



TELLURIUM

Astronomie



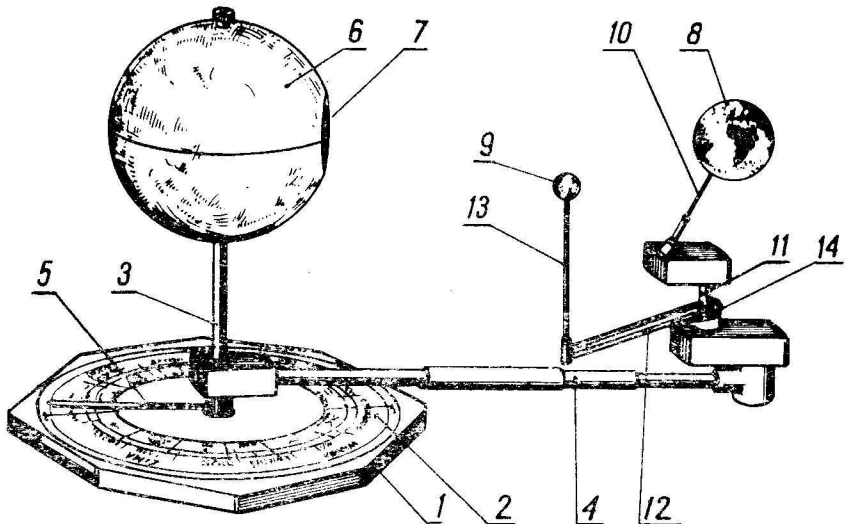
TELLURIUM

1. Bestimmung des Gerätes

Einen grossen Teil der im Weltall auftretenden Erscheinungen lernt der durchschnittliche Mensch in der Volks- und Mittelschule kennen. Seit den Urzeiten sind Mond und Sonne, die mitsamt der Erde ein Teilsystem des Kosmos bilden, Gegenstand der menschlichen Forschung. Das Tellurium ist ein Lehrgerät, mit dessen Hilfe die kreisende Bewegung der Erde um die Sonne und des Mondes um die Erde, die Rotation der Erde und des Mondes um die eigene Achse sowie die Beleuchtung der selbst nicht leuchtenden Erde und des Mondes durch das Sonnenlicht, in anschaulicher Weise vor die Augen geführt werden kann. Es ist grundsätzlich für den Astronomieunterricht in Mittelschulen bestimmt, kann jedoch auch im Geographieunterricht in Volksschulen, zur Erklärung der Erdbewegungen angewandt werden. Sollte bei Vorführungen der Bahn- und Rotationsbewegungen der Erde, das Modell des Mondes nicht benötigt werden, so kann man es mitsamt dem Doppelarm abschrauben.

2. Beschreibung

Das ganze Gerät ist auf dem achteckigen, unbeweglichen Untersatz (1) aufgebaut, auf dem die runde Platte (2) mit Aufschriften und Teilkreisen



befestigt ist. Zentrisch im Untersatz sitzt die Drehachse (3), mit der der Dreharm (4) verbunden ist, an dessen äusserem Ende das Modellsystem Erde-Mond angeordnet ist. Der Zeiger (5) zeigt an der Skalenscheibe die jeweilige Lage dieses Systems in bezug auf die Sonne an. Kugel (6), in deren Innerem eine elektrische Glühlampe als Punktlichtquelle angeordnet ist, stellt das Modell der Sonne dar. Die Lichtstrahlen werden durch die kreisförmige Öffnung (7) in Richtung des Systems Erde-Mond ausgestrahlt.

Das Modellsystem Erde-Mond besteht aus dem kleinen Erdglobus (8) und der den Mond darstellenden, kleinen Kugel (9). Am Erdglobus sind die Weltmeere und Kontinente sowie das Koordinatensystem abgebildet und durch entsprechende Aufschriften gekennzeichnet. Der Globus selbst sitzt auf einem mit dem Verlauf der Erdachse übereinstimmenden Metallstab (10), der seinerseits in Übereinstimmung mit dem Neigungswinkel der Äquatorebene zur Ebene der Bahn der Erde um die Sonne, schräggestellt ist. Auf der Drehachse (11), die dem Mittelpunkt der Kreisbahn des Mondes um die Erde entspricht, sitzt schwingend drehbar der Doppelarm (12), an dessen Ende, auf einem mit der Drehachse des Mondes fluchtenden Stab (13), die Modellkugel (9) des Mondes befestigt ist. Die Schrägführung (14) verursacht, dass die Bahn des Mondes um die Erde in bezug auf den Untersatz des Gerätes, und damit auch auf die Ebene der Bahn der Erde um die Sonne, schräggestellt (geneigt) ist.

