



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



# Didaktická kazuistika

## Kalorimetrická rovnice

VYUČOVACÍ PŘEDMĚT: FYZIKA (tercie víceletého gymnázia)

AUTOŘI: Renata Holubová a Lukáš Richterek

Katedra experimentální fyziky, Přírodovědecká fakulta  
Univerzita Palackého v Olomouci

---

## Anotace

Předmětem kauzistiky byla videostudie vyučovací hodiny fyziky, kterou vedla p. učitelka Renata Výletová. Hodina proběhla dne 25. 10. 2018 na Klvaňově gymnáziu v Kyjově. Vyučovací hodina byla součástí tematického celku Molekulová fyzika. Analyzována bude část hodiny od 05:15 do 8:30 a 11:25–45:00.

V předchozí vyučovací hodině se žáci seznámili s pojmy vnitřní energie a tepelná výměna. Po úvodním pozdravu vyučující sděluje téma vyučovací hodiny – kalorimetrická rovnice a téma zapisuje na tabuli. Žáci jsou vyzváni, aby si téma hodiny a datum zapsali do sešitu. Další část hodiny je věnována opakování. Učitelka klade otázky a žáci odpovídají. Žáci jsou vyzváni, aby nelistovali v poznámkách a sešity zavřeli. Žáci se hlásí.

## Činnosti učitele a žáků

Celá vyučovací hodina byla vedena klasickým způsobem – učitel klade otázky, žáci odpovídají. Při výkladu nové látky byl využit demonstrační experiment – měření probíhalo s podporou počítače. Měřené hodnoty teploty byly prostřednictvím dataprojektoru promítány na tabuli. Učitelka sama komentuje průběh experimentu. Pomocí naměřených hodnot je odvozován vztah pro výpočet tepla odevzdaného a přijatého a nakonec je zapsán vztah vyjadřující kalorimetrickou rovnici. Učitelka se snaží o realizaci postupného odvození vztahu od konkrétního k obecnému. V této fázi vyučovací hodiny je aktivní jen malá část třídy, která sleduje výklad. Na otázky vyučující reaguje v podstatě jediný žák.

Žáci jsou v této fázi hodiny méně aktivní, učitelka sama doplňuje velice kusé (jednoslovní) odpovědi žáků. Většinu vyučovací hodiny hovoří učitel. Učitelka při výkladu často používá nejasných formulací, opravuje započaté věty, velmi často si napomáhá slovíčkem „jo“.

### Tematická vrstva:

Zde lze zahrnout složky obsahu výuky, které lze bezprostředně pozorovat a popsat v činnosti a komunikaci žáků během výukové činnosti – odborné pojmy, běžné pojmy z každodenní žakovské zkušenosti, fenomény, které odpovídají pojům. V našem případě se jedná o pojmy vnitřní energie, teplo, teplota, tepelná výměna, měrná tepelná kapacita, zákon zachování energie, směšovací kalorimetr, kalorimetrická rovnice. Při opakování uvádí příklad z každodenního života – chladnutí horkého čaje, radiátor (návaznost na učivo zeměpisu – tepelná výměna prouděním).

### Konceptová vrstva:

Shrnuje odborné koncepty s relativně vysokou úrovní obecnosti. V dané vyučovací hodině zařadíme do konceptové vrstvy pojem teplo a zákon zachování energie. S tím souvisí

---

matematický zápis kalorimetrické rovnice. Nadřazené pojmy – kinetická teorie látek, tepelná výměna, molekulová fyzika a termika.

### **Kompetenční vrstva:**

Kompetence komunikační, řešení problémů, kompetence k učení

Žáci pozorují experiment, žáci popisují změny měřené fyzikální veličiny – teploty, žáci s pomocí učitele odvozují vztah pro výpočet tepla, žáci aplikují poznatky o zákonu zachování energie na případ směšovacího kalorimetru.

### **Analýza**

Komplexní zhodnocení výukové situace – přestože se jedná o učitele s několikaletou praxí je výuková situace nerozvinutá. Obsahuje základní dovednosti a pojmy, ale vyžaduje alteraci v oblasti analýzy a porozumění obsahu a zobecňování, aplikace a metakognice.

Vědecká složka – používání pojