

Dr. Pekár
1928. Okt. 14.

Naturwissenschaften.
J. Springer.

28. 9. 28. (Art. 995. Pekár.)
Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

Die Entwicklung der Eötvösschen Originaldrehwagen.

Von D. PEKÁR, Budapest.

(Herausgegeben von Baron ROLAND EÖTVÖS Geophysikalischen Institutes.)

H. Birekner

995

Vor mehreren Jahren habe ich eben in dieser Zeitschrift die geophysikalischen Messungen des Barons ROLAND EÖTVÖS¹ behandelt, die er größtenteils in Ungarn zur ausführlichen Erforschung der Schwerkraft unternommen hatte. Zu diesem Zweck arbeitete EÖTVÖS eine eigenartige, neue Methode aus und konstruierte ein neues, fast unglaublich empfindliches Instrument, die *Gravitationsdrehwage*. Wie ich es in dem oben erwähnten Artikel ausführlich behandelte, kann man mit diesem Apparate die räumlichen Veränderungen der Schwerkraft bestimmen, und zwar sowohl die *Gradienten* und ihre Richtungen als auch die *horizontalen Richtkräfte*, welche in die *Krümmungsverhältnisse* der Niveauläche Einblick gestatten. Mit Hilfe der Gradienten kann man die Werte der Schwerkraft an den einzelnen Beobachtungsstationen berechnen und hernach die Linien gleicher Schwerkraft, die sog. *Isogammen*, aufzeichnen. Die Beobachtungsergebnisse kann man am zweckmäßigsten graphisch auf Karten eintragen, welche somit die Störungen im Schwerkraftfeld mit der größten Ausführlichkeit darstellen. Diese Störungen werden einerseits durch die auf der Erdoberfläche hervorragenden sichtbaren, andererseits durch die unterirdischen Massen verschiedener Dichte und Konfiguration hervorgerufen. Da aber die charakteristische Größe der Anziehungskraft, nämlich die Gravitationskonstante nur den Wert von $66,3 \cdot 10^{-9}$ CGS besitzt, sind die Störungen auch ähnlicher Größenordnung. Eben deshalb muß man auch die mit der Drehwage gemessenen Größen mit einer Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-3}$ CGS bestimmen, welcher Wert jetzt allgemein als die „Eötvös“-Einheit genannt und mit „E“ bezeichnet wird.

Die Drehwage, als ein hochempfindliches und verlässliches Instrument, kann zu verschiedenen Untersuchungen sowohl auf wissenschaftlichem als auch auf praktischem Gebiete benutzt werden. In der *Physik* können damit sehr kleine Kräfte gemessen werden. Mit diesem Apparate hatten Baron ROLAND EÖTVÖS, D. PEKÁR und E. FEKETE jene wichtigen Versuche ausgeführt, durch welche sie die Proportionalität der Trägheit und Gravität bis zu einer Genauigkeit von $\frac{1}{200\,000\,000}$ bewiesen und im Jahre 1909 den BENECKE-Preis der Göttinger Universität erwarben². Der Beweis dieser Tatsache gewann neuerdings an Wichtigkeit, da diese ein grundlegendes Postulat der EINSTEINSCHEN

¹ D. PEKÁR, *Die geophysikalischen Messungen des Barons Roland v. Eötvös*, 7, 149–159 (1919).

² R. v. EÖTVÖS, D. PEKÁR und E. FEKETE, *Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität*, Ann. Physik, IV. F., 68, 11–66 (1922).

2
allgemeinen Relativitätstheorie bildet. In der *Geophysik* können mit diesem Apparat verschiedene Probleme, so z. B. die Frage der Isostasie, untersucht werden. In der *Seismologie* kann man mit dieser Methode die gefährlichen tektonischen Linien sowie die seismischen oder vulkanischen Massenverschiebungen erforschen. In der *Geodäsie* erhalten wir wertvolle und unmittelbare Daten über die wahre Gestalt der Erdoberfläche. In der *Geologie* können wir aus den Ergebnissen der Drehwagenmessungen wichtige Folgerungen über unterirdische Schichten und deren Konfigurationen ziehen.

In neuerer Zeit findet das Eötvössche Instrument bei den *praktischen Bergschürfungen* eine immer größere Verwendung. Auf Grund von Drehwagenmessungen können nämlich unmittelbare Folgerungen auf den Zug der unterirdischen Schichten gemacht werden. Es können damit die unterirdischen Abhänge, die höchsten und tiefsten Stellen der Schichten, die Antiklinalen und Synklinalen, ferner die stufenförmigen, unterirdischen Gebilde, die Verwerfungen usw. ermittelt werden, deren Kenntnis oft von höchster praktischer Bedeutung ist. Außerdem kann man mit diesem Instrument in unmittelbarer oder mittelbarer Weise wertvolle Bergschätze erforschen.

Unmittelbar kann man das Vorkommen solcher Stoffe nachweisen, deren Dichte von der Umgebung verschieden ist. Einerseits Stoffe größerer Dichte, z. B. gewisse Erzlager usw.; andererseits solche von kleinerer Dichte, besonders Salzhorste, wie das die in Ungarn und in Amerika ausgeführten Drehwagenmessungen bewiesen haben.

Mittelbar können solche Stoffe nachgewiesen werden, welche selbst zwar keine Schwerkraftstörung hervorrufen, deren Vorkommen jedoch zu solchen unterirdischen Konfigurationen gebunden ist, die mit der Drehwage erforscht werden können. Auch in diesem Falle kann das Eötvössche Instrument nach Umständen vielfache Anwendungen finden, unter denen die *Erforschung von Erdöl und Erdgas* am wichtigsten und in der ganzen Welt am meisten verbreitet ist. Erdöl und Erdgas kommen nämlich nach geologischen Erfahrungen in mannigfacher Weise vor.

1. So am Rande von Salzhorsten, wie man es auf den weit ausgedehnten Ebenen von Texas und auch in Deutschland gefunden hat; 2. Entlang dem Durchbruch von magmatischen Gesteinen größerer Dichte, nach amerikanischen Erfahrungen; 3. In der Nähe von Verwerfungen; 4. Endlich auf den unterirdischen Erhebungen, auf den Antiklinalen bzw. auf den Domen, was auch die ungarischen Messungen bewiesen haben. Alle diese unterirdischen Gebilde kann man mit der Drehwage gut und sicher nachweisen und dadurch das Erdöl und das Erdgas mittelbar erforschen. Auf ähnliche

Li

Li

3
Weise lassen sich auch öfters der Zug und die Tiefe von wasserhaltigen Schichten bestimmen. Noch in vielen anderen Fällen kann man die Eötvössche Drehwage mit Erfolg anwenden, wo die unterirdischen Gebilde praktische Bedeutung haben. Besonders auf *flachen Gebieten ist die Drehwage unentbehrlich, da hier die gewöhnlichen geologischen Methoden versagen* und man bisher nur durch kostspielige Probebohrungen sichere Auskunft erhalten konnte. Die Hügel und Gebirgsgebiete sind nämlich geologisch leicht zugänglich, da an den hervortretenden Gesteinen die Neigung der Schichten bestimmbar ist und eben deshalb sind diese Gebiete schon ziemlich ausgebeutet. Wegen den gegenwärtigen wirtschaftlichen Verhältnissen ist die Ausbeutung der unter den flachen Gebieten verborgenen Bergschätze sehr wichtig, wozu die Eötvössche Drehwage nützliche Anhaltspunkte bietet.

10
Mit Rücksicht auf die hohe Wichtigkeit und vielfachen Anwendbarkeit der Drehwage wird ein kurzer historischer Rückblick auf die Schwerkraftsforschungen von Eötvös und auf die Entwicklung seiner Apparate von allgemeinem Interesse sein. Eötvös begann seine Forschungen in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts und setzte sie fast ununterbrochen bis zu seinem Tode im Jahre 1919 fort. Die Drehwage selbst ist im wesentlichen ein an einem dünnen Draht aufgehängter leichter horizontaler Balken, welcher an beiden Enden mit größeren Gewichten belastet ist. Eötvös gebrauchte bei seinen Versuchen Drehwagen von zwei verschiedenen Formen. Bei einem Type sind diese Gewichte in gleicher Höhe, bei dem anderen ist das eine Gewicht in einer tieferen Lage mit einem dünnen Draht an dem Balkenende aufgehängt. Im allgemeinen hat die Schwerkraft, die auf die beiden an den Balkenenden befindlichen Massen wirkt, verschiedene Richtung und Größe, und dieser Differenz entsprechend entsteht eine kleine horizontale Komponente, welche den Balken gegen die Elastizitätskraft des Torsionsdrahtes in der horizontalen Ebene dreht. Nach der Theorie kann man mit der *Drehwage erster Form* nur zwei Größen bestimmen, welche die Gestalt der Erdoberfläche, die *Krümmungsverhältnisse der Niveaufläche* charakterisieren. Die *Drehwage zweiter Form* liefert außerdem noch zwei andere Größen, welche die *Veränderung der Schwerkraft in der horizontalen Ebene, den Gradienten*, bestimmen. Sie gibt also mehr, insgesamt vier Größen, von denen hinsichtlich der Folgerungen auf unterirdische Verhältnisse gerade die Werte der Gradienten besonders wichtig sind; deshalb gebraucht man in den praktischen Feldmessungen fast ausschließlich den Apparat zweiter Form. Die Drehwage erster Form hat dagegen mehr in wissenschaftlichen Messungen, so in der Geodäsie, größere Bedeutung. Ich will zuerst die Entwicklung der Drehwage zweiter Form behandeln.

