

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Josef Krkoška

Galilei jakožto zakladatel matematické fysiky

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 41 (1912), No. 3-4, 389--400

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122933>

## Terms of use:

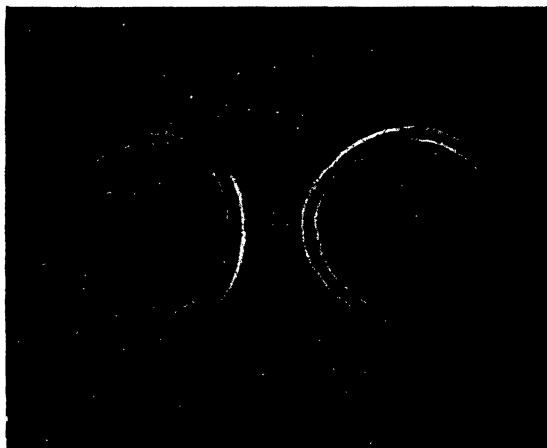
© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1912

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Z obr. 6. možno pak vyvoditi, že jsou jeho základní osová pole protisměrná, neboť se jejich víry nespojily, nýbrž se po sousedních stranách k sobě přiřadily a intenzitu pole na tom místě zvětšily. Tisnící se akustické víry tlačí pak od sebe základní osová pole a tím i reson. trubky. Tento případ objasňuje podstatu akust. odpudivosti.



Obr. 6.

Na všech těchto šesti odstavcích lze spatřiti místa prachu prostá i akustické čáry s hojně nahrnutým prachem. Lze z toho souditi o rozsahu činnosti akustických vírných trubic a o akustické přitažlivosti určitých míst akustických polí, jevící se na lehká tělíška.

## Galilei jakožto zakladatel mathematické fysiky.

Historická studie.

Napsal Josef Krkoška.

Člověk toužil vždy věděti o dějstvu přírodním více, než svými smysly bezprostředně postřehoval. Snažil se proniknouti svým duchem do dávné minulosti i předvidati budoucnost, neb stanoviti možný chod událostí za podmínek pozměněných.

A otázky, jež kladl si o tajích přírodních, zodpovídal si člověk za různých dob různými způsoby. Původně spokojoval se výklady, jež odkazujeme dnes do říše bájí. Ale ještě dlouhé věky potom vymýšlel a osnoval přírodní filosofie a theorie, jež postrádaly logické jistoty a mnohdy i vší pravděpodobnosti.

A nemohl ani dodělati se lepších výsledků tehdejší spekulativní směr přírodního badání, jenž základní přírodovědné pojmy a zásady prostě vymýšlel neb odvozoval ze zkušeností jen samovolné, povrchní a nepřesné a z těchto nezaručených základů usuzoval pak návody stejně nespolehlivými, jejichž hlavními nástroji byly prosté asociace a analogie, často velice odlehlé a ponejvíce k běžným životním zkušenostem se odnášející.

Tak soudil na př. Thales, že voda je základní látkou, z níž pocházejí všechny věci na světě, a sice soudil tak opíraje se o zkušenost, že voda jest uprostřed mezi zemí a vzduchem, že půda Egypta tvoří se z rozlité vody Nilu, že z vlhké půdy vzhází rostlinstvo a p. Nebo stoupenci astrologie mínili, že planety mají zvýšenou povětrnostní působivost na krajiny podobné tvarem souhvězdím, v nichž ony planety právě se nalézají, a že způsobují zvláště hojné srážky vodní nalézající se v souhvězdí ryb, jež jest souhvězdím mokřým.

Mělo-li se nabytí o přírodním dějstvu poznatků bezpečných a trvalých, bylo nezbytně potřebí uvéstí přírodní výzkum na cesty nové, dokonalejší; bylo potřebí nových, spolehlivých návodů přírodozpytných.

Zmíněné potřebě vyhověno teprve v době novější a sice objevem návodu experimentálního s mathematickým. Pomiňme návod experimentální a přihlédněme blíže k návodu mathematickému.

Uvědomění a ocenění mathematického návodu v jeho významu pro výzkum přírodní nebylo o sobě tak snadné, jak by se mohlo dnes zdáti.

