

O vyučování fyzice na středních školách.

Napsal

Dr. Vincenc Strouhal.

Při vyučování vědám přírodním klade se všeobecně zvláštní důraz na to, aby vyučování bylo názorné. Dojista plným právem. Neboť zde jde o to, poznati *předměty* a *úказы* přírodní a poznání takové jest vždy na nejvýše mlhavým a nejasným, děje-li se jen na základě popisu, byť sebe podrobnějšího i ba ani tehda není a nemůže býti dokonalým, děje-li se na základě vyobrazení, ačkoli způsob tento v případech velice četných zůstává jediným možným. Toliko tehdá, když žák předmět neb úkaz přírodní vidí a když také ví, že nestačí jen na předmět neb úkaz přírodní se dívati, nýbrž když obdrží návod, jak jej má *pozorovati*, jenom tehdá utkví jemu tento předmět neb úkaz v paměti, tak, že si jej pamatuje netoliko jen ku zkoušce, nýbrž pro celý život. V povšechném požadavku *názornosti při vyučování* shodují se tedy veškeré vědy přírodní.

Nelze však popříti, že se požadavek tento při vyučování *fysice* - jakož i chemii, kteráž s ní bývá spojena - stupňuje měrou velice značnou. Neboť u věd přírodních *systematických* má požadavek názornosti jenom ten smysl, aby se žákům jednotlivé předměty přírodní - mineralie, rostliny pokud možná čerstvé neb sušené aneb aspoň v barevných vyobrazeních, dále zvířata buď živoucí, neb praeparovaná, neb aspoň ve vyobrazeních - ukázala, *demonstrovala* - avšak u věd přírodních *exaktních* jde o *úказы* přírodní - kteréž ovšem nelze v kabinetech fyzikálních neb chemických uschovávat, nýbrž které musí experimentátor pomocí zvláštních k účelu tomu sestrojených apparatusů žákům předvésti - a tu poznáváme ihned, že úkol učitele fyziky (neb chemie, kterouž chci na dále k ní počítati), daleko jest obtížnějším, než úkol učitelů věd přírodních popisných. Zde stačí předměty přírodní z kabinetů přenést do třídy, kde se vyučuje a žákům ukázati; kdyby však učitel fyziky apparatusy fyzikální z kabinetu do třídy, kde vyučuje, přenesl a jenom žákům ukázal, podobal by se. umělci, jenž by nějaký hudební nástroj posluchačům pouze ukázal, ale - nic více; učitel musí tedy s apparatusy *experimentovati* - a tím jest již naznačeno, proč úkol jeho jest značnou měrou obtížnější. Neboť experiment předpokládá *přípravu** - často dlouhou a obtížnou - předpokládá určité vyzkoušení, upravení a rozestavení apparatusů a rozmanitých utensilií, - předpokládá i jisté požadavky vzhledem ku. poměrům místním, časovým, tepelným neb světelným atd. Každý odborník ví, že příprava 'tato z pravidla delší čas vyžaduje než pak experiment sám - a ví a zná též velmi dobře, že ani touto přípravou & vlastní přednáškou není věc ukončena; neboť pak po přednášce musí apparatusy fyzikální zase do pořádku býti uvedeny, musí býti rozebrány,

* „... Každý pokus vyžaduje pečlivé přípravy. Nezdařené neb nedostatečně provedené pokusy podkopávají důvěru žáka jak ve schopnost učitele, tak i ve přesvědčivost experimentu a odůvodnění učiva.“ Instrukce pro vyučování na gymnasiích v Rakousku 1884, pag. 258.

vyčistěny[†] atd. než se do sbírek uloží, kteroužto práci musí učitel fyziky, nemaje žádného asistenta aneb mechanika, konati sám a sice při denním světle, v hodinách, ve kterých se praví, že má prázdko, Jest z toho zároveň patrnó, že se práce učitele fyziky nemůže posuzovati toliko dle počtu hodin, které přednáší.

