, wenn die Pole einer Influenzmaschine von 100 mm Schlagweite so weit auseinandergezogen waren, daß keine Entladungen mehr stattfanden und die kleinen Birnen den ausstrahlenden Sektoren der Scheiben genähert wurden.

Bei der zu beobachtenden Birne war z. B. der Sockel mit Erde verbunden; die + Elektrizität ging dann von der Maschine auf die Birne über. In derselben bildete also das Glas die + Elektrode, der Bügel die — Elektrode. Entfernte man nach einiger Zeit die Birne von der Maschine, so blieb der ursprüngliche Leuchtzustand noch ca. 2 Sekunden erhalten. Dann hörte das Leuchten der Gasmasse auf und der Bügel zeigte kleine hellleuchtende Strahlenansätze, die beim Berühren der Glaswand heller strahlten. Das Glas zeigte sich positiv geladen. Wurde ein negativ geladener Hartgummistab genähert, so setzte das Leuchten aus. Die Gesamtdauer des Leuchtens konnte bis zu 90 Sekunden betragen; wurde dann der — geladene Hartgummistab wieder genähert, so setzte das Leuchten wieder ein.

Ähnlich ist die Erscheinung, wenn der Kohlebügel den + Pol in der Birne bildet. Das Leuchten bleibt nach Fortnahme der

Spannung wieder 1—2 Sekunden erhalten, wird dann allmählich flackernd, bis nach ca. 25 Sekunden zwei kleine Lichtbüschel sich senkrecht zur Bügelebene zeigen. Ein zeitweises Aufflackern läßt sich noch bis zu 150 Sekunden bemerken. Das Glas zeigt sich in diesem Falle — geladen, ein — geladener Hartgummistab bleibt auf die Erscheinung ohne Einfluß.

Die Ladung der Birne hält sich längere Zeit, da sich noch nach längerem Nachleuchten aus dem Birnensockel kleine Funken ziehen lassen, wenn er nicht zur Erde abgeleitet ist.

Die Erscheinungen variieren etwas mit dem Vakuum, werden jedoch im allgemeinen den beschriebenen Fällen entsprechen. —

Werden die nachleuchtenden Birnen schräg mit der Hand hin und her bewegt, so erkennt man, daß das Leuchten ein periodischer Vorgang ist, dessen Periodenzahl mit der Dauer des Leuchtens abnimmt; das Aufleuchten erfolgt regelmäßig.

Das Berühren der Glaswand mit einem Leiter, z. B. dem Finger, ruft ein kontinuierliches Leuchten hervor; ein Anhauchen der Glaswand bewirkt verstärktes und kontinuierliches Leuchten.

Das gleiche läßt sich unter günstigen Umständen bei Birnen, die nach der Entfernung aus dem Teslafelde nachleuchten, beobachten. Hat eine Birne das Nachleuchten beendet, so ruft die Entfernung eines anliegenden geladenen Körpers wieder ein momentanes Aufflackern hervor, das sich nicht in ein kontinuierliches Leuchten umwandeln läßt. Hierzu gehört das beim Reiben von Glühbirnen erhaltene Leuchten, das sich scheinbar auch nicht kontinuierlich herstellen lassen wird. Legen wir z. B. eine solche Birne gegen eine mit Tuch bespannte rotierende Scheibe an, so erfolgt ein Aufleuchten nur dann, wenn die Birne von der Scheibe abgehoben wird, und zwar ist eine gewisse Zeit zur Auslösung des Leuchtens erforderlich. Wird nämlich die Birne schnell entfernt, so erfolgt ein Aufleuchten erst in größerem Abstand von der Scheibe.

Wie können wir uns demnach das Zustandekommen des Nachleuchtens denken, damit es diesen beobachteten Erscheinungen gerecht wird?

Wir haben oben gesehen, daß die Kathodenstrahlen unsere Gas-
teilchen in Schwingungen setzen, so daß in unserem Auge der Ein-
druck des Leuchtens entsteht. Es ist nun anzunehmen, daß nicht die
ganze elektrische Energie zur Schwingungserzeugung verwendet wird,
sondern daß sogar der größere Teil derselben anderweitige Wir-
kungen ausübt; wir dürfen also annehmen, daß ein geringer Teil
allein den Leuchteffekt hervorbringen könnte; unser am Glase der
Glühbirne beobachteter Ladungsrückstand kann also fähig sein, den
Leuchtzustand noch längere Zeit zu erhalten. Erwärmen wir die
Gasmasse, so werden die Schwingungen und damit das Leuchten
lebhafter; feuchten wir die Birne außen an, so fließt der Ladungs-
rückstand durch die Flüssigkeitsschicht ab, ohne der Gasmasse Energie
zuzuführen, so daß kein Leuchten zustande kommen kann.

Die Erscheinung der Fluoreszenz des Glases beruht darauf,
daß die durch die Kathodenstrahlen bewirkten Lichtschwingungen die
Glassteilchen zu einem trägeren Mitschwingen mit längerer Wellen-
länge erregen; eine Erhöhung der Schwingungsenergie der Glas-
teilchen muß demnach eine erhöhte Fluoreszenz zur Folge haben,
wobei die Schwingungen der Glassteilchen auf unsere Sehorgane
nicht mehr als Licht zu wirken brauchen.

Die Periode des Nachleuchtens läßt sich wie folgt erklären.
Wenn wir uns vorstellen, daß ein durch irgend einen Umstand be-
vorzugter Teil des Glases seine Ladungsenergie an die Gasmasse
abgegeben hat, so wird es eine gewisse Zeit dauern, bis er aus der
Nachbarschaft sein Potential so hoch gebracht hat, um wieder wirken
zu können; es läßt sich hierbei an den Ladungsrückstand der Leydener-
flasche und eine Entladungsverzögerung denken. Legen wir jedoch
außen an die Glaswand einen Leiter an, der größere Glasflächen
bedeckt, so ist die Energiezufuhr genügend, um das Leuchten kon-
tinuierlich aufrecht zu erhalten. Auf diese Weise läßt sich zwanglos
das späte, immer seltener werdende Aufflackern des Lichtes deuten.

Gleichfalls muß bei der Fortnahme eines geladenen Körpers
von einer noch schwingungsfähigen Birne das plötzliche Freiwerden
der bis dahin festgehaltenen Ladungsenergie zu einem strömenden
Ausgleich durch die Gasmasse und damit bei genügender Stärke zu

erneutem Aufleuchten durch die Birne führen. Chemische Vorgänge scheinen hierbei also keine größere Rolle zu spielen. —

Eine Auslösung des Leuchtens der kleinen Kohlefadenbirne kann in eigenartiger Weise auch folgendermaßen erfolgen.

Wird der Teslaapparat mit einem Induktor von 14 mm Schlagweite betrieben, so wird eine auf den Teslapol aufgesetzte kleine Kohlefadenbirne nicht mehr leuchten, wenn sie ein genügend geringes Vakuum besitzt.

Nähert man dieser Birne nun eine im Teslafelde leuchtende Geißlersche Röhre, so beginnt die Birne zu leuchten. Die Auslösung des Leuchtens kann auch durch kleine Funken geschehen, die man aus dem Teslapol zieht, falls sich kein undurchsichtiger Körper zwischen Funkenstrecke und Birne befindet.

Schließt man die Elektroden der Geißleröhre durch einen Draht kurz, so wird trotzdem diese Röhre infolge der großen Selbstinduktion im Teslafelde leuchten; die Wirkung auf das Leuchten der Birne ist die gleiche.

Die Wirkung von zwischen Geißleröhre und Birne geschobenen Platten von verschiedenem Materiale ist je nach dem mehr oder weniger leichten Ansprechen der Glühbirnen auf Teslaströme etwas verschieden. Ungefähr ergibt sich, daß Glas die Wirkung mit der Dicke etwas verringert, ebenso Glimmer und, etwas stärker, dünnes Papier. Rote Gelatine schwächt sehr stark, dann folgt gelbes Glas, das für violette Strahlen undurchsichtig ist. Vollkommen hebt rotes Rubinglas, dickes Papier und Hartgummi die Wirkung auf.

Bei einer im Teslafelde leuchtenden Geißleröhre löst auch der mittlere Teil der leuchtenden Funkenbahn die Wirkung aus. Wird die Röhre bis auf einen ca. 1 mm breiten Streifen der mittleren Leuchtbahn abgeblendet, so spricht die Birne auf dem Teslapol an. Deckt man auch diesen letzten Teil ab, so hört das Leuchten der Birne wieder auf, um sofort wieder zu beginnen, sobald auch nur etwas Licht durch einen winzigen Schlitze treten kann.

Es ist vielleicht als Ursache die Wirkung sehr kurzweiliger Strahlen anzusehen. —

Bemerkt sei noch, daß sich mit dem anfangs beschriebenen Teslaapparat sehr schöne Elektrodenflammen erhalten lassen.

Wird den Sekundärwicklungen von außen her eine Spitze genähert, so schlagen die Teslafunken durch das isolierende Paraffin. An der Austrittsstelle treten dann 1—2 mm lange grüne Elektrodenflämmchen auf, die infolge der hohen Ionengeschwindigkeiten mit großer Gewalt heraustreten und senkrecht zur Paraffinfläche stehen. Von einer Bewegung des Funkens sind die Flämmchen unabhängig.

Technisch würde aus dem Vorstehenden die Konstruktion eines Vakuumprüfapparates für Birnen zu folgern sein. —

Wir haben in den beschriebenen Versuchen eine Anzahl Erscheinungen möglichst vielen Bedingungen ausgesetzt und uns aus den Ergebnissen dann ein Bild der Vorgänge gemacht. Treffen wir nachträglich auf Erscheinungen, die unserer Erklärung offensichtlich widersprechen, so müssen wir unsere Vorstellung modifizieren. —

Die Beobachtungen lassen sich noch variieren; so sei hier auf Beobachtungen der Auslösung des Leuchtens mit zwei Teslaapparaten oder durch Quecksilberlicht hingewiesen; auch die Beobachtungen am Funken lassen sich noch vermehren durch Feststellung der magnetischen oder elektrischen Feldwirkung usw.

