Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ivan Štoll

Zamyšlení nad úlohami Turnaje mladých fyziků

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 40 (1995), No. 6, 318--324

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/139608

Zamyšlení nad úlohami Turnaje mladých fyziků

Ivan Štoll, Praha

Všichni se od dětství ve škole učíme počítat příklady, dosazovat s větším či menším porozuměním do vzorečků a nakonec porovnávat svůj výsledek s výsledkem uvedeným „vzadu". Souhlasí-li výsledky, naplňuje nás to radostí a uspokojením, vyjde-li nám něco jiného, jsme rozmrzeni, frustrováni a zvikláni v důvěře k sobě a ke vzorečku. Výsledek „vzadu" může být ovšem špatně a to pak vede k vyčerpávajícímu úsilí a stresovým situacím.

V životě bohužel nebo bohudík, jak se to vezme, nejsou k dispozici výsledky vzadu a fyzika také není dosazování do vzorečků. Na rozdíl od matematiky má fyzika přímý kontakt s přírodou a to nám umožňuje obrátit se k pozorování a k experimentům. Někteří velcí fyzikové a pedagogové, jako Richard Feynman, Lev Landau nebo Petr Kapica, uměli vymýšlet krásné a zajímavé problémy, které inspirovaly k pokusům a vedly k hlubšímu chápání přírody. Snad každý ze čtenářů knížky „To nemyslíte vážně, pane Feynmane", když se seznámil s jeho definicí triboluminiscence, spěchal s cukřenkou a kombinačkami do tmavé místnosti. Drtíme-li ve tmě dostatečně energicky kostky cukru kleštěmi, můžeme pozorovat tajuplné modravé záblesky. Nikdo neví proč. Říká se tomu triboluminiscence...

V Rusku existuje tradice řešení úloh Kapicovy školy. Jsou to úlohy ze života, z přírody, které ponechávají na řešiteli volbu metody a přístupu, nutí ho formulovat fyzikální problém, hledat v literatuře, konzultovat u odborníků, experimentovat, sestavovat počítačové programy. Dívka navoněná voňavkou vstoupí do posluchárny. Za jak dlouho ucítí vůni profesor u tabule? Jaký je vlastně mechanismus přenosu čichových vjemů? Čím je ovlivněna jeho rychlost? Dá se tento vjem objektivně registrovat? Další otázky se vynořují, a jednoznačná, jednoduchá odpověď nikde.

Tohoto typu jsou i úlohy Turnaje mladých fyziků. Jdou však ještě dále. Vyžadují úsilí celého výzkumného kolektivu, provádění často náročných experimentů, hledání alternativ. Dosažený výsledek většinou nelze jednoduše zhodnotit jako správný či nesprávný, oprávněnost přijatých předpokladů a modelů se vyjasňuje teprve v průběhu experimentování, v diskusích s dalšími soutěžícími týmy. I členové poroty mezi sebou diskutují, objevují se další, nové pohledy a momenty, stejně jako při usvědčování viníka.

Turnaj vstupuje do svého devátého ročníku a pokaždé bývá zadáváno 17 úloh; tak se nahromadila už pěkná sbírka zajímavých problémů. S jejich zněním je možno se seznámit na stránkách ruského časopisu Kvant nebo našich Rozhledů matematicko-fyzikálních. U prvních úloh každého ročníku dokonce ani nebývá formulována přímá

Doc. Ing. IVAN ŠTOLL, CSc. (1935), katedra fyziky FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1.

otázka, ale je pouze stanoven okruh fyzikálních jevů, které mají být nějak demonstrovány nebo zkoumány. Tohoto druhu jsou úlohy: experimentálně demonstrujte vlnové vlastnosti zvuku, vytvořte metodu fotografování nějakého rychle probíhajícího procesu, metodu registrace prudké změny pohybového stavu systému, formulujte a řešte fyzikální úlohu využívající tenkou čočku s velmi dlouhou ohniskovou vzdáleností, vyrobte elektret a demonstrujte jeho vlastnosti, ohromte soupeře nečekaným fyzikálním paradoxem.