Byly tu i jisté, pevně zakořeněné tradice o povaze jednotlivých oborů vědních, jež jeho vývoji stály v cestě. Když někteří filosofové znázorňovali mathematické problémy, jež nemohli v abstrakci zmocí, vhodnými mechanismy, odsoudil je Plato, že porušují a kazí charakter matematiky, ztělesňující

její obsah, kdyžť právě netělesnost, duchovost, jest její nejvýznačnější, vznešenou stránkou. Za to považoval Plato matematiku za nevyhnutelnou přípravu k filosofii. Proti tomu brojí však zase Aristoteles a zrazuje své žáky od přílišného studia matematiky, jelikož činí ducha sudilkářským a neschopným zdravé filosofie. Přírodní filosofie dle Aristotela nepotřebuje mathematické přesnosti, jí náleží podati definice a určití znaky povšechné, u pohybu na př. definovati a tříditi pohyby, udati jich příčiny a p.; vyšetřování podrobnějších vlastností a vztahů náleží technikům neb jiným pracovníkům druhu nižšího.

Myšlenky a zásady Aristotelovy ovládaly vědecké badání, i přírodní, až do pozdní doby nové, a bylo třeba původního a silného ducha, aby proti jich autoritě vynalezl a uplatnil směr nový. Jako v jiných oborech, tak i v tomto methodickém byl tím mocným a vlivným průkopníkem Galileo Galilei.

Nebylo by správně představovati si Galileie jako zásadního odpůrce Aristotelova. Galilei cenil velmi Aristotela a jeho učení, nehodlal však přestati na jeho autoritě, chtěje na jeho učení pokračovati, jako by byl dle jeho mínění na základě novějších zkušeností a vymožeností pokračoval i Aristoteles sám; Galilei odsuzoval proto počínání Aristotelových stoupenců, kteří jeho knižní autoritu staví nad „smysly, zkušenost a i přírodu samu . . ., než by připustili nějakou změnu na nebi Aristotelově, raději zaprou bezohledně vše, co děje se na nebi přírody.“

V Galileiových spisech roztroušena jsou četná místa, na nichž se jedná o logické stránce přírodního poznání. Galilei jeví se tam hlubokým myslitelem filosofickým, s usilovným zájmem o povahu a podmínky poznání správného a pravdivého. U něho shledáváme se již s novodobými hledisky zkumnými, jichž uvědomění bylo zajisté jedním z podnětů, nikoli posledních, jež pudily Galileie na přední místo mezi hlasatele a zastance nových objevů a pravd.

Galileiovi běží o poznání jisté, bezpečné. Z té příčiny nejvýše cení poznámky mathematické a na několika místech staví se proti Aristotelovu mínění mathematice nepřívznivému. Galileiovy výpovědi o dokonalosti mathematického poznání, jimiž

uzavírá první den svých dialogů \*), byly též jedním bodem vznesené naň obžaloby inkvisiční.

Galilei rozlišuje tam poznání extensivní a intenzivní. Extensivnost našeho poznání týká se množství poznaných pravd, po kteréž stránce naše poznání vzhledem k nekonečnosti možných poznatků zaniká, jest jako nic. Intenzivností poznání rozumí se jeho dokonalost, a co této stránky se dotýče poznáváme některé pravdy zcela dokonale, s jistotou, jakouž vůbec má příroda sama. Toho druhu jsou pravdy geometrické a arithmetické. Rozum božský zná jich nekonečně mnoho, jelikož zná všechny, ale v tom málu z nich, jež sami známe, naše poznání rovná se božskému, jelikož nahlížíme až jejich nutnost, nad což sotva může býti jistoty větší. Pravdy, k jejichž poznání dospíváme mathematickými důkazy, jsou tytéž, kteréž poznává moudrost božská; jenže moudrost božská v jich nekonečném množství prostě je nahlíží, kdežto rozum lidský přichází k poznání jich malého počtu postupně, krok za krokem, od soudu k soudu, na př. při odvozování některých vlastností kruhu, jichž jest nekonečně mnoho, vychází od nejjednodušší z nich jako definice, usuzováním postupuje od ní k druhé, od druhé k třetí, atd.

Nelze se proto diviti nadšení, s jakým Galilei několikrát již v Dialozích ohlašuje, že se mu podařilo některé věty o pohybu mathematicky odvoditi.