Alle an den Rotations- und Bahnbewegungen der Modellkörper teilnehmenden Zahnradgetriebe sind sicher gekapselt.

3. Vorbereitung des Gerätes für Vorführungen

Zu Vorführungen wird das Gerät auf einem Tisch aufgestellt, die Glühlampe der Beleuchtungseinrichtung über einen Transformator aus Aufbauteilen (Modelltrafo) an das Wechselstromnetz angeschlossen. Primär verwendet man die Spule mit 1100 Windungen, sekundär die Spule mit 150 Windungen und 5 Anschlussklemmen. Die Glühlampe wird an die Klemmen 0 und 2, bzw. 0 und 3 angeschlossen. Als Stromversorgung kann auch eine 6-V-Akkumulatorenbatterie verwendet werden, wobei zu bedenken ist, dass die Stromaufnahme der 50-W-Glühlampe rund 8 A beträgt. Daher ist die Beleuchtungseinrichtung in so einem Falle nur kurz und nur wenn unbedingt nötig einzuschalten, beispielsweise bei Finsternisdemonstrationen (es empfiehlt sich, solche Vorführungen in einem verdunkelten Raum durchzuführen). Sonstige Vorführungen können bei Tageslicht gezeigt werden.

Die Drehbewegungen des Modells dürfen keinesfalls durch Kraftwirkung an der Achse des Erdballs oder am Doppelarm der Mondführung veranlasst werden, da sich dies nachteilig auf die Zahnradgetriebe auswirken würde. Sollte bei Erklärungen bestimmter Einzelheiten eine langsame Drehung Modellelemente erwünscht sein, so darf mit einer Hand am Arm

des Gerätes gezogen werden, wobei mit der anderen die Erdachse gleichzeitig zwischen den Fingern zu drehen, bzw. zur Erklärung des Mondumlaufes, das Ende des Doppelarms zu fassen ist. Zur Vorführung gewisser optischer Erscheinungen ist die Anwendung eines weissen Schirmes empfehlenswert, auf den die Schattenkegel der Erde und des Mondes projiziert werden können. Zu diesem Zweck kann auch ein Bogen Zeichenkarton verwendet werden, der in etwa 30 cm Abstand vom Erdglobus, in Verlängerungsrichtung des Trägerarms des Gerätes gehalten wird.

4. Wirklichkeitstreue des Modells

Aus konstruktiven Gründen wäre die Anfertigung eines massstäblich wahrheits- und wirklichkeitstreuen Modells des Systems Sonne-Erde-Mond unmöglich, daher stimmt auch das Tellurium in masslicher Hinsicht nicht mit den Proportionen der kosmischen Anordnung überein. Der Sonnendurchmesser müsste zum Beispiel 110mal grösser als der Erddurchmesser, und etwa 400mal grösser, als der Monddurchmesser sein, ähnlich müsste der Abstand Sonne-Erde den Abstand Erde-Mond um das 400fache überschreiten und 12000mal grösser, als der Erddurchmesser sein. Bestimmungszweck des Gerätes ist die Veranschaulichung bestimmter Erscheinungen, die im System Sonne-Erde-Mond auftreten, nicht aber die massegetreue Wiedergabe dieses Systems. Deshalb wurde bei der masslichen Verformung des Modells vor allem auf die Darstellung des Verlaufes von Erscheinungen Wert gelegt. Die nachstehenden Grössen entsprechen in massstäblicher Auffassung etwa der Wirklichkeit:

