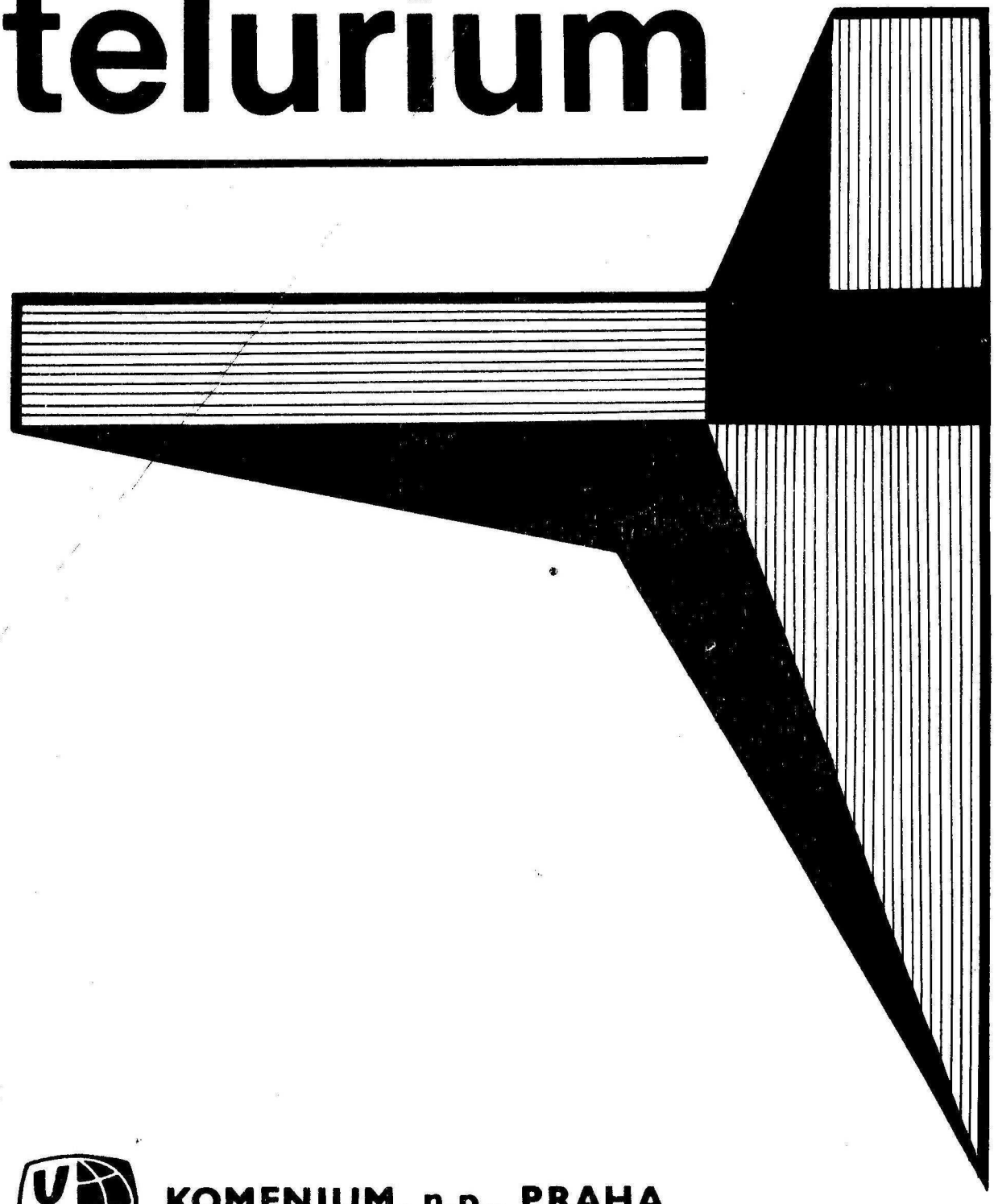
telurium



KOMENIUM, n.p., PRAHA

T E L U R I U M

1. Určení přístroje

Telurium je učební pomůcka pro vyučování o pohybech Země, Slunce a Měsíce v hodinách zeměpisu a fyziky.
Není-li při demonstracích pohybů Země potřeba modelu Měsíce, můžeme ho odšroubovat (spolu s dvojitým ramenem).