Je známo, že najít metodu, princip měření, konstrukci přístroje bývá ve fyzice důležitější než samotný fyzikální objev. Huygensův princip kyvadlových hodin nebo Coulombovy torzní váhy umožnily fyzikům po celá staletí nacházet stále nové fyzikální zákonitosti. Z moderní doby stačí připomenout principy urychlování částic, metody magnetické rezonance, Josephsonovy jevy nebo elektronové mikroskopy. Proto jsou účastníci turnaje stimulováni k vytváření vlastních přístrojů — mechanického harmonického vibrátoru, magnetického závěsu, indukčního děla, elektrolytické buňky, Segnerova a Franklinova kola s reakčním pohonem, stroboskopického přístroje, radiometru. Studenti se přitom učí i konstrukčnímu umění a experimentální technologii, bez níž není možno fyzikální výzkum provádět.

Některé problémy kladou značné nároky na fantazii a využívání poznatků z nejrůznějších oblastí fyziky i mimo ni. Tak bylo třeba určit, jaká je koncentrace alkoholu v nápoji uzavřeném v láhvi, kterou nemůžeme otevřít. Připomeňme, že v podstatě podobná zakázka od syrakuského tyrana Hierona přivedla Archimeda k objevu jeho slavného zákona, a jaká to byla radost! U této na první pohled obtížné úlohy našli naši studenti hned celou řadu řešení na základě znalostí z mechaniky, termiky, elektřiny a spektroskopie — podle toho, z jakého materiálu je láhev, zda je průhledná či nikoli, plná nebo jen zčásti naplněna. K nejzajímavější metodě patřilo sledování teploty láhve při zahřívání, resp. ochlazování, které umožnilo určit bod tuhnutí kapaliny v láhvi a jemu odpovídající koncentraci alkoholu.

Značnou dávku invence si vyžádala také úloha, jak stanovit rychlost vlaku metra mezi stanicemi nebo rovnoměrně přímočaře jedoucího autobusu, nejsou-li venku žádné orientační body. V různých variantách se opakovala úloha o přenosu energie na dálku. Energii nahromaděnou v kondenzátoru o známé kapacitě a nabitého na dané napětí bylo třeba přenést na vzdálenost několika metrů s maximální účinností. Nabízí se samozřejmě myšlenka připojit ke kondenzátoru cívku, nechat zakmitat rezonanční obvod, vyslat a zachytit elektromagnetickou vlnu. Jaká frekvence bude k tomu nejvhodnější? Jaký zvolit detektor? Jak odhadnout účinnost přenosu energie? Nebude vhodnější použít fotodiody a fotodetektoru? Dá se určit maximum dosažitelné účinnosti? Podle podmínek úlohy použité zařízení nesmí obsahovat žádný další zdroj energie, takže kondenzátor nelze ani přenášet, ani ho poslat poštou.

Velmi vděčným se ukázalo zařízení s horizontální plošinou, která kmitá nahoru a dolů podle harmonického zákona. Takovou plošinu museli účastníci turnaje ovšem sami zkonstruovat na mechanickém, magnetickém či jiném principu a také ověřit, že kmity jsou skutečně harmonické. Na kmitající plošině pak bylo možno sledovat například rezonanční odskoky pružných kuliček, jako když driblujeme pálkou s pingpongovým míčkem. Úloha zněla najít maximální výšku výstupu kuličky, určit rozdělovací funkci energie kuliček podle dosažených výšek, vzít v úvahu možný vliv stropu nebo hledat stacionární režimy pohybu kuličky, to vše v závislosti na amplitudě a frekvenci plošiny, teoreticky a experimentálně. Jak známo, podobné oscilující systémy s vnějším přísunem energie mohou vést k překvapujícím fyzikálním výsledkům — stačí vzpomenout Kapicova kyvadla.

Hlubší analýzu pružného rázu vyžadovala úloha o superpružném míčku, který býval u nás dříve importovanou senzací a který dnes lze zakoupit v automatech spolu se žvýkačkou (pozor na záměnu!). Bylo třeba zjistit, kolikrát míček odskočí a jak dlouho bude odskakovat, je-li puštěn s určité výšky. Problémy dělala jak teoretická analýza, tak způsob registrace rychle po sobě následujících odskoků v závěrečné fázi. K tomu účelu byla použita videokamera, zpomalený a digitalizovaný zvukový záznam a dokonce metoda stop zanechaných míčkem v prachu pod kobercem. Je třeba si především uvědomit, že deformace pružné koule není lineární jako u pružiny, neboť hloubka stlačení je úměrná dvoutřetinové mocnině síly. Kontaktní plocha se při deformaci zvětšuje a problém je znám jako Hertzova kontaktní úloha. Druhou komplikující okolností je proměnný koeficient restituce, který se při malých výškách dopadu rychle blíží k jedné. Za určitých okolností by míček vlastně mohl teoreticky odskakovat nekonečně dlouho. Vlastnosti těchto pružných deformací lze vyjádřit i pomocí rychlosti zvuku v daném materiálu. Naši studenti provedli náročný počítačový výpočet, který pro míček o hmotnosti $m = 8{,}23\,\mathrm{g}$ a poloměru $r = 2{,}6\,\mathrm{cm}$ padající s výšky $h = 5\,\mathrm{cm}$ dal výsledek kolem 140 odskoků. Ve zvukovém záznamu je však pak již nebylo možno rozlišit, a tak se podařilo porovnat s experimentem pouze celkovou dobu, po niž míček odskakoval (4,6 s).