Die ersten Versuchsapparate von Eötvös wurden am Beginn der achtziger Jahre, und zwar

1
in der Fabrik der *Ferdinand Süss Präzisions Mechanischen und Optischen Anstalt A. G. Budapest* verfertigt; die sämtlichen späteren und auch die gegenwärtigen neuesten Modelle werden von dieser Firma hergestellt. Ohne in die Behandlung dieser Versuchsapparate näher einzugehen, führen wir in Fig. 1 ein schon vollkommeneres Instrument vor, welches Eötvös im Jahre 1890 konstruiert und *Horizontales Variometer* genannt hatte. Mit dieser Benennung wollte er andeuten, daß man mit dem Apparate an erster Stelle die Veränderung der Schwerkraft in der horizontalen Ebene, den Gradienten mißt. Dieser Apparat wurde schon in einigen Feldmessungen angewandt und auch an der ungarischen Millenarausstellung im Jahre 1896 in Budapest ausgestellt. Außer dem an dem Torsionsbalken befestigten *Spiegel* befindet sich an dem Gehäuse des Apparates noch ein anderer feststehender, und so ist es möglich, mit Hilfe dieser beiden Spiegel, sowie des Fernrohres und der Skala die jeweilige Gleichgewichtslage und deren Veränderungen zu bestimmen. Dabei ist das Fernrohr und die Skala gegenüber dem Spiegel auf einem separaten Gestell angebracht. Die Handhabung des Apparates ist ziemlich umständlich, da man nach dem Drehen des Apparates mit dem Fernrohrgestell folgen und das von den Spiegeln reflektierte Bild von neuem aufsuchen muß. Der Drehungswinkel des Apparates wird mit einem am Apparat befestigten Kompaß gemessen. Die wichtigsten Daten des Apparates sind folgende: der Platintorsionsdraht mit einem Durchmesser von 0,004 cm ist 110 cm lang; der Torsionsarm des tiefer aufgehängten Gewichtes ist 13,2 cm, somit ist die ganze Länge des Torsionsbalkens etwas mehr als das zweifache des Torsionsarmes; der aufgehängte Metallzylinder hat ein Gewicht von 30 g, und die Entfernung seines Schwerpunktes vom Wagebalken beträgt 103 cm.

Die *einfache Drehwage*, veranschaulicht in Fig. 2, wurde schon im Jahre 1898 verfertigt und im Jahre 1900 in Paris ausgestellt. Das Fernrohr und die Skala sind hier mit Hilfe eines festen Armes am Gehäuse des Instrumentes befestigt und werden zusammen mit dem Instrument gedreht, was die Beobachtungen wesentlich erleichtert. Der Drehungswinkel wird an dem Gestell befestigten Horizontalkreis abgelesen. Dieses Modell war schon ein brauchbares Feldinstrument, mit welchem Eötvös am Beginn dieses Jahrhunderts seine ersten regelmäßigen Messungen im Freien ausführte. Um die Berechnungen der Wirkung der sichtbaren Massenunebenheiten, der sog. Terrainwirkung zu vermeiden, wurden die ersten Messungen am Eise des Balatonsees vorgenommen. Darauf wurden die Messungen in der großen ungarischen Tiefebene fortgesetzt, wo man schon natürlich die in der Nähe des Apparates befindlichen Unebenheiten in Betracht ziehen mußte. Dies war eines jener Instrumente, die EÖTVÖS, PEKÁR und FEKETE zu den Untersuchungen über die Proportionalität

1
L Spiegel

1 n

1

1 m p

2

3
5
der Trägheit und Gravität benützten. Dieser Apparat wurde für einige Jahre dem Prof. SCHUMANN geliehen, welcher damit seine Messungen im Wiener Becken ausführte. Der Torsionsdraht des Instrumentes hat ebenfalls einen Durchmesser von 0,004 cm, seine Länge beträgt aber nur 56 cm. Der Drehungsarm des unteren Gewichtes ist 20 cm, und die volle Länge des wagerechten Balkens ist hiermit etwas mehr als 40 cm. Das Gewicht des hängenden Platinynders beträgt 25,4 g, die Entfernung seines Schwerpunktes vom Balken 64,8 cm.

Fig. 3 zeigt den Querschnitt desselben Instrumentes. Das schwingende Gehänge befindet sich innerhalb einer doppelten bzw. dreifachen Messinghülse, um gegen die äußeren störenden Einflüsse genügend geschützt zu sein. Nach der Theorie muß man diesen Apparat in fünf verschiedenen Azimuthen, in fünf Stellungen beobachten, um die zu bestimmenden vier Größen zu erhalten.

Das in Fig. 4 abgebildete Modell ist im wesentlichen dem vorhererwähnten Apparat ähnlich; nur in der Konstruktion besteht ein gewisser Unterschied. Beim Transport des älteren Apparates mußte man denselben vorher öffnen, den Torsionsdraht entlasten, den Wagebalken mit geeigneten Platten und Schrauben festmachen, den Aufhängungsdraht mit dem niederhängenden Gewicht herausheben und den ganzen Apparat in mehrere Teile zerlegt in die Instrumentenkiste unterbringen. Alle diese Verfahren waren ziemlich langwierig und umständlich, außerdem bewies es sich für unvorteilhaft, daß man das Instrument im Felde so häufig öffnen mußte. In dem neuen Modell wurde deshalb der obere Hauptbestandteil des Apparates, welcher das ganze schwingende Gehänge enthält, als ein Stück verfertigt; eine geeignete Vorrichtung ermöglicht es, sowohl den Wagebalken als auch das niederhängende Gewicht von außen festzuklemmen, und so dieses beim Transport ohne weiteres in die Instrumentenkiste zu legen. Das Gestell selbst besteht nur aus zwei Teilen, aus einem Sockel und einem Dreifuß. Dieses Instrument wurde für das South Kensington Museum in London bei der Firma Süß noch vor dem Weltkriege bestellt, wurde aber erst im Jahre 1920 übernommen und im Science-Museum ausgestellt.

Um die Beobachtungszeit zu verkürzen, ersann EÖTVÖS noch 1902 eine doppelte Drehwage, welche aus Fig. 5 ersichtlich ist. Dieser Apparat besteht eigentlich aus zwei voneinander ganz unabhängigen Drehwagen, welche aber an einem gemeinsamen Sockel angebracht sind. Die Wagebalken stehen zu einander parallel, aber entgegengesetzt, was auch aus der Lage der unteren Röhren erhellt. Mit diesem Instrument beobachtet man gleichzeitig eigentlich zwei Apparate; infolgedessen genügen zur Berechnung der zu bestimmenden Größen Beobachtungen in weniger, insgesamt in drei verschiedenen Stellungen. Die einzelnen Apparate sind der in Fig. 2 dargestellten Drehwage ganz ähnlich. Auch dieses Instrument wurde von EÖTVÖS, PEKÁR und

6
FEKETE bei ihren Untersuchungen über die Proportionalität der Trägheit und Gravität benutzt. Nach diesem Apparat ließ Prof. HECKER in dem Preußischen Geodätischen Institute zu Potsdam die erste deutsche Drehwage herstellen. Zu diesem Zwecke stellte ihm EÖTVÖS nicht nur sämtliche Daten des Instrumentes bereitwillig zur Verfügung, sondern gab ihm auch einige gute Torsionsdrähte. Von diesem Potsdamer Apparat ausgehend, konstruierte Prof. SCHWEYDAR das Drehwagemodell der „Askania-Werke“ in Berlin-Friederau. Bei sämtlichen deutschen Instrumenten wurde die visuelle Fernrohrablesung mit der photographischen Registrierung ersetzt. EÖTVÖS selbst befaßte sich eingehend mit der photographischen Registrierung und seine registrierten Gravitationsbeobachtungen konnte man schon im Jahre 1900 an der Ausstellung in Paris sehen. Die Registrierung erwies sich aber bei den Feldmessungen in vieler Hinsicht als unzweckmäßig, weshalb wir sie selbst nicht gebrauchen¹. Die Wärme der Registrierlampe stört nämlich das Instrument. Die Instandhaltung der Lichtquellen und der automatischen Registrier- und Drehvorrichtung ist in entlegenen Gebieten schwer und umständlich. Es treten im Betrieb dieser Vorrichtungen besonders unter ungünstigen meteorologischen Verhältnissen öfters Störungen auf, die neue Fehlerquellen bilden. Man bemerkt sowohl diese, als auch andere bei der Benützung der Drehwage manchmal auftretenden Störungen erst nachträglich bei der Entwicklung der Registrierplatten, wogegen man bei der Fernrohrablesung die etwaigen Störungen sofort wahrnimmt, die gestörte Beobachtung wiederholen und so alle Beobachtungsreihen nutzbar machen kann. Die nachträgliche Wiederholung einiger unbrauchbarer Stationen verursacht nämlich im schlechten Gelände oft große Schwierigkeiten und beträchtlichen Zeitverlust. Die Entwicklung und Handhabung der photographischen Platten ist im Freien, besonders bei schlechtem Wetter, beschwerlich. Man muß die Platten nachträglich ausmessen, wogegen bei der visuellen Beobachtung die numerischen Daten unmittelbar zur Verfügung stehen, das Beobachtungsergebnis ist sofort annähernd bekannt und kann unmittelbar ganz genau berechnet werden, was mit Rücksicht auf die planmäßige Ausbauung des Beobachtungsnetzes sehr wichtig ist. Der einzige Vorteil der Registrierung liegt in der Bequemlichkeit für den Beobachter, was zwar auch wichtig ist, doch im Vergleich zu den vielen aufgezählten Nachteilen nicht in Betracht kommen kann, um so weniger,

¹ D. PEKÁR, Die bei Feldmessungen angewendete Drehwage des Baron Roland v. Eötvös, Z. Instrumentenkd 42, 173-178 (1922); Die Anwendbarkeit der Eötvösschen Drehwage im Felde. Z. Instrumentenkd 43, 187-195 (1923); Die Entwicklung, Empfindlichkeit und Verlässlichkeit der Eötvösschen Original-Drehwagen. Z. Instrumentenkd 45, 486-493 (1925).

re
d ss

L im Jahre

L 9

5

1 m
1 m
1 m

7
da die subjektive Beobachtung bei zweckmäßiger Arbeitseinteilung gar nicht anstrengend ist. Die oben erwähnten Nachteile der Registrierung werden auch durch neuere Erfahrungen in Amerika bestätigt, wo die Eötvössche Drehwaage sehr verbreitet ist. Die Registrierung wird dort immer weniger angewandt, hauptsächlich deshalb, weil die Instandhaltung der automatischen Vorrichtungen einen besonderen Mechaniker erfordert. Die wichtigsten Daten dieses Instrumentes sind die folgenden: Durchmesser der Torsionsdrähte 0,004 cm, Länge derselben 56 cm. Der Drehungsarm der niederhängenden Gewichte beträgt 20 cm, und dementsprechend ist die ganze Länge der Wagebalken etwas über 40 cm. Das Gewicht der niederhängenden Platinzylinder ist 28,1 g, die Entfernung des Schwerpunktes vom Balken 67,0 cm.