2. Popis

Stálou část přístroje tvoří osmiboká základna (1). Na jejím povrchu je upevněn okrouhlý terč s nápisy a dílky (2). Do základny je zapuštěna svislá otáčející se osa (3), s níž je spojeno rameno přístroje (4), na jehož konci jsou upevněny modely Země a Měsíce. Ručička či střelka (5) určuje na terči směr od Země ke Slunci. Slunce je znázorněno koulí (6), v níž je zamontována elektrická žárovka s bodovým zdrojem světla. Paprsky vycházejí z koule okrouhlým otvorem (7) ve směru soustavy Země-Měsíc.
Soustava Země-Měsíc je znázorněna glóbusem Země (8) s malou koulí (9) představující Měsíc. Na glóbusu Země jsou znázorněny a popsány nejdůležitější oceány a kontinenty a zakreslena zeměpisná síť. Glóbus Země je upevněn na tyčce (1o), která odpovídá ose otáčivého pohybu Země. Tato tyčka má šikmou polohu k základně, takže ukazuje názorně sklon zemské osy k rovině jejího oběhu kolem Slunce. Na sloupku (11), který znázorňuje pohybovou osu oběhu Měsíce, je posazeno pohyblivé dvojité rameno (12) a na konci tohoto ramena je připevněno ramínko (13) představující pohybovou osu otáčení Měsíce. Dvojité rameno klouže po šikmé vačce (14), čímž oběhový pohyb Měsíce kolem Země se děje ve skloněné rovině pod určitým úhlem vzhledem k základně přístroje a tedy i vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce.
Ozubené převody s vhodným převodovým poměrem, umožňujícím otáčivý pohyb jednotlivých prvků přístroje, jsou uloženy v krytých skříňkách.

3. Příprava přístroje k demonstraci

3. Příprava přístroje k demonstraci

Přístroj postavíme na stůl. Žárovka přístroje je na napětí 6 V - 20 W. Je proto nutno ji napojit k transformátoru, příp. k akumulátoru. Při napájení z transformátoru je nutno dbát, aby transformátor byl schopen dávat trvalý proud aspoň 3 A. Přístroj je nejlépe zapojovat pouze nakrátko a jen v nutných případech, tj. při demonstraci jevů vyplývajících z osvětlení soustavy Země-Měsíc. (Demonstrace je možno předvádět v zatemněné místnosti.) Ostatní jevy demonstrujeme při normálním osvětlení. Přístroj se nesmí otáčet tím, že se bere pouze za osu glóbu (Země) nebo za dvojité rameno nebo za osu Měsíce (mohlo by dojít k poškození ozubených převodů). Je však možno při demonstraci detailních jevů (je-li třeba zpomalit otáčky modelu Země nebo Měsíce) posunovat ramenem přístroje a současně druhou rukou velmi opatrně regulovat otáčky modelu Země, přičemž její osu bereme do prstů, zatím co oběh Měsíce řídíme koncem dvojitého ramene.

K předvedení určitých optických jevů je možno použít bílého plátna, na něž budou dopadat stíny Země a Měsíce. Plátno lze nahradit i bílým kartonem, jestliže ho držíme v ruce ve vhodné poloze vzhledem k prodlouženému rameni přístroje, tj. ve vzdálenosti přibližně 30 cm od modelu Země.

4. Vztah modelu ke skutečnosti

Telurium je model neodpovídající přesně skutečnosti, protože toho nelze dosáhnout z konstrukčních důvodů. Např. průměr Slunce by měl být 110krát větší než průměr Země a přibližně 400krát větší než průměr Měsíce. Podobně vzdálenost Slunce od Země by musela být 400krát větší než vzdálenost Měsíce od Země a současně 12.000krát větší než průměr Země.

Telurium má demonstrovat základní pohyby Slunce, Země a Měsíce. Proto je model upraven tak, abychom měli možnost tyto pohyby ukázat.

Vztah skutečných rozměrů a rozměrů modelu je následující :

Vztah průměru Země a Měsíce je 4,3 (měl by být 3,7).

Sklon od roviny rovníku Země k rovině oběhu kolem Slunce je 23°.

Vzdálenost Země od Slunce je stálá (nebere se v úvahu eliptický tvar

dráhy Země kolem Slunce).
Stálá je vzdálenost Měsíce od Země (nebere se rovněž v úvahu eliptický tvar dráhy o velmi malé výstřednosti).
Směr zemské osy je stálý (nebere se v úvahu precesní pohyb).
Rovněž stálá je rovina oběhu Měsíce kolem Země (neberou se v úvahu malé změny způsobené precesním pohybem).
Poměr doby oběhu Země kolem Slunce k době oběhu Měsíce kolem Země je na modelu 13,2 (ve skutečnosti 13,4).
Poměr doby oběhu Země kolem Slunce k době otočení Země kolem vlastní osy je na modelu 357,2 (ve skutečnosti 166 1/4).
Oběhové i otáčivé pohyby Země a Měsíce na modelu jsou jednosměrné.
Na modelu Země jsou zakresleny obrysy kontinentů a moří.

