uprostřed oceánu, selhal z důvodu přetržení kabelu. O rok později v červnu lodě pro změnu vyrazily ze středu Atlantiku od sebe, ale opět se kabel přetrhl. Vyšel až třetí pokus – 29. července 1858 kabel konečně „chodil". Následovala výměna ctihodných depeší mezi královnou Viktorií a prezidentem Buchananem i oslavná střelba v New Yorku. Nikdo nepřipomínal, že na začátku projektu prošlo schválení jeho financování v Kongresu o jediný hlas. Natolik byl silný tlak anglofobních senátorů – vždyť uběhlo teprve čtyřicet let od poslední války s mateřskou zemí bývalé kolonie Britské koruny.

Položení transatlantického telegrafního kabelu ovšem byla zcela specifická zakázka, a to jak z technického, tak strategického hlediska. Přenosová rychlost tohoto kabelu byla 25 slov za hodinu. Ale už v září téhož roku, po odeslání pouhých čtyř set telegramů, spojení zkolabovalo. Na vině bylo příliš vysoké elektrické napětí, které mělo umožnit dosáhnout větší přenosové kapacity.

Následovalo zklamání, pomluvy a spekulace o podvodu. Teprve roku 1864 se podařilo shromáždit kapitál na obnovení projektu. Pro jeho realizaci byl vybrán parník Great Eastern (obr. 3), veledílo své doby, přesto byly zapotřebí dva pokusy. Při prvním z nich (1865) se kabel po položení necelých dvou tisíc kilometrů opět přetrhl. Při druhém pokusu o rok později dorazil Great Eastern z Irska do Nového Foundlandu bez problémů a za pouhé dva týdny. Dne 27. července 1866 za husté mlhy přistál v zátoce Trinity; celý transatlantický kabel byl nazítří propojen a Američané si mohli přečíst první depeši z Evropy: *„Byla podepsána mírová smlouva mezi Pruskem a Rakouskem."* Šlo o celosvětovou tečku za bitvou u Sadové, jejíž výročí jsme si připomněli počátkem letošního července. Takto se i české dějiny zapsaly do historie transatlantického kabelu.

Přenosová rychlost kabelu oproti jeho prvnímu období fungování vzrostla na osm slov za minutu. Spojení bylo komerční a jeho cena se pohybovala okolo 100 USD za dvacet slov.

Prvním **telefonním podvodním kabelovým spojem** se v roce 1884 stal spoj ze San Franciska do Oaklandu v USA. Výrazný pokrok přinesly až v polovině dvacátého století kabely nové generace s elektronickými zesilovači používající tzv. frekvenční multiplex. Kapacita kabelu TAT-1 (Transatlantic No. 1), spuštěného roku 1956, byla současně přenášených 36 nezávislých hovorů, vysílaných na různých frekvencích. Poslední měděný transatlantický kabel TAT-7, položený na dno v roce 1978, vykazoval kapacitu 4 000 telefonních kanálů, která později vzrostla až na 10 500 kanálů.

Další transatlantický spoj TAT-8 z roku 1988 již využíval optická vlákna. Jeho kapacita byla až 280 Mbit/s (až 40 000 telefonních kanálů). Předtím, v roce 1984, byl realizován první optický spoj na menší vzdálenost (Belgie a Velká Británie).

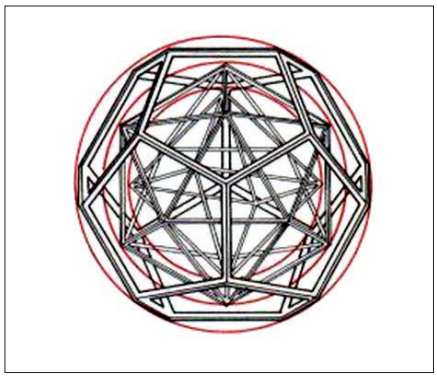
Pokládání kabelů na dna oceánů a moří je náročný proces, vyžadující lodě se speciálním vybavením. Trasa, kudy má kabel vést, je pro maximalizaci ochrany položeného kabelu nejprve pečlivě zmapována. S využitím zmapované trasy se určuje typ kabelu, jaký se kde použije (s vyšším nebo nižším stupněm ochrany). Délka spojů může dosahovat desítek až stovek kilometrů. Ovšem celistvý optický kabel takové délky nelze zajistit. Proto se kabely napojují, a to přímo na palubách pokládacích lodí. Na takovéto vzdálenosti se také projevuje značný útlum signálu. Proto se na trasy optických kabelů zhruba každých 50 až 100 km „přivařují" tzv. opakovače, díky kterým se signál znovu posílí. Tyto opakovače jsou napájeny z vedení uvnitř kabelu (někdy i 5 000 V stejnosměrného napětí). Opakovače na kabelu tvoří jakousi bouli, jejíž délka je přibližně 2,5 m a průměr 50 cm. Pro omezení rizika přetržení kabelu při mechanickém namáhání se kabely pokládají s mírným zvlněním.

