REVUE
ÜBER DEN INHALT
DES
ÉRTESITŐ.
SITZUNGSBERICHTE DER MEDICINISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN SECTION DES SIEBENBÜRGISCHEN MUSEUMVEREINS.

II. NATURWISSENSCHAFTLICHE ABTHEILUNG.

XVI. Band. *1891.* *II. Heft.*

EINIGE SHHULAPPARATE.

(Mit Taf. IV.)

Von K. Fuchs, Lehrer in Pressburg.

1. Wage mit zwei Schneiden.

Denken wir uns ein horizontales Brett von etwa 1 m. Laenge und etwa 2 dm. Breite. Ungefaehr in der Mitte traegt es an der Unterseite zwei lange Schneiden, mit denen es auf einer ebenen Unterlage ruht. Die Schneiden liegen der Quere nach. u. zw. etwa im Abstande von 1 dm. von einander; wir wolllen diesen Abstand mit e bezeichnen. Der Schwerpunkt des Brettes vom Gewicht p soll zwischen die beiden Schneiden s_1 und s_2 fallen, und die Entfernungen dieses Schwerpunktes von den beiden Schneiden sollen y_1 und y_2 heissen. Die Last Q legen wir so in die Mitte des Brettes, dass ihr Schwerpunkt in die Entfernungen x_1 und x_2 von den beiden Schneiden faellt. Es gelten dann also die beiden Gleichungen

$$x_1 + x_2 = e \qquad y_1 + y_1 = e$$

Links von s_1 ist eine nach links laufende Skala aufgetragen, deren Nullpunkt aber erst in der Entfernung n_1 links von s_1 liegt. Man aequilibrirt nun mittelst eines Laufgewichtes p die vereinten Lasten Q und q über der Schneide s_1 und liest an der Skala ab, wo der den Lasten zugewandte Rand des Laufgewichtes (also jetzt der rechte Rand) steht. (α_1) Der Schwerpunkt des Laufgewichtes liegt dann noch um die Strecke z_1 weiter links. Als Gleichgewichtsbedingungen haben wir dann die Momentegleichung

$$p\ (n_1 + \alpha_1 + z_1) = Q\, x_1 + q\, y_1$$

Wenn wir hierauf die beiden Lasten in gleichen Weise mittelst des Laufgewichtes p über der Schneide s_2 aequilibriren, dann erhalten wir die analoge Momentgleichung

$$p\ (n_2 + \alpha_2 + z_2) = Q\, x_2 + q\, y_2$$

Durch Additionen den beiden Gleichungen erhalten wir

$$p\ (n_1 + n_2 + \alpha_1 + \alpha_2 + z_1 + z_2) = Q\ (x_1 + x_2) + q\ (y_1 + y_2)$$

Hier ist $x_1 + y_2 = y_1 + y_2 = e$. Sodann ist $z_1 + z_2$ die Breite b des Laufgewichtes. Ferner wollen wir die Entfernung der beiden Skalennullpunkte von einander mit m bezeichnen, so dass gilt:

$$n_1 + n_2 + e = m.$$

Dann können wir unsere Gleichung auch schreiben:

$$p\ (m - e + \alpha_1 + \alpha_2 + b) = Q\, e + q\, e$$

Wir sehen hier, dass die Lage der Schneiden zur Skala und zu den Schwerpunkten eine willkürliche ist, da die Coordinaten der Schneiden ganz weggefallen sind. Wenn wir die Nullpunkte der Skalen so legen, dass bei unbelasteter Brücke, also für $Q = 0$ das Laufgewicht bei den Aequilibrirungen beiderseits auf $\alpha = 0$ gestellt werden muss, dann gilt für diesen Fall die Relation

$$p\ (m - e + b) = q\, e$$

Wenn wir diese Relation in die allgemeine Formel einführen, dann nimmt sie die einfahe Form an

$$1)\quad p\ (\alpha_1 + \alpha_2) = e\, Q$$

Wenn wir nun bei der Construction der Skala α_1, α_2, das e (den Schneidenabstand) als Laengeneinheit annehmen, dann ist $e = 1$ zu setzen. Wenn wir überdies das Laufgewicht gleich der Gewichtseinheit nehmen, dann lautet die letzte Formel

$$2) \quad Q = \alpha_1 + \alpha_2$$

Das Gewicht der ganz willkürlich auf die Wage zwischen den Schneiden gestellten Last ist also einfach die Summe der beiden Ablesungen.