Vzhledem k důvodům právě vyličeným jest dojjista v plné míře oprávněna otázka - a touto otázkou přicházím ku jádru věci, o níž chceme uvažovati - jakým způsobem bylo by možno, aby jednak působením a vlivem kompetentních úřadů, v jichž rukou jest řízení ústavů aneb dozor nad vyučováním, jakož i spolupůsobením učitelů fyziky samých, obtížný a namáhavý úkol učitele fyziky se usnadnil, aby se vyučování fysice co do stránky experimentální stále zdokonalovalo a aby tím spíše z vyučování fysice vzešel prospěch, kterýž vzhledem k velikému a stále rostoucímu významu věd fysikálních za dnů našich na- nejvýše jest žádoucím.

Jedna z obtíží největších záleží v tom, že se apparatusy obyčejně ze sbírek do jednotlivých tříd musí přenášeti a zde teprvé, když již vyučování má začítí, na rychlo rozestavovati a připravovati. Ve sbírkách a na chodbách bývá jiná teplota, jiná vlhkost, než v síních vyučovacích, v těchto bývá vzduch teplý a při tom vlhký; děje-li se tudíž na př. přenášení takové u apparatusů elektrostatických v zimě, pak se opotí, následkem čehož se pak pokusy nedaří. Nehledíc ku nepohodlí, jež přenášením takovýmto vždycky vzniká, ku nebezpečí, které hrozí apparatusům poškozením vzhledem k tomu, že při přenášení žáci sami musí vypomáhati, ztratí se přípravami, jež se z pravidla teprvé v hodině samé musí provésti, příliš mnoho času - mnohé pak pokusy, jež vyžadují rozsáhlejší přípravy, vůbec se ukázati nemohou. K tomu přistupuje okolnost, že mnohé síně, do kterých se apparatusy fysikální k účelům vyučování přenášejí, nejsou pranic pro pokusy fysikální zařízeny; mnohdy nemají ani vhodného, prostranného stolu, mnohdy nedají se zatemniti, nemají slunce atd., velmi často schází při rozestavení apparatusu všeliká stabilita; podlaha se při každém kroku prohýbá a stolek, na němž apparatusy stojí, se vyklá; uvažme, jak má potom na př. experimentator ukazovati pokusy s jemnými galvanometry neb magnetometry, kde jest magnetka na kokonu zavěšena, která se pak při každém pohnutí rozkývá, až naráží na stěny přístroje; jak má ukazovati pokusy optické, kde se hranol neb čočka při každém kroku třese atd. Zde nelze jinak než všemožné kroky podnikati za heslem: pro fysiku zvláštní posluchárnu. U nových ústavů pokládám za samozřejmé, že se při jich zařizování na tento požadavek pamatovalo; ale i při starších nutno k tomu pracovati, aby, když se již původně zvláštní síň pro fysiku nevyhradila, aspoň dodatečně síň nejvhodnější pro ni určila. Síň tato musí ovšem souviseti přímo se sbírkami aneb býti aspoň v sousedství co nejbližším. Okna necht' jdou co možno na jih a necht' jsou opatřena okenicemi neb záclonami k úplnému zatemnění. Podlaha musí býti zvláště v okolí experimentálního stolu solidní - stůl sám pevný a prostranný; plyn a voda po ruce, kamna raději od stolu experimentálního vzdálena; vzhledem pak ku pokusům optickým, které vyžadují rozestavení apparatusů do větších vzdáleností, musí býti dosti volného prostoru, aby i kolem stolu experimentálního bylo snadno stativy, stínitka a pod. volně umístiti. To vše jsou „prima rudimenta“ - věci základní, kde jest to možno, jsou ovšem i mnohá jiná zařízení zvláštní vítána, o nichž však šíře jednati by zde vedlo daleko.