- Durchmesser Verhältnis Erde-Mond 1 : 4,3 (in Wirklichkeit 1 : 3,7).
- Neigung der Erdäquatorebene gegen die ekliptikale Ebene gleich 23°.
- Konstante Entfernung der Erde von der Sonne (die geringe Exzentrizität der Erdbahn ist nicht berücksichtigt worden).
- Konstante Entfernung des Mondes von der Erde (die geringe Exzentrizität der Mondbahn ist nicht berücksichtigt worden).
- Die Rotationsachse der Erde steht im Raum fest (die sehr geringe Präzession wurde nicht berücksichtigt).
- Die Mondbahnebene um die Erde steht im Raum fest (die kleine Präzession wurde nicht berücksichtigt).
- Das Zeitverhältnis zwischen einem Umlauf der Erde um die Sonne und des Mondes um die Erde beträgt 1 : 13,2 (in Wirklichkeit 1 : 13,4).
- Das Zeitverhältnis zwischen einem Umlauf der Erde um die Sonne und der Rotationsdauer der Erde beträgt 1 : 357,2 (in Wirklichkeit 1 : 365 $\frac{1}{4}$). Die Gleichsinnigkeit der Rotation der Erde und des Umlaufes ist beibehalten worden.
- Die Umriss der Meere und Kontinente sind wahrheitsgetreu.

Hingegen sind die folgenden Eigenschaften und Grössen des Modells aus konstruktiven Gründen zwangsläufig oder zielmässig verformt worden:

- Das Grössenverhältnis der Sonne zur Erde und zum Mond ist stark verkleinert worden und beträgt nur 1 : 3 (statt 1 : 110 in Wirklichkeit).
- Die im Modell des Sonnenballs angeordnete Lichtquelle imitiert in gewissem Masse das überaus helle, aus Riesentfernung strahlende Sonnenlicht und die intensiven, von den nichttransparenten Himmelskörpern Erde und Mond gelieferten Schatten. Aus optischen Gründen wurde für die Sonnenkugel ein nur begrenzt durchsichtiger Werkstoff angewandt, der den Anschein einer schwach leuchtenden Sonne erregt, während das volle, direkte und helle, von der Glühlampe im Inneren der Kugel erzeugte Licht nur durch den kreisrunden Durchbruch ins Freie austritt.
- Das Verhältnis der Entfernung Sonne-Erde zur Entfernung Erde-Mond ist von 400 : 1 auf 4 : 1, und der Entfernung Erde-Mond zum Erddurchmesser von 30 : 1 auf 2,5 : 1 verkleinert worden. Die Entfernung Erde-Sonne wurde 1200mal, und die Entfernung Erde-Mond 12mal verkleinert. Alle diese Änderungen und Abweichungen wirken keinesfalls störend auf die Vorführung der Konstellationen der drei Himmelskörper und die sich daraus ergebenden Erscheinungen.

Eine wichtige Konsequenz der erwähnten Abweichungen ist die gewisse Verformung der vom Modell der Erde und des Mondes geworfenen Schattenkegel. Statt des diversen Halbschattenkegels und des konvergierenden Kernschattenkegels lässt sich mittels des Modells ausschliesslich der Halbschatten erhalten, der im Randgebiet etwas zu dunkel ist, im zentralen Teil jedoch der Wirklichkeit entspricht.

Bei der Mondfinsternis ist das zentrale Schattengebiet nur ein wenig kleiner, als der Mittenpunktquerschnitt der Erdkugel, also auch nur ein wenig kleiner, als der vom Erdglobus geworfene Schattenkegel. Daher wird die Mondfinsternis ziemlich wahrheitsgetreu wiedergegeben und nur durch das Fehlen des Halbschattens der Erde in gewissem Masse gestört.

Die Darstellung der Sonnenfinsternis zeigt den Verlauf der Halbschattenzone des Mondes auf der Erdoberfläche. Nur ein sehr geringer Teil der Schattenzone, der beim Modell einem zentralen Fleck von rund 1 mm Durchmesser entspricht, kann als Kernschatten des Mondes im reellen Massstabe aufgefasst werden (und dies nur im Falle einer totalen Finsternis). Diese Erklärung ist zum Verständlichmachen der relativen Seltenheit des Auftretens der Erscheinung einer totalen Sonnenfinsternis wichtig.

Noch eine andere Abweichung von der Wirklichkeit soll am Modell in Zusammenhang mit der Sonnenfinsternis erklärt werden. Der Mondschatten läuft von Westen nach Osten mit mindestens 0,5 km/s über die Oberfläche der rotierenden Erde, denn die Geschwindigkeit des laufenden Schattens beträgt im Mittel 1 km/s, die Geschwindigkeit der gleichsinnigen Erdrotation an der Oberfläche aber höchstens 0,5 km/s. Im Modell ist jedoch die Bahngeschwindigkeit eines materiellen Punktes am Äquator **des Erdglobus sechsmal** (statt zweimal) grösser, als die Bahngeschwindigkeit des Mondes um die Erde. Infolgedessen läuft am Modell der Mond-

schatten mit ziemlich grosser Geschwindigkeit von Osten nach Westen über die Erde. Diese Abweichung kann bei einem eingehenden Studium der Kinematik des Modells erklärt werden.