Schon im Jahre 1907 konstruierte Eötvös neue doppelte Drehwagen, bei welchen, sowie bei dem in Fig. 4 veranschaulichtem, einfachem Apparate, der das schwingende Gehänge einschließende obere Teil aus einem Stück besteht und sowohl die Wagebalken als auch die unteren Gewichte mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen von außen her arretierbar sind. Solche Apparate wurden einerseits bei unseren Feldmessungen gebraucht, andererseits in 1909 nach Japan, in 1910 nach Croatien, in 1911 nach Italien usw. versendet. Die im Laboratorium ausgeführten Versuche und bei den Feldmessungen erworbenen Erfahrungen führten zu vielen neuen Abänderungen und Vervollkommnungen der neuen Konstruktionen, womit aber die äußere Gestalt der Instrumente sich wenig änderte. Fig. 6 stellt das im Jahre 1925 konstruierte Modell des unter der Leitung von D. PEKÁR stehenden Baron ROLAND EÖTVÖS Geophysikalischen Institutes dar. In Fig. 7 ist eine ganze Reihe dieser Apparate ersichtlich, die nach Amerika versandt wurden.

6.
Diese Instrumente wurden außer einigen beweglichen Bestandteilen fast ganz aus Aluminium gefertigt. Auf diese Weise wurde ihr Gewicht wesentlich vermindert, was den Transport beträchtlich erleichtert. Die Arretiervorrichtung der Balken und der niederhängenden Gewichte ist so konstruiert und der Apparat ist so in den Kasten befestigt, daß er in beliebiger Lage transportierbar ist. Um den Preis des Apparates zu vermindern, verwendeten wir anstatt Platin Goldgewichte. Bei der Konstruktion des Apparates wurde besondere Sorgfalt angewandt, um den Einfluß der äußeren störenden Wirkungen womöglich ganz zu beseitigen. Auf diese Weise erreichten wir, daß unsere Instrumente auch unter den ungünstigsten Witterungsverhältnissen gute und verlässliche Resultate liefern. In diesem Modell hat der Torsionsdraht ebenfalls den Querschnitt von 0,004 cm, und die Länge von 56 cm. Der Drehungsarm des niederhängenden Goldzylinders beträgt 20 cm, sein Gewicht 29,5 g, die Entfernung seines Schwerpunktes vom Balken 66,0 cm.

1
8
Schon Eötvös selbst konstruierte kleinere Apparate, von denen das erste, im Jahre 1908 gefertigte Modell in Fig. 8 ersichtlich ist. Die Verminderung der Dimensionen des Apparates erleichtert wesentlich den Transport, was in weiten Gebieten eine große Bedeutung hat. Außerdem erwachsen, vom theoretischen Standpunkt betrachtet, gewisse Vorteile, wenn man an einem dünneren Draht aufgehängten kleineren Wagebalken anwendet. Dieser Apparat ist auch von außen her arretierbar und ist somit für Feldmessungen besonders geeignet. Für einige Jahre wurde dieses Instrument Prof. KOENIGSBERGER in Freiburg ausgeliehen, welcher damit im Verein mit Prof. HECKER einige ausführliche Messungen in Deutschland verrichtete. Nach diesem Instrument wurde das Drehwagemodell der Gesellschaft für Praktische Geophysik in Freiburg i. Br. konstruiert. Wir haben später auf die Torsionsröhren sowie auf die unteren Röhren besondere Aluminiumhülsen angebracht und erreichten damit, daß das Instrument auch in Tropengegenden, in Indien, tadellos arbeitete. In diesem Apparate hat der 56 cm lange Torsionsdraht den Durchmesser von nur 0,002 cm. Der Drehungsarm des unteren Gewichtes ist 10 cm, und dementsprechend ist die ganze Länge des Balkens etwas mehr als 20 cm. Das Gewicht des hängenden Platinzylinders ist 8,1 g, die Entfernung seines Schwerpunktes vom Balken beträgt 31,5 cm.

Später hat das Eötvös-Institut unter der Leitung von D. PEKÁR neuere kleinere Apparate konstruiert, bei welchen die Vorteile des früher erwähnten kleinen, sowie der bewährten großen Instrumente vereinigt, und die neuesten Erfahrungen der in vielen verschiedenen Gebieten vollführten Messungen verwertet wurden. Fig. 9 zeigt das im Jahre 1925 gefertigte neueste Modell, welches auch größtenteils aus Aluminium besteht und so leicht transportierbar ist. Die Handhabung des Instrumentes ist sehr einfach und bequem. Wenn man den Apparat zum Transport verpacken will, muß man zuerst die Wagebalken und die hängenden Gewichte von außen festklemmen, die Fernrohrarme in die Höhe schlagen, wie das aus dem Bild ersichtlich ist, und dann den ganzen oberen Teil in den entsprechenden Instrumentenkasten legen. Der kleine Sockel und der Dreifuß wird in die andere Kiste verpackt, vorher muß man aber die Füße durch Lockerung der Schrauben vom Gestell entfernt. Die Kisten können in beliebiger Lage, wenn notwendig auch auf dem Rücken, von Kulis befördert werden. Der Durchmesser des Torsionsdrahtes ist 0,002 cm, seine Länge 50 cm. Der Drehungsarm des hängenden Goldgewichtes ist 10 cm, das Gewicht selbst beträgt 8,5 g, die Schwerpunktentfernung vom Balken 31,7 cm.

Fig. 10 stellt das neueste Modell vom Jahre 1927 dar. In diesem Instrumente sind die Torsionsdrähte kürzer, der mittlere Teil ist so umgestaltet,

Von diesen Drehwagen wurden besonders nach Amerika ganze Reihen versandt.

7en
 daß er gegen die äußeren störenden Einflüsse noch mehr Schutz bietet, der Sockel und der Dreifuß sind noch massiver und stabiler gebaut, was auch aus dem Bilde erhellt. Außerdem wurden zur Vollkommenheit des Instrumentes noch manche kleinere Abänderung ausgeführt. Die Angaben des Apparates sind dieselben wie die des vorigen Modells, nur die Länge des Torsionsdrahtes beträgt 40 cm.

10
 Eötvös konstruierte in 1908 einen noch kleineren Apparat, dessen äußere Ansicht in Fig. 1) ersichtlich ist. Leider bewies sich dieses sehr kleine Instrument als unbrauchbar. Es ist nämlich aus prinzipiellen Gründen unvermeidlich, daß bei der Verminderung der Dimensionen des Wagebalkens, besonders über gewisse Grenzen hinaus, der Einfluß der äußeren Störungen nicht zunehme. Eben deshalb ist der eigentliche Apparat in Messingzylinder eingeschlossen und mit spiralen Wasserröhren umgeben; aber trotz dieses schon zu weit gehenden Schutzes gibt diese Drehwage keine verlässlichen Ergebnisse. Die Erfahrungen zeigen also, daß man bei der Verminderung der Dimensionen nur sehr behutsam vorgehen darf, da ein zu kleiner Apparat unbrauchbar wird! Nach meiner Ansicht ist es auch ganz unnötig und verfehlt, wenn wir danach trachten, die Dimensionen des Instrumentes über gewisse Grenzen hinaus zu vermindern. Das Instrument muß nämlich unbedingt in ein Zelt untergebracht werden, nicht nur, damit die Genauigkeit der Ablesungen erhöht werde, sondern auch, damit wir bei jedem Wetter, in Wind und Regen ohne Unterbrechung weiter arbeiten können. Dieses Zelt ist schon ein größerer und schwererer Ballast als der Apparat selbst, wird aber vom Gewicht und Umfang der Feldausrüstung vielmals übertroffen. Es ist deshalb gar nicht vernünftig und begründet, daß man gerade an der wichtigsten Sache spare, die Dimensionen der Drehwage allzusehr vermindere und damit die Verlässlichkeit der Ablesungen einbüße. Wie es das Bild zeigt, ist der die Fernröhre und die Skalen tragende Arm am Scheitel des Apparates befestigt; der Lichtstrahl wird vom Spiegel der Wagebalken durch Prismen zuerst nach oben gelenkt, dann wagerecht nach seitwärts nach den Fernröhren und Skalen. Am Scheitel des Instrumentes kann anstatt des Fernrohres auch eine photographische Registriervorrichtung angebracht werden. Jene Beobachtungsvorrichtung also, welche die Askania-Werke vor einigen Jahren patentieren ließen, war schon seit langer Zeit in unserem Institut verwirklicht. Die wichtigsten Dimensionen des Apparates sind die folgenden: die Länge des Torsionsdrahtes ist 45 cm; der Drehungsarm des hängenden Gewichtes beträgt 5 cm, und dementsprechend ist die ganze Länge des Balkens etwas über 10 cm; das Gewicht des hängenden Platinzylinders ist 1,4 g; die Entfernung seines Schwerpunktes vom Balken ist 20,3 cm. Die Balken können natürlich von außen festgeklemmt werden. Fig. 1) zeigt das Innere des Apparates.

Die Hülse mit dem Spiralrohr und die Fernröhre sind abgenommen und liegen neben dem Apparat. Durch die Öffnungen des inneren Messingzylinders kann man einerseits die eine untere Röhre, andererseits das mittlere Metallgehäuse sehen, welches den Wagebalken umgibt.

Wie ich schon vorher erwähnt habe, werden die Drehwagen erster Form, bei welchen die Gewichte des Balkens in gleicher Höhe befestigt sind, weniger gebraucht. Mit diesem Instrumente können wir nämlich nur die Krümmungsgrößen bestimmen, welche bei den praktischen Forschungen weniger wichtig sind und nur in der Geodäsie größere Bedeutung haben. Das älteste Modell dieser Art zeigt Fig. 1), das Eötvös noch im Jahre 1890 konstruiert hatte und es sehr treffend „Krümmungsvariometer“ nannte. Mit diesem Apparate beobachtet man auf ähnlicher Weise, wie mit dem in Fig. 1) dargestellten Instrumente, d. h. mit einem auf besonderem Gestell befestigtem Fernrohr und Skale. Dieser Apparat enthält einen Torsionsdraht mit einem Durchmesser von 0,004 cm, und der Länge von 150 cm. Die am Balkenende befestigten Gewichte sind einzeln 30 g schwer, die Entfernung ihrer Schwerpunkte beträgt 30 cm.

Fig. 1) stellt das „dreifache Krümmungsvariometer“ dar, welches Eötvös in 1909 konstruierte. Drei voneinander ganz unabhängige und getrennte Apparate sind in Stellungen von 120° auf einem gemeinsamen Sockel angebracht; somit kann man mit diesem die zur Berechnung der Krümmungsgrößen nötigen Ablesungen in bedeutend kürzerer Zeit beenden, als mit dem vorhererwähnten einfachen Variometer. In diesem Instrumente beträgt der Durchmesser der 56 cm langen Torsionsdrähte 0,002 cm. Die an den Balkenenden befestigten Gewichte sind einzeln 8,6 g schwer, die Entfernung ihrer Schwerpunkte ist 22 cm. Die Wagebalken sind natürlich von außen arretierbar.

In dem Vorangehenden habe ich die wichtigsten Entwicklungsphasen der Eötvösschen Drehwage angeführt. Ich war bemüht, nur das Allerwichtigste herauszugreifen, um nicht allzu viele Bilder vorführen zu müssen. Man sieht, daß dieses Instrument, obwohl es erst in dem letzten Jahrzehnt allgemein bekannt und in der ganzen Welt verbreitet wurde, auf eine Vergangenheit von 45 Jahren zurückblickt. Die hier mitgeteilte fortwährende und große Entwicklung wurde dadurch ermöglicht, daß wir bei der Konstruktion der neuen Modelle unsere Erfahrungen, die wir in den unter verschiedenen Verhältnissen ausgeführten zahlreichen Messungen erworben haben, immer verwertet haben.

Eötvös experimentierte mit der Drehwage zuerst natürlich lange Zeit hindurch nur im Laboratorium, erst im Jahre 1889 führte er erfolgreiche Messungen außer dem Laboratorium in Budapest am Fuße des Gellértberges aus. Später wurden in 1891 in Westungarn am Berge Ság lehrreiche Beobachtungen gemacht. Dann folgten einige klei-

12.

12
18

18
18
10 (110)

13

1 a
L 9 u
L h
b,
Fr

neren Messungen in der Umgebung von Budapest, in Szentlőrincz und Leányfalu. Die erste größere Aufnahme geschah im Jahre 1901 am Eise des Balatonsees, und seitdem erfolgen die Messungen in immer zunehmendem Maße, ununterbrochen unter der Leitung von Dr. D. PEKÁR, welcher seit dem Jahre 1893 als Mitarbeiter von EÖTVÖS und nach dem Ableben von EÖTVÖS seit 1919 als Direktor des Baron Roland EÖTVÖS Geophysikalischen Institutes, diese Forschungen leitet. Die Messungen wurden zuerst durch die ungarische Wissenschaftliche Akademie bzw. durch den freigebigen Mäcen Dr. A. SEMSEY unterstützt; seit 1907 werden die Kosten durch die ungarische Regierung aufgebracht. Im Zeitraum von 1921—1923 führten wir die Messungen hauptsächlich zum Zwecke der Petroleumerschürfung aus, da diese durch die d'Arcy Exploration Company Ltd. bzw. die Anglo-Persian Oil Company Ltd. finanziert wurden. Die ungarischen Messungen erfolgten allgemein in solchen Gebieten, wo wir interessante Schwerekräftstörungen gefunden haben. Es liegen leider diese Gebiete meistens an solchen Teilen des früheren Großungarns, welche uns durch den Friedensvertrag von Trianon entrissen wurden. Auf diese Weise erforschten wir das Schwerekräftfeld mit der größten Ausführlichkeit bis Ende 1927 auf einem Gebiete von 8718 qkm, und gewannen auf einzelnen Linien von zusammen 1212 km Länge einen aufklärenden Einblick. Auf Grund dessen können wir uns mit Recht rühmen, daß es kein anderes Land in der Welt gibt, wo *Gravitationsmessungen auf so ausgedehnten Gebieten und mit solcher Ausführlichkeit und Genauigkeit ausgeführt wurden*. Außerdem machten wir einige ganz besondere Messungen, so in Tirol zur Untersuchung der bedeutenden Anomalien der Niveaufläche, in der Umgebung von Tokod zur Feststellung unterirdischer Verwerfungen, im Kohlenbergwerk von Dorog zur Aufsuchung der mit Wasser gefüllten Höhlen und unterirdischen Bächen. Ferner haben wir wiederholt im Auftrage der *Burmah Oil Company Ltd.* zum Zwecke der Erdölforschung in Indien gemessen, im Winter 1923—1924 in den Dschungeln des Eingeborenenstaates Khalpur, im Winter 1925 bis 1926 und 1927—1928 in den Urwäldern von Upper Assam auf so weglosen übernäßten Gebieten, daß wir zum Transport Elefanten benutzen mußten. Wir machten zuletzt in den Jahren 1927 und 1928 Aufnahmen im Auftrage des *Ministère des Travaux Publics* der französischen Republik in der Ebene von Limagne im Departement Puy-de-Dôme.

Wir hatten bei unseren Messungen oft große, natürliche Hindernisse zu bewältigen und wir hatten viel Gelegenheit, alle jene Erfordernisse und Bedürfnisse kennenzulernen, die ein gutes Feldinstrument befriedigen muß. Durch jahrzehntelangen Laboratoriumsversuchen untersuchten wir die heiklen Einzelheiten dieses überaus empfindlichen Instrumentes, arbeiteten entsprechende Methoden zur einwandfreien Präparierung der

Torsionsdrähte, zur genauen Untersuchung der individuellen Eigenschaften und zur planmäßigen Verbesserung des Apparates aus. Alle diese Erfahrungen sicherten die allmähliche Entwicklung und Vervollkommnung der Instrumente, da die Herstellung der Apparate immer unter Aufsicht des EÖTVÖS-Institutes geschieht, die heikle innere Einrichtung sogar vom Institut selbst verfertigt wird; auch werden daselbst die Konstanten und Formeln bestimmt. Auf diese Weise entsprechen die in der Fabrik Süss in Budapest hergestellten, mit der Aufschrift „*Original Eötvös made in Hungary*“ versehenen Drehwagen hinsichtlich der Empfindlichkeit, Verlässlichkeit, Handhabung und Transportierbarkeit den höchsten Erfordernissen der Feldmessungen. Unsere Apparate werden deshalb jetzt schon in Japan, Indien, Afrika, Amerika und in den meisten Staaten von Europa gebraucht und erfreuen sich in der ganzen Welt immer größeren Rufes.

1.

ms 5108 / 205

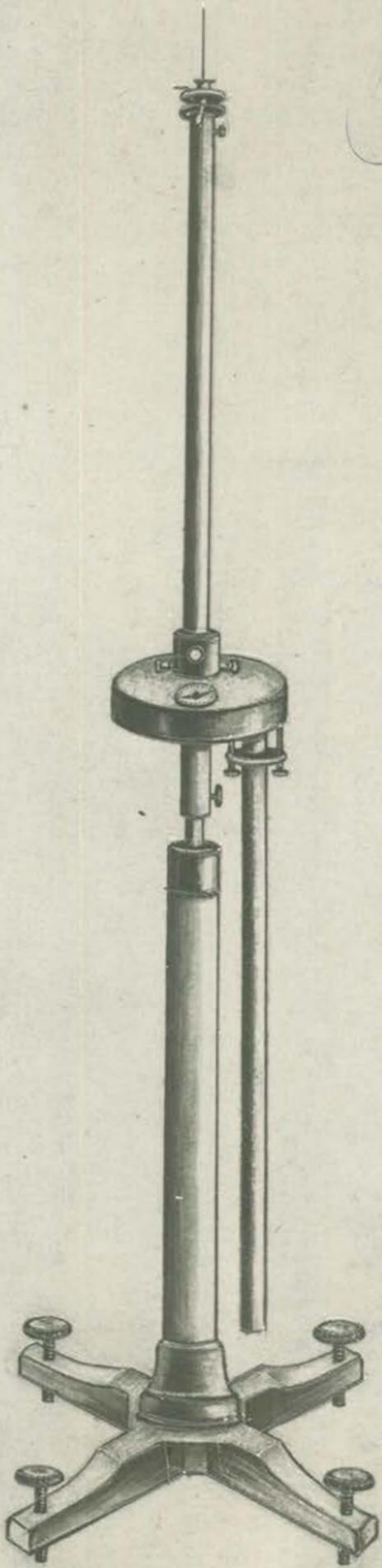
LIBRARY
UNIVERSITY OF TORONTO
120 St. George Street
Toronto, Ontario

Mon 2nd

ms. 995

Pekar

244



237

4.

5108 / 206

МАГЯН
ИДУМАНГОС АКАДЕМИ
КОНВУТНА

2/3

Nm. 995 Sekar

3205



2,36

5.
5.