V Dialozích vyskytuje se též již porůznu několik mathematických rozborů pohybových. Vytknouti jest hlavně Galileiův rozbor pohybu středoběžného, historicky důležitý svým věcným obsahem a neméně zajímavý i svojí methodou; Galilei pokouší se v něm o zvláštní diferenciální úvahu pohybovou, kteráž nešetkává se sice s plným zdarem, ale jasně staví před oči význam matematiky jako prostředku vyšetřovacího, nutíc Galileie doznati, že pokouší se o věc nemožnou, kdož chce přírodní otázky řešiti bez geometrie.

Galilei nespokojuje se mathematickým řešením jednotlivých pohybových problémů o sobě, on chce dokázati více, on před-

---

\*) I dialoghi sui massimi sistemi Tolemaico e Copernicano di Galileo Galilei. — Firenze, 1632.

vádí soustavnou matematickou nauku o pohybu, v níž z nejmenšího možného počtu základních vlastností pohybu odvozují se matematicky jiné, z těch opět další, zcela jak se to děje o útvarech geometrických v Euklidově geometrii. dle jejího vzoru, jak doznává, si předsevzal o pohybu jednati. Galileiova soustavná matematická nauka o pohybu obsažena jest ve 3. a 4. Dni jeho Discorsů, \*) jest nadepsána „O pohybu místním“ \*\*) a skládá se vedle krátkého úvodu ze tří částí, z nichž první jedná o pohybu rovnoměrném, druhá o pohybu rovnoměrně (přirozeně) zrychleném a třetí o vrhu: první část obsahuje definici, 4 axiomy a 6 vět (theoremů); druhá obsahuje definici, princip, 22 věty, 16 úloh (problemů) vedle několika důsledků (korollarí), dodatků (scholií) a pomocných vět matematických (lemat); třetí 7 vět a 7 úloh vedle několika důsledků a pomocných vět matematických.

Galilei, jak sám dí v úvodě, o předmětu velmi starém zahajuje vědu naskrz novou. Její novost tkví v methodě, v matematické methodě pojetí faktů i odvozování zákonů. Galilei právem prohlašuje sebe za jejího původce. Vyskytují se sice porůznu již před ním kvantitativní úvahy obsahu přírodního, hlavně Archimedovy rozborů statické, ale jich matematicičnost byla nahodilá, nikoli úmyslně, s vědomím jejího přírodovědného methodického významu, zaváděná; jest tomu, jako s methodou experimentální, kterouž považovati jest rovněž za vymoženost novodobou, třebaš již dříve sem tam byly pokusy prováděny. Kvantitativnost přírodních úkazů, o nichž bylo před Galileiem matematicky uvažováno, byla nápadná, sama sebou se vnucující, jejíž rozbor dál se obyčejně více ze zájmu matematického nežli přírodovědného; naproti tomu kvantitativnost, o níž jedná Galilei, byla své doby důležitým objevem vědeckým. Dle úvodních slov samého Galileie napsali před ním filosofové o pohybu četné a veliké svazky, viděli na př., že tělesa padají pohybem zrychleným, ale nevšimli si, v jakém poměru děje se to

\*) Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuoue scienze, attenenti alla mechanica, e i movimenti locali, di Galilei. 1638 — ne celá 4 léta před smrtí Galileiovou.

\*\*) Tento název vztahuje se k Aristotelovu rozlišování pohybů jakostních, kolikostních a místních.

zrychlení, nebo pozorovali, že vržená tělesa opisují křivou dráhu, aniž však starali se o to, jaká jest to křivka; za to on objevil, že padající tělesa probíhají ve stejných po sobě jdoucích dobách dráhy úměrné lichým číslům od jednotky nahoru, a tělesa vržená že pohybují se v parabole — ale netoliko objevil, nýbrž, jak sám zdůrazňuje, i dokázal. „A jiné mnohé, neméně vědění hodné,“ končí Galilei svůj krátký, ale výmluvný úvod, „bude ode mne dokázáno: a co více cením, otevírá se příchod a přístup k vědě velmi rozsáhlé a velmi skvělé, jejíž začátky jsou tyto moje práce a v níž duchové bystřejší proniknou končiny skrytější.“ \*)

Následuje pak nauka, jež patří dosud mezi nejpřednější díla přírodovědná; jejím obsahem i provedením došla matematická metoda hned naponejprv skvělého průkazu svojí použitelností a úspěšností na poli přírodním.