Messapparate.

Funkenstrecke (Fig. 60, 61).

Als Funkenstrecke benutzen wir entweder die Maßflasche (s. daselbst) oder (auch für Funkeninduktoren!) die Elektroden der Influenzmaschine; diese geben gut poliert eine vorzügliche Funkenstrecke.

Wird die Funkenstrecke ohne Kapazität gebraucht, so kann man die am Tisch angebrachten Klemmen der Hochspannungspole des Funkeninduktors benutzen.

Um möglichst lange Funken zu erhalten, muß die Platte der Funkenstrecke am — Pol sein.

Eine transportable Funkenstrecke stellen wir uns wie folgt her:

Wir nehmen ein Grundbrett von 3×8 cm. Auf dieses fitten wir (nach Fig. 61) als Isolatoren zwei Siegellackstangen von 4 cm Höhe auf. Auf jede derselben kommt dann zur Horizontalführung der Kugeln eine Glasröhre, durch welche die Elektroden gezogen sind.

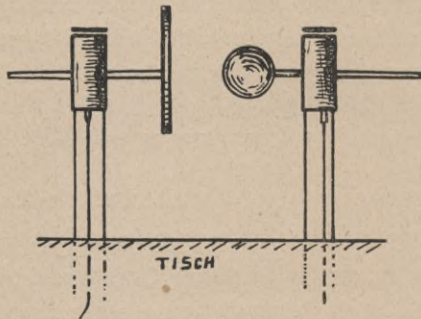


Fig. 60.

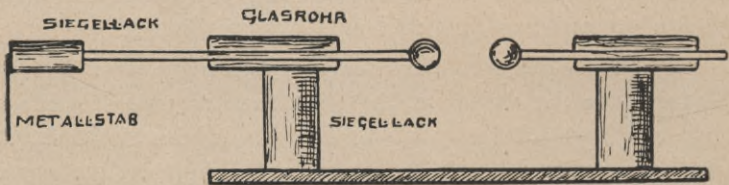


Fig. 61.

Den einen Pol fittet man fest, den anderen läßt man beweglich. Für diesen dient als isolierender Griff wieder Siegellack. An diesen wird nach Figur 61 senkrecht zur Achse der Funkenstrecke ein Metallstab befestigt.

Mikrometerfunkenstrecke (Fig. 62).

Um die obige Funkenstrecke nun zur Mikrometerfunkenstrecke zu machen, wird folgendermaßen verfahren:

Man spannt die Mikrometerschraube und die Funkenstrecke ganz fest und gegeneinander unveränderlich nach Figur 62 in ein Stativ ein.

Darauf macht man die Funkenstrecke = 0 und schraubt die Mikrometerschraube gegen den Metallstab der Funkenstrecke, so daß gerade Kontakt eintritt. Dieses wird am besten erkannt, wenn dadurch der Stromkreis eines Galvanoskopes (Fig. 62) geschlossen wird. Es erfolgt dann eine Ableseung an der Mikrometerschraube.

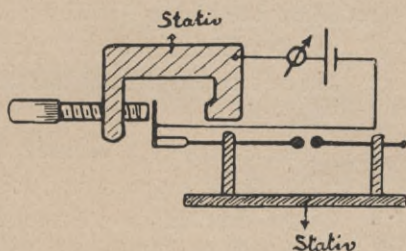


Fig. 62.

Nun stellt man die gewünschte Länge der Funkenstrecke ein und macht eine ebensolche zweite Ableseung. Die Differenz beider Ableseungen gibt dann die Länge der Funkenstrecke.

Ableseung.

Bei guter Einspannung in das Stativ und bei fester Ausführung der Funkenstrecke wird man mit Sicherheit die $\frac{1}{100}$ mm ablesen können, doch ist die Grenze der Genauigkeit durch mehrere Messungen zuvor festzustellen.

Diejenige Dezimale, die am weitesten vom Komma entfernt, bei jeder Messung den gleichen Wert behält, ist als letzte genaue Zahl anzugeben. Weichen die nächsten Werte nicht viel voneinander ab, so wird ihr Mittel in Klammern angegeben,

zum Beispiel:

Ableseung: 7,82; 7,85; 7,87. Angegebener Wert: 7,8, d. h. der Funkenstrecke muß eine größere Unsicherheit zuerkannt werden.

Ableseung: 7,82; 7,83; 8,81. Angegebener Wert: 7,8(2).

7,80 würde heißen, daß die Einstellung immer genau bei 7,8 erfolgt.

Elektroskop (Fig. 63).

Aus einem Zinkstreifen von 33 cm Länge und 6 cm Breite verfertigen wir uns einen quadratischen Rahmen von 8 cm Seitenlänge (s. Fig. 63).

Diesen Rahmen stellen wir auf einer Schmalseite aufrecht. Durch ein Loch in der Mitte des oberen Streifens führen wir einen runden Metallstab von 8 cm Länge ein, der oben eine Kugel trägt und unten auf 4 cm flach ist.

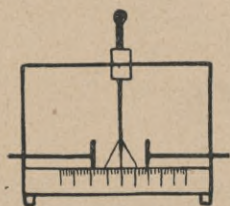


Fig. 63.

Diesen Stab isolieren wir gegen das Zink durch ein Glasrohr, welches mit flüssigem Schellack innen ausgegossen und außen damit in den Rahmen gefittet wird.

Die Divergenzblättchen werden aus dem sogenannten Goldschaum geschnitten, und zwar schneidet man sie, während sie noch in dem Einlagepapier liegen, um ein Zerreißen zu vermeiden.

Die Blättchen werden so am Stab befestigt, daß sie mit dem einen Ende dort am Stab anliegen, wo er von der runden Form in die flache Form übergegangen ist. Die Befestigung geschieht durch Anfeuchten des Stabes vor dem Gegenlegen der Blättchen. Es ist darauf zu achten, daß die Blättchen von gleicher Höhe in gleicher Länge frei herabhängen, da sonst die Ausschläge stark verschieden werden. Im Physikalischen Institut der Berliner Universität befindet sich ein Elektroskop, bei dem sich zufällig noch ein kurzes drittes Blättchen über dem einen langen Blättchen befindet. Dieses dritte Blättchen ist hochempfindlich.

Der Abschluß des inneren Raumes geschieht durch zwei eingefittete Glasplatten möglichst luftdicht. Auf der vorderen Glasplatte wird eine Papierteilung angebracht.

Um die Empfindlichkeit des Instrumentes zu erhöhen, führt man nach Figur 63 von den Seiten her zwei schmale rechteckige Metallplatten von 1×4 cm ein, deren Zuführungen in Glasröhren verschiebbar sind. Je näher diese Platten den Blättchen stehen, um

so größer ist die Empfindlichkeit. Diese Annäherung hat natürlich eine praktische Grenze im Ausschlag der Blättchen.

Zu vermeiden ist, daß die Blättchen jemals mit den Glaswänden oder den Metallplatten durch zu starkes Laden in Berührung kommen, da sie sonst leicht abreißen. Daher ist immer nur ganz vorsichtig aufzuladen.

Die Metallplatten stehen für gewöhnlich mit der Erde (dem Zinkgehäuse) in leitender Verbindung.

Das Innere des Elektroskopes kann mit Kalium- oder Natriumhydroxyd ausgetrocknet werden.

Quadrantenelektrometer (Fig. 64—69).

Für feine Messungen zeigt das Elektroskop nicht genau genug, ist auch zu wenig empfindlich. Dann bedienen wir uns des Quadrantenelektrometers.

Das Gehäuse (Fig. 64, 65).

Wir nehmen zwei Metallstreifen (4×9 cm). Jeden einzelnen legen wir so, daß zwei quadratische Flächen (4×4 cm) durch ein 1 cm hohes Stück verbunden werden (s. Fig. 64).

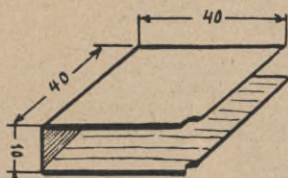


Fig. 64.

Diese so bearbeiteten vier Teile kommen nun auf eine Hartgummiplatte von der Fläche $8,3 \times 8,3$ cm, so daß zwischen den einzelnen Teilen 3 mm Zwischenraum bleibt.

Bevor man die einzelnen Teile aufleimt, werden nach Figur die inneren Ecken rund geschliffen, damit die Nadel bei kleinen Schwingungen nicht das Gehäuse berührt. Ebenso wird vorher für

die Nadelachse durch die Hartgummiplatte ein Loch von 5—6 mm Durchmesser gebohrt.

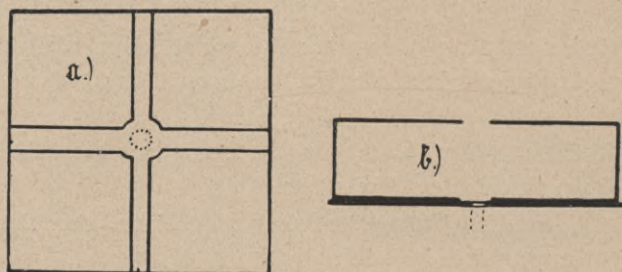


Fig. 65.

Das Grundbrett (Fig. 66).

Das Grundbrett besteht aus Holz mit einer Fläche von 9×12 cm. An den Ecken schraubt man kleine Isolierrollen aus Glas ein, doch so, daß das Brett auf einer Seite 3 cm hervorsteht.