Die Gevichtsbestimmung erfolgt auch dann nach der einfachen Formel 2, wenn wir $p = e$ machen. Wenn wir also den Schneidenabstand mit dm messen, das Gewicht aber in Kg. bestimmen, dann geben wir dem Laufgewicht so viele Kg, wie viele dm. den Schneidenabstand betraegt. Für $e = 0.988$ dm. haetten wir also $p = 0.988$ Kg zu nehmen, wenn die Skala in dm. construirt ist und wir nach Formel waegen wollen,

Am einfachsten entwerfen wir die Skala auf folgende Weise. Wenn q das Gewicht des Brettes ist, dann vertheilt sich diese Last auf die zwei Schneiden dergestalt, dass auf s_1 die Last $q_1 = qy_2/e$, auf s_1 aber die Last $q_2 = qy_1/e$ ruht, wobei die Summe dieser beiden Lasten

$$q_1 + q_2 = \frac{q\,y_2}{e} + \frac{q\,y_1}{e} = \frac{q}{e}(y_2 + y_1) = \frac{qe}{e} = q$$

ist. Analog können wir die Last Q durch zwei Lasten Q_1 und Q_2 ersetzen, welche auf den Schneiden s_1 und s_2 ruhen, und deren Betrag ist

$$Q_1 = \frac{Q\,x_2}{e} \qquad Q_2 = \frac{Q\,y_1}{e} \qquad Q_1 + Q_2 = \frac{Q(x_1 + y_1)}{e} = Q$$

Den Nullpunkt der rechten Skala bestimmen wir, indem wir die leere Wage oder q_1 mittelst eines Laufgewichtes $p = 1$ Kg. über die Schneide s_2 aequilibriren, und den linken Rand des Laufgewichtes auf dem Brette markiren. Es gilt dann die Momentgleichung

$$3) \quad q\,y_2 = (n_2 + z_2)\;p$$

wobei n_2 und z_2 die oben angegebene Bedeutung haben. Wenn wir sodann die leere Wage oder q_2 auch über s_1 mittelst p aequilibriren und den rechten Rand um p anf dem Brette markiren, dann gewinnen wir die Gleichung

$$q\,y_1 = (n_1 + z_1)\,p$$

In beiden Gleichungen sind nun alle Grössen bis auf $p = 1$ Kg ganz unbekannt.

Nun legen wir auf die Wage zwischen die Schneiden ein bekanntes Gewicht von $1, 2 \ldots n$ Kg. und aequilibriren in ganz gleicher Weise. Wir erhalten hiedurch zwei neue Marken und die beiden Gleichungen

$$5)\quad n\,Q\,x_2 + q\,y_2 = (n_2 + \alpha_2 + z_2)\,p$$
$$6)\quad n\,Q\,x_1 + q\,y_1 = (n_1 + \alpha_1 + z_1)\,p$$

Durch Addition dieser Gleichungen 5 und 6 finden wir

$$7)\quad n\,Q\,e + q\,e = (n_1 + n_2 + \alpha_1 + \alpha_2 + z_1 + z_2)\,p$$

Durch Addition der beiden Gleichungen 3 und 4 aber erhalten wir

$$8)\quad q\,e = (n_1 + n_2 + z_1 + z_2)\,p$$

Durch Subtraction von 7 und 8 finden wir

$$n\,Q\,e = (\alpha_1 + \alpha_2)\;p$$

oder da $Q = p = 1$ Kg. ist

$$n\,e = \alpha_1 + \alpha_2$$

Die Summa $\alpha_1 + \alpha_2$ des rechten und des linken Markenabstandes ist also gleich dem n-fachen Schneidenabstand. Da die Gleichung nur voraussetzt, das $e = 1$, also der Schneidenabstand die Längeneinheit der Skala ist, so tragen wir einfach α_1 nach rechts zu α_2 über, α_2 aber nach links zu α_1, und erhalten so beiderseits die erforderlichen freien Punkte für die Construction der Skala.

Eine Wage von dieser Construction ist verhaeltnissmässig sehr empfindich. Die Ursache liegt darin, dass die Schwerpunkte oberhalb der Drehungpunkte liegen. Man kann an derselben Wage mehrere Laufgewichte anwenden, zw. 10 Dg., 50 Dg., 1 Kg., 2 Kg. Je kleiner das angewendete Laufgewicht ist, umso genauer kann man waegen, aber umso weniger gross darf die Last sein. Für jedes Laufgewicht muss aber eine besondere Skala gezeichnet werden. Das Gleichgewicht den Wage ist stets ein labiles. Dass dies ein grosser Vorzug ist, erkent mann am einfachsten beim praktischen Gebrauch der Wage.