Těžiště Galileiovy nauky o pohybu spočívá v části druhé, jednající o pohybu rovnoměrně zrychleném. Neprávem míní se někdy, že Galilei odvodil zákony pohybu rovnoměrně zrychleného, vlastně zákony pádu těles, z působení přitažlivosti zemské. Představa jakési přitažlivosti zemské přičila se jeho zkumnému postupu, přidržujícímu se co nejvěrněji skutečnosti; ostatně Galilei sám výslovně podotýká, že hodlá zkoumati zrychlený pohyb pádu těles, nestaraje se, jaká jest jeho příčina.

Otázka po příčině zrychleného pohybu pádu těles neměla z počátku ani u Galileie ještě toho úzkého slového smyslu, jako má dnes. Vznikla ve starověku a byla původně povahy metafysické, ze které metafysičnosti jen poznenáhlu se vymaňovala. Pohyb rovnoměrný byl ode dávna po příkladě pohybu živočíšného považován za něco obvyklého, pravidelného, a každá změna rychlosti za něco mimořádného a tudíž jakýmisi příčinami neb pohnutkami podmíněného. Jakého druhu jsou ty pohnutky neb příčiny a jak s nimi souvisí zrychlený pohyb volného pádu, bylo předmětem volného badání. Nelze se diviti, že při této neurčitosti řešené otázky dospělo se k výsledkům velmi rozdílným, zasluhuje však povšimnutí, že ani jeden z výkladů

---

\*) Na jiném místě připojuje, že jeho metoda matematická hodí se na všechny obory přírodního poznání.

směru aristotelsko-galileiského neutíká se k pojmu vnějšího přitažlivého působení naší země; pojem přitažlivosti zemské byl badatelům zkoumajícím pád těles sám o sobě cizím a jest vytvořen teprv směrem gilbertsko-keplerským z potřeb astronomických na podkladě nesprávných představ o pohybu. Kdo z badatelů zkoumajících pád o sobě vykládali jeho rostoucí rychlost sílově, pojímali vždy tíži jako činitele vnitřního, projevujícího se zřejmě tlakem tělesa na jeho podporu neb tahem za jeho závěs, a nenalezli žádné pohnutky ani potřeby představovati si jej vynucovaným přitažlivostí vnější, v jakéž nikdy v přírodě nejmenší známky smysly se nepostřehuje. Tak i Galilei ještě v posmrtném dodatku ke svým *Discorsum* pojímá tíži jako vniternou aktivní stránku tělesa, snaží se ji vystihnouti názvy: pádnost (*l'impeto del descendere*), pádový talent (*il talento del descendere*), pádová energie (*l'energia del descendere*), pádový moment (*il momento del descendere*) a upotřebuje jí, staticky měřené, v pohybovém smyslu první, virtuální fáse pádu těles.

Galilei nevyklučuje ze své soustavné nauky o pádu těles otázky příčinnosti z toho důvodu, že by její význam podceňoval; naopak ve svých dřívějších pracích věnoval jí plný zájem a sám se pokoušel o její řešení. Avšak bez úspěchů. V jednom jeho výkladu za základní podmínku rostoucí rychlosti pádu těles vzata pomíječnost síly vtisknuté, tudíž setrvačnost dočasná; později však objevil Galilei sám, že rychlost tělesu udělená jest trvalá. Dle jiného jeho výkladu, souvisícího těsně s výkladem Aristotelovým, těleso zrychluje pohyb, dochází-li v něm zisku, kterýž zisk při pádu měl záležeti v blížení k touženému cíli; pravdivosti tohoto výkladu zdálo se nasvědčovati jednak učení Kopernikovo, že tělesa nebeská pohybují se v kruzích rychlostí stálou, vždyť kruhovým pohybem žádného zisku nedocházejí, k cíli ani se neblížíce ani od něho se nevzdalujíce, jednak zkušenost, že tělesa vržená vzhůru se zpozdují, neboť pohybem vzhůru trpí ztrátu, od svého cíle se vzdalujíce, přičil se mu však pozdější objev Galileiův, že rychlost pádem nabytá jest úměrna době pohybu a nikoli přiblížení k cíli čili vykonané dráze, jak dle Galileiova výkladu dalo se očekávati a jakž původně Galilei vskutku se domníval. Galilei, jak patrně, nepřehlížel starodávné otázky



po příčině zrychlení pádu těles, avšak nahlédl bezpochyby, že pokusy o její řešení jsou zatím předčasné; předsevzal si proto zkoumati pohyb sám o sobě. Galileiovo dílo i po této stránce jest naskrz původní a samostatné.