Ve velkých hloubkách se kabel většinou pokládá přímo na mořské dno, v takovém případě trvá položení 100 km kabelu zhruba 24 hodin. V rizikovějších oblastech, kde je hloubka menší a hrozí jejich poškození, např. kotvami lodí nebo hloubkovým rybolovem, bývá kabel pokládán do rýhy hloubky 1 až 3,5 m. Tu hloubí pokládací loď vlečnou radlicí. V tom případě se však položí pouze 10 až 30 km kabelu denně.

Dějiny přírodních věd v českých zemích (15. část)

Johannes Kepler – dílo

Keplerovo nejplodnější badatelské období – mezi roky 1600 a 1612 – je spojeno s pobytem v Praze. Ve svých pracích se zabýval astronomií, matematikou, mechanikou, krystalografií, optikou a astrologií. Za pražského pobytu Kepler vyřešil mnoho astronomických problémů a vytvořil zde také většinu svých nejdůležitějších vědeckých prací. Snažil se dokázat, že vzdálenost planet od Slunce



Obr. 1. Soustava polyhedronů, konvexních a hvězdicovitých mnohoúhelníků, jako možný model vesmíru

je možné vyjádřit jako poloměry polokoulí, které jsou postupně vepsány či opsány pravidelným tělesům (polyhedronům – konvexní a hvězdicovité mnohoúhelníky; obr. 1).

Kepler hledal jednoduché matematické vztahy, podle nichž jsou uspořádána všechna vesmírná tělesa i veškeré jevy v přírodě. Tato Keplerova snaha poznamenala celé jeho životní dílo.

Základní Keplerův přínos spočívá v tom, že hledal fyzikální, nikoliv jen formální vysvětlení zákonů planetární soustavy. Vycházel při tom z názoru, že ve Slunci, jako v největším tělese soustavy, je hybná síla celé soustavy.

Keplerovy zákony nebeské mechaniky

Na základě mnoha systematických výpočtů dospěl Kepler roku 1605 k formulaci dvou svých zákonů planetárních drah. První zákon vystihuje tvar planetárních drah: planetární dráhy jsou elipsy, v jejichž jednom ohnisku je Slunce (obr. 2). Druhý zákon, dnes běžně označovaný jako zákon ploch, vypovídá o nerovnoměrném pohybu planet po elipse: plochy opsané průvodičem planety ze stejný čas jsou stejné.

Kepler tyto zákony publikoval ve spisu „*Astronomia nova*" v roce 1609. Teprve později ve spisu *Harmonices mundi – Harmonie světů* (1619) publikoval třetí zákon, který postihuje vztahy mezi střední vzdáleností planet od Slunce a jejich dobou oběhu. Zákony jsou popisné a neodpovídají na otázku „proč?". Na tu našel odpověď až později Isaak Newton (1643–1727, Anglie).

1. **Keplerův zákon.** Planety obíhají okolo Slunce, takže geocentrická představa nebeské mechaniky již není možná. Trajektorie je elipsa, takže se planety pravidelně vzdalují a přibližují k Slunci. Planety ale nemají dráhu příliš výstřednou (kromě Pluta), takže v prvním přiblížení lze uvažovat, že se pohybují po kružnici. Pravděpodobnost, že by se určité těleso pohybovalo okolo Slunce po kružnici, je téměř nulová, protože taková dráha je nestabilní. Každé vychýlení ji změní na elipsu. Zákon je základem pro odvození zákonů zachování energie a hybnosti.