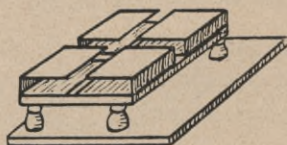


Fig. 66.

Auf das Ganze kittet man mit heißem Siegelack die Hartgummiplatte mit dem Gehäuse.

Die Nadel (Fig. 67, 68, 69).

Aus dünnem Aluminiumblech schneiden wir uns nun eine Nadel der nachstehenden Form von 8 cm Länge.

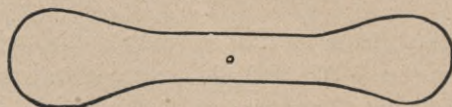


Fig. 67. /

Durch ein Loch in der Mitte der Nadel führen wir einen mit Siegelack eingekitteten Aluminiumdraht senkrecht zur Nadelfläche.

hindurch. Der Draht soll 1 mm Durchmesser und 6 cm Länge haben. Sein unteres Ende soll dem Grundbrett, wenn sich die Nadel in der Mitte zwischen den Gehäuseseiten befindet, bis auf ca. $\frac{1}{2}$ cm nahe kommen.

Oberhalb des Gehäuses wird an die Nadel ein kleiner Spiegel S angefittet.

In der einen Ecke des hervorstehenden Teiles vom Grundbrett errichten wir nun senkrecht einen Glasstab (unten wieder eingefittet), den wir in 15 cm Höhe über dem Grundbrett wagerecht umbiegen und genau bis über die Mitte des Gehäuses führen. Dort schmelzen wir einen Kupferhaken ein. Daran wird nun die Nadel an einem Kokonsfaden aufgehängt, so daß sie in der Mitte des Gehäuses frei schwingt.

Auf das Grundbrett stellen wir ein mit leitender Flüssigkeit gefülltes Gläschen, so daß das Nadelende in diese eintaucht (Schwefelsäure usw.).

Sehr feine, sogenannte Lamettasfäden können zur trockenen Verbindung mit der Nadel gewählt werden. Auch kann der Kokonsfaden durch Einreiben mit Graphit- oder Bronzepulver leitend gemacht werden.



Fig. 68.

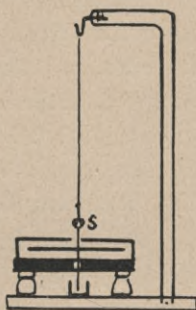


Fig. 69.

Die Schaltung.

Je zwei diagonal gegenüberliegende Gehäuseteile werden durch einen aufgelöteten Kupferdraht miteinander elektrisch verbunden. Von jedem so geschaffenen Paar führt ein Draht zu einer auf isolierendem Siegelack eingefitteten Klemme auf dem überstehenden Teile des Grundbrettes. Eine dritte, gut isolierte Klemme taucht in die Flüssigkeit des Gläschens auf dem Grundbrett und steht so mit der Nadel in leitender Verbindung.

Die Ableitung.

Ein Quadrantenpaar wird mit der Erde, das andere mit der zu untersuchenden Spannung verbunden; die Nadel wird auf ein

hohes Potential aufgeladen. Es werden dazu bereits 50 Volt genügen. Hat man diese Spannung nicht zur Verfügung, so schaltet man eine Hochspannungsbatterie an. Der Nadelaus Schlag wird durch Spiegelableseung (s. § 7, Fernrohr) gemessen.

Hochspannungsbatterie (Fig. 70, 71).

Da die zu beschreibende Hochspannungsbatterie aus kleinen Akkumulatoren besteht, ist also die Spannung das Doppelte der Zellenzahl.

Wir nehmen kleine Gläschen von 3 cm Höhe und 1 cm Durchmesser (pro Stück 1 Pf.) und stellen sie nebeneinander in einem Holzkasten auf, den wir mit heißem Paraffin getränkt haben. Die Größe des Kastens richtet sich nach der Spannung unserer Ladebatterie. Bei 16 Volt Spannung verfertigen wir den Kasten so, daß acht Gläschen nebeneinander stehen können. Für 50 Volt Spannung stellen wir dann sieben Gläser hintereinander auf.

Nun besorgen wir uns Bleidraht von 3 mm Durchmesser und schneiden Stücke von je 5 cm ab. Auf ca. 2 cm von jedem Ende klopfen wir den Draht breit und runden an einem Glas oder Zylinder die Flächen konkav ab (s. Fig. 70).

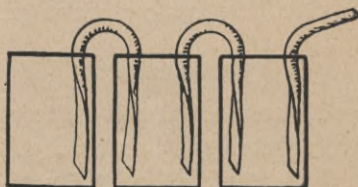


Fig. 70.

Auf diese Weise werden nun alle Gläschen miteinander verbunden. Die Enden jeder Reihe führen zu einer Klemme.

Die Schaltung auf Hochspannung erfolgt nun hintereinander nach der nachstehenden Figur 71.

Man füllt die kleinen Gläschen fast voll mit verdünnter Schwefelsäure (spez. Gew. 1,22).

Darauf folgt ein Laden jeder einzelnen Reihe durch die vorhandene Lokalbatterie.

Beim Laden einer neuhergestellten Batterie ist zuerst immer wieder zu entladen, da die Platten sich erst formieren müssen, bevor sie Strom aufnehmen.



Fig. 71.

Es dürfen nie später die Pole vertauscht werden; zu diesem Zweck sind sie genau an jeder einzelnen Klemme zu bezeichnen.

Ebenso ist deshalb sorgfältig darauf zu achten, daß der + Pol der Ladequelle mit dem + Pol der Hochspannungsbatterie verbunden wird. Die Ladung geht sehr schnell vor sich.

Bei Spannungen über 150 Volt sollen die Pole nicht mehr mit der bloßen Hand berührt werden, da sonst der Tod erfolgen kann. Die Wirkung ist jedoch den Personen und Berührungsstellen nach verschieden.

Ein Deckel schützt jeden Kasten vor dem Verstauben.

Strommeßinstrumente (Fig. 74, 75, 76).

Außer den für 3—5 *M* käuflichen Strommeßinstrumenten in Taschenuhrformat, die oft genau zeigen, können wir uns der Stromeßinstrumente bedienen.

Als Stromeßdraht nimmt man Platindraht, der zwischen zwei Klemmen ausgespannt wird (s. Fig. 72). Von der Mitte des Platindrathes geht ein dünner Kupferdraht (ca. $\frac{1}{10}$ mm) über einen Drehpunkt D (Nagel oder dergl.) und greift dicht neben dem Drehpunkt des Zeigers an diesem an. Eine Feder F aus gehärtetem Messingdraht zieht den Zeiger mit geringer Kraft in die Nulllage der Skala.

Um den Platindraht vor dem Durchbrennen zu beschützen, schaltet man in den Stromkreis eine Sicherung S ein, die bereits verbrennt, wenn der Platindraht zu glühen beginnt (Dünnermachen zu dicker Sicherungsdrähte in Säuren!).

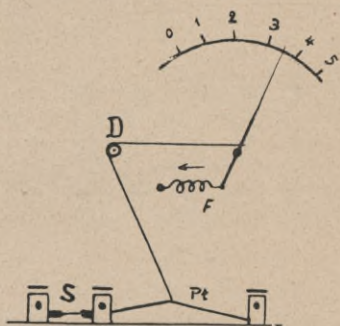


Fig. 72.

Die gesamte Anordnung, deren Einrichtung von den Verhältnissen abhängt, wird einem Kasten eingebaut, wobei sich der Zeiger hinter einer Glasscheibe bewegt (Fig. 73). Zum Einsetzen neuer Sicherungen befindet sich hinten ein Deckel, in den man auch ein kleines Glasfenster einsetzt, um den Draht zu beobachten.



Fig. 73.

Vor dem Einsetzen muß der Draht längere Zeit im fertigen Apparat auf schwache Rotglut gebracht gewesen sein, da er sonst später seine spezifische Länge ändern könnte.

Für Voltmeter muß der Platindraht sehr dünn sein (ca. $\frac{1}{10}$ mm). Um nicht zu viel Strom hindurchzuschicken, müssen dann noch passende Vorschaltwiderstände verwendet werden.

Die Wahl aller dieser Größen hängt von den Spannungsverhältnissen ab und muß eventuell probiert werden, wobei man zweckmäßig jedoch mit den größeren Werten beginnt.

Eine für einfache Laboratorien sehr geeignete Form des Heizdrahtamperemeters ist die nachfolgend beschriebene, die auf einer Kombination von Heizspule und Thermometer beruht.

Man umwickelt ein Thermometergefäß mit einigen besponnenen Windungen eines Drahtes von hohem spezifischen Widerstande, so daß beim Durchgange des Stromes durch diese Windungen das Quecksilber in der Thermometerkapillare infolge der erzeugten Wärme steigt.

Die Eichung geschieht durch Vergleichen mit einem bereits geeichten Instrument, jedoch erst nach längerer Erwärmung der Spule auf ihren Höchstwert; zeigt das Thermometer 0° – 100° , so sind die Verhältnisse der Heizspule so zu wählen, daß bei dem stärksten zu messenden Strome das Thermometer nicht über 50° zeigt.

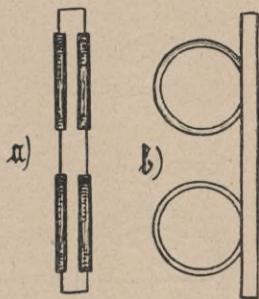


Fig. 74.

Galvanoskop.