Naproti tomu tyto vlastnosti modelu jsou záměrně nebo z nutnosti změněny a tedy více či méně odlišné od skutečnosti :

Poměr velikosti Slunce k velikosti Země a Měsíce je silně zmenšen. Model Slunce je přibližně třikrát (místo 110krát) větší než model Země (v délkových rozměrech).
Světlo elektrické žárovky umístěné ve středu slunečního glóbu znázorňuje záření mohutného světelného zdroje skutečného Slunce, které z obrovské vzdálenosti zaplavuje meziplanetární prostor jasným světlem, přerušeným intenzívními stíny, které Země a Měsíc vrhají do prostoru. Z optických důvodů je materiál, z něhož je vyrobena sluneční koule, pouze částečně průhledný, takže dává dojem slabě svítícího Slunce; silné světlo však vychází bezprostředně ze sluneční koule okrouhlým otvorem.
Poměr vzdálenosti mezi Sluncem a Zemí ke vzdálenosti Měsíce a Země byl zmenšen ze 400 na 4. Vztah vzdálenosti mězi Měsícem a Zemí byl k průměru Země zmenšen ze 30 na 2 1/2, takže (ve srovnání s velikostí Země) vzdálenost Země od Slunce byla zmenšena na přibližně 1200 krát, Měsíce 12krát. Tyto změny však nevadí při demonstraci pohybů a vzájemných poloh vesmírných těles a jevů z toho vyplývajících.
Závažným důsledkem výše popsaných úchylek od skutečnosti je deformace stínových kuželů, které vrhají modely Země a Měsíce. Místo správného otevřeného kužele polostínu a ostrého kužele plného stínu dostáváme na modelu pouze stín otevřený. Tento stín je ve svých

vnějších částech příliš intenzívní vzhledem ke skutečnosti. V prostřední části však skutečnosti odpovídá.
Ukazuje-li model zatmění Měsíce, je prostřední intenzívní část stínu pouze o málo menší než průměr Země a tedy o málo menší než stínový kužel glóbu Země. Zatmění Měsíce je proto dost věrně znázorněno až na to, že chybí polostín, který Země ve skutečnosti rovněž na Měsíc vrhá.
Zatmění Slunce na modelu je znázorněno přesouváním polostínového kužele, který vrhá Měsíc, po povrchu Země. Pouze malou střední část stínového kužele na glóbu Země o průměru přibližně 1 mm je možno považovat za plný stín měsíce ve skutečnosti (a to pouze v případě úplného zatmění). Je důležité si to uvědomit, má-li se objasnit vzácnost tohoto jevu.
Konečně sklo roviny oběhu Měsíce kolem Země vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce byl zvětšen, z 5° na přibližně 20°. Bylo tak učiněno záměrně, aby bylo možno demonstrovat, kdy dochází a kdy nedochází k zatmění Slunce a Měsíce. Vyplývá to z odchylek modelu od skutečnosti, jak z hlediska poměrných velikostí, tak vzdáleností, které by jinak způsobovaly vznik zatmění v období každého novu a každého úplňku Měsíce. Ve skutečnosti k těmto jevům dochází velmi zřídka.
Ostatní nevelké odchylky modelu od skutečnosti jsou nepodstatné. Jsou to : dráhy Země a Měsíce na modelu jsou ve tvaru kružnice (ve skutečnosti jsou to elipsy s malou výstředností), orientace roviny oběhu Měsíce vzhledem k Zemi je stálá (ve skutečnosti se tato rovina otáčí pozvolna v průběhu 19 let, přičemž takřka nemění sklon k rovině oběhu Země kolem Slunce).

5. Způsob demonstrace jednotlivých jevů na teluriu

a) Roční zdánlivý pohyb Slunce

Otáčíme ramenem přístroje. Střelka na terči nám ukazuje údaje, odpovídající poloze Slunce na hvězdné sféře (pozorováno ze Země). Jsou to : ekliptikální délka Slunce (ekliptikální šířka se vždy rovná nule), roční období, měsíc a den pozorování, symbol a název znamení zodioku (zvířetníku), v němž se Slunce právě nalézá.