Velké popularitě se těšila úloha o „pádové vlně“ v řadě stojících kostek domina, jejíž autorství bylo poněkud žertovně připsáno bývalému americkému ministru zahraničí Henrymu Kissingerovi. Efekt domina, původně kuriózní zábava, se díky Kissingerovi stal pojmem mezinárodní politiky a vyjadřuje situaci, kdy vzájemně závislé politické a ekonomické struktury jednotlivých zemí se lavinovitě hroutí v případě pádu jedné, a to nejvlivnější z nich. Takovým efektem byla světová hospodářská krize v roce 1929 a zřejmě také rychlý rozpad společenských struktur bývalých socialistických zemí, k němuž dala impulz Gorbačovova perestrojka. V turnaji ovšem nešlo o mezinárodní politiku, ale o zajímavou úlohu z mechaniky — vypočítat a změřit rychlost šíření pádů v řadě kostek domina v závislosti na jejich parametrech a rozestavení. Podobně zajímavé je i teoreticky odhadnout, jakou rychlostí se bude sypat písek v přesýpacích hodinách v závislosti na velikosti zrn a otvoru i zhutnění písku.

Řada problémů se ovšem týkala úlohy tření i odporu prostředí při mechanických pohybech. Šlo o určování závislosti valivého odporu na rychlosti, vztahů mezi statickým a smykovým třením těles na podložce a rychlostní závislosti odporu prostředí. Při pádu těles různé hmotnosti a téhož tvaru a velikosti se vlivem odporu vzduchu rychlost po určité době ustálí. Tato ustálená rychlost je však funkcí hmotnosti tělesa, a proto je možno experimentálně stanovit závislost odporu prostředí na rychlosti.

Poměrně komplikovanou byla analýza odporové síly, která působí na předmět (torpédo) pohybující se v kapalině v trubici, kdy se uplatní i efekt obtékání a vliv stěn trubice. Alternativou padáku je takzvaná pasívní vrtule. Stačí zapíchnout osičku vrtule do jablka a pustit ho s výšky. Jeho pád bude otáčející se vrtulí brzděn a vznikne hezká fyzikální úloha. Má mimochodem blízko k úloze o letu bumerangu, která sice zatím v turnaji představena nebyla, ale kterou se již po desetiletí zabývají mnozí odborníci i laičtí nadšenci.

Některé úlohy nepostrádaly prvek humoru. Tak v roce 1989 byla předložena otázka, jaké kladivo je třeba vybrat, abychom co nejrychleji zatloukli 1989 hřebíků do a) dubového, b) borového trámu. Do praktického života byla zaměřena i úloha ze sedmého turnaje, kolik slámy si musíte podestlat, abyste si zajistili bezpečný pád. Úlohu si lze dodefinovat, pokud jde o způsob pádu a jaký pád ještě považujeme za bezpečný. Ostatně i padák musí být konstruován tak, aby zajistil bezpečný pád, což nevylučuje náhodná neštěstí. A tak účastníci turnaje i jejich učitelé sháněli světovou literaturu o mechanických vlastnostech slámy, kradli různé druhy slámy ze stohů, prováděli kaskadérské pády i počítačové simulace. České družstvo dospělo k závěru, že na každý metr výšky pádu je třeba podestlat vrstvu slámy o tloušťce 48 cm. Dokonce odvodili slámovou rovnici

$$s = h\nu(1 - \mathrm{e}^{-bp}),$$

kde s je kontrakce slámy, h její původní výška, p tlak a b, ν slámové koeficienty. Je to něco mezi Hookovým a barometrickým vzorcem pro slámu a vzdáleně to připomíná Planckův vyzařovací zákon.