Ms 5908/207

5176

MAJLIS
SUDHARTAS AKADEMIKA
KONVENSIA

2/3

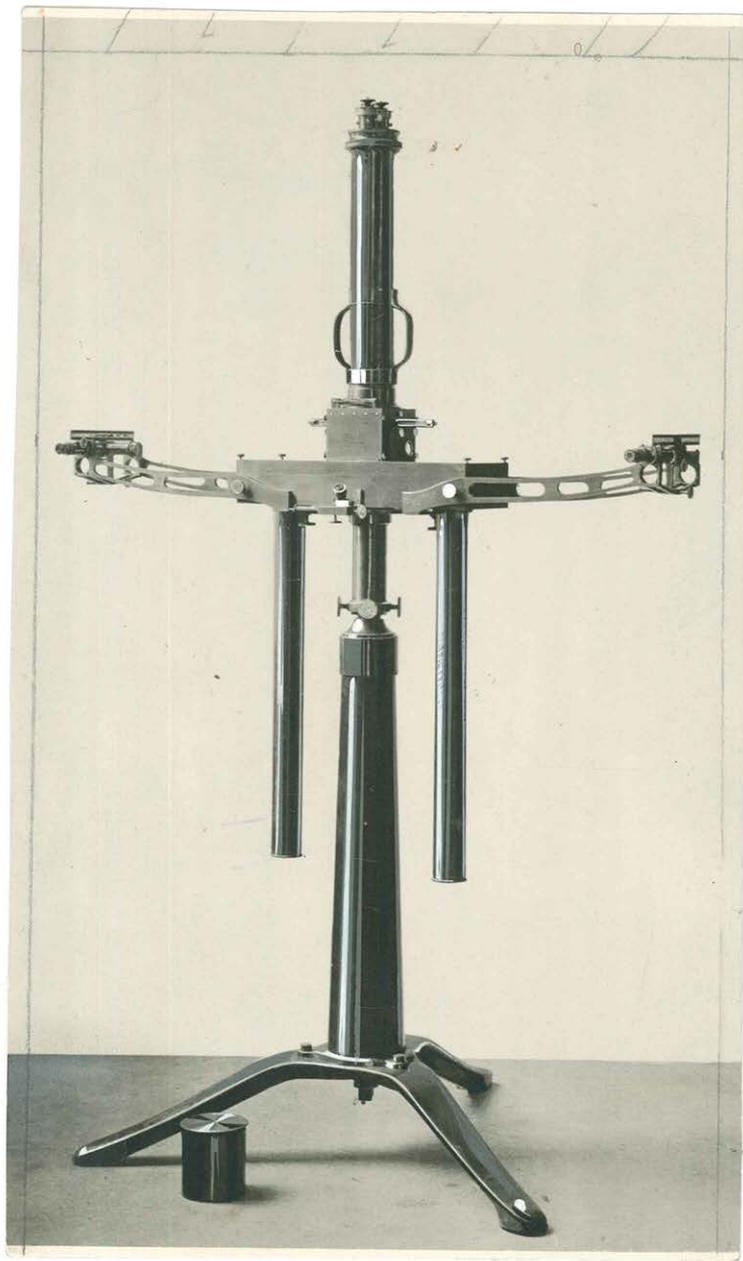
3.

abstrak bis
juu
Lilau f... ..

... .. box 105 ...

Ms. 995 Sekar

3205



939

6.

ms 5108 / 208

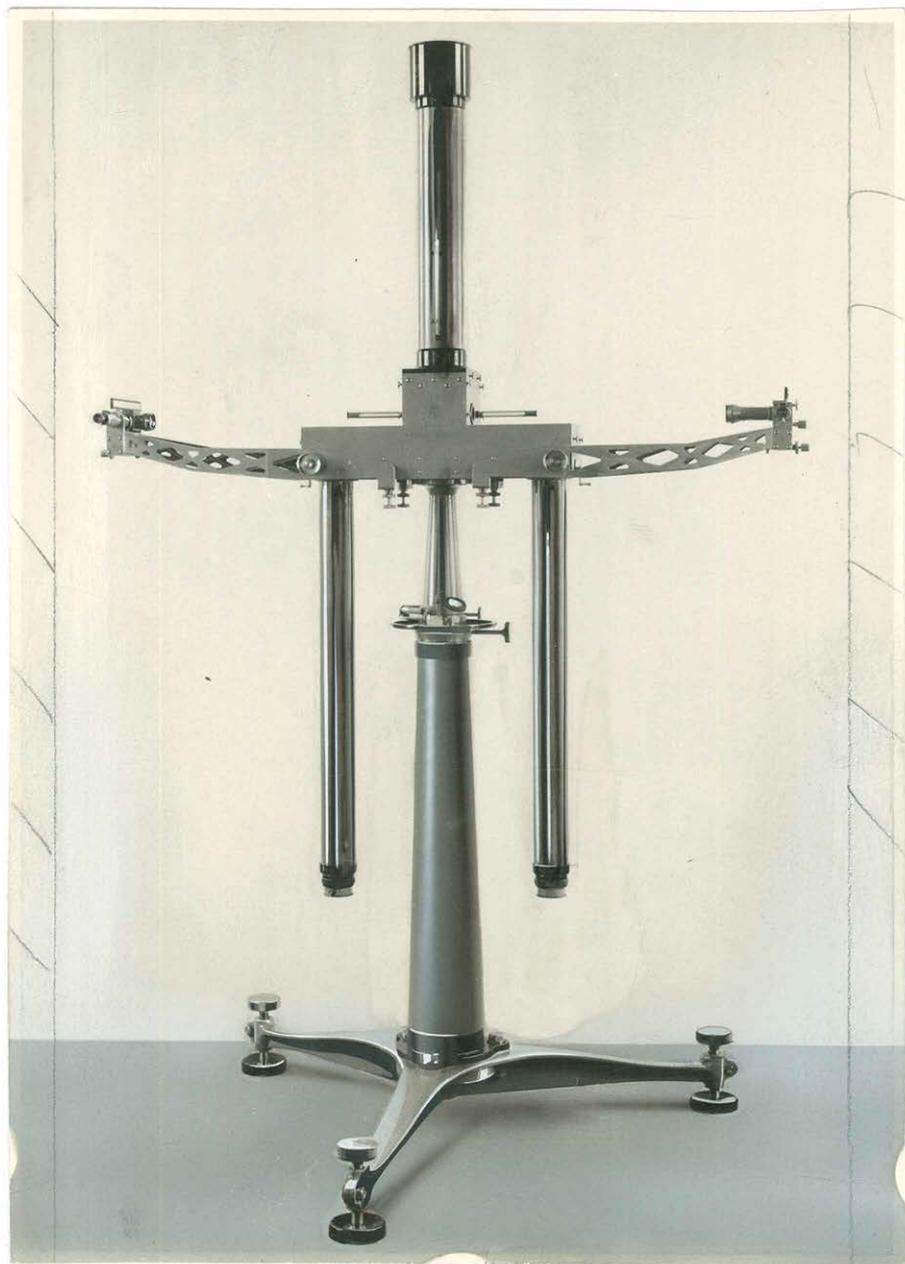
2/3

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

3205

Nm. 995

Pekar



232

8.

10.

Ms 5108 / 209

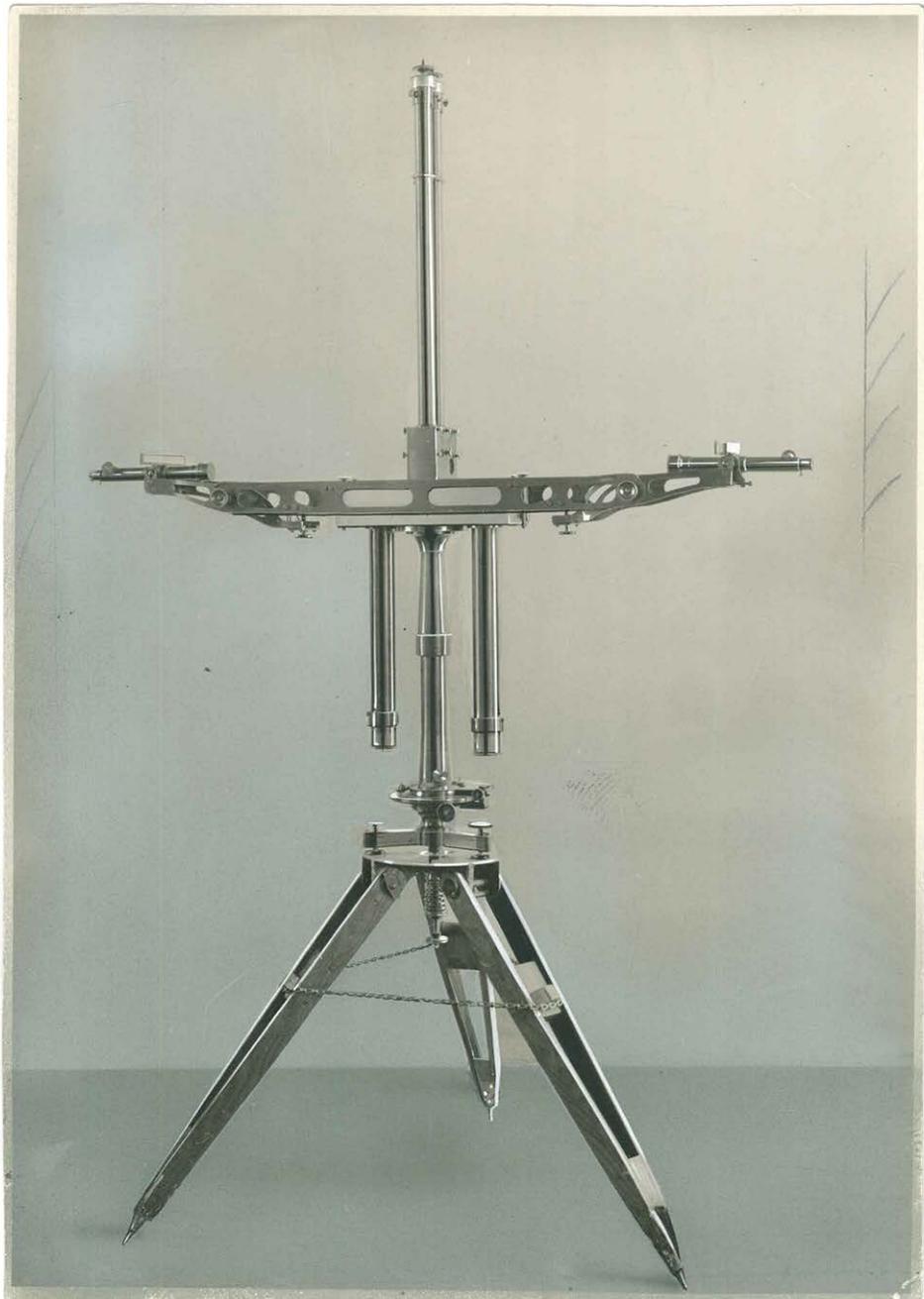
$\frac{2}{3}$

X

MAJLIS
KUDOHAYUS AL-ADIBAH
KONVIVIA

Nr. 995 Sekar

3203



240

9.