Da ein Galvanoskop von uns sehr selten gebraucht wird, kommen wir mit dem vorerwähnten Taschenvoltmeter aus, das einen Widerstand von ca. 20 Ohm haben wird. Sonst wickeln wir einen besponnenen, dicken Draht mehrmals um ein Brett und setzen eine Magnetnadel über die Mitte der Windungen auf die Spitze einer feinen Nähnadel auf. Um Strom anzuzeigen, wird es auch oft genügen, den Draht nur über eine Magnetnadel zu haken.

Spiegelgalvanometer.

Zur Messung sehr schwacher Ströme reicht das Galvanoskop nicht mehr aus.

Prinzip.

Wir müssen daher die Wirkung der einzelnen Teile des Galvanoskopes zu vervielfachen suchen und zur Ablesung die Spiegelablesung verwenden (s. § 7, Fernrohr).

1. Wir nehmen zwei Magnete, von denen jeder wieder aus drei einzelnen besteht.

2. Wir nehmen zwei Spulen, von denen jede auf beide Magnete günstig wirkt.

3. Die Windungszahl wird vervielfacht.
4. Die Magnetnadeln werden astatisch angeordnet.

Fertigung.

Es werden über einem runden Glasgefäß von 5 cm Durchmesser vier Spulen von je 50 Windungen gewickelt (Draht 0,5 mm). Die abgenommenen Spulen werden fest mit Garn umwickelt und mit Asphaltlack gestrichen.

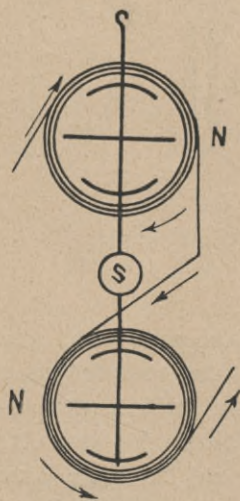


Fig. 75.

Nun werden sie an eine Stange Siegelack paarweise nach Figur 74 angeschmolzen, so daß zwischen einem Paar ein Raum von 5 mm bleibt und das untere und obere Paar um 3 cm voneinander absteht.

Die Schaltung der Spulen erfolgt nach der nebenstehenden Figur 75.

Nun nimmt man einen Aluminiumdraht von 15 cm Länge und kittet nach Figur sechs dünne Stahlstäbchen und einen Spiegel S mit Siegelack an. Die Stahlstäbchen werden nun so magnetisiert, daß das obere Trio auf der Seite den Nordpol hat, wo das untere den Südpol hat.

Der Einbau des Ganzen geschieht so, daß man die Spulen mit dem Rücken des Siegelackstabes an die Schmalseite eines flachen Gehäuses kittet und die Nadel an einem Kolonfaden einhängt (Fig. 76).

Die Drähte der Spulen endigen in Klemmen. Zur Beobachtung des schwingenden Spiegels wird ein Glasstreifen in die Seite des Gehäuses eingesetzt.

Widerstände.

Widerstände von 1 Ohm, 10 Ohm und 100 Ohm stellt man sich aus Nickelindraht von 0,5 mm Durchmesser her. Die Länge ergibt sich aus der Formel

$$l = 2,44 \cdot w \cdot q \cdot$$

Darin bedeutet l die Länge in Metern, w den geforderten Widerstand und q den Drahtquerschnitt in mm. Für den 0,5-mm-Draht ist $q = 0,196$ qmm. Die Formel ist genau für 18° C. Der Durchmesser muß mit der Mikrometerschraube bestimmt werden.

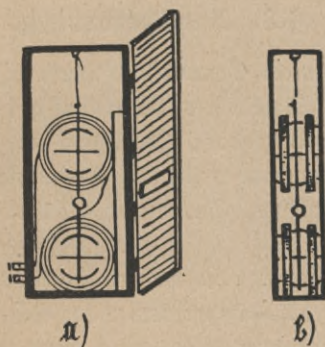


Fig. 76.

Für die weiteren Widerstände von 1000 und 10 000 Ohm nimmt man Draht von ganz geringem Durchmesser.

Man wickelt die mit Seide besponnenen Drähte auf Garnrollen und bringt, besonders bei den kleinen Widerständen, dicke Messingklappen an den Drahtenden auf den Rollen an. Den Draht taucht man in flüssiges Paraffin und lackiert dann das Ganze mit Asphaltlack.

Wheatstonesche Brücke.

Einen 0,5 mm Nickelindraht von 80 cm Länge benutzt man zwischen Stativen ausgespannt als Meßdraht der Wheatstoneschen Brücke.

§ 8. Handwerkszeug.

Nötig sind für uns: Schraubstock, Hammer, Kneifzange, Flachzange, Rohrzange, Stahlbohrer (amerikanisches System, auch als Schwungmaschine verwendbar), Holzbohrer in drei Dicken, Flachfeilen, Rundfeile, dünn und mittelstark, Dreikantfeilen in drei Größen, Schere, Messer, Laubsäge, Stemmeisen, Schraubenzieher, LötKolben (nicht zu klein).

Dazu gehörig Salmiak, Lötwater, Siegellack, Fischleim, Lanolin (Hahnfett), Maschinenöl, dünner und dicker Eisendraht.

Mit diesem Handwerkszeug wird man auskommen. Hinzu kommt das Material wie Schrauben, Nägel, Holz, Eisenblech usw.

Gerätelehrank.

Einen sogenannten Handwerkslehrank beschaffe man sich nicht. Er ist teuer, nimmt Platz fort und man braucht ihn als Physiker nicht.

In alten Reagensgläsern halte man sich etwas Schellack, Paraffin, Wachs.

Handfertigkeiten.

Es sollen nun noch kurz das Löten und die Glasbearbeitung beschrieben werden, obgleich dieses nicht in den Rahmen dieser Schrift gehört. Jedoch zeigt die Erfahrung, daß zwar auf andere Bücher verwiesen wird, der Schüler sie sich jedoch nicht verschaffen kann. Auch gehört beides, obgleich die wenigsten Physiker es können, zu den nötigen Kenntnissen.

Löten.

Um metallene Gegenstände miteinander zu verlöten, reinigt man sie zuerst mit der Feile oder mit Sandpapier und bestreicht

die Stellen dann mit Lötwasser. Dieses stellt man sich durch Lösen von überschüssigem Zink in Salzsäure her. Man benutzt das Filtrat (Fließpapier kann verwendet werden). Den LötKolben hat man inzwischen auf schwache Rotglut erhitzt und schabt nun die Stelle mit der Schneide, die das Lot aufnehmen soll, an dem Salmiakblock ab. Nimmt er dann noch kein Lot an, so feilt man die Stelle leicht, bis sie blank ist. Das Lot muß leichtflüchtig sein und beim Aufbringen glatt fließen, sonst ist der Kolben nicht heiß genug. Die Lötung spült man nachher möglichst ab, um etwaige Säure zu entfernen.

Glasarbeiten.

Für das Glasblasen nimmt man leicht schmelzbares Rohr.

Zuschmelzen.

Um Glasröhren zuzuschmelzen hält man das Ende in den unteren Saum der Bunsenflamme, bis es ganz geschlossen ist. Beim Verschmelzen mit dem Gebläse verbiegt sich das Ende sehr leicht. Zum Abkühlen macht man die Flamme zuvor leuchtend und läßt das Rohr so lange in der Flamme, bis es schwarz wird. Beim Hineinbringen ist ebenfalls zuvor vorsichtig mit der leuchtenden Flamme anzuwärmen.

Kugelblasen.

Will man eine Kugel anblasen, so stößt man den glühenden Teil erst einmal auf den Asbestschiefer auf, um mehr Glasmasse zu bekommen. Die weitere Erhitzung wird im Gebläse vorgenommen. Das Blasen geschieht sicherer nicht durch den Mund, sondern mit der Luftdruckpumpe. Man gibt allmählich immer mehr Druck; beginnt die Masse sich aufzublähen, so läßt man etwas nach. Ist die gewünschte Größe erreicht, so wird der Kolben etwas zurückgenommen. Zieht man zu weit zurück, so entsteht ein Niederdruck und der äußere Luftdruck preßt das noch weiche Glas zusammen. Nach einiger Übung wird jedoch die nötige Geschicklichkeit vorhanden sein.

Das Blasen geschieht außerhalb der Flamme.

Biegen.

Röhren biegt man in dem Schnittbrenner. Das Biegen soll langsam geschehen. Ein möglichst großer Teil der Röhre muß erwärmt sein, da sonst Knickungen entstehen. Das Ausziehen von Röhren geschieht auch außerhalb der Flamme; es ist ebenfalls im Schnittbrenner zu erwärmen, da sonst die Spitze nach der schwächer erhitzten Seite hin zu liegen kommt.

T-Stücke.

Um Löcher in Röhren seitlich hineinzubekommen, schmilzt man das eine Ende zu, setzt das andere an die Druckpumpe und erhitzt die Stelle, wo das Loch hin soll, mit einer kleinen Stichflamme. Ist eine genügend große Fläche rotglühend, so gibt man plötzlich starken Druck, so daß ein Loch entsteht. Dort kann man dann (Herstellung von T-Stücken) ein Rohr, das auch glühend am Ende ist, anschmelzen.

Verischmelzen.

Das Verschmelzen zweier Röhre geschieht so, daß die glühenden Teile zum Zusammenbacken gebracht werden, daß sie gegeneinander gedrückt, entfernt usw. werden, bis eine homogene, gleichdicke Stelle entstanden ist. Hat die Schmelzstelle verschiedene Dike, so springt das Rohr dort oft nachträglich. Die Abkühlung in der leuchtenden Flamme muß deshalb sehr langsam geschehen. Man macht die Flamme allmählich immer kleiner.

Reagensgläser.