[†] „Apparatusy, jichž se užívá k pokusům, buďtež vhodně sestrojeny a čisty. Kterak má se u žáka buditi a síliti smysl pro pořádek a krásu, když se mu předvádějí apparatusy nevhodně konstruované, zarezavělé, špinavé neb zaprášené? Učitel nezapomínejž nikdy, že jest zároveň vychovatelem.“ Tamtéž, pag. 258.

Obtíž jiná vězí v nedostatku prostředků, kteréž učitelé fyziky a správci kabinetu jsou k dispozici. Jest všeobecně známo, jak značně ceny apparatusů fyzikálních - jen poněkud přesněji pracovaných - v posledních letech stoupají, jak značně se zdražují i materialie, jako platina, rtuť atd. Vůči tomu jsou dotace pro kabinet fyzikální škol středních určené tak skrovné, že ředitelé sbírek, když dá provést nutnou opravu nebo změnu na apparatusech, kteréž během roku se ukázaly býti nutnými, když zaplatí účty za materialie, kteréž se spotřebovaly, jako n. př. materialie pro články galvanické, když nahradí věci, jež se rozbily, jako předměty skleněné nebo porcelánové, velmi málo zbývána doplňování sbírek zakoupením apparatusů nových aneb aspoň na přepracování apparatusů starších dle zkušenosti novějších. Nemístnou jest výtka snad tu nebo onde činěná, že není třeba vydávati peníze za opravy nebo náhradu věcí rozbitých atd., poněvadž se má míti pozor, aby se nic nepoškodilo nebo nic nerozbilo. Kde se pracuje, tam opotřebují se též věci, s nimiž se pracuje; zavřítí apparatusy do skříní a ukazovati je jako praeparaty a nic s nimi neexperimentovati, jest ovšem nejlepším prostředkem výdajům takovým se vyhnouti a činiti úspory, avšak v tomto případě viděl by se učitel fyziky odsouzena k tomu, býti konservátorem sbírek, nemohl by však ze samé bázně a ze strachu, aby se nic nepoškodilo, experimentovati, čímž by ovšem vyučování *experimentální* fyzice stalo se nemožným.

Nedostatečnost sbírek jeví se často nejen co se týče apparatusů, nýbrž zvláště co se týče utensilií. Experimentátor musí míti - vedle apparatusů samých - k dispozici ještě četné stativy dřevěné těžší, které mohou zastupovati stůl a dají se do větší nebo menší výšky stavěti, dřevěné lehčí, jež se snadno dají přenášeti, dále stativy kovové, železné nebo mosazné různých forem, podobně stativy dřevěné, retortové, malé stolky a pod. a sice ve výběru větším, aby nemusil při experimentování každé chvíle se zdržovati tím, že by nemohl rychle a pohodlně apparatusy aneb jejich části v různých polohách výše nebo níže umístiti. K účelům optickým musí míti po ruce různá stínítka, černá nebo bílá, lampy a pod., k účelům tepelným různé kahany a vařidla plynová, dále předměty skleněné a porcelánové ve množství dostatečném, aby i zde mohlo u experimentu vybráno býti to, co se hodí nejlépe. Konečně musí experimentátor také obyčejné nářadí ruční míti pohotově, aby drobné opravy nebo změny sám si mohl provésti a nemusil s obyčejnými maličkostmi již choditi k mechanikovi aneb apparatusy ven posílati. Ve všech těchto utensiliích bývá na středních školách nedostatek velmi citelný: a v tom vězí příčina, proč často experimenty, jež by se snadno daly improvizovati, nemohou býti předvedeny aneb proč mnohé experimenty nebývají předvedeny v té formě, jak by bylo pro žáky poučeno, a pro experimentátora pohodlné. Utensilie samy o sobě mají ovšem význam podřízený; avšak není-li jejich, pak vznikají při experimentování obtíže nikoliv nepatrné, které zcela zbytečně experimentátora zdržují a jeho úkol na ujmu věci samé znesnadňují, zejména tehdy, když není zvláštní síně vyučovací pro fyziku a když následkem toho apparatusy do jednotlivých síní učebních se musí přenášeti a tam teprve vhodně rozstavovati. Ze všeho vysvítá, že jest dlužno domáhati se zvýšení dotací aneb povolení dotace mimořádné, aby mezery ve sbírkách zvláště, co se utensilií a nářadí týče, byly vyplněny; třebaž že pravda jest, že není snadno domoci se za nynějších poměrů prostředků peněžních, což přece na druhé straně platí ono známé, kdo tluče, tomu bývá otevřeno; který učitel fyziky horlivě se věci ujímá a nedá se okamžitým snad odmítnutím ihned odstrašiti, toho dojista nemine ani uznání jeho rozhodné snahy po zvýšení vyučovacího niveau ani úspěch hmotný, třebaž jen částečný.