Galilei chtěje jednati o pohyb deduktivně podle vzoru Euklidovy geometrie, potřeboval nejdříve vybrati si vhodné základy, jež by zastupovaly Euklidovy axiomy. Galilei staví v čelo své soustavné nauky *definici*, že pohyb jest rovnoměrně zrychlený, přibývá li ve stejných dobách rychlosti stejně, a *princip* (il principio), že konečné rychlosti tělesa padajícího po nakloněných rovinách různého sklonu, ale nestejně výšky jsou stejny.

Ani této své definice neodvodil Galilei z pojmu sílového působení; jak sám dí, stanovil ji podle analogie s pohybem rovnoměrným. Příroda — odůvodňuje Galilei svůj postup — užívá ve všech svých dílech prostředků nejjednodušších a nejjednodušších, a zajisté nejjednodušším vzrůstem rychlosti jest, přibývá-li jí při pohybu zrychleném tak, jako dráhy při pohybu rovnoměrném, totiž ve stejných dobách stejně. Že hodí se tato definice na pád těles, dokazuje potom na svém padostroji pokusy, potvrzujícími její důsledek, že přibývá dráhy se čtvercem doby.

O pak principu se dotýče, považuje jej Galilei sám o sobě za dosti pravděpodobný, nicméně pověřuje jej nad to svým známým pokusem kyvadlovým, při němž délka kyvadla překážkami pod bod závěsu stavěnými jest uprostřed kyvu měněna; dodatečně vrací se však ještě k jeho důkazu ve svém posmrtném dodatku, o němž byla již zmínka učiněna.

Definice a princip jsou jedinými fyzikálními základy Galileiovy nauky o pádu těles; přímo z nich rozvíjí Galilei své soustavné rozbory pouhými úvahami geometrickými; beze všech jiných pomocných teorií pohybových.

Překvapuje, že Galilei, rozbíraje pád po nakloněné rovině, neužívá ani, jak dnes obecně se děje, rozkladu volného pádu dle věty rovnoběžníkové, ačkoli znal princip neodvislosti a plynoucí z něho zákon skládání pohybů a jich i v třetí části, jednajíc o vrhu, upotřebuje. Zdá se však, že Galileiův postup jest dobře uvědoměný. Galilei zajisté správně rozeznával mezi skladem pohybů různého, samostatného původu přírodního a

mezi stanovením projevu určitého pohybu ve směru od jeho přirozeného směru odchýleném; princip neodvislosti a plynoucí z něho věta rovnoběžníková týkají se pouze případu prvního, totiž složných pohybů různého, samostatného původu, a nelze z nich odvoditi, jak se projevuje určitý pohybový děj ve směru od jeho přirozeného směru odchýleném, kterouž otázku jest řešiti samostatně. Galilei zodpovídá ji svým principem, jenž vskutku nahraňuje mu v jeho rozboru pádu těles obvyklý dnes rozklad dle věty rovnoběžníkové. Že Galileiův princip měl naznačený právě smysl a účel, vysvítá též ze zmíněného již posmrtného dodatku, v němž Galilei dokazuje onen princip z věty udávající *částečnou* pádnost těles ve směrech od směru svislého, totiž od směru pádnosti *celistvé*, odchýlených, kterouž větu odvozuje z věty o rovnováze na strojích zvané dnes principem virtuálních pošinutí; na složení a povahu ostatního obsahu Galileiovy mathematické nauky o pohybu jeho dodatečný důkaz však vlivu již neměl.