Zajímavé nápady se sešly nad úlohou o těsnání okurek do zavařeninové láhve. Jde mimochodem o úlohu s hlubokým matematickým obsahem. Dosud není například známo, jakým způsobem nejtěsněji uspořádat koule téhož poloměru (natož různých) v daném objemu. Úlohou se zabývali již Kepler a Newton. Newton se dokonce v roce 1694 vsadil s Gregorym, že jedné koule se může dotýkat nejvýše 12 jiných koulí téhož poloměru. Důkaz podal až v roce 1874 R. Hope; body dotyku přitom tvoří středy stěn pravidelného dvanáctistěnu. Zdálo by se, že nejtěsnější uspořádání koulí je takové, kdy středy koulí v jedné rovině tvoří pravoúhlou síť a středy koulí ve vrstvě nad ní leží nad mezerami spodní vrstvy. Snadno zjistíme, že koeficient stěsnání (poměr objemu koulí k celkovému dostatečně velkému objemu) je 0,74048. V roce 1958 však K. Rogers dokázal, že koule lze stěsnat s koeficientem 0,77963; nikdo však neví, jak to udělat.

S průsakem vody souvisela úloha o parametrech sypané pískové hráze, která má zadržet vodu o výšce hladiny 10 m. Zajímavý pokus na povrchu vody představovala i lodička, která pluje v elektrolytu, jímž právě protéká elektrický proud. Mořská voda je ostatně výborný elektrolyt — může to nějak ovlivnit pohyb lodi?

Z termiky se několikrát objevila úloha o prudkém varu, přecházejícím z bublinkového varu v plošný. Tyto bouřlivé procesy bylo možno experimentálně demonstrovat buď při ponoření kovové kuličky do tekutého dusíku, nebo kuličky zahřáté na 200 °C do vody těsně pod bodem varu. Podobného druhu byl i pokus s ponorným vařičem (keramickým rezistorem) těsně pod hladinou vody, který vyvolával periodické gejzíry horké vody. Bylo třeba určit závislost jejich periody na výkonu vařiče.

Jiná typická úloha vyžadovala navrhnout konstrukci fontány, případně ji realizovat, která by při výkonu 1 kW vystřikovala vodu nejvýše. V úloze zvané „vodní dóm“ dopadal proud vody shora na plošinu a rozstřikováním do stran vytvořil vodní kopuli, jak ji známe z přírodních vodopádů. Také zde bylo zajímavé analyzovat parametry kopule v závislosti na množství a výšce dopadajícího vodního proudu. Nechyběla ani známá Feynmanova úloha o obráceném Segnerově kole, na kterou se studenti tak často ptají. Bude se Segnerovo kolo otáčet pod vodou při nasávání místo při vystřikování vody? A kterým směrem?

Úloha na mechanickou stabilitu se tázala, jaký může být maximální poloměr kola monocyklu, na němž balancují cirkusoví akrobaté. Znalosti ze sportu a biologie mohli účastníci uplatnit při rozboru vývoje sportovních rekordů. Jaká je maximální možná rychlost běhu člověka, výška skoku o tyči nebo bez ní? Je zřejmé, že sportovní rekordy bude možno stále překonávat. Nikdo nemůže vyskočit do takové výšky, aby někdo jiný nemohl vyskočit o půl centimetru výš. Naproti tomu je zřejmé, že člověk vlastní silou nikdy nevyskočí do výše sto metrů. Podle známé věty matematické analýzy tedy musí existovat limita, k níž se naše sportovní rekordy budou blížit. Jaká je? Nebo nemusí? Studenti si ovšem vzali k ruce i tabulky sportovních rekordů v tomto století, ale také biochemické údaje o energetických přeměnách ve svalových buňkách a uvažovali o limitních možnostech člověka.

Série experimentů s elektromagnetickou indukcí vyžadovala zkoumat Foucaultovy vířivé proudy. V nejjednodušším případě se nechával malý permanentní magnet (aproximovaný dipólem?) padat měděnou trubkou o různé tloušťce stěny a byla zkoumána rychlost jeho pádu. Nebylo snadné vhodné trubky jednak sehnat, jednak vyloučit tření a nárazy na stěny. Jindy zas měděná deska klouzala těsně pod nástavcem elektromagnetu, a tak byl její pohyb indukčně brzděn. Úlohu nelze řešit jednoduchým matematickým vztahem, neboť vyžaduje vytvořit zjednodušený model. Na druhé straně lze snadno experimentálně najít závislost rychlosti pohybu brzděného tělesa na proudu v cívce.