Um Löcher in Reagensgläser zu machen, schließt man das Reagensglas mit dem angefeuchteten Daumen ab und erhitzt die Stelle, wo das Loch entstehen soll, mit der Stichflamme. Durch den infolge der Wärme entstehenden inneren Druck wird die glühende Stelle dann aufgedrückt.

Die Bearbeitung des Glases muß man erst an Abfallstücken üben, um sich nichts zu verderben.

Kürzen.

Abschneiden von Glasröhren geschieht, indem das Rohr mit der Dreikantfeile an der betreffenden Stelle etwas angefeilt und dann dort abgebrochen wird.

Freie Enden an Glasröhren sind durch leichtes Anschmelzen ihrer harten Kanten zu berauben.

Erhält Glas Sprünge, so ist mit äußerster Vorsicht das Ganze zu erhitzen; besonders bei dünnen Gläsern (Reagensgläsern) verdickt sich das Glas am Riß, so daß dort eine breite Öffnung entsteht, wenn man sofort mit heißen Flammen verschmelzen will.

§ 9. Arbeitsregeln.

Wesen der Arbeit.

Die Arbeit der Physik besteht darin, die Wechselbeziehungen der Naturkörper untereinander festzustellen, um unsern Erkenntnistrieb zu befriedigen und die gewonnenen Erfahrungen der Menschheit zunutze machen zu können.

Erkenntnismittel.

Die verschiedenen Eigenschaften erkunden wir durch unsere Sinne und, wo diese versagen oder unzuverlässig sind, durch unsere Apparate. Wir machen uns eine Vorstellung von dem Wesen der betreffenden Sache und bilden uns einen Begriff.

Das Experiment.

Diese Begriffe führen uns dazu, durch Nachdenken auf neue Erscheinungen zu schließen, wie sie uns durch Erfahrung an andern Gegenständen wahrscheinlich gemacht sind; um diese Gedankengänge nachzuprüfen, bedienen wir uns des Experimentes. Würden wir alle Kenntnisse der Vorgänge haben, so brauchten wir natürlich kein Experiment. Daraus folgt, daß je mehr Kenntnisse wir haben, je mehr Umstände wir also in Betracht ziehen können, um so sicherer unser Gedankenschluß durch das Experiment bestätigt werden wird.

Prüfung der Ergebnisse.

Wir sehen also, daß es wichtig ist, die zu untersuchenden Experimente so lange als nicht bindend anzusehen, als wir nicht in der Lage sind, zu prüfen, ob auch wirklich alle Umstände von uns bedacht worden sind; es werden uns damit viele Enttäuschungen erspart. Für den Lernenden wird es nützlich sein, sich ein Heft

anzulegen, in dem er unter dem Datum des betreffenden Tages alle Versuche, die er angestellt hat, genau beschreibt. Er wird dann später erkennen, was er früher falsch gemacht oder vernachlässigt hat, und so vor Selbstüberschätzung bewahrt werden.

Art der Experimente.

Wir können zwei Arten von Experimenten unterscheiden:

1. Ich will eine erwartete Tatsache prüfen.
2. Ich will eine Tatsache auf ihre Veränderlichkeit und auf vielleicht auftretende neue Tatsachen hin untersuchen.

Der eigentliche Trieb der Untersuchung ist, eine Gesetzmäßigkeit zu finden, der sich die Erscheinungen fügen.

Messende Untersuchung.

Eine höhere wissenschaftliche Art des Versuches ist dann noch die messende Untersuchung, die Auffindung bestimmter Werte (Konstanten), die einem Körper (oder Instrument) zukommen, oder die Feststellung der zahlenmäßigen Abhängigkeit der Änderungen des einen Zustandes vom Körper von dem andern Zustande (funktionaler Zusammenhang), z. B. Verhältnis von Temperatur und Dichte eines Körpers.

Das Experiment dient zur bloßen Feststellung der Erscheinungen, die messende Untersuchung dagegen schon mehr zur gesetzmäßigen Festlegung derselben; daher soll man sich frühzeitig daran gewöhnen, seine Untersuchungen möglichst messend zu verfolgen.

Besprechung eines Versuches.

Habe ich z. B. eine Kupfer- und Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure gestellt und in bekannter Weise durch einen Widerstand und Galvanometer den Stromkreis geschlossen, so begnüge ich mich nicht damit, festzustellen, daß der Strom abnimmt mit der Zeit, sondern ich stelle fest, um wieviel er in gewissen Zeitabständen jedesmal abnimmt. Dazu darf ich nun nicht den Galvanometerausschlag der Stromstärke proportional setzen, sondern muß zuvor die Abhängigkeit des Ausschlages von der Stromstärke festgestellt, d. h. das Galvanometer geeicht haben.

Kurven.

Die Ergebnisse der Feststellung der Abnahme der Stromstärke von der Zeit zeichne ich mir in einem Koordinatensystem als Kurve auf. Ferner suche ich die Kurven zu ermitteln bei verschiedener Verdünnung der Schwefelsäure und bei verschiedenem Widerstande.

Die unmittelbaren Ursachen der gefundenen Tactachen.

Dann kann ich untersuchen, woher die Stromabnahme kommt. Da ich das Ohm'sche Gesetz kenne, muß ich annehmen, daß sich entweder die elektromotorische Kraft des Elementes oder der Widerstand des Stromkreises geändert hat. Ersteres prüfe ich durch Anlegen eines Voltmeters, das ich vorher schon einmal angelegt hatte, letzteres durch Messen des Widerstandes in der Wheatstoneschen Brücke. Da ich sowohl eine Erhöhung des Widerstandes, als auch eine Erniedrigung der elektromotorischen Kraft finden werde, messe ich die einzelnen Teile des Widerstandes, nämlich den äußeren Widerstand, bestehend aus Leitung, Rheostat und Galvanometer, und den inneren Widerstand, bestehend aus dem Element, und zwar beim frisch zusammengesetzten Element vor der Stromentnahme, und nach längerer stärkerer Stromentnahme. Im ersteren Falle muß ich noch bedenken, daß kein Strom durch das Element gehen darf, wenn ich den Widerstand messe. Es ist also eine dahingehende Schaltanordnung zu treffen, wie sie in den Lehrbüchern der praktischen Physik zu finden ist.

Nun werde ich erkennen, daß die Änderung des Widerstandes im Element liegt.

Mittelbare Ursachen.

Daraufhin beobachte ich Platten und Elektrolyt auf etwaige Veränderungen. Den Elektrolyt auf Farbe, Dichte und chemische Zusammensetzung, die Platten auf sichtbare oder chemische Veränderung.

Meine erste Beobachtung werden die Gasblasen bilden, die an den Platten haften. Ich entferne die Gasblasen mit einem Glasstab und beobachte die jetzt steigende Stromstärke. Nun habe ich die Ursache der Abnahme des Stromes gefunden: Die Platten werden gewissermaßen zu solchen anderer Substanz.

Folgerungen.

Technisch würde daraus für die Konstruktion eines konstanten Strom liefernden Elementes zuerst folgen, eine Rührvorrichtung anzubringen, welche die Gasblasen entfernt; weiterhin, Körper anzuwenden, die überhaupt keine Gasblasen erzeugen.

Wissenschaftlich wäre jetzt experimentell oder theoretisch zu ergründen, warum die Gasblasen diesen Einfluß haben müssen.

Daraus würden dann vielleicht wieder wertvolle Fingerzeige für die Konstruktion von Elementen entstehen, usw.

Zweck des Experimentes.

Es kommt beim Experiment also darauf an, mit Wissen und einem gewissen Instinkt ausgestattet eine logische, möglichst vielseitige Änderung der Bedingungen, unter denen eine Erscheinung auftritt, vorzunehmen, um dadurch vorliegende Zusammenhänge aufzudecken.

Erfordernisse.

Zum wissenschaftlichen Arbeiten gehört also nicht nur eine erlernte Bildung, sondern auch ein feines, angeborenes Gefühl für das Richtige und Zweckmäßige. Wer dieses Gefühl nicht hat, wird es nicht weiter bringen als zum Handlanger der Wissenschaft. Die Erkenntnis des Könnens gehört daher zu dem Wichtigsten, zugleich aber auch zum Schwierigsten, das uns bei der Frage unseres Berufes aufstoßen kann. Nicht Wissen ist Macht, sondern Können. Wissen wird erst Macht, wenn man es anwenden kann.

Art der Arbeit.

Für das Arbeiten gilt das anfangs Gesagte: man arbeite nicht, um mehr zu wissen, sondern man suche Erfahrung zu sammeln, seinen Geist zu bilden. Jedes tote, brach liegende Wissen ist nur schädlich. Man überstürze sich nicht im Gefühl des Könnens. Jeder winzige fehlende Baustein im Fundament rächt sich bitter. Daher lerne man das, was unsere Naturwissenschaften und Weltkenntnis so schnell gesteigert hat: man lerne Kritik üben! Der Physiker

muß an alle Fragen herantreten mit dem Gedanken: Was berechtigt mich zu dem Glauben? Besser noch sucht er sich selbst und im Verkehr mit andern ein eigenes Urteil zu bilden. Eifersüchtig achte er darauf, sich nicht beeinflussen zu lassen. Allerdings können Gedanken und Ansichten von Jahrtausenden nicht spurlos vorübergehen, doch soll jeder nach Kräften vorurteillos sichten.

Aneignung des Wissens.

In jedem Menschen sollen die Weltgedanken noch einmal erstehen, mit Übergehung des als unnütz längst Abgetanen. Kritik am Gebotenen — und Kritik am selbst Geschaffenen! Unsere Werke liegen nicht nur in Büchern, sondern auch in uns selbst; wir sind die Träger und Übermittler einer Kultur an die Nachwelt; wir sollen bewahren und steigern. Die Jugend muß daher auch ihre Charakterbildung ebenso hoch einschätzen wie die wissenschaftliche Bildung. In Ruhe unter steter scharfer Kritik soll sie reifen. Unerbittlich gegen sich selbst, gilt es jeden Fehler zu erkennen und auszumergen. Nur unsere sittlich und geistig reifen Männer werden Klassiker der Wissenschaft werden und zu den Heroen der Menschheit zählen. Jeder soll sich bewußt sein, daß aus seinem Blute einst ein Genie kommen soll zum Segen der Menschheit.