Man kann die zweischneidige Wage auch so behandeln, dass man mit einer einzigen Ablesung das Gewicht Q bestimmt. Man legt die Last Q_1 etwas links von s_1 auf, und aequilibrirt mittelst eines Hilfsgewichtes Q_2 über der Schneide s_1. Wenn Q_2 klein ist, dann ist das Gleichgewicht viel leichter hergestellt, als wenn man Q_1 selber verschiebt. Wenn wir die Arme von q, Q_1 und Q_2 mit y_1, x_1 und x_2 bezeichnet, und Q_2 liegt rechts von s_2, dann gilt

$$9)\quad Q_1 x_1 = q y_1 + Q_2 x_2$$

Ohne um etwas zu verschieben, aequilibriren wir die drei Lasten mittelst des rechts aufgelegten Laufgewichtes p über s_2. Nach alter Bezeichnung haben wir die Momentgleichung

$$10)\quad Q_1 (x_1 + e) + q (e - y_1) = p (n_2 + \alpha_1 + z) + Q_2 (x_2 - e)$$

Wenn wir nun Gleichung 9 von 10 abziehen, dann verbleibt

$$Q_1 e + q e = p (n_2 + \alpha_1 + z) - Q_2 e$$

oder

$$Q_1 = \frac{p}{e} (n_2 + \alpha_1 + z) - (Q_2 + q)$$

Wenn wir bei Construction der Skala e als Einheit nehmen oder p = e machen, dann wird hieraus wieder

$$Q_1 = \alpha_1 + (n_2 + z_2) - (Q_2 + q)$$

Nun können wir leicht die beiden letzten Glieder verschwinden machen, d. h. machen

$$n_2 + z_2 = Q_2 + q.$$

Wir finden n_2 am besten empirisch, indem wir $Q_1 = 0$ setzen, also die Brücke nur mit Q_2 über s_1 aequilibriren; wenn wir dann mit p über s_2 aequilibriren, dann liefert der linke Rand des Laufgewichtes die Nullmarke der Skala. Es gilt dann einfach

$$Q = \alpha$$

Der Grundgedanke bei dieser einseitigen Wage ist der, dass wir mittelst Q_2 den gemeinsamen Schwerpunkt von Q_1, Q_2 und q in s_1, also in die constante Entfernung e von s_2, der eigentlichen Wagenaxe, verlegen, worauf wir eine einfache Schnellwage vor uns haben.

Die Wage wird von Ferd. Ernecke in Berlin hergestellt.

2. *Interferirender Pendel.*

Die Resonanz beruht bekanntlich darauf, dass ein äusserer Ton gleiche Schwingungsdauer hat mit dem Eigenton eines Gegenstandes. Diesen Grundgedanken der Resonanz illustrire ich mit zwei Pendeln.

Zwei dünne, schmale Latten von etwa 1.5 m. Laenge werden in einiger Entfernung von einander so aufgehaengt, dass sie in einer Ebene pendeln. An dem einen Pendel ist eine schwere Metalllinse verstellbar. Beide Pendel sind mit einander durch einen ganz dünnen Messingdraht, der einige grosse Schraubenwindungen macht, etwa 1 dm unter den Aufhaengungspunkten verbunden. Die Linse wird etwa in zwei Drittel der Pendellaenge aufgehaengt, so dass beide Pendel nahezu synchron sind. Wenn man nun das schwere Pendel in Schwingungen versetzt, dann macht das leichte Pendel allmaelig immer grössere Schwingungen. Bald merkt man aber, dass die Schwingungen immer kleiner werden, selbst wenn man das schwere Pendel durch vorsichtige Stoesse in groessere Schwingungen versetzt. Endlich bleibt das leichte Pendel ganz stehn. Bald merkt man aber, dass es abermal immer grössere Schwingungen zu machen beginnt, und dieses Spiel wiederholt sich so lange, als das schwere Pendel schwingt. Nur wenn beide Pendel synchron sind, bleibt das leichte Pendel dauernd in grossen Schwingungen.

3. *Keilapparat.*

Bei den gebraüchlichen Keilapparaten kann von Messung gar nicht gesprochen werden. Sie sind höchstens zu annaehender Schaetzung geeignet.