Otáčíme dále ramenem (proti směru hodinových ručiček) a vysvětlujeme to, co ukazuje střelka v souvislosti s polohou Slunce na ekliptice (v různých ročních obdobích se Slunce promítá do 12 souhvězdí zvířetníku).

b) Rotace a revoluce Země

Pohybujeme-li ramenem přístroje dosti pomalu, můžeme pozorovat tyto jevy : Země se otáčí v tomtéž směru jako Slunce, ale mnohem rychleji. Doba jednoho otočení Země vzhledem ke stálému směru v prostoru (k jarnímu bodu) je hvězdný den, doba jednoho otočení Země vzhledem k měnícímu se směru ke Slunci je sluneční den. Sluneční den je přesně o 4 minuty delší než den hvězdný, což je možno ukázat dodatečným (jemným) otočením glóbusu Země za současného pohybu ramene přístroje.
Rok, nebo-li doba oběhu Země kolem Slunce, trvá 356 1/4 slunečního dne, ale 366 1/4 dne hvězdného, což vysvětlíme jednou jakoby nevykonanou otáčkou Země kolem osy vzhledem ke směru ke Slunci. Upozorníme na směr osy rotace Země vzhledem k základně modelu a tedy vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce. Otáčíme-li ramenem přístroje, zjistíme, že směr zemské osy během oběhu Země kolem Slunce se nemění. Můžeme se zmínit o tom, že i zemská osa mění pomalu svůj směr (za 26 tisíc let opíše kolem pólu ekliptiky plášť dvojkužele, jehož vrchol je ve středu Země - precesní pohyb).

c) Střídání dne a noci

"Rozsvítíme" sluneční kouli a ukážeme na nehybném glóbu Země dvě polokoule - denní a noční. Na glóbu Země vysvětlíme, jak vzniká den a noc, polohu Slunce v zenitu, na horizontu i polohy Slunce mezi horizontem a zenitem v různých zeměpisných šířkách. Potom pomalu otáčíme ramenem přístroje proti směru hodinových ručiček. Postupně vysvětlujeme tyto jevy : posouvání polokoule denní a noční po povrchu Země, posouvání se místa, na němž pozorovatel vidí Slunce na horizontu. Toto místo je hranicí dne a noci. Nalevo od této hranice (díváme-li se k jihu - na severní polokouli) Slunce vychází, napravo od ní Slunce zapadá.

Dalším jevem, který vysvětlíme, bude zdánlivý denní pohyb Slunce po obloze. Zvolíme si nějaké místo na glóbu Země, otáčíme pomalu ramenem přístroje ve správném směru až toto místo přivedeme k linii východu Slunce. Otáčíme ramenem dále a pozorujeme, jak Slunce stoupá nad horizontem až v poledne přechází přes poledník místa (je na obloze nejvýše - v zenitu). Potom pozorujeme sestup Slunce a konečně jeho západ. Dokončíme otočení Země do plného slunečního dne i přes dobu, kdy je Slunce pod horizontem (nejníže je o půlnoci). Demonstrací otáčivého pohybu Země můžeme určit délku bílého dne a noci. Zdánlivou dráhu Slunce po obloze demonstrujeme i pro jiný den ročního období, abychom ukázali rozdíly ve výšce zdánlivé dráhy Slunce a v jejím trvání.

d) Roční období a podnebné pásy

Demonstrujeme a podrobně vysvětlíme čtyři základní polohy Země během oběhu kolem Slunce; Země v době jarní a podzimní rovnodennosti a v době letního a zimního slunovratu. Zdůrazníme, jaké důsledky vyplývají z rozdílné polohy Země během roku pro intenzitu slunečního záření na jednotlivých místech povrchu zemského (ta závisí na délce bílého dne a na úhlu dopadu slunečních paprsků). V souvislosti s tím charakterizujeme jednotlivá roční období a délku jejich trvání. Srovnáváme s údaji, které ukazuje střelka na terči základny.
Dále ukážeme na pohybujícím se glóbu Země hranice podnebných pásů, vysvětlíme charakter a průběh ročních období v jednotlivých podnebných pásech a délku dne a noci. Zvláště upozorníme na protikladné střídání ročních období na severní a jižní polokouli, na dlouhou polární noc a polární den v pásu mezi polárními kruhy a póly a na půlroční denní a noční období na pólech.