Ms 108/210

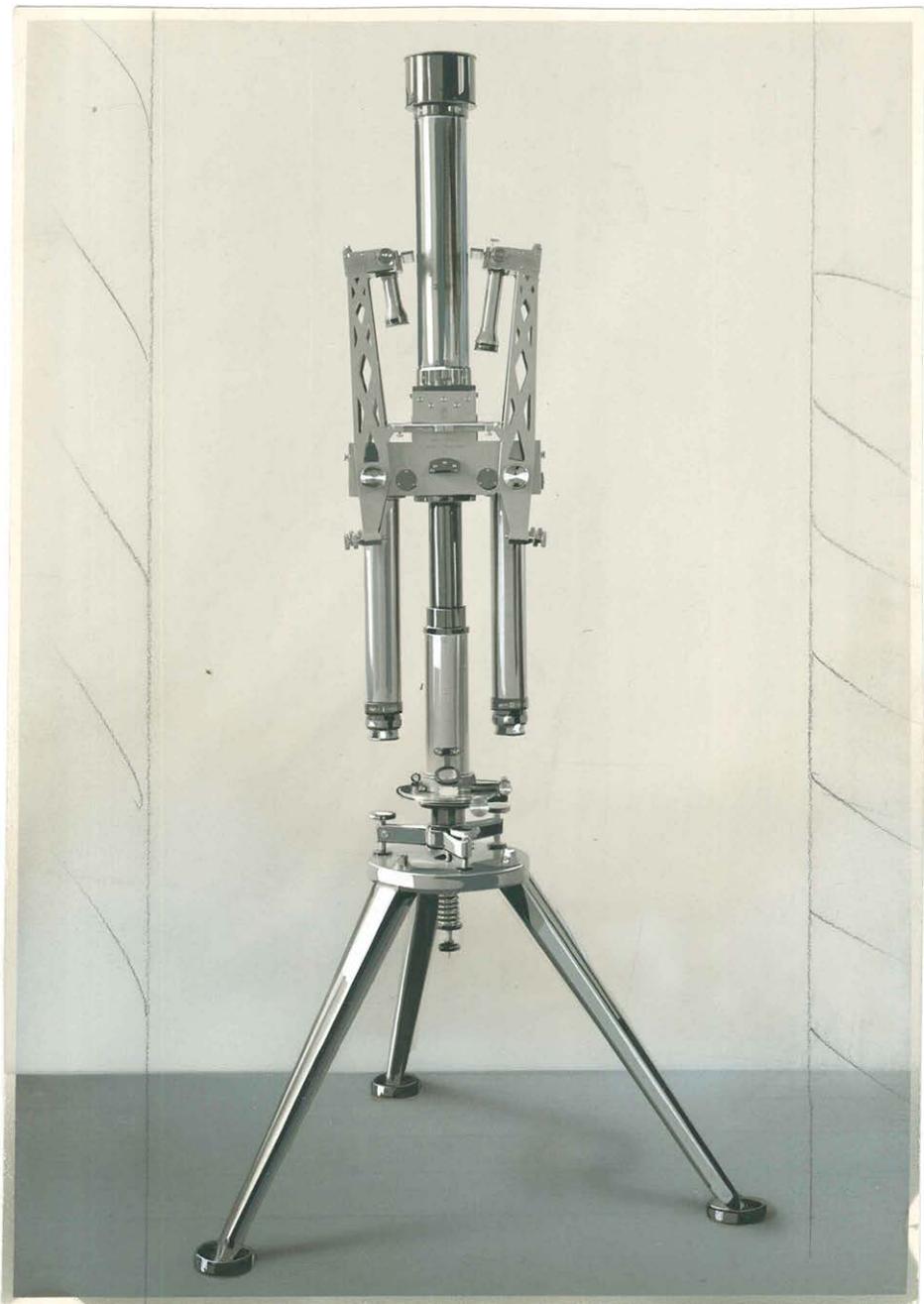
2/3

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

3205

Inv. 995

Pekar



238

11.

11.

Ms 5108/211

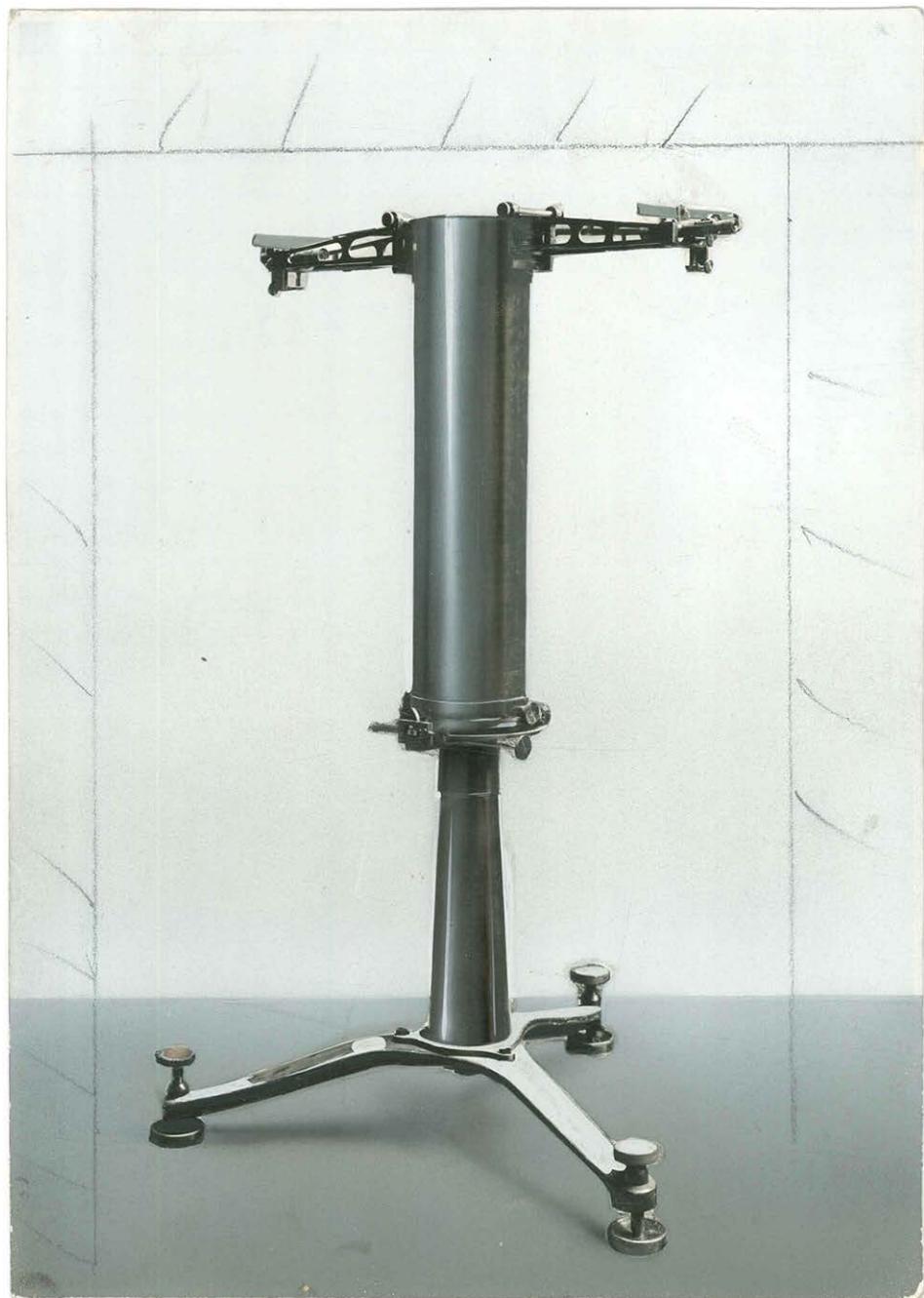
MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

21/3

3205

Nr. 995.

Pekari



233 No 5708/212

~~2/3~~
6/10

STAMBOUN
YOGYAKARTA
KEMENTERIAN
PENDIDIKAN
KEMERDEKAAN

3205

Km. 995 Pekar



135

13.

1.