2. **Keplerův zákon.** Planety se v přísluní (perihelium) pohybují nejrychleji, v odsluní (afelium) nejpomaleji. Ve výpočtech se používá plocha opsaná průvodičem (spojnice Slunce a planety) za infinitezimálně krátký čas, kdy lze zanedbat zakřivení trajektorie planety a celý výpočet se redukuje na vyjádření obsahu trojúhelníku. Tento Keplerův zákon je jiné vyjádření zákona zachování momentu hybnosti. Plyne z něj, že oběžná rychlost planet se zmenšuje se vzrůstající vzdáleností od Slunce.
3. **Keplerův zákon.** Poměr druhých mocnin dob oběhu dvou planet se rovná poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií.

$$T_1^2/T_2^2 = a_1^3/a_2^3$$

kde
a_1, a_2 jsou délky hlavních poloos,
T_1, T_2 jejich doby oběhu okolo Slunce.

Planety blízko Slunce je oběhnou za kratší čas než vzdálené planety. Je základem pro pozdější Newtonův gravitační zákon.

V Keplerově způsobu použití matematických výpočtů je mnoho nového – zejména numerické integrace, které do určité míry předcházejí dnešnímu infinitezimálnímu počtu (nekonečně malá čísla, jejichž absolutní hodnota je menší než jakékoliv kladné reálné číslo).

Kepler také převratně zjednodušil vysvětlování pohybu planet a výsledkem jeho práce je vlastně dokonalý kinematický popis planetárních pohybů. Nedostatky tohoto popisu spočívaly v nedostatečné znalosti všech gravitačních parametrů vzájemného rušení planet.

Optika a krystalografie

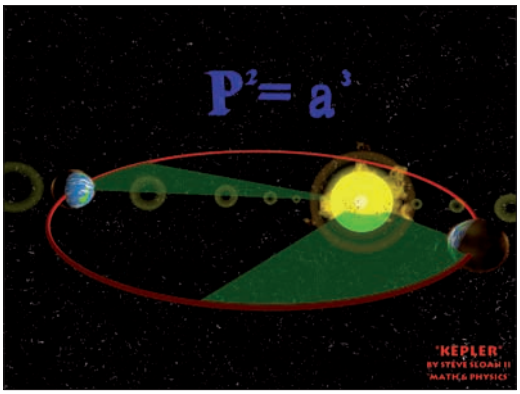
V souvislosti s astronomickými pozorováními a výpočty byl Kepler přiveden i k optice. Zcela správně poukázal na rušivý optický jev soudobých dalekohledů, refrakci, která negativně ovlivňuje přesnost pozorování.

Při studiu a použití temné komory (camera obscura) také správně určil funkci oční čočky a podal vysvětlení příčiny daleko- a krátkozrakosti. Ve spisu *Dioptrica* (1611) se věnoval výzkumu lomu světla. Významné je Keplerovo studium vlastností čoček a jejich kombinací; ve spisu Dioptrica podává teoretické návrhy na různé typy dalekohledů. Ačkoliv sám žádný přímo nesestrojil, byly jeho fyzikální závěry a zdůvodnění správné – pozdější konstrukce jsou nazvány jeho jménem.

Ve spisku z roku 1611 se Kepler zabývá fyzikou krystalů. Pouhým pozorováním „šestihranného sněhu“, po němž má spisek název, přišel Kepler na myšlenku souměrnosti, a dokonce i na to, že se sníh skládá z hustě stěsnaných koulí. Brzy se poznalo, že zákon nevyhovuje. Spis zůstal bez trvalého vlivu.

Heliocentrismus

V první řadě byl Kepler přesvědčeným stoupencem Koperníkova heliocentrického systému a byl jeho prvním veřejným zastáncem v Čechách. Do té doby neměl heliocentrický názor u nás žádného tak významného a otevřeného stoupence. Význační čeští badatelé té doby, např. Tadeáš Hájek nebo Cyprián Lvovický, pouze Koperníkovy závěry znali, avšak používali je pouze částečně a vlastním názorem setrvávali spíše na geocentrických pozicích. Prvním autorem, který v Čechách otevřeně přistoupil na Koperníkovo učení, byl v té době Jan Jessenius z Velké Jeseně. Ten však byl lékařem, konal pouze některá dílčí elementární pozorování a neformuloval své názory matematicky nebo jinak fundovaně. Později dokonce pod vlivem svého přítele Tychona Brahe od některých svých progresivních názorů ustoupil.