Přicházím konečně ku momentu, kterýž jest rázu osobního. Ku experimentování náleží netoliko vědění, ale též zkušenost spojená s jistou manuální zručností. Proto nemůže býti a

není dovednost v experimentování předmětem nějaké zkoušky. I tehdy, když nastávající učitel fyziky na středních školách měl na školách vysokých příležitost v laboratoři se vycvičit, i tehdy schází mu, když na školu střední přejde, osobní zkušenost, neboť přejde na pole, jež jest jemu cizí, přejde v poměry méně příznivě zařízené, než jak je snad seznal na školách vysokých, musí sobě vypomoci málem - musí mimo to sbírky, jaké mu jsou přiděleny, teprve seznati, jednotlivé apparatusy prozkoumati, jich zvláštnosti vyzpytovat, jakož i způsob, jak je nejvhodněji ku určitým experimentům připravit, jak je rozestavit, jakých pomůcek při tom užití atd., jedním slovem: musí onu osobní zkušenost pro poměry dané sobě teprve osvojiti. Ne vždycky bývá jemu dobrý a zkušený rádce po ruce. Možno, že před ním byl správcem sbírek muž, jenž dlouhá leta na ústavě. vyučoval, jenž mnoho experimentoval, jenž apparatusy a jich zvláštnosti seznal co nejpodrobněji, ale nyní odešel snad na jiný ústav, kde přijde zase sám v poměry jemu neznámé aneb snad ukončil činnost svou - a s ním přišly i všechny jeho zkušenosti na zmar. Jak vítány byly by zkušenosti takové jinému, který na jeho místo přichází! Jak mnoho času bylo by lze uspořiti, jak mnohá práce mohla by odpadnouti, kdyby zkušenosti tyto byly uchovány. Mohla by ovšem vzniknouti pochybnost, zdali jest to možno, osobní zkušenosti jednoho přenést na jiného. Avšak do jisté míry jest to možno: třeba jenom, aby princip solidarity vzájemné mezi kollegy i v tomto ohledu pronikl nejen na prospěch osobní, nýbrž též, což více váží, na prospěch věcný. Tento princip kollegiální pomoci nechť se jeví v tom, aby každý své zkušenosti v příčině experimentů, jež ve škole se mají předváděti, zaznamenal, aby nejenom vedl *inventář apparatusů*, který zde jest více ku kontrole účetní a ku posouzení rozsahu a obsahu sbírek, nýbrž aby vedl co nejpodrobnější *inventář experimentů*. Návrh, který zde doporučuji, činím ze zkušenosti osobní; neboť tak, jak jej zde činím, tak jej také sám v ústavu, jenž mi jest svěřen, provádím a přesvědčuji se den co den, že když návrh tento všichni učitelé fyziky budeme prováděti, vzejde z toho prospěch nejen těm, kteří po nás přijdou, nýbrž také nám samým.