Erziehung des Willens.

Da gilt es eiserne Selbstzucht zu üben. Jeder Fehler vergrößert sich mit der Zeit; wir müssen uns einen festen Willen anerkennen, um unser Ziel zu erreichen. Der innerlich freie Mensch soll das Ideal sein und jeder Jüngling ist Träger dieser hohen Aufgabe.

Diese Worte sollen jedem eingedenk bleiben, nicht als eine Strohfeuerbegeisterung, sondern als ernstes Wollen!

Im Laboratorium kommt die menschliche Fähigkeit zum Siege. Kein Übereilenwollen, sondern ein ruhiges sicheres Arbeiten. Wer eine Wahrheit erkannt hat, muß alles daransetzen, sie der Menschheit nicht verloren gehen zu lassen. Mißerfolge zeigen uns, was wir besser machen müssen. Ein ungebrochener Glaube an sich ist

nötig, doch kein Stolz. Wir haben noch nichts erreicht. Noch sind wir die Pioniere, die fruchtbares Land vom Unkraut zu befreien beginnen; erst dann kann geackert werden. Keiner darf zurückstehen, jeder muß sein möglichstes leisten, sonst ist nichts zu erreichen. Kein Überschätzen und kein Unterschätzen, sondern ein richtiges Erkennen seiner Kraft.

„Ein Pfuschen ist das mehr als Können —

Ein Weniger muß man zwecklos nennen.

Das Nicht'ge traf der Mann, der was er weiß, erkannt.

Nur er wird als ein Meister einst genannt!“

Ich habe versucht, im vorliegenden den Schülern der Wissenschaft den wahren Weg zu zeigen, um sie vor Abwegen zu behüten. Ich hoffe, daß wer mir bis hierher gefolgt ist, mir und meinen Wünschen auch im ferneren Leben treu bleibt und stets das dreifache Verstehen im Auge hat: Arbeiten, Erkennen und Verzichten!





Physikalische Experimente für Knaben mit selbsthergestellten Apparaten.

Herausgegeben von E. Witting.

Drei Bändchen.

Preis pro Band brosch. 80 Pfg., eleg. geb. M. 1.—

Allerlei physikalische Experimente unterhaltender und belehrender Art — ausführbar ohne besondere Apparate oder mit solchen, die sich jeder Junge selbst herstellen kann — sind hier dargeboten. In jedem Bändchen sind ganz einfache, auch für kleine Jungen verständliche Experimente enthalten, die in die Gebiete der Elektrizität und Magnetismus, der Mechanik, Akustik zc. einzuführen geeignet sind. Wer

seine Jungen durch unterhaltende anziehende Betätigung vorbereitend in diese wichtigen Wissensgebiete einführen möchte, wird mit dieser hübschen praktischen Sammlung seinen Zweck gewiß erreichen.

Einige Urteile über die Bändchen:

„Noch eins: es leistet auch vortreffliche Dienste, den schulgemäßen Physikunterricht durch einfache Versuche zu beleben oder etwas zu zeigen, was zur Selbstbeschäftigung anreizt.“ *Pädagogische Woche, Arnberg.*

„Damit ist eine reizende Beschäftigung geboten, deren sich auch namentlich die Jüngeren der Knabenschar mit Lust und Liebe bedienen.“ *Augsburger Knabenzeitung.*

„Wie ein jeder Junge physikalisch experimentieren und wie er seine kleinen Apparate selbst herstellen kann, das zeigen die hübschen Bändchen der neuen Jugendbibliothek.“ *Deutscher Hauschat, Regensburg.*



Der Zeller auf der Flasche.

„Die dem Werkchen zu Grunde liegende Idee, den Schüler zu veranlassen, Fragen an die Natur zu stellen und auf die Beantwortung durch dieselbe zu achten, ist ausgezeichnet und wird noch wertvoller dadurch, daß die Selbsttätigkeit des Kindes im Denken und Handfertigungsarbeit verbunden wird. Von diesem Gesichtspunkt aus sind die Heftchen sehr zu empfehlen. Sie werden jedem geweckten, arbeitsfreudigen Jungen viel Genuß bereiten.“ *Mitteilungen d. Lehrerhaus-Vereins, Wien.*

„In diesem Büchlein wird eine Anleitung gegeben für die einfacheren physikalischen Experimente und zwar mit Apparaten, die sich jeder Junge selbst herstellen kann. Damit ist eine reizende Beschäftigung geboten.“

Illustriertes Deutsches Familienblatt, Stuttgart.

„Diese leicht ausführbaren Experimente bereiten allen großes Vergnügen, sind sehr lehrreich und wir können die Büchlein bestens empfehlen.“ *Jugend-Rundschau, Karlsruhe.*

„Die Apparate sind gut beschrieben und mit den einfachsten Hilfsmitteln auszuführen. Sehr zu empfehlen.“ *Schweiz. Blätter für Knabenhandarbeit, Zürich.*



Rollende Wassertropfen.



Chemische Experimente für Knaben

Herausgegeben von Dr. H. L. Fulda.

Zwei Bändchen.

Preis brosch. à 80 Pfg., geb. à M. 1.—.

Was der Laie und Anfänger in der Chemie an belehrenden und unterhaltenden Versuchen und Experimenten selbständig ausführen kann und wie er es an Hand meist selbstgefertigter Apparate angreifen soll und kann, ist in diesem Büchlein in überaus klarer Weise dargelegt.

Während das erste Bändchen die einfachsten Experimente zeigt, bietet das zweite Stoff für Vorgeschriftenerere. In lehrreicher, ja anmutender Weise wird nicht bloß das Experiment selbst dargelegt, auch die wissenschaftlichen Ergebnisse und Vergleiche werden erklärt. Da diese ein-

fachen Experimente weder wertvolle Apparate noch teure Materialien brauchen, so sind sie für die Hand unserer Jungen besonders geeignet.

Einige Urteile über die Bändchen:

„In anschaulicher Weise wird alles vorgeführt, was zum erfolgreichen Experimentieren nötig ist.“ *Illustr. deutsches Familienblatt, Stuttgart.*

„Chemische Experimente bieten unserer wissbegierigen Jugend eine stets willkommene Unterhaltung und vorzügliche Belehrung und dies um so mehr, wenn die wissenschaftlichen Grundlagen beobachtet werden. Eine treffliche, mit vielen instruktiven Bildern versehene Anleitung zu solchen Experimenten bietet diese neue Sammlung.“ *Der treue Kamerad, Bludenz.*

„Das Büchlein paßt sowohl in die Hand des Lehrers als in die des Schülers. Das Material ist gut gewählt und in leicht verständlicher Sprache abgeboten. Zur Anschaffung empfohlen.“ *Schweiz. Blätter für Knabenhandarbeit.*

„In dieser leichtfaßlichen Anleitung wird in vortrefflicher Weise gezeigt, wie auf dem Wege des Selbstunterrichts chemische Experimente angestellt werden können und wie neben der Unterhaltung das erste Fundament chemischen Wissens damit Viefesfelder General-Anzeiger.“

„Im übrigen sind die Stoffe, mit denen sich der junge Experimentator nach diesem ersten Heft abgibt, höchst ungefährlicher Natur und so kann es allen jungen Leuten bestens empfohlen werden.“ *Deutsches Lehrer-Blatt, Berlin.*

„Durch vernünftige, praktische Anwendung des von einem Sachverständigen hier explizierten Lehrstoffes werden zweifellos die in der Schule erworbenen theoretischen Kenntnisse gefestigt und vertieft, das eigene Denken angeregt und dem jungen Experimentator manche vergnügliche Stunde bereitet.“ *Schlesische Zeitung, Breslau.*

„Für unsere Jungen, aber auch für jeden wissbegierigen Laien, der chemische Experimente sich erwerben will, ist diese Schrift überaus geeignet.“ *Neue preussische Kreuz-Zeitung, Berlin.*

„Das Büchlein 'Chemische Experimente für Knaben', herausgegeben von Dr. H. L. Fulda, ist eine vorzügliche Anleitung.“ *Königsberger Illustrierte Zeitung.*



Löschen des gebrannten Kalkes.



Chemie

fürs praktische Leben.

Populäre Darstellung
und Anleitung zur Beobachtung und
zum Verständnis der täglichen
chemischen Erscheinungen.

Zum Selbstunterricht
und Schulunterricht an der Hand
zahlreicher einfacher Versuche.

Von

Professor W. Weiler,

Mit 187 Illustrationen.

Preis M. 7.—.

Eine Chemie für Jedermann bildet dieses Buch, eine leichtverständliche Einführung für Laien. Um dem Anfänger über die zahlreichen Schwierigkeiten hinwegzuhelfen, die das Selbststudium der Chemie mit sich bringt, schlägt der Verfasser **einen neuen Weg**

ein. Er behandelt zunächst die chemischen Erscheinungen im gewöhnlichen täglichen Leben und erklärt daraus die Grundbegriffe, dann folgen die chemischen Erscheinungen im gewerblichen Leben. Auch in diesen werden die chemischen Grundbegriffe entwickelt, und alle diese Erklärungen werden durch zahlreiche Versuche einfacher Art (ohne besonderen Apparat) noch verständlicher gemacht. Erst am Schlusse, nachdem der Lernende durch die Einzelbeschreibungen und Einzeldarstellungen hinreichende Kenntnisse erlangt hat, wird in einer Uebersicht über das zurückgelegte Gebiet die Theorie d. h. die wissenschaftlichen Grundlagen systematisch behandelt. Abweichend von den gewöhnlichen Lehrgängen ist dieser Weg; aber er fasst die im täglichen Leben miteinander auftretenden Erscheinungen (z. B. Ernährung, Farben, Photographie etc.) zusammen, während sie sonst nach dem „Schema der Elemente“ zerrissen werden.

Zu dieser praktischen Methode gesellt sich eine lebensvolle, unterhaltende Darstellung, die den Leser anregt, sein Interesse stets lebendig erhält und ihn, den Anfänger, in die noch neue Wissenschaft auf die denkbar leichteste Weise einführt. Hierzu dienen auch die

zahlreichen experimentellen Versuche,

die der Leser mit ganz einfachen, leicht zugänglichen Mitteln auszuführen vermag, deren Ausführung Vergnügen macht und vielfache Anregung bietet. — Eine große Anzahl und geschickte Auswahl von

Textillustrationen

erleichtern das Anstellen der Versuche und vervollständigen die Ausführungen des Verfassers.

Zahlreiche praktische Beispiele

aus Haus und Küche, aus Werkstatt und aus der freien Natur führen den Lernenden in angenehmer Weise in sein Studium ein und finden durch die Versuche und Erörterungen ihre Erklärung.

In erster Linie für den **Selbstunterricht** bestimmt, dient das Weiler'sche Buch auch als **Lehrmittel in der Schule** und bildet ein **praktisches Nachschlagebuch.**

Für den praktischen Gebrauch sind mehrere Tabellen beigegeben: **Tabelle der chemischen Formeln, Tabelle der Erklärung der Fremdwörter und Fachausdrücke und eine Tabelle der chemischen Entdeckungen und Entdeckungen,** sowie ein erschöpfendes Register.

Wer sich durch Selbststudium und mittelst einfacher Experimente chemische Kenntnisse verschaffen will, sei es zu Bildungszwecken oder aus beruflichen Gründen, wird in W. Weilers „Chemie“ einen fundigen und praktischen Führer finden.

Bestellungen nimmt jede Buchhandlung entgegen, oder man wende sich an den



Brennendes Sumpfgas

Verlag von Otto Maier in Ravensburg.

Naturwissenschaftliche Unterhaltungen

für Knaben



herausgegeben von

E. Witting.

I. und II. Band:

Beschäftigungen aus den Gebieten der Botanik, Zoologie, Mineralogie.

III. Band:

Anleitung zum Mikroskopieren.

Preis pro Band brosch. 80 Pfg., eleg. geb. M 1.—

Naturkenntnis und Freude an der Natur wird der Jugend am besten zu teil durch unterhaltende Beschäftigungen auf allen Naturgebieten. In dieser Sammlung werden nun eine große Anzahl anziehender und lehrreicher Beschäftigungen geboten auf dem Gebiete der Botanik, Zoologie, Mineralogie, die zur Beobachtung und Kenntnis der Natur von selbst hinführen, Liebe zur Natur erwecken und zugleich der Jugend größtes Vergnügen und edelste Unterhaltung bereiten.

Band I und II behandeln in kleineren Abschnitten die verschiedensten Gebiete der Naturwissenschaft. In Band III wird eine treffliche Anleitung fürs Mikroskopieren gegeben mit leichtfaßlichen Erklärungen.

Aus dem Inhalt der drei Bändchen:

I. Band:

Beschäftigungen aus dem Gebiet der Zoologie: Das Vogelhaus und seine Einrichtung. — Die Sprachkünstler unter den Vögeln. — Das Laubfroschhaus. — Der Käfersammler. — Das Abdrücken der Schmetterlinge. — Terrarium im Doppelfenster. — Muschelsammlung (Konchylienammlung). — Beschäftigungen aus dem Gebiet der Botanik: Die Pflanze als Sauerstoffzeuger. — Das rasche Aufblühen von Blüten. — Pflanzenbrüche. — Die Verebelung der Bäume. — Vermehrung der Wurzel durch Ableger. — Der Wurzeldruck der Pflanzen. — Eine Alpenpflanzenanlage. — Die Leistungsbahnen der Pflanzenäfte nachzuweisen. — Pflanzen und Insekten. — Beschäftigungen aus dem Gebiet der Mineralogie: Kristallmohle. — Kristalle. — Kristallisationsversuch. — Das Lötrohr. — Glas zu erzeugen. —

Farbige Glasperlen. — Ist Glas in Wasser löslich? — Eisblumen im Sommer. — Ein Relief. — Versuche mit einer radioaktiven Substanz.

II. Band:

Wie soll man die Natur betrachten? — Beschäftigungen mit der Tierwelt: Das Eichhörnchen in Gefangenschaft. — Vögel als Baukünstler. — Das Zähmen der Vögel. — Gemütsbewegungen unter den Vögeln. — Beobachtung von Ameisenlöwen. — Das Hypnotisieren der Frösche. — Pflege der Ameisen. — Die Biellenksammlung. — Biologische Insektenfassungen. — Beschäftigungen mit der Pflanzenwelt: Die Pflanze und der Regen. — Der Sauerstoffverbrauch der Pflanzen. — Die Pflanze als Stärkezeugerin. — Der Sonnentau. — Der Zimmergarten. — Versuche mit einer schnellwachsenden

Pflanze. — Das Konservieren der Pilze. — Frucht- und Samensammlung. — Eine Blätterammlung. — Beschäftigungen aus dem Reiche der Minerale: Das Lösen der Minerale. — Die Petrefaktensammlung. — Das Kristallwasser. — Schneekristalle.

III. Band:

Der Bau eines Mikroskops. — Das Mikroskopieren und das Anfertigen von Präparaten. — Herstellung von Schnitten. — Herstellung von Dauerpräparaten. — Das Untersuchungsmaterial. — Das Einfammeln des Materials. — Die Protisken. — Das Pflanzenreich. — Das Tierreich. — Die Minerale. — Einige einfache Versuche mit Protisken. — Verzeichnis der häufigsten Fachausdrücke. — Rasten zur Aufbewahrung von Dauerpräparaten. — Drehscheibe zum Anlegen von Ladrungen. — Ratschläge zum Mikroskopieren.

„Es sind „Unterhaltungen“ im besten Sinne des Wortes, amüsante Beschäftigungen, nicht etwa bloß lehrhaft trockene Anweisungen, die hier gegeben sind und darum wird das frisch geschriebene nette Büchlein sich viele Freunde erwerben.“

Lübeckische Anzeigen (Ztg.).

„Liebe zur Natur und Verständnis zu erwecken, dazu gibt es kaum ein besseres Mittel, als dieses hübsche Büchlein.“

Neue Badische Landeszeitung, Mannheim.

Verlag von Otto Maier in Ravensburg.

Spiel und Arbeit

Eine Kollektion von Modellbogen und Anleitungen zur Selbstherstellung von allerlei Spielwerk und Apparaten.

Elektrische Apparate.



Physikalischer Experimentierkasten für Knaben

1. Reibungselektrizität. Anleitung zur Selbstherstellung von allerlei Apparaten hierzu, sowie Anweisung zu Versuchen. Mit farbig. Modellbogen. Von Ernst Honold. 2 Teile. [Bd. 57 u. 58.] Preis pro Band Mk. 2.—.

Wie sich jeder Junge aus ganz billigem Material, wie es in jedem Haus meist sich vorfindet, selbst einen Experimentierkasten einrichten kann, wird in diesen Büchlein erklärt, die nebenbei auch eine Anleitung zum Experimentieren geben. Das 57. Heft enthält als Anfangsbeft den mehr elementaren Teil der Reibungselektrizität, dem sich das 58. Heft stufengemäß anschließt. Weitere Hefte, die später folgen, behandeln die Herstellung experimenteller Vorrichtungen auf physikalischem Gebiet in gleich einfacher Weise.

Induktions-Apparate. Modellbogen und Anleitung zur Selbstherstellung verschiedener Elektrischer Apparate und Funkeninduktoren, mit 2 Detailbogen. Von E. Honold. [Bd. 33.] Preis Mk. 1.80.

Jedermann, der sich mit Versuchen auf dem Gebiete der Elektrizität befaßt, braucht einen Elektrischer-Apparat bzw. Funken-Induktor. Wie man solche Apparate selbst herstellen kann, zeigt dieses Heft, das sowohl kleinere als größere Apparate behandelt. Ausführliche Detailszeichnungen erleichtern die Herstellung.

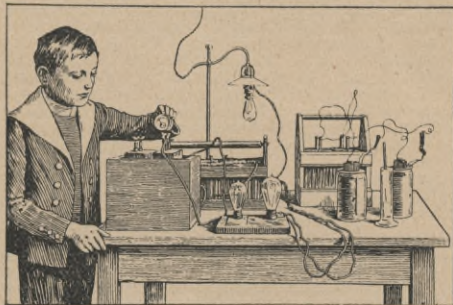
Tesla-Licht (elektrisch. Licht). Leichtfaßliche Anleitung zur Selbstherstellung eines Apparates zur Erzeugung von Tesla-Licht. Von A. Czepa. [Bd. 34.] Preis Mk. —.70.

Tesla-Apparate ermöglichen die Erzeugung prachtvoller elektr. Lichteffekte frei oder in gewöhnl. Glasbirnen. Die farbigen Lichterscheinungen bilden nicht nur ein interessantes Studium für junge Elektrotechniker, sie eignen sich auch zu effektvollen Darbietungen.

Telephon. Selbstherstellung einer guten Telephonanlage. 6 Modellbogen und Anleitung. Von Ernst Honold. [Bd. 18.] Preis Mk. 1.50.