Ms 5908/213

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

2/13

Nm. 995

Pekar

3205



Ms 5108/214

SM 1391

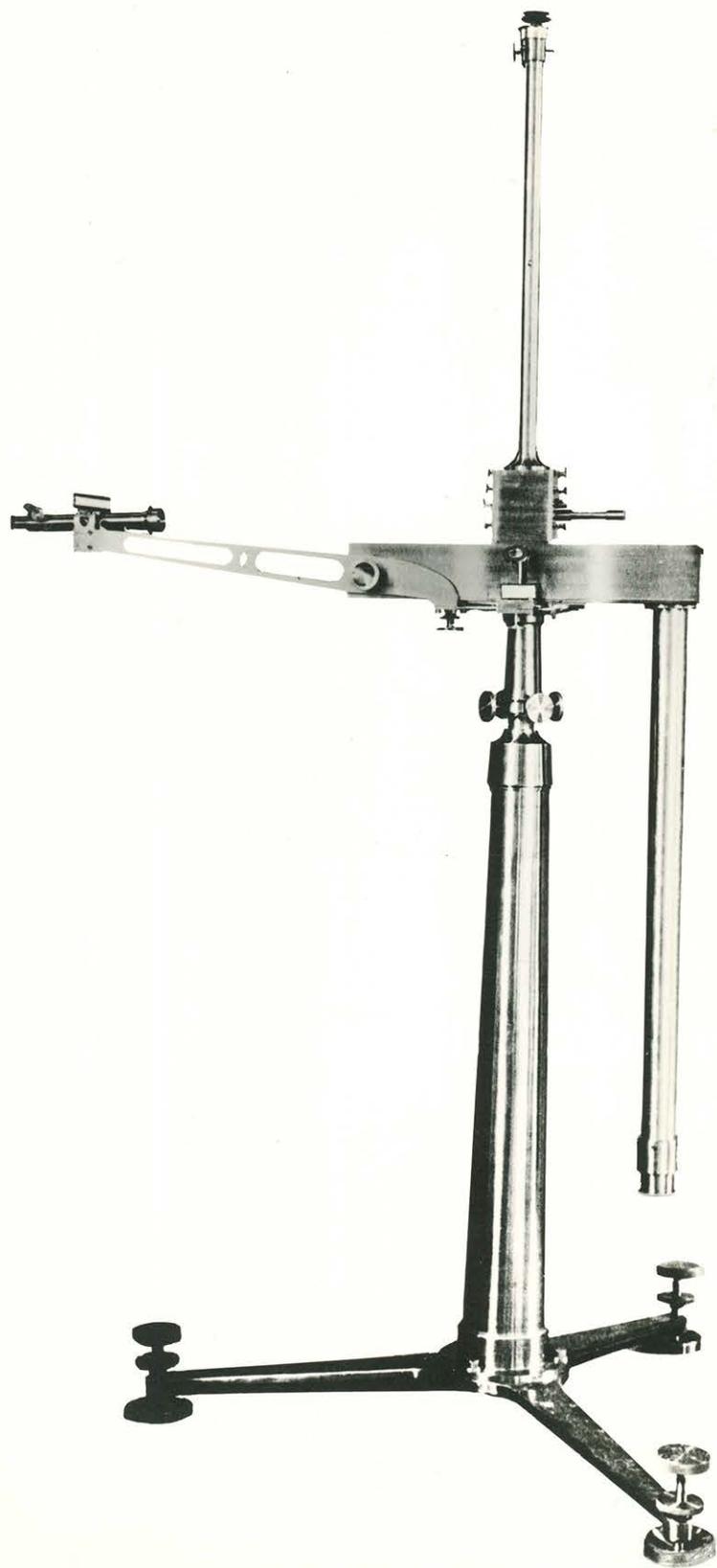
MAJAK
JUDOKININ KÄÄNTÄ
KONNUTIA



Ms 5108/215

SM 3924

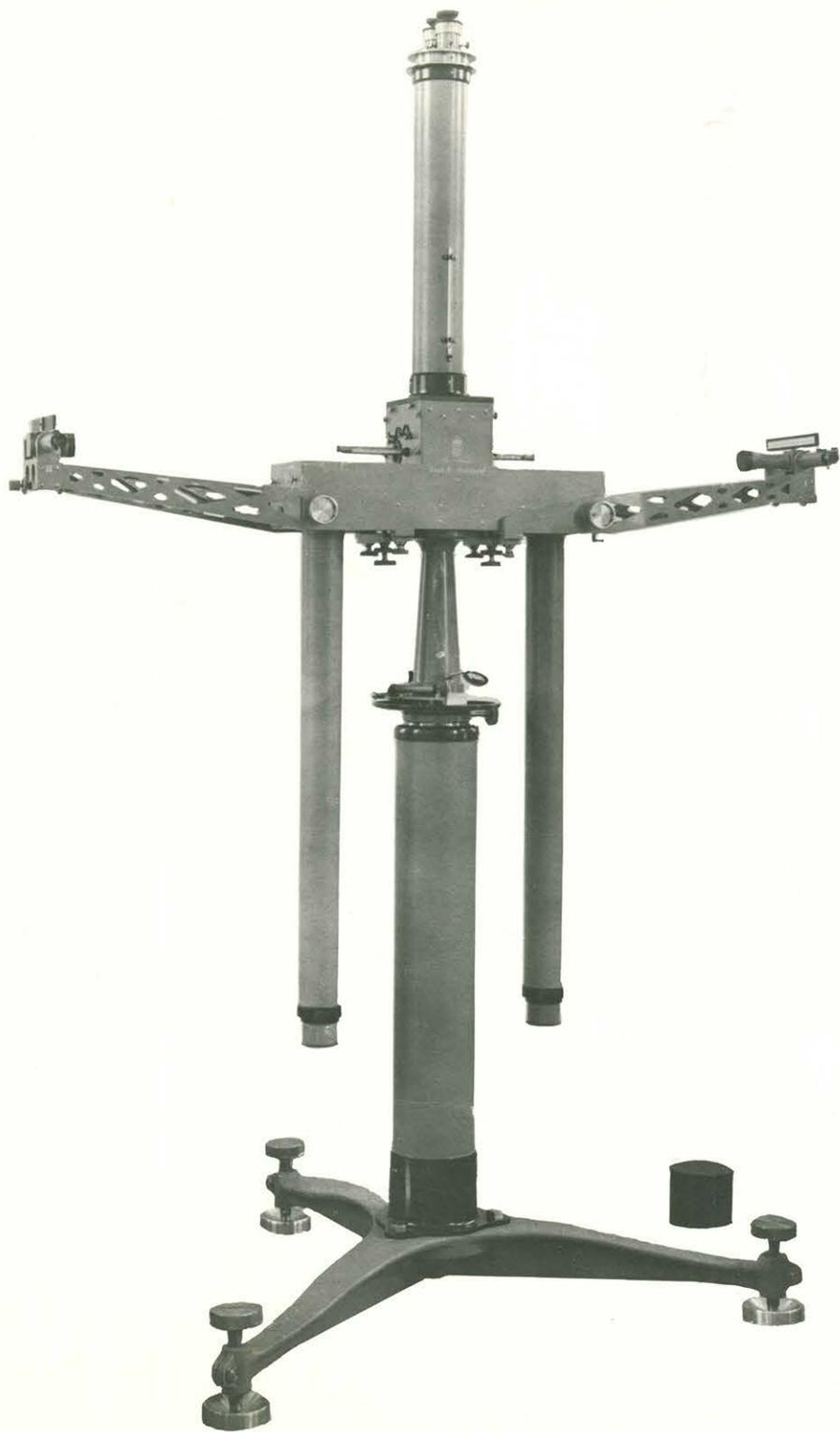
MAGYAR
UDOMANYOS ARADÉLM
KONVÉZIARA



Ms 5108/216

SM 1994

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



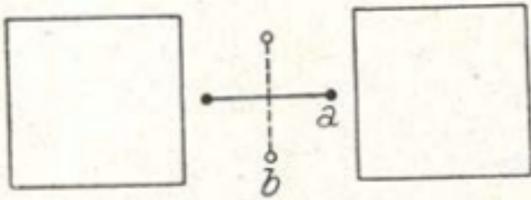
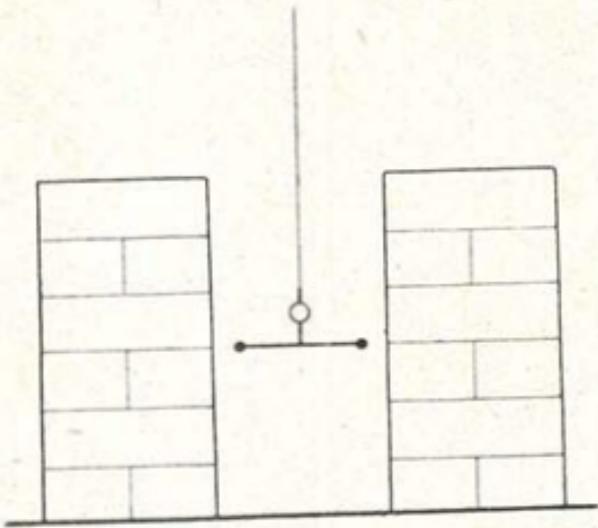
Ms 5108/217

SM 3921

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



Ms 5108/218



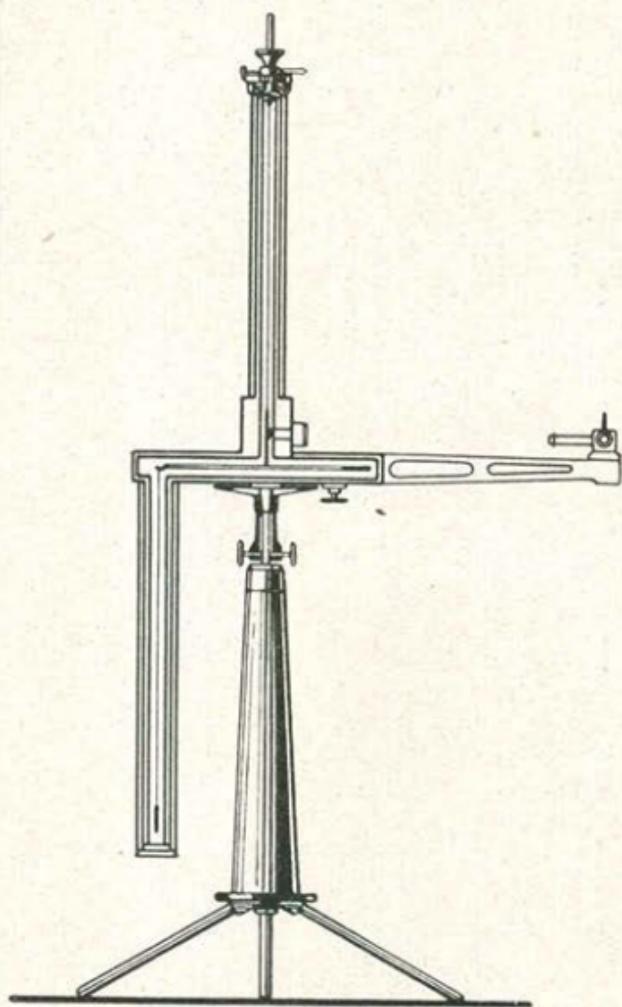
Mr. P. P. P.

Pekár

4.