Ich verwende folgenden Apparat. Auf einem horizontalen Brette sind vertical und parallel zwei Federn von Holz oder Stahl befestigt, von etwa 3 dm. Höhe, welche man auseinander neigen kann. Man kann sie in Berührung sein lassen oder ihnen eine Entfernung von 1 dm. und mehr geben, wie es beliebt. An ihren oberen Enden tragen die Federn Rollen, deren Scheiben in einer Ebene liegen. Wenn man den Scheiben nicht wenigstens 5 cm. Durchmesser gibt, wird der Apparat sehr ungenau. Man macht nun Keile aus dünneren Blech oder Pappendeckel von etwa 1·5 dm. Laenge und verschiedener Breite. An der unteren Spitze haben sie eine Oeffnung, damit man mittelst eines Drahthackens Gewichte anhängen könne. An der einen Feder ist ein horizontaler Bogen von Blech befestigt, welches seine empirische Skala traegt, an der man die Stellung der zweiten Feder abliest. Die Skala gibt die Kraft an, mit der die Federn auseinander gebogen werden. Wenn man nun die beiden Seitenkanten eines Keiles in die Furchen der Rollen setzt und Gewichte anhaengt, dann geben die Federn schön den Seitendruck.

Den Apparat liefert die Firma Ferd. Ernecke in Berlin.

4. *Schiefe Ebene.*

Die gebraüchlichen Schulapparate zur Demonstration der Gesetze der schiefen Ebene lassen wohl den Winkel messen, den die Ebene mit der Horizontalen bildet, nicht aber sin. und cos. Nun braucht man aber in der Formel gerade sin. und cos., nicht aber den Winkel. Ferner sind die Laengen und Gewichte gewöhnlich durch so unregelmaessige Zahlen ausgedrückt, dass die Proportionalitaeten durchaus nicht in die Augen springen. Sodann ist das Aequilibriren mittelst Gegengewichten unangenehm, weil so oft ein Gewicht das andere mit grossem Gepolter mit sich reisst.

Ich verwende folgenden Apparat. Zwei in cm. genau getheilte Latten von 1 m. Laenge und etwa 8 cm. Breite sind mit ihren Enden so verbunden, dass die eine horizontal, die andere vertical zu stehen kommt. Eine dritte Latte von der gleichen Laenge und Bieite dient als schiefe Ebene. An ihrem oberen Ende ist eine Schnur befestigt, welche über das obere Ende der verticalen Latte, zu einer einfachen Klemme läuft. So kann man der schiefen Ebene jede beliebige Neigung geben und sin. und eventuell cos. unmittelbar ablesen. Am oberen Ende der schiefen Ebene ist an einem Kölbchen eine Drahtspirale befestigt, welche als Federwaage dient. Die Skala ist unmittelbar auf der Ebene aufgetragen. Die Last betraegt (brutto) 1 Kg. und ruht auf einem etwa 30 cm. langen Brettchen (dessen Gewicht in das Kg. eingerechnet wird), und dieses liegt auf zwei Glasröhrchen als Gleitwalzen auf. Die Beweglichkeit der Last ist dann eine viel grössere, als wenn sie auf Raedern ruht. Die Kraft liest man unmittelbar an der Feder ab.

Die Vorzüge dieses Apparates liegen in der grossen Einfachkeit, in der automatischen Einstellung, in den runden Zahlen.

Erzeugt wird dieses Apparat bei Ferd. Ernecke in Berlin.

5. Reflexion und Refraction des Lichtes.

Es gibt viele physikalische Museen im Lande die von unberufenen Haenden unzweckmaessig zusammengestellt worden sind. Da sie aber sehr viel Geld gekostet haben, werden dem späteren berufenen Vorsteher keine Mittel bewilligt, gutes anzuschaffen oder auch nur selber anzufertigen. Für Lehrer in der letzteren Lage ist vorliegender Artikel berechnet; er basirt auf Erfahrung.

Als Lichtquelle dient eine niedere Kerze ohne Leuchter, die man unten glatt abgeschnitten hat, oder die Kante der Flamme einer Petroleumlampe L. ohne Fuss (35 kr). Etwa 2—3 dm. von dieser Lichtquelle stellt man ein hohes, glattes, cylindrisches Trinkglas mit Wasser auf. Dieses wirkt als Cylinderlinse und liefert in der Brennlinie als Bild der Flamme eine schmale, sehr helle Linie. Confocal stellt man nun ein zweites, gleiches Trinkglas auf, aus welchem nun das Licht als Strahlenband von wenig mm. Dicke austritt und bis auf die Entfernung von 2 m. als Lichtstrahl, d. i. als paralleles Strahlenbündel benutzt werden kann.