Každý experiment vyžaduje přípravu; apparatus, je-li jen jediného potřeba, musí býti v jistém způsobu postaven a má-li experiment se zdařiti co nejlépe, musí experimentator jistých pravidel šetřiti, jež nelze všeobecně dáti, kteréž však se seznají, když někdo s apparatusem takovým několikrát bez žádoucího úspěchu pracoval. Je-li experiment komplikovanější, vyžaduje-li součinnost několika apparatusů, musí tyto v jistém způsobu býti rozestaveny, aby pokus sám se co nejlépe zdařil a aby žáci jeho průběh co nejpohodlněji mohli sledovati. Vše to se nedá najednou přehlédnouti a najednou co nejlépe vystihnouti. A proto, kde již věc prozkoušena, budiž podrobně popsána a zaznamenána, a sice ne dle apparatusů, nýbrž dle experimentů. Takovýmto způsobem vznikne na každém ústavě řekl bych jisté *repertorium experimentů*, jež lze s prostředky, jaké jsou po ruce, prováděti. Všechny předpisy, jichž dlužno šetřiti, aby experimenty takové ve formě co nejvhodnější se provedly, budou v něm podrobně zaznamenány...

Z takového Repertoria má již prospěch sám experimentator, který jej sestavil. Neboť máje při vyučování přikročiti k jistému thematu, ví, jakými experimenty lze výklad provázeti, ví, co každý experiment vyžaduje, co vše musí býti k němu při ruce a ví také, jak jej má prováděti. Pravda, že v případech velice četných má to vše v paměti - ale známo jest, že paměť někdy nebývá věrnou, že se pak ta neb ona věc zapomene, která musí při vyučování teprve býti přinešena, že se toho neb onoho pravidla zapomene šetřiti, a že se pak následkem věcí malicherných pokus nezdaří atd. Máli však experimentator takové repertorium po ruce, může klidně i některému pomocníkovi přípravu experimentu svěřiti - např., schopnějším a

čilejším studujícím - a sám může nanejvýše pak rychle dle psaných předpisů kontrolovati. Z takového repertoria vznikne dále i prospěch sbírkám samým; neboť jak často stává se, že apparatus nějaký se poškodí jen tím, že někdo, máje ho užívati, není o tom dostatečně orientován, jak s ním má zacházeti, z čehož se mu ani výtka činiti nemůže, poněvadž snad onen apparatus ponejprv obdržel do rukou. Konečně jest takové psané repertorium jakousi zárukou, že ty neb ony pokusy jsou úplně v pořádku, že ku jich provádění neschází ničeho - jest to uspokojení, jehož se nabývá na základě vědomí, že ty neb ony otázky jsou uzavřeny a z toho vzniká jistý klid, s jakým se pak mohou nové experimenty nalézati a ustavovati; tak že Repertorium pokusů tím rok co rok vzrůstá.

Nejvíce však vynikne výhoda takového Repertoria, když učitel z jednoho místa přijde na jiné, z jednoho ústavu na ústav jiný, aneb když teprve nově na ústav nějaký vstupuje. Ono Repertorium jest mu pak rádcem neocenitelným; pomocí něho vpraví se rychle do nových poměrů a z přechodného stavu, vzniklého změnou personalní, nevzejde při vyučování nižádná ujma; ba naopak, přicházíli učitel z ústavu jiného, kde sám podobné Repertorium založil a vedl, může ihned své zkušenosti srovnávati se zkušenostmi svého předchůdce, může je doplňovati vlastními - ale také naopak může své vlastní zkušenosti nově obohatiti zkušenostmi svého předchůdce; spojením, řekl bych, obou fondů vznikne jen nové zdokonalení experimentalního vyučování, vznikne tudíž nový prospěch věci samé a žakovstvu.