Obr. 2. Ilustrace prvního Keplerova zákona – planetární dráhy jsou elipsy, v jejichž jednom ohnisku je Slunce

Je zřejmé, že autorita Tychona Brahe působila v Čechách významněji než autorita Keplerova. Například učenec David Gans, autor hebrejsky psané učebnice astronomie *Nechmad ve-Naim*, který byl za svého pražského pobytu v osobním styku s T. Brahem i J. Keplerem, podal cenné zprávy pouze o Brahově způsobu pozorování.

Zřejmě ani Keplerův nejbližší přítel a spolupracovník, rektor pražské univerzity Martin Bacháček z Neuměřic, nedokázal postihnout význam Keplerových výsledků v jejich skutečné šíři a významu. A to přesto, že pražské období Keplerovy vědecké činnosti bylo nejbohatší na výsledky, které vedly k přesnému poznání planetární soustavy a daly základ budoucí Newtonově gravitační teorii.

Johannes Kepler byl velmi nábožensky založen a přes své vlastní fyzikální objevy se ztotožňoval s odsouzením Giordana Bruna (upálen 17. února 1600 v Římě). Nepovažoval totiž Slunce za jednu z mnoha stálic a Brunovo učení o vesmíru plném sluncí považoval za kacířství.

Roku 1621 Kepler publikoval sedmisvazkový spis *Epitome Astronomie*, ve kterém heliocentrickou astronomii podrobně probírá.

Astrologie

Zvláštní byl Keplerův vztah k astrologii. Odmítal sice pověry a bezduché přijímání soudobých astrologických výkladů, ale zdůrazňoval závislost astrologie na empirii a vytvořil tak v jistém smyslu moderní, dnes převažující pojetí astrologie.

Kepler za svůj život sestavil na 800 horoskopů, včetně svého. Na základě jeho výroku, že „*astronomie je moudrou matkou a astrologie záletnou dcerkou, která aby svou matku udržela při životě, se prodává každému zájemci, který chce a může zaplatit*“, se dodnes traduje, že se astrologií zabýval pouze pro finanční zisk. Jedním z jeho nejvýznamnějších klientů byl také politik a vojevůdce Albrecht z Valdštejna (1583–1634).

Kepler byl rovněž přesvědčen o tom, že nebeská tělesa ovlivňují pozemské události. Výsledkem této Keplerovy víry bylo jeho správné hodnocení role Měsíce na příliv moří a oceánů. Uvažoval dokonce o vlivu budov a hor zastiňujících planety a hvězdy v okamžiku narození člověka.

Svými kosmologickými zákony se Kepler snažil doložit staré pythagorovské učení o harmonii sfér a astrologii přispěl i možností lépe a přesněji propočítávat horoskopy. Do sestavování horoskopů např. jako první zavedl dekagonální řadu aspektů (decil, kvintil, tredecil, bikvintil).

Keplerův vztah k astrologii přecházel až k mysticismu. Jeho pokusy včlenit orbity planet do souboru polyhedronů k jeho zklamání však nakonec selhaly. Ale i to je svědectví jeho vědecké integrity – když důkazy svědčily proti jeho zamilované teorii, raději ji nakonec opustil. Keplerova ochota vzdát se tváří v tvář přesnému pozorovacímu důkazu původní teorie dokazovala, že měl velmi moderní postoj k vědeckému výzkumu.

Závěr

Kepler považoval matematické vztahy za základ celé přírody a vesmíru, jehož stvoření a existenci považoval za integrovaný celek. To bylo v kontrastu k Platonově a Aristotelově pojetí, že Země je zásadně odlišná od zbytku vesmíru. Ve snaze objevit všeobecné zákony, Kepler aplikoval pozemskou fyziku i na nebeská tělesa a toto úsilí se skvěle projevilo formulováním tří zákonů planetárního pohybu.

Společenskými změnami po roce 1620 byly v Čechách podstatně omezeny podmínky pro další rozvoj badatelské činnosti, zejména možnosti navázat na výsledky rudolfínského období. V tomto období, kdy s rostoucí rekatolizací naší země vzrůstal i odpor k heliocentrismu, byla většina Keplerových spisů zakázána. Tak v Čechách skončila doba rudolfínská, doba velkých astronomických objevů a střetů racionálního myšlení s církevními dogmaty.

(jk; pokračování – stagnace vědecké práce v období temna)