Z holých dvou faktů, obsažených v definici a principu, vyvozuje Galilei bohatou soustavu vět, které náleží mezi nejkrásnější v celé nauce o pohybu. Jich velikou hodnotou vyzvednuta spolu ve svém významu i metoda mathematická, jež ukázala se v nich sahati daleko za meze přímé chápavosti a vnímavosti rozumové. Vždyť některé z vět Galileiových zdají se téměř protimyslnými, na př. věta, že, spojíme-li nejnižší bod svislé kružnice s jiným, od onoho nanejvýše o jeden kvadrant vzdáleným, tětivou neb lomenou linií ze dvou neb tří neb čtyř atd. kratších tětiv se skládající, jest doba pádu těles z bodu horního do spodního po té z oněch linií kratší, jež skládá se z většího počtu tětiv a ke kružnici těsněji přiléhá, a nejkratší ze všech po oblouku mezi nimi obsaženém; samovolně zajisté vnucuje se představa, že přímý, prostorově nejkratší pád z horního bodu do spodního bude i časově nejkratším, kdež Galileiova věta vypovídá pravý opak. Zmathematizování přírodního výzkumu jeví se v jistém smyslu jako jeho zestrojování, jímž jeho dosah do šířky i hloubky mnohonásobně se zveličil. —

Galilei nepřestává však na pouhých dedukcích; hned ve své soustavné nauce o pohybu ukazuje zároveň, že mathematická fysika může a má materiál deduktivně nabytý dále zkou-

mati induktivně a pronikati dle možnosti k pravdám nadřaděným, stále vyšším.

Galileiovy dedukce nepostupují nazdařbůh, bez cíle. Sledujeme-li jich chod pozorněji, můžeme poznati, že celá jeho mathematická nauka o pohybu rozvíjí se ve znamení kyvadla.

Galilei objevil již dříve pokusně zákony kývání. Pod jich dojmem, zdá se, předpokládal v kývání ztělesněný hlubší smysl pohybu a snažil se jej vnitřně vystihnouti; mezi tím však neváhal upotřebovati pohybu kyvadlového v jeho konkrétnosti k různým účelům theoretickým, i jako principu, na př. při výkladu přílivu a odlivu ve 4. Dni svých Dialogů, kdež uvažuje Galilei roční pohyb země kol slunce s měsícem kol ní obíhající jako pohyb složeného kyvadla, jehož jedna součástka, zde měsíc, buď k ose, ke slunci, se blíží neb od ní vzdaluje. I princip v čelo mathematické nauky o pádu postavený pověřuje Galilei, jak bylo již řečeno, pokusy kyvadlovými, a lze se domnívati, že odtud čerpal i své mínění o jeho zvláštním významu.

A vůdčí vliv kyvadla jest znatelný v celém obsahu Galileiovy mathematické nauky o pádu těles. Když byl odvodil několik vět o pádu přímočarém, svislém i nakloněném, jedná potom mnoho o pádu po rovině v jednom místě lomené, což patrně má býti základní rys kyvadlového pohybu, svůj směr stále měnícího; pohybový děj v místě lomu předpokládá Galilei jako pouhé zlomení směru pohybu, zajisté opět po příkladě změny směru pohybu kyvadlového. Galilei pozměňuje všelijak vzájemnou polohu obou částí lomené roviny nakloněné, druhá její část dostává postupem i směr vodorovný a konečně směr vzestupný. Avšak na tento případ nestačil již Galileiův princip konečných rychlostí; bylo třeba hledati princip nový, vyšší. Galilei vyslovuje při této příležitosti veliký objev, ježž můžeme nazvati principem příčinoslovné povahy pohybu a jehož znění jest stručně toto: Pohybový děj přírodní v kterémkoli okamžiku skládá se dle principu neodvislosti z pohybového děje okamžiku předcházejícího, jenž co do směru a rychlosti jest trvalý, a z pohybových složek stejně trvalých, jež působením hybných příčin nově přistupují.

Nehodlám zde podrobněji rozebírati induktivní zárodky a povahu tohoto nového principu Galileiova; podotýkám jen, že

Galilei dospěl k němu na základě svých rozborů pohybu o sobě, bez zřetele k povaze hybných příčin vůbec a sil zvlášť. Galileiův nový princip stal se později základem jednotné deduktivní nauky o přírodních pohybech, nikoli však v objektivním pojetí Galileiově, ale s hypotetickým předpokladem, že hybné příčiny jsou pouze a jediné povahy sílové.