Es ist zweckenmaessig, die Lichtquelle mit einem Mantel zu umgeben, wozu man ein zusammengerolltes Blech verwendet, dessen

Raender einen Spalt von 1 cm. Oeffnung offen lassen. Als erstes Glas verwendet man zweckmaessig eine wassergefüllte Eprouvette p, die man mittelst eines Korkes auf ein Brettchen siegelt. Das zweite Glas ü waehlt man von möglichst grossem Durchmesser, etwa einen grossen Kochbecher. An seine Aussenwand klebt man als Diaphragme zwei nasse Papierstreifen. Das ganze stellt man auf ein Brettchen von 5 dm. Laenge und 10 cm. Breite, um den Strahl leicht lenken zu können.

Die Reflexion zeigt man in folgender Weise. Auf einem Bogen Papier zeichnet man einen grossen Transporteur, auf dem man nur jeden zehnten Grad zu bezeichnen braucht. An den Mittelpunkt stellt man einen Spiegel ohne Rahmen um 10 kr. Man stellt ihn senkrecht, indem man zwei Brettchen als ⊤ verbindet und an das eine den Spiegel etwa mit Wachs oder mit zwei Draht-Bügeln befestigt. Wenn man nun in irgend einer Richtung den Strahl mitten auf den Spiegel lenkt, dann zeichnet sich der einfallende und der reflectirte Strahl sehr hell und scharf auf dem weissen Papier selbst im hellen Schulzimmer.

Den Hohlspiegel demonstrirt man folgendermassen. Vom Glaser laesst man sich aus Spiegelscheiben Spiegelchen von 3 cm. Breite und 8 cm. Höhe schneiden (50 kr.) Dieselben klebt man je an ein Bauholzchen, wie sie die Kinder zum spielen verwenden. Darauf nagelt man das Brettchen, das den Strahlenwerfer trägt, an den Tisch, so dass der Strahl über den Nagelkopf geht, und letzterer als Lichtquelle angesehen werden kann. In den Abstand von etwa 1·5 m. legt man nun einen Bogen weisses Papier (Pappendeckel) und legt darauf als Brennpunkt etwa einen Kreuzer. Darauf stellt (nicht legt) man die Spiegelchen eines nach dem andern so, dass der darauf gelenkte Strahl auf den Kreuzer reflectirt wird. Man erhaelt dann von selbst einen Ellipsenbogen, der von einen Parabelbogen kaum zu unterscheiden ist. Wenn man dann über den Nagel eine Kerze stellt, und den Kreuzer wegnimmt, dann zeichnen sich die um den einzelnen Spiegeln reflectirten Strahlenbündel auf dem Papiere sehr schön, und man erhaelt einen sehr hell erleuchteten Fleck im Brennpunkte.

Schön zeigen sich die Fehler des sphaerischen Spiegels, wenn man die Spiegelchen über einen Kreisbogen aufstellt. Wenn man etwa 50 Spiegel hat, dann kann man zwei parabolische Spiegel bilden.

die Kerze in den Brennpunkt des einen stellen und die parallel reflectirten Strahlen mit den zweiten in einen Punkt vereinen. Man stellt dann stets zwei correspondirende Spiegel auf einmal unter Anwendung des Strahlenwerfers auf. Es ist dann nothwendig, den ersten Hohlspiegel hoch zu legen. Dies erreicht man, indem man die Spiegelchen auf das obere Ende ziemlich hoher Bauhölzer klebt.

Die Brechung des Lichtes zeigt man, indem man den Strahl excentrisch auf eine grosse, wassergefüllte Krystallisirschale fallen laest, auf deren Boden man eine an der unteren Seite mit aufgeklebten Bleistückeln beschwerte Pappendeckelscheibe gelegt hat, und welche man in einen kreisfoermigen Ausschnitt in einem Bogen Pappendeckel setzt, damit die weisse Ebene innen und ausen gleich hoch liege. Es zeichnet sich dann nicht nur der einfallende und der gebrochene Strahl, sondern bei geeigneten Einfallswinkel die ganze Bahn eines Lichtstrahles in einen Regentropfen bei Entstehung des Regenbogens. Ich zeichne auf einen Bogen Pappendeckel einen Kreis von 2 dm Durchmesser, einen Diameter als Einfallslot, und Senen, welche dem Sinus = 0.1, 0.2 . . . 0.9 entsprechen. Die wassergefüllte Schale setze ich aber umgestülpt auf den Bogen. Das Brechungsgesetz zeigt sich dann sehr klar. Allerdings ist die Bahn des Lichtstrales dann nur für Einen Beobachter sichtbar, der vertical von oben in die Schale blickt.

In vollkommener Ausführung wird der Apparat von Ferd. Ernecke geliefert.