Ein gutes Telephon kann sich jeder Junge selbst herstellen, der mit Säge, Feile, Hammer u. dergl. umzugehen versteht. Es ist ein leichtes, nach den Zeichnungen und Modellbogen und nach dem leichtverständlichen Text dieses Büchleins sich ein praktisch sehr brauchbares und hübsches Haus-telephon mit ganz geringen Kosten und ohne besondere Mühe selbst herzustellen und eine entsprechende Telephonanlage anzulegen.

Elektrische Klingel und elektrische Batterien. Modellbogen und Anleitung zur Selbstherstellung. Von E. R. Fillef. [Bd. 17.] Preis 80 Pfg. Wie jedermann eine elektr. Klingel resp. ein elektr. Läutewerk mit geringen Mitteln selbst herstellen kann, ist hier in praktischem Modellbogen und leichtverständlicher Anleitung überaus klar niedergelegt.



Akkumulatoren.

Modellbogen und Anleitung zur Selbstherstellung und Behandlung mit Rücksicht auf die verschiedensten Verwendungszwecke und Stromverhältnisse.

Von E. Schroeder.

[Bd. 54.] Preis Mk. 1.20.

Nach dieser leichtverständlichen Anleitung kann unschwer eine Akkumulatoren-Batterie erbaut werden. Die Beschaffenheit der in Betracht kommenden Substanzen bringt es mit sich, daß sich nur die reifere Jugend damit beschäftigt. — Die Batterien hiernach gebaut, funktionieren sehr gut.

Spiel und Arbeit

Eine Kollektion von Modellbogen und Anleitungen zur Selbstherstellung von allerlei Spielwerk und Apparaten.

Elektrische Apparate.



Elektrisches Licht.

(Dynamomaschine)

Von D. Mayer.

[Bd. 20.]

Preis Mt. 1.20.

Modellbogen und Anleitung zur Selbstherstellung.

Durch eine selbst erbaute Dynamomaschine wird elektrisches Licht erzeugt.

Achtbarkeit und sauberes, cracktes Arbeiten bei der Herstellung werden hochbetohnt, wenn das elektrische Licht erstrahlt.

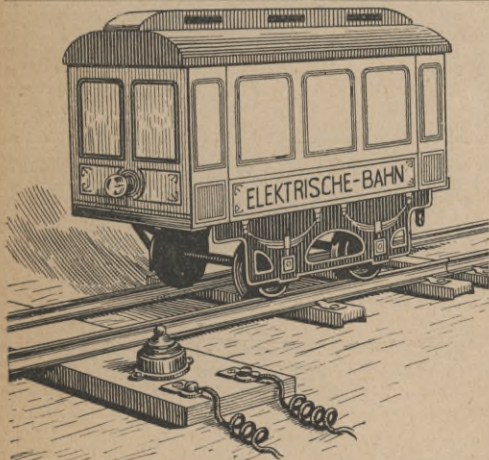
Die Dynamomaschine kann auch durch eine selbst herstellbare kleine Turbine (Heft 19) angetrieben werden, die an der Wasserleitung in der Küche oder sonstwo angebracht wird. Die zur Dynamomaschine nötigen Eisenteile können vom Verlag beschafft werden.

Fürs reifere Alter eine sehr interessante Beschäftigung.

Elektrischer Strommesser. Anleitung und Modellbogen zur Herstellung eines Volt- und Amperemeters. Von E. Lupberger. [Bd. 55.] Preis 80 Pfg. Ein Apparat zum Messen des elektrischen Stromes kann nach diesem Heft auf einfache Weise hergestellt werden.

Elektrischer Fahrstuhl (Lift). Betriebsfähiges Modell eines Fahrstuhls (Lift) von E. Schröder. Mit einem Modellbogen. [Bd. 47.] Preis Mt. 1.—. Die gewöhnliche Schwachstrom-Batterie fürs Läutwerk genügt zur Inbetriebsetzung. Einen besonderen Effekt macht es, wenn der Fahrstuhl etwa mit einem Puppenhaus oder dergl. in Bezug gebracht wird. Er hält auf Wunsch in jedem Stockwerk gerade wie ein richtiger Fahrstuhl.

Telegraphen-Apparat. Modellbogen und Anleitung zur Selbstherstellung von funktionierender Telegraphen-Apparat (System Morse) kann nach dieser Anleitung mit Absende- und Empfangstation aus Zigarrenholz und einigen metallischen Zutaten mit Leichtigkeit erbaut werden. Es ist auch Anleitung für die Anlage der Elemente und für den Betrieb gegeben.



Elektrische Eisenbahn.

Anleitung zur Selbstherstellung von

P. R. Riemenschneider.

Mit 1 Modellbogen.

[Bd. 44]

Preis Mt. 1.20.

Eine elektrische Straßenbahn, die mit elektrischer Zuleitung auf den Schienen dahinfährt, läßt sich mittelst zweckmäßigen Modellbogen und einer leichtverständlichen Anleitung selbst erbauen. Eine vorzügliche, interessante Beschäftigung für die Knaben.

Spiel und Arbeit

Ein Kollection von Modellbogen und Anleitungen zur Selbstherstellung von allerlei Spielwerk und Apparaten.

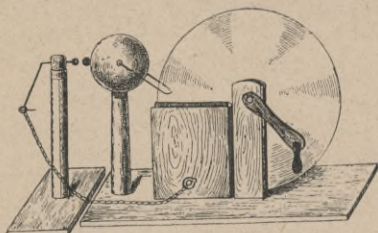
Elektrische Apparate.

Elektrifiziermaschine.

Von E. R. Fiefl.

[Bd. 15.]

Preis 80 Pfg.



Bei den Experimenten unserer Jungen spielt neben dem Elektrophor die Elektrifiziermaschine eine wichtige Rolle. Diese selbst herzustellen, sowie die nötigen Nebenapparate und zwar nach Modellbogen und einer leichtverständlichen Anleitung wird durch das 15. Bändchen der Sammlung „Spiel und Arbeit“ jedem Jungen ermöglicht. Es ist selbstverständlich, daß dabei auch allerlei Lehrreiches aus dem Gebiete der Elektrizität zur Sprache kommt.

Röntgenstrahlen.

2 Modellbogen. [Bd. 49.] Preis Mk. 1.30.

Anleitung zum Experimentieren und zur Selbstherstellung verschiedener dazu nötiger Apparate von P. R. Niemannscheider. Mit In diesem Heft wird die Herstellung solcher Teile zu Röntgenapparaten gezeigt, welche der Västler auszuführen vermag, ebenso wird die Handhabung des Apparates gezeigt und es finden die Erscheinungen, die bei den Experimenten zu Tage treten, eine leichtverständliche, wissenschaftliche Erklärung.

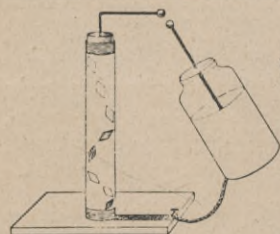
Der Elektrophor

u. seine Nebenapparate.

Von E. R. Fiefl. [B. 11.]

Preis 80 Pfg.

Elektrophor, Elektrostop und die Leydener Flasche bieten der wissbegierigen Jugend fortwährende Anregung und Unterhaltungsmittel in Hülle und Fülle. — Dieses Bändchen zeigt nicht



bloß, wie man solche Apparate um wenige Pfennige selbst herstellen kann, es gibt auch Anleitung zu lehrreichen Experimenten.

Telegraphie ohne Draht.

Modellbogen und Anleitung zur Herstellung einfacher Apparate und Stationen, sowie Anweisung zur Vornahme von Versuchen. Einfacher Apparat, sowie vollständ. Station. Von Ernst Honold.

[Bd. 37.] Preis Mk. 2.—

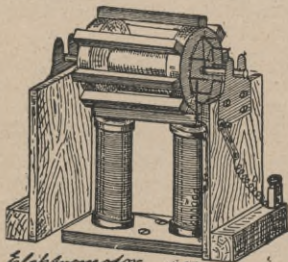
Ein kleiner Apparat für Telegraphie ohne Draht wird nach dem Modellbogen u. obiger Anleitung erbaut. Wie es sich bei diesem Apparat von selbst versteht, kann es sich hier nicht um große Distanzen handeln, doch funktioniert der Apparat auf mäßige Entfernungen tadellos und eignet sich zu den schönsten Experimenten auf diesem Gebiet.

Influenzmaschine.

Honold. Mit 1 Modellbogen.

[Bd. 50.] Preis Mk. 1.30.

Influenzmaschine, sowie Anleitung zu Versuchen. Von Ernst Honold. Mit dem 50. Heft bringt die Sammlung eine äußerst interessante, freilich nicht so ganz leichte Arbeit, eine Influenzmaschine. Immerhin für jeden, der etwas Übung in der Handlung mit Werkzeug hat, keine allzuschwierige Arbeit. Klar gehaltene Beschreibung und deutliche Modellbogen erleichtern wesentlich die Herstellung.



Elektromotor mit einer Fadenrolle hergestellt
Größe: 11 cm

Elektromotor

aus einer Fadenrolle.

Von Otto Mayer.

Aus einer Fadenrolle und allerlei leicht zu beschaffenden Eisenteilen kann sich jeder Junge selbst einen kleinen Elektromotor erbauen, der mit geringem Strom (an Hausläutewerk oder sonstige kleine Batterien angehängt) in Bewegung gesetzt werden kann und allerlei kleine Apparate zc. treibt. — Die (sehr einfache) Herstellung des Apparates bildet eine ebenso amüsante als lehrreiche und in das Wesen der Elektrizität einführende Beschäftigung. [Bd. 7.] Preis 60 Pfg.

S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299206