e) Pohyby Měsíce

Otáčením ramene přístroje předvedeme oběžný pohyb Měsíce kolem Země. Tento pohyb je (na přístroji) přesně kruhový a rovina oběhu Měsíce kolem Země je odchylný od roviny oběhu Země kolem Slunce. Na modelu však zaujímá rovina oběhu Měsíce stálou polohu. Ve

skutečnosti se však velmi zvolna otáčí (jedna otočka trvá 19 let), aniž se však mění úhel sklonu roviny měsíčního oběhu kolem Země a zemského oběhu kolem Slunce. Doba oběhu Měsíce kolem Země vzhledem ke stálému směru v prostoru (je to doba mezi dvěma návraty Měsíce k téže hvězdě při pohledu ze středu Země) je hvězdný měsíc (siderický měsíc) - trvá přibližně 27,3 dne. Doba oběhu vzhledem k měnícímu se směru ke Slunci - syvodický měsíc - trvá 29,5 dne. Je to časový interval mezi dvěma po sobě následujícími měsíčními novy. Za dobu siderického měsíce se totiž Slunce zdánlivě posune po své zdánlivé dráze asi o 27° k východu. Měsíc tedy musí ještě tento úsek projít, aby byl opět v novu. Tento rozdíl ukážeme, otáčíme-li zvolna ramenem přístroje a současně dvojitým ramenem oběhové pohybu Měsíce. Objasníme rovněž východy i západy Měsíce a jeho viditelnost z určitého místa na zemském povrchu, a to analogií s obdobnými jevy slunečními. Ukážeme na konec, že doba jednoho otočení Měsíce kolem osy je stejná jako doba jeho jednoho oběhu kolem Země. Důkazem toho je, že vidíme ze Země stále tutéž stranu Měsíce (na teluriu demonstrujeme tím, že označíme na modelu Měsíce jeho přivrácenou stranu bodem).

f) Měsíční fáze

Měsíční fáze vznikají pozorováním různé polohy Měsíce, osvětleného Sluncem, z povrchu Země. Ve sluneční kouli rozsvítíme žárovku, potom pomalu pohybujeme ramenem přístroje až dostaneme glóbus Měsíce do poloh jednotlivých fází. Objasníme tvar obrazu osvětlené i neosvětlené části měsíční koule, jak ji vidíme z povrchu zemského. Ukážeme čtyři základní fáze : nov, první čtvrť, úplněk a poslední čtvrť. Tyto fáze se střídají v období synodického oběhu Měsíce kolem Země, čili za 29,5 dne. Při demonstraci fází se snažíme vyhnout takovým polohám Měsíce, při nichž dochází (na modelu dosti často, ve skutečnosti velmi vzácně) k zatmění v době novu nebo úplňku. Zatmění spíše ponecháme jako předmět dalších demonstrací.

g) Zatmění Slunce a Měsíce

Rozsvítíme žárovku znázorňující sluneční světlo, ukážeme na plátně (buďto upevněném nebo je držíme v ruce) průměry stínových kuželů v prostoru, jejich vzájemnou polohu a závislost na postavení Měsíce vzhledem k linii Země-Měsíc.

Volíme nejprve případ, kdy tyto stíny se míjejí a ani při nejtěsnějším přiblížení se nestýkají a na plátně se nepřekrývají. Tehdy ve dnech novu a úplňku nedochází k zatmění vůbec, protože stínové kužele míjejí glóby Země i Měsíce. Otáčíme ramenem přístroje dále až najdeme takovou polohu soustavy Země-Měsíc, v níž stíny na plátně se míjejí jako předtím, ale přitom se překrývají. Tehdy kužel stínu padá také na příslušný glóbus a způsobuje zatmění části jeho povrchu. Jestliže stín Země padá na povrch měsíčního glóbu, pak se tento jev nazývá zatměním Měsíce. V takovém případě Slunce, Země a Měsíc se nacházejí v jedné skoro přímé linii, přičemž Měsíc je v úplňku. Pozorovatel ze Země vidí zatměný povrch Měsíce.

Skoro v jedné přímé linii může být rovněž postavení Slunce, Měsíce a Země. Stín Měsíce pak dopadá na povrch Země a pozorovatel na Zemi v tomto místě se nachází v kuželu měsíčního stínu. Pozorovatel vidí jev, který by se správně měl nazývat zatměním Země nebo zakrytím Slunce, protože sluneční kotouč je zakryt kotoučem Měsíce. Protože však obvyklý jas Slunce pohasíná (podobně jako svit Měsíce v době jeho zatmění) nazývá se tento jev ne zcela přesně zatměním Slunce.