Galilei sám nedostal se k plnému využití celého obsahu svého nového principu, totiž k podrobnému sledování pohybového děje, na př. pohybu kyvadlového, v celém jeho průběhu od okamžiku k okamžiku; chyběly mu k tomu prostředky matematické, hlavně počet diferenciální a integrální, k jichž objevu však svými pohybovými úvahami infinitesimálními a grafickou integrací účinně půdu připravoval a infinitesimální povahou svého nového principu v říší pohybu přímý podnět dával; první jednotnou soustavu pohybovou na podkladě příčinoslovném podává ve svých Principích Newton a zahajuje v ní rozbor jednotlivých pohybů matematickým oddílem, jednajícím o novém počtu, počtu infinitesimálním.

Galilei byl odkázán ve svých matematických dedukcích o pohybu na synthetickou geometrii Euklidovu, jež sice k účelům přírodovědným jest méně vhodná a málo ohebná, vyznamenává se však i na tomto poli, zvláště v rukou Galileiových, plastickou názorností a konkrétností. Galileiovy deduktivní úvahy jsou prosté, elementární, ale obsažné; jednoduchost svých prostředků matematických vyvažuje a nahraňuje Galilei vhodnou volbou popisných pojmů a vztahů, účelným rozčleněním a seskupením probírané látky a hojnými duchaplnými obraty a nápady. Všude proniká Galileiův jemný smysl pro hodnotu myšlení, dbající jeho výkonnosti i vznešenosti.

S vyššího hlediska pohlíží Galilei i na výsledky svého matematického zkoumání pohybu, vida v nich projevy moudrosti stvoření a spolu zárodky budoucího dokonalejšího názoru světového, netoliko odborně přírodovědného, ale vůbec obecně filosofického. Opravdovosti, s níž pojímá Galilei své výzkumy, podléhá i čtenář jeho výkladů a mimovolně připojuje se k projevům obdivu a nadšení, k nimž občas strhování jsou účastníci Galileiových dialogů; vane jeho dílem vědecké krásno, dojíma-

jící stejně smysl esthetický jako ethický. Galilei neprojevoval bez důvodu obav, aby svojí matematickou naukou o pohybu nepobouřil znovu svých odpůrců.

## Nová metoda k demonstraci Thomsonova efektu.

Napsal prof. Dr. Bohumil Kučera.

Thomsonův efekt spočívá, jak známo, v tom, že při průchodu elektrického proudu z teplejšího na studenější místo téhož kovu nastává buď produkce (efekt pozitivní) nebo absorpce (efekt negativní) tepla.\*) Jest úplným analogem efektu Peltierova a jako tento zvratný, to jest mění své znamení se směrem proudu. Teplo Thomsonovo jest však poměrně velmi nepatrné, takže experimentální důkaz o něm se setkává se značnými obtížemi. Sir *W. Thomson* (Lord Kelvin) vykonkludoval jeho existenci z thermodynamických úvah o theorii thermoelektrického článku, a byl prvním, kdo je též experimentálně r. 1856 dokázal.\*\*) Leč ani tyto pokusy, ani pozdější zařízení, jichž užili *Le Roux*, *Battelli*, *Haga* nebo *Lecher*, nehodí se k demonstraci Thomsonova zjevu v přednáškách. Proto jsem ve svém kursu o vyšších partiích experimentální fyziky v létě 1910 užil uspořádání nového, velice jednoduchého, jež lze snadno improvizovati.

Základní myšlenkou jest způsobiti ve vodivém drátu teplotní spád Jouleovým teplem silného proudu, jenž vodičem v určitém směru protéká. Jednejž se o měď, která jeví pozitivní efekt Thomsonův, což znamená, že, jde-li proud od míst studenějších k teplejším, teplo se absorbuje, drát se zahřívá méně, než když týž proud totéž množství Jouleova tepla vyvozující prochází směrem opačným, a Thomsonovo teplo své znamení změní. Se změnou zahrátí při kommutaci proudu souvisí změna odporu a tato se dá snadno stanovit.

Celkové zařízení pokusu je následující: Drátek měděný tloušťky asi 0.25 mm a délky 3 až 4 cm upevníme mezi massivní

\*) Viz na př. *Kolářek*: *Elektrina a magn.* Praha 1904, str. 431.

\*\*) *W. Thomson*, *Phil. Transactions* 3, 661. 1856.