Abych jenom některého příkladu vzpomenul a sice nikoliv nějakého komplikovaného, nýbrž jednoho z jednodušších, uvádím následující. Jedná se na př. o projekci spektra slunce. Jest známo, že ne každá čočka se k tomu hodí stejně dobře, že ne každá vzdálenost' do které se čočka postaví, jest výhodná; nutno vyzkoušeti, kam nejlépe má spektrum, padnouti aby je žáci všichni co nejlépe viděli atd. Také hranol ne každý se stejně dobře hodí, jednali se o to aby, na př. čary Fraunhoferovy co nejlépe vynikly. Při tom jest třeba rozestaviti černá stínítka vhodným způsobem, aby v okolí spektra kteréž se demonstruje, neobjevily se žádné reflexy světelné, kterýmiž by zřetelnost' barev utrpěla; o tom nelze dáti předpisů všeobecných, poněvadž rozhodují poměry lokální. Vezme-li si experimentátor při jistých daných poměrech takových práci, vyzkouší-li vše aby sám byl s výsledkem spokojen a zaznamená-li podrobně vše, co pozoroval, vzejde z jeho práce prospěch pro veškerá leta budoucí, jak pro něho samého, tak zejména pro jeho nástupce. Podobných předpisů dlužno šetřiti při všech objektivních pokusech optických a ne méně i při pokusech z oboru jiného, na př. při pokusech galvanických. Zde třeba určití a zaznamenati jisté konstanty galvanických apparatusů, n. př. odpory jednotlivých vinutí galvanometru a nejvhodnější způsob jich kombinování při jistých pokusech; neboť toto kombinování jest jiné n. př. při pokusech thermoelektrických a jiné při pokusech indukčních; třeba dále zaznamenati dle zkušenosti, jaký počet článků a kterých článků jest pro jistý pokus žádoucím atd. Vůbec jsou předpisy a záznamy podobné zvláště důležitý, jednali se o pokusy ne toliko kvalitativní nýbrž kvantitativní; učitel fysiky musí, kde jen možná, pokusy své v tomto smyslu prohloubiti; jenom takovými pokusy kvantitativními, vidí-li, jak se ve fysice měří, jak se váží, jak se pak počítá a zákon jistý odvozuje neb dotvrzuje, zvyká žák přesnosti v pozorování, ve vyjádřování se i v porozumění věci.

Opakuji tedy: ne o Repertorium apparatusů se jedná, nýbrž o Repertorium *experimentů*. Právě v tom shledávám hlavní výhodu takového Repertoria, že vyjde přímo ze zkušenosti, z

laboratoře, a ne od psacího stolu, kde se často sestavují předpisy o experimentech, jež pak ve skutečnosti se neosvědčují; dále v tom, že se vztahují na určité, *konkretní* aparaty, čímž i předpisy v nich obsažené jsou *určité, přesní*, bez všeliké nejasnosti a mlhavosti, kteréž není možno se vyhnouti, když se mají dávat předpisy *všeobecně* platné. V příčině úpravy takového Repertoria míním, že by nemělo býti založeno ve způsobě knihy, nýbrž - jako jsou katalogy lístkové - ve způsobu sbírky jednotlivých listů, kteréž by se uschovaly v mapě vhodně upravené; tento způsob poskytuje větší volnost, jak v uspořádání, tak v doplňování neb zaměňování; při jednotlivém pokusu postačí pak ten který určitý list k pokusu náležející, míti po ruce. Vzájemné prohlížení takových repertorií mezi kollegy podávalo by podnět ku diskusi o té neb oné otázce, kterouž věc vždycky získává. O jednotlivých pak zajímavějších zkušenostech mohlo by příležitostně v přednáškách aneb v časopise v krátkých zprávách býti pojednáno, Nepochybuji, že by přijetím a prováděním návrhů zde daných vždy více a více se uskutečňovalo to, co nám všem, kteří jsme učiteli fysiky, musí býti hlavním cílem, aby totiž vyučování *experimentální* stále se zdokonalovalo, aby tím zájem pro fysiku u žáků se zvyšoval a aby zájem ten *trval* i tehdá, kdy žák opustí ústav a věnuje se studiu odbornému.