Vděčné byly úlohy týkající se přírodních jevů kolem nás. Na šestém turnaji to byla například otázka, proč se chvěje osikový list. Problémy s řešením měli studenti z tropických zemí, kde osiky nerostou. Otázka „proč“ má zde přitom dvojí význam — jednak se ptáme po fyzikálním mechanismu chvění, jednak zda tento přírodní jev slouží nějakému účelu. Ukazuje se totiž, že se listy chvějí pouze u starých osik, podobně jako ruce starých lidí. Je zřejmé, že chvění souvisí s pohybem vzduchu, a ihned se rozvine debata, zda se list bude chvět i za bezvětří. Co je vlastně vítr, je-li možno za vítr považovat i tepelné stoupající vzdušné proudy nebo jen horizontální pohyb vzduchu, existuje-li vůbec bezvětří. Tvar průřezu stonku, listu a uspořádání listů u osiky se skutečně liší od listů jiných stromů a hromady listí snesených účastníky turnaje to názorně demonstrovaly. Stonek osikového listu je šroubovitě stočen a těsně u listu je velmi plochý, a proto pohyb listu nijak neomezuje. Sousední listy přitom tvoří spřažené oscilátory, takže stačí, aby se rozkmital jeden list k tomu nejnáchylnější. A tak bychom se mohli pouštět do úvah o obtékání listu proudem vzduchu, o jeho momentech setrvačnosti, o jevu zvaném flutter, který ohrožuje stabilitu křídel letadla, nikoli však osikového listu apod. A moudrost přírody? Chvění osikového listu zvyšuje odpařování vody a zdá se, že toho je starým osikám více zapotřebí než mladým.

V turnaji se objevila ovšem i celá řada optických úloh. Patřilo k nim zkoumání průchodu světla tenkou skleněnou trubičkou a vznikajících interferenčních jevů, charakteru stopy laserového paprsku, který probíhá těsně při hladině vody v akváriu, pohybu interferenčních obrazců při mechanickém stlačování dvou k sobě lnoucích skleněných desek a další. Zajímavá byla série úloh na pozorování předmětů skrz laťkový plot. V jednom případě byl pozorován nehybný předmět za plotem z jedoucího vozidla, ve druhém případě se za plotem otáčelo kolo a jevilo podivuhodné deformace. Tyto „plotové efekty“ jsou dobře známy filmařům a studenti je demonstrovali jednak originálními experimenty, jednak počítačovými simulacemi. V jiné úloze měli studenti demonstrovat a objasnit Purkyňův jev.

Při škrtání zápalky o stěnu krabičky se část hlavičky udrolí a plamen nevyšlehne. Zkoušíme proto škrtat znovu, dokud neusoudíme, že hmota hlavičky je už příliš malá, a nevezmeme další zápalku. Jaká je vlastně minimální hmotnost hlavičky, aby zápalka ještě vzplanula? Z čeho je vlastně hlavička, proč dřívko zápalky tak snadno chytá? To všechno si museli účastníci při řešení této úlohy ujasnit. Jejich první cesta vedla samozřejmě do zápalkáren v Sušici a Lipníku. Tepelným jevům byly věnovány i úlohy týkající se průběhu zahřívání elektrické pojistky při různých proudových režimech nebo vlákna žárovky v obvodu střídavého proudu.

Řada úloh se týkala meteorologie a astronomie. Víme, že při západu je Slunce rudé. Rudne také Měsíc, Venuše, zapadající hvězda? Jak se vysvětluje bílá barva oblaků a temná barva hrozivých bouřkových mračen? Jak je rozmazán okraj mraku? Kolik duh můžeme současně vidět na nebi? Leží okamžik poledne přesně uprostřed mezi východem a západem Slunce? Jaká bude výška přílivu na Černém moři 1. dubna 1989?

Úloha najít nejlevnější způsob, jak v nejkratším čase obletět zeměkouli, poněkud připomíná známou žertovnou úlohu najít nejdražší způsob určení Planckovy konstanty. Zajímavá je však otázka stability nebeských těles a jejich tvaru. Víme, že velká kosmická tělesa jsou kulová, ale menší, planetky nebo měsíce planet, mívají nepravidelný tvar. Pak se můžeme ptát, jaké největší rozměry může mít planeta tvaru krychle obíhající kolem Slunce, je-li například ze zlata. Jaký bude rozdíl v teplotě jejích stěn, bude-li natočena k Slunci stále touž stěnou? Jaké největší rozměry může mít „vodní planeta“? Předpokládejme, že se náhle nebo během určitého časového intervalu změní hodnota gravitační konstanty. Co se stane se Sluncem, se Zemí, s kosmonautem v raketě, jak to ovlivní váš rodinný život? Představme si, že kosmičtí piráti ukradnou Jupiter. Jaké to bude mít důsledky?