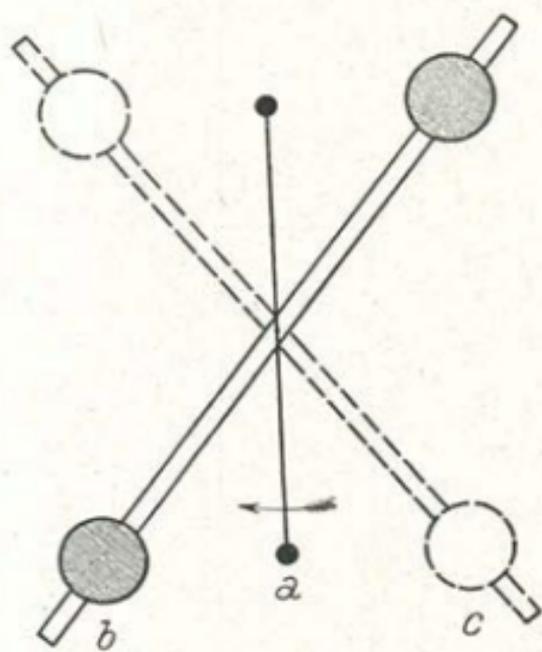
Ms 5108/219

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



Ms 5108/220

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



indruck

en in die Korrektur,

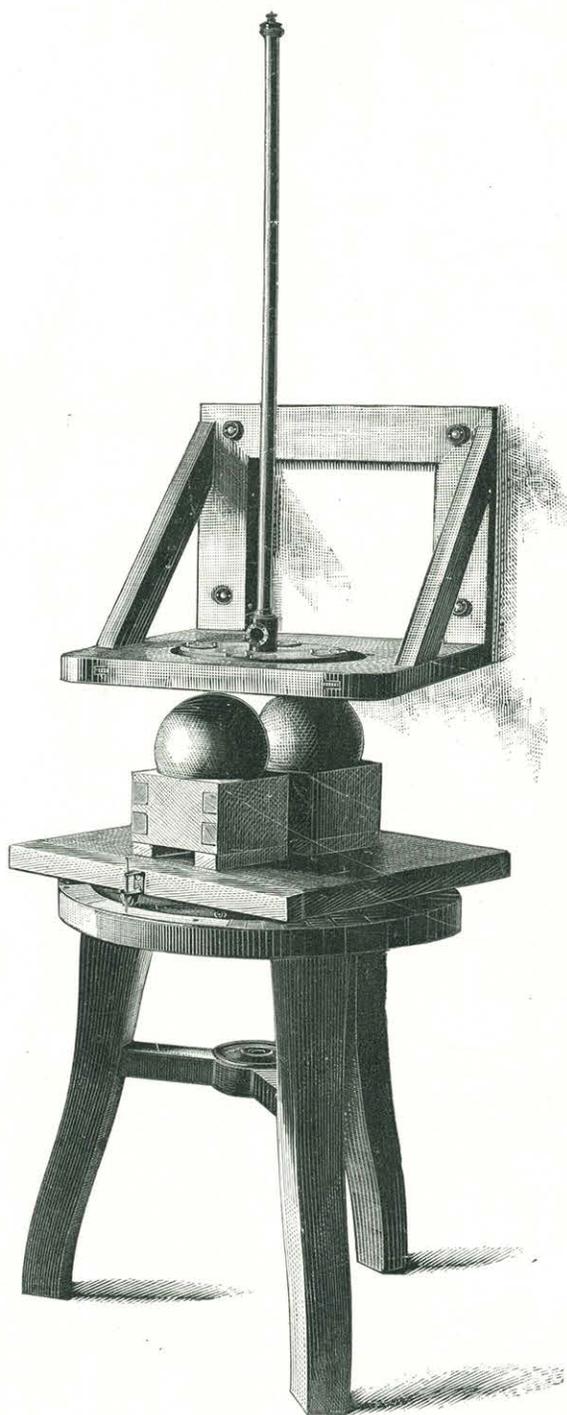
№ 5908/221

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



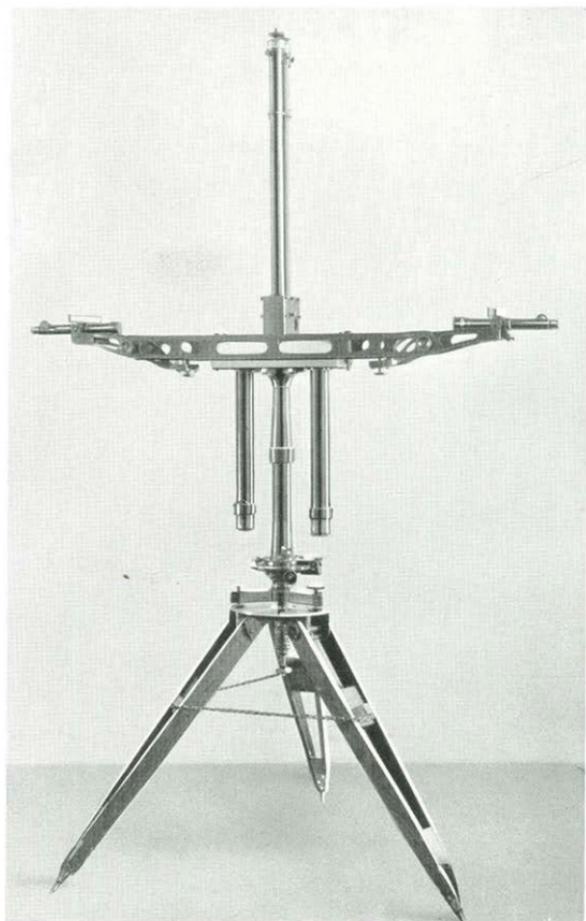
№ 5108 / 222

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



Ms 5108/223

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADEMIÁ
KÖNYVTÁRA



Guter
Für Qualität
Nachgefragt

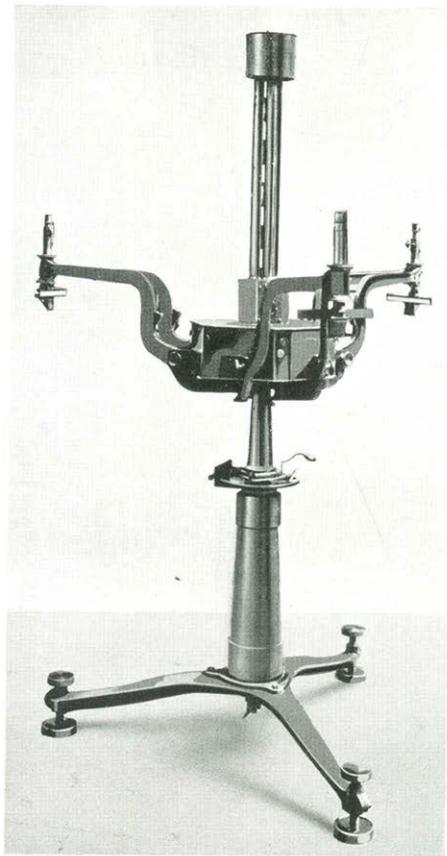
1/1

9. Okt. 1928

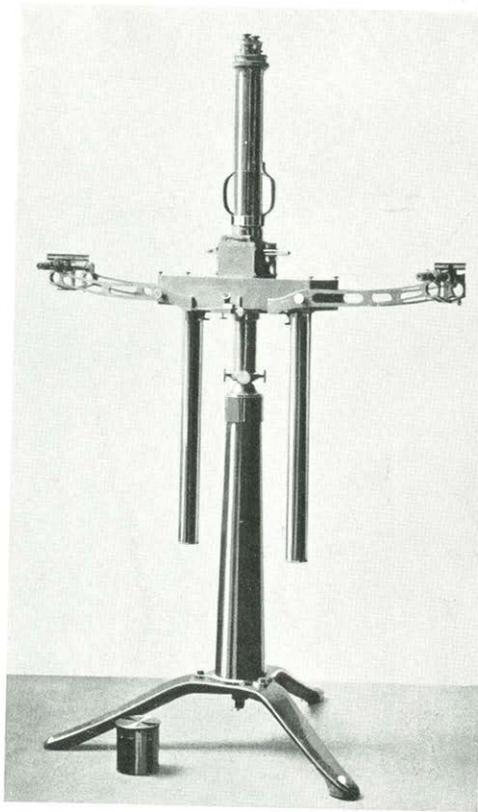
Ms 5108/224

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

1/1

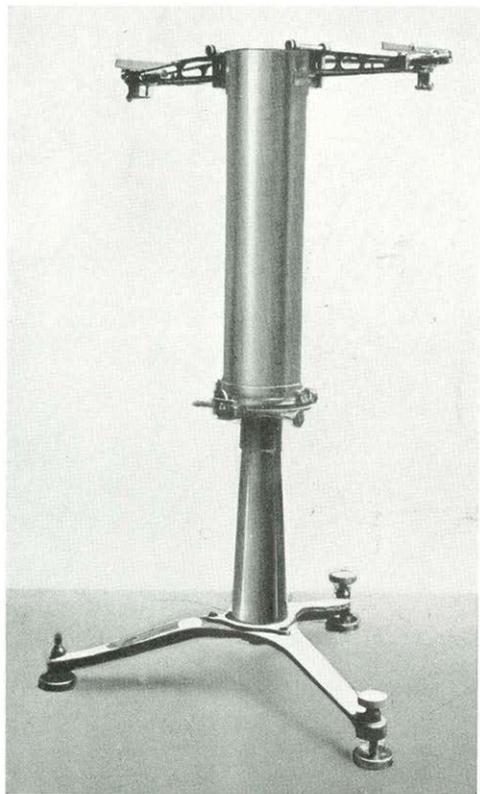
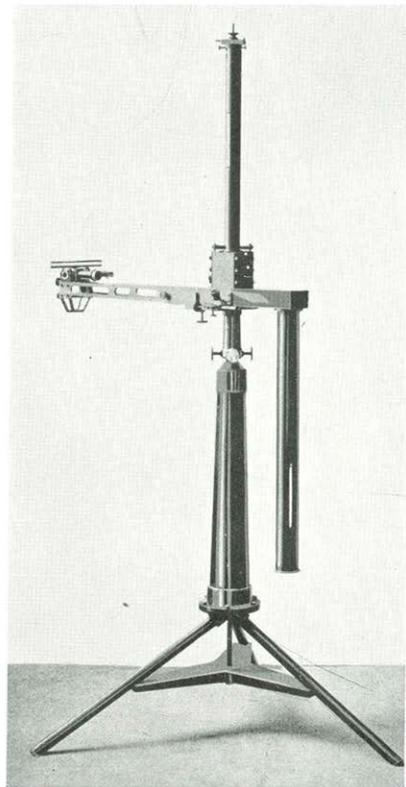


2/2



Ms 5108 / 225

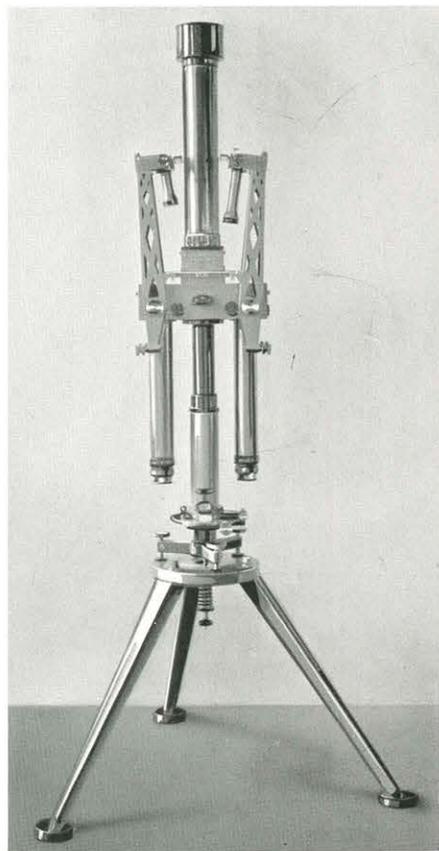
MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



1/1

Ms 5108/226

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



Guter Abzug!

(Für Qualität
maßgebend)

Zeiss Ikon