Schliesslich ist die Ebene der Bahn des Mondes um die Erde in bezug auf die Ebene der Bahn der Erde um die Sonne von 5° auf rund 20° vergrössert worden, um in anbetracht der geometrischen Verzerrungen des Systems (Grössen- und Entfernungsverhältnisse) das Wesen des Auftretens oder Nichtauftretens von Sonnen- und Mondfinsternissen bildlich erklären zu können. Eine Vernachlässigung dieser Massnahme hätte bei jedem Vollmond und jedem Neumond eine Finsternis zur Folge, während in Wirklichkeit diese Erscheinung relativ selten ist.

Die übrigen Abweichungen von der Wirklichkeit, nämlich die Darstellung der Erdbahn als Kreisbahn statt einer Ellipse von kleiner Exzentrizität, die Vernachlässigung der in Wirklichkeit 19 Jahre dauernden Präzession der Mondbahnebene und einige weitere, haben keinen massgebenden Einfluss auf den Vorführungswert des Modells.

5. Vorführung von Erscheinungen

a) Von der Erde aus gesehene, scheinbare jährliche Bahn der Sonne

Beim Drehen des Trägerarms des Gerätes zeigt der Zeiger am Teilkreis die der betreffenden Stellung der Sonne entsprechenden Daten: die ekliptikale Länge der Sonne (die ekliptikale Breite ist immer Null), die Jahreszeit, den Monat und Tag der Beobachtung sowie Namen und Zeichen des Tierkreissternbilds, in dem die Sonne steht. Der Trägerarm wird entgegen dem Uhrzeigersinn rotiert, dabei werden die Anzeigen des Zeigers am Teilkreis im Ablaufe der Zeit erklärt. Man beobachtet und vergleicht die ekliptikalen Längen der Sonne und deren Stellung im Tierkreis mit dem jeweiligen Beobachtungsdatum und der Jahreszeit.

b) Bahnbewegung und Rotation der Erde

Bei ziemlich langsamem Drehen des Armes beobachtet man die folgenden Erscheinungen: Die Rotation der Erde ist mit der Bahnbewegung gleichsinnig, jedoch viel schneller. Gemessen an der Wiederkehr der Kulmination eines Fixsterns dreht sich die Erde in 23 h 56 min 4 s oder gemessen an der Wiederkehr der Kulmination der mittleren Sonne in 24 h einmal um sich selbst. Der Sonnentag ist demnach um beinahe 4 Minuten länger, als der Sterntag, was durch eine zusätzliche, vorsichtige Drehung des Erdglobus bei gleichsinnigem Nachhelfen am Trägerarm des Gerätes nachgewiesen werden kann.

Das Jahr, d.i. die Zeitdauer eines Umlaufes der Erde um die Sonne, umfasst $366 \frac{1}{4}$ Sterntage und $365 \frac{1}{4}$ Sonnentage. Der Unterschied ergibt sich aus der scheinbar nicht ausgeführten, einen Umdrehung der Erde in bezug auf die mittlere Sonne.

Man beobachtet die Neigung der Rotationsachse der Erde in bezug auf den Untersatz des Gerätes, d.h. in bezug auf die Ekliptik und bemerkt, dass der Neigungswinkel unabhängig von der Bahnbewegung konstant bleibt, gleichwohl wie die rechtwinklig zur Rotationsachse liegende Erdäquatorebene. In Wirklichkeit ist dieser Winkel nicht konstant, denn die Rotationsachse der Erde verändert im Raum ihre Lage und beschreibt in rund 26000 Jahren den sog. Präzessionskreis.

c) Tag und Nacht

Die Lichtquelle im „Sonnenmodell“ wird eingeschaltet und auf der stehenden Erdkugel die Tages- und die Nachtzone gezeigt. Für verschiedene Beobachtungspunkte auf der Erdoberfläche erklärt man die Begriffe Tag und Nacht, die Stellungen der Sonne in Zenith und am Horizont, sowie in den Zwischenstellungen der scheinbaren Bahn. Danach dreht man den Trägerarm des Gerätes langsam entgegen dem Uhrzeigersinn und erklärt die Wanderung der Tages- und der Nachtzone (Licht- und Schattenzone) über die Erdoberfläche sowie die Wanderung der Schattengrenze, d.i. der Linie, in der für den betreffenden Beobachter die Sonne am Horizont steht. Blickt man auf die beleuchtete Seite des Erdballs, so ist am Schattenkreis links der Aufgangs-, und rechts der Untergangspunkt der Sonne.

Als nächstes erklärt man die scheinbare, von der Erde aus beobachtete Bewegung der Sonne. Zu diesem Zweck wählt man einen beliebigen, aber festen Beobachtungsort auf der Erdoberfläche und bringt ihn durch entsprechendes Drehen des Trägerarms im **Sonnenaufgangspunkt auf die Schattengrenze**. Durch Weiterdrehung des Trägerarms beobachtet man, wie die Sonne nun von Ost nach West läuft, um 12^h wahrer Ortszeit (Mittag) kulminiert, d.h. ihren höchsten Stand über dem Horizont erreicht, um danach im Sonnenuntergangspunkt wieder auf der Schattengrenze steht. Man kann die Bahn durch Vollendung des vollen Umlaufes schliessen und den sog. Nachtbogen der Sonne, der unter dem Horizont liegt, erklären. Man dreht den Trägerarm weiter und erklärt die Veränderlichkeit der Zeitdauer von Tag und Nacht. Man wiederholt die Vorführung für eine andere Jahreszeit, um den Schülern die Wanderung der Höhe der Sonnenkulmination über dem Horizont bildlich vor die Augen zu führen.

d) Jahreszeiten und Klimazonen

Nach Durchführung der obenerwähnten Demonstrationen erklärt man die vier Festpunkte, die die Jahreszeiten bestimmen, nämlich das Frühlings- und Herbstäquinoktium, sowie das Sommer- und das Wintersolstitium, mit denen die Länge des Tages und der Nacht untrennbar verbunden ist.

Es empfiehlt sich, bei dieser Gelegenheit etwas über die von der Sonnenstrahlung an die verschiedenen Gebiete der Erde abgegebene Wärmeenergie zu sagen, deren Menge von der Länge des Tages und der Höhe der Sonne über dem Horizont (Einfallswinkel der Sonnenstrahlen) abhängig ist. Man definiert die Begriffe der vier Jahreszeiten und deren Zeiträume und vergleicht sie mit den Anzeigen des Zeigers am Teilkreis des Instruments.

Darauf erklärt man, indem man die Vorführungen mit dem beleuchtet rotierenden Globus fortführt, die klimatischen Zonen der Erde und die Verschiedenheit der Jahreszeiten und der Längen von Tagen und Nächten in diesen Zonen. Man macht auf den Wechsel der Jahreszeiten auf der nördlichen und südlichen Halbkugel, sowie auf den Wechsel von Tag und Nacht in den gemässigten Zonen und auf die Länge der Polartage und -nächte aufmerksam.

e) Mondbewegungen

Die Mondbewegungen werden durch Drehung des Trägerarms des Gerätes vorgeführt. Der Mond bewegt sich rechtsläufig auf einer kreisähnlichen Bahn um die Erde, wobei die Ebene dieser Bahn gegen die Ekliptik geneigt ist und im Raum feststeht. In Wirklichkeit verhält sich jedoch die Mondbahnebene anders, denn die sog. Knotenlinie legt in etwa 19 Jahren einen vollen Umlauf zurück. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den Stundenkreis eines Fixsterns beträgt 27,3 Tage und heisst siderischer Monat. Der Zeitraum, den der Mond braucht, um wieder auf den gleichen Längenunterschied zur Sonne zu kommen ist der synodische Monat, der 29,5 Tage dauert. Die Zeitdifferenz kann nachgewiesen werden, indem der Trägerarm des Gerätes und gleichzeitig der Doppelarm des Mondsystems gedreht werden. Man erklärt den Mondaufgang und -untergang sowie die Sichtbarkeit des Mondes von verschiedenen Beobachtungspunkten der Erde aus, und zieht Vergleiche mit den beobachteten, scheinbaren Bewegungen der Sonne. Schliesslich zeigt man die sog. gebundene Rotation des Mondes, d.h. dass die Rotationsdauer gleich der Zeit des Umlaufes um die Erde, was daran erkannt wird, dass der Mond stets die gleiche Seite (durch einen Punkt kennzeichnen) der Erde zuwendet.

f) Mondphasen

Wie bekannt, werden die Mondphasen bei Beobachtung von der Erdoberfläche aus als Beleuchtungsformen mit Sonnenlicht gesehen. Man schaltet die Lichtquelle im Modell der Sonnenkugel ein und bringt durch langsame Drehung des Trägerarms des Gerätes den Mond in die wechselnden Stellungen, die er bei seinem Umlauf relativ Erde und Sonne einnimmt. Dabei erklärt man die Form der Licht- und Schattenzone, wie sie von der Erde aus gesehen werden und die vier Phasen: Neumond, erstes Viertel, Vollmond und letztes Viertel sowie die Folge der Phasen während des Ablaufes eines synodischen Monats (29,5 Tage). Bei den Vorführungen der Mondphasen vermeidet man nach Möglichkeit die beim Modell ziemlich häufig, in Wirklichkeit aber viel seltener auftretenden Mondfinsternissen bei Neu- und Vollmond, um diese Erscheinungen später zu erklären.

g) Voraussetzungen zur Entstehung von Finsternissen

Die Lichtquelle des Gerätes wird eingeschaltet, worauf auf einem festen oder in der Hand gehaltenen Schirm die Schnitte der Schattenkegel der

Erde und des Mondes gezeigt werden. Man beobachtet die Bewegung der Schattenkegel im Raum, deren gegenseitige Lage und deren Abhängigkeit von der Lage des Mondes relativ der Ekliptikbene.

Zunächst nimmt man den Fall wenn beide Schatten aneinander vorbeigehen, bei der grössten Annäherung sich am Schirm weder berühren noch überdecken. In diesem Falle wird weder bei Neumond, noch bei Vollmond eine Finsternis beobachtet, da die Schattenkegel am Mond- und am Erdball vorbeigehen. Nun findet man durch Drehung des Trägerarms des Gerätes eine Lage, in der Schatten am Schirm zwar aneinander vorbeigehen, sich dabei jedoch zum Teil überdecken. Dabei fällt der Schattenkegel auch auf den betreffenden Himmelskörper, wobei dieser teilweise verfinstert wird. Wenn der Schatten der Erde auf den Mond fällt, so entsteht eine Erscheinung, die ihrem Aussehen für einen Beobachter auf der Erde nach, als Mondfinsternis bezeichnet wird. Dabei liegen in Reihenfolge Sonne, Erde und Mond nahezu auf einer Geraden und in Opposition, d.h. es herrscht Vollmond. Von einem auf der Erdoberfläche liegenden Beobachtungsort aus wird die verfinsterte Oberfläche des Mondes gesehen.

Ein ähnlicher Fall kann eintreten, wenn in Reihenfolge Sonne, Mond und Erde auf einer Geraden liegen. Dabei fällt der Schatten des Mondes auf die Erde und ein Beobachter, der sich gerade an dieser Stelle befindet, steht im Schattenkegel des Mondes. Die Erscheinung müsste eigentlich für einen Beobachter auf der Erde Erdfinsternis oder Sonnenverdeckung heissen, denn die Sonne wird durch den zwischen ihr und der Erde stehenden Mond verdeckt. Da aber von der Erde eine starke Abnahme der Helligkeit des Sonnenlichtes beobachtet wird (ähnlich wie bei einer Mondfinsternis), hat sich fälschlich die Bezeichnung Sonnenfinsternis eingebürgert. Sonnen- und Mondfinsternisse sind in Wirklichkeit verhältnismässig seltene Erscheinungen. Durchschnittlich treten alle 100 Jahre rund 240 Sonnenfinsternisse auf der ganzen Erde auf, davon sind nur 66 totale Finsternisse. Noch weit seltener treten totale Sonnenfinsternisse an den gleichen Stellen der Erde auf — mit einer solchen Wahrscheinlichkeit kann man etwa einmal in 360 Jahren rechnen. Dies ist auf die immer sehr kleine Totalitätszone zurückzuführen, die auf der Erdoberfläche höchstens etwa 270 km breit ist. Mondfinsternisse treten rund 160mal in 100 Jahren auf, können jedoch von vielen Punkten der Erde aus gesehen werden.

Jede Finsternis bietet ausserordentliche Beobachtungsmöglichkeiten für die Astronomie, die Astrophysik, die Sonnenbeobachtung, die Himmelsmechanik usf. Nachteil ist, dass diese Erscheinungen nur kurz dauern, so beträgt z.B. die Totalitätszeit in der Mitte der Zone im günstigsten Falle 7 min 40 s, die Zeit des Halbschattens nicht viel über 4 Stunden. Eine totale Mondfinsternis kann bis 1 h 40 min und eine Teilfinsternis über 6 h dauern.

Im allgemeinen können jährlich 2 bis 5 Sonnen- und 0 bis 3 Mondfinsternisse auftreten.

h) Sonnenfinsternis

Die Lichtquelle des Modells wird eingeschaltet und der Trägerarm des Gerätes so lange gedreht, bis die Erscheinung einer totalen Sonnenfinsternis auftritt. Man beobachtet das Aufschieben des Mondschattens auf die Erde und die Wanderung des Schattenkegels über die Erdoberfläche. In dem vom Schattenkegel getroffenen Gebiet wird Sonnenfinsternis beobachtet. Der Kegel läuft über die Erde und gleitet dann von ihr ab, man kann also am Erdball die Punkte beobachten und merken, an denen eine Sonnenfinsternis beginnt und aufhört. Dabei ist es empfehlenswert, die im Abschnitt 4 beschriebenen Diskrepanzen zwischen Modell und Wirklichkeit zu erklären.

i) Mondfinsternis

Durch langsames Drehen des Trägerarms des Gerätes wird der Mond in den Erdschatten gebracht, wobei die beobachteten Erscheinungen in Reihenfolge erklärt werden. Man verschiebt den Mond weiter, bis er aus dem Schattenkegel der Erde heraustritt. Es wird erklärt, dass der Mond während einer totalen Finsternis in Wirklichkeit nicht völlig verschwindet, da er von einem in der Erdatmosphäre gebrochenen Teil der Sonnenstrahlung beleuchtet wird.

Ähnlich wie bei Sonnenfinsternissen, können auch hier die Diskrepanzen zwischen Modell und Wirklichkeit erklärt werden.

j) System Erde-Mond für einen ausserirdischen Beobachter

Am Modell können den Unterrichtsteilnehmern mit gewisser Annäherung die Erscheinungen demonstriert werden, die die Astronauten bei Weltraumfahrten in Wirklichkeit von bemannten Raumflugkörpern aus beobachten. So kann beispielsweise das von der Sonne beleuchtete System Erde-Mond gezeigt werden.

Zu diesem Zweck wird die Lichtquelle im Modell der Sonnenkugel eingeschaltet und das Gerät aus etwa 2 m Entfernung beobachtet. Dabei sieht man die Erde und den Mond in etwa gleichen Phasen. Bei einer totalen Mondfinsternis verschwindet der Mond ähnlich wie in Wirklichkeit, beinahe vollends.

In Übereinstimmung mit früheren Erklärungen wird die Sonnenfinsternis als teilweise Erdfinsternis gesehen, die Spitze des Kernschattenkegels des Mondes wird auf der Erdoberfläche als dunkler Fleck beobachtet. Bei entsprechender Drehung des Modells werden alle Vorgänge in naturproportionalen Zeitverhältnissen ablaufen.

6. Pflege des Modells

Das Gerät ist in einem trockenen Raum aufzubewahren und zum Schutz gegen Staub mit einer zweckentsprechend geformten (z.B. zweiteiligen) Kunststoffhaube abzudecken. Die Polystyrolkugel der Sonne ist, wie alle

Erzeugnisse aus diesem Kunststoff, sehr leicht zu verschmutzen. Zur Säuberung verwendet man einen feuchten, geschmeidigen Lappen (zur Befuchtung des Lappens darf nur Seifenwasser verwendet werden).

Ein Nachschmieren der Zahnradgetriebe mit Vaseline ist erst nach mehreren Jahren nötig. Um einem Schmelzen des Vaselins in den Getrieben vorzubeugen, ist das Modell nicht der direkten Sonnenstrahlung auszusetzen.

Zum Auswechseln der Glühlampe wird die Rändelmutter oben auf der Sonnenkugel abgeschraubt, die obere Kugelkalotte abgenommen, die schadhafte Glühlampe aus der Fassung genommen und durch eine neue ersetzt.

POLNISCHES AUSSENHANDELSUNTERNEHMEN



Warszawa 1, Al. Jerozolimskie 44, Postfach 198

Fernsprecher: 26-22-11, 26-22-21, 26-74-41

Telegrammadresse: **METRONEX-WARSZAWA**

Fernschreiber: 81671