Zatmění Slunce a Měsíce jsou ve skutečnosti jevy velmi vzácné. Na jedno století připadá průměrně na celé zeměkouli okolo 240 zatmění Slunce a z nich pouze 66 úplných. V určitém místě na Zemi jsou úplná zatmění Slunce velkou vzácností - dochází k nim průměrně jednou za 360 let. Vyplývá to z toho, že pás, kde je viditelné úplné zatmění Slunce, je velmi úzký, nepřesahuje šíři 270 km. K zatmění Měsíce v období 100 let dochází přibližně 160krát, ale je viditelné současně z velké části Země. Pozorování zatmění poskytuje mnoho zajímavých vědeckých údajů o fyzikálních vlastnostech Slunce, o zemské atmosféře, o mechanice pohybů vesmírných těles atd. Tyto jevy trvají velmi krátce, nejdelší možné celkové

zatmění Slunce v určitém místě pozorování netrvá déle než 7 minut 40 sekund, částečně zatmění netrvá déle než 4 hodiny. Úplné zatmění Měsíce může trvat až 1 hod. 40 minut, částečné zatmění netrvá déle než 4 hodiny. Úplné zatmění Měsíce může trvat až 1 hod. 40 min., částečné zatmění o něco déle než 6 hodin. Obécně vzato může během jednoho roku dojít k 2 až 5 zatměním Slunce a k žádnému až 3 zatměním Měsíce.

h) Zatmění Slunce

Demonstrujeme průběh úplného zatmění Slunce. Rozsvítíme proto žárovku, znázorňující světlo Slunce a otáčíme ramenem přístroje tak dlouho, až dojde k zatmění. Sledujeme, jak kužel měsíčního stínu začíná zakrývat Zemi a jak se posunuje po jejím povrchu. V oblastech, kam zasahuje kužel měsíčního stínu, tak dochází k zatmění Slunce. Na glóbu Země pozorujeme trvání zatmění Slunce i místa, v nichž zatmění končí a začíná.

i) Zatmění Měsíce

Otáčíme zvolna ramenem přístroje, až se Měsíc dostane do stínu Země a vysvětlujeme jednotlivé etapy zatmění. Potom posouváme Měsíc dále stínem Země, až se úplně vynoří ze zemského stínového kužele. Objasníme, že ve skutečnosti není Měsíc zcela neviditelný v době svého úplného zatmění, protože je trochu osvětlen slunečními paprsky,lomícími se v atmosféře Země.

j) Soustava Země-Měsíc, pozorovaná z vesmírného prostoru

Dnes, kdy nadchází období meziplanetárních cest člověka, můžeme se zmínit o jevech, které je možno pozorovat z kosmické lodi nalézající se ve vesmírném prostoru. Tak např. můžeme demonstrovat, jak vypadá soustava Země-Měsíc, osvětlená Sluncem, z vesmírného prostoru.

Rozsvítíme žárovku znázorňující sluneční světlo a sami se vzdálíme od modelu na 2 m. Vidím tak Zemi a Měsíc skoro ve stejných fázích. Měsíc v době svého úplného zatmění se nám ztratí právě tak jako ve skutečnosti.

Zatmění Slunce bude patrné (v souhlase s předešlým výkladem) jako částečné zatmění Země. Stopa stínového kužele Měsíce se nám objeví v podobě temné skrvny na povrchu Země. Všechny tyto jevy budou probíhat ve správných časových dimenzích, jestliže pohyblivé části modelu budou uvedeny do náležitého otáčivého pohybu.

6.Konzervace přístroje

Přístroj je třeba uchovávat na suchém místě. Je třeba ho chránit před prachem tím, že ho přikrýváme vhodnou (např.dvoudílnou) polyetylenovou fólií. Polystyrenová sluneční koule, jako ostatně všechny výrobky z této hmoty, se snadno znečistí. Povrch koule je možno otírat vlhkým hadříkem (do vody přidáme tekutý saponátový prostředek).
Ozubený převod je možno natírat vaselinou teprve po několika letech užívání. Přístroj nesmí být na slunci, protože by se rozpustila vaselina, kterou je ozubený převod napuštěn.
Při výměně žárovky je třeba odšroubovat matici na sluneční kouli a sejmout horní polokouli. Vyjmeme z objímky přepálenou žárovku a zašroubujeme novou.

Vydal n.p.Komenium, Praha jako doprovodný text k učební pomůcce - 1972.

Tisk Komenium n. p. - 30/1972