Dva měsíce před očekávaným dopadem komety Shoemaker–Levy na Jupiter, který vzbudil takový zájem veřejnosti, získali naši studenti první místo při analýze dopadu velkého meteoroidu na Slunce. Měli rozhodnout o tom, zda takový dopad bude moderními astronomickými prostředky pozorován a za jakých podmínek. Hmotnost meteoroidu byla zvolena rovnou 1000 tun. Vzhledem k nepatrným rozměrům tělesa nelze předpokládat, že by dopad mohl být přímo opticky pozorován. Do sluneční atmosféry by se však dostala řada těžkých, neslunečních prvků, a pokud známe místo dopadu, máme dostatečně citlivou spektrální aparaturu, víme, v jaké oblasti spektra hledat, a máme štěstí, pak snad...

Pokud by se naši fyzikové chtěli zamyslet nad úlohami letošního, osmého ročníku turnaje, můžeme některé nabídnout. Vypočítejte úsporu energie a zkrácení doby vaření čaje v hrnci s pokličkou a bez ní. Kapka slané vody vysychající na hladkém povrchu zanechává vrstvu soli v podobě nepravidelných prstenců — vysvětlete tento jev! Navrhněte účinnou světelnou clonu pro divadelní jeviště s minimální spotřebou energie. Srolujeme-li koberec nebo plakát, někdy se sám opět rozvine; určete, za jakých podmínek a jak rychle. Podchlaďte vodu pod 0 °C, aniž by zmrzla. Jak hlubokého rekordního podchlazení můžete dosáhnout? Vznikne-li u vašeho televizoru otvor ve vakuové trubici obrazovky o průměru 1 mikrometr, jak dlouho budete ještě moci sledovat program? Můžete zapálit papír spojnou čočkou koncentrující nikoli sluneční, ale měsíční svit? Jestliže ano, proveďte to! Když ne, udejte, jaké vlastnosti by musel mít Měsíc, aby to bylo možné. Vytvořte vzdušnou čočku! Určete časovou závislost tloušťky ledu na jezeře, které postupně zamrzá za bezvětrného počasí při dané konstantní teplotě vzduchu. V jaké maximální výšce může letět komár? A tryskové bombardovací letadlo? Je klubko nití fraktál? Jaké dimenze? Odhadněte charakteristickou dobu života Jupiterovy rudé skvrny za předpokladu, že je to soliton. S jaké výšky musíte pustit dvoulitrovou plastikovou láhev naplněnou vodou, aby pukla? Kolik bitů informace jste získali po přečtení tohoto článku, pokud vůbec nějakou?

Co je to učit?

Paul R. Halmos

Pamatujete si, kdy jste vůbec začali poprvé učit? První den, kdy já jsem začal učit, bylo 18. října 1935 — což je zhruba před 58 lety anebo, chcete-li být velmi přesní, před 21 303 dny. Znamená to snad, že jsem nejdéle učící osobou v této místnosti? Vědomy si délky mé služby, usoudily instituce pověřené naším dnešním setkáním, že vím anebo alespoň bych měl vědět, co je to učit, a pověřily mě, abych vám to pověděl.

Kurz, ve kterém jsem v roce 1935 učil, se jmenoval algebra pro začátečníky (freshman algebra); jeho smyslem bylo odkrýt záhady kvadratických rovnic (na které byl vzorec) a závorek (což jsou odporné záležitosti a bylo je třeba řešit mžikem oka). Kurz se konal v 8 hodin ráno po pět dní v týdnu — ano, po pět dní od pondělí do pátku včetně; můj plat bylo 45 dolarů měsíčně. Shodou okolností jsem v té době bydlil ve starobylém, pohodlném a velkém pětipokojovém bytě vzdáleném pět minut chůze od univerzitního kempusu; nájemné bylo 45 dolarů měsíčně.

Přednáška pronesená k výročnímu setkání *The Mathematical Association of America*, Cincinnati, Ohio, 14. ledna 1994.

Přeložil Přemysl Vihan.

The American Mathematical Monthly *101* (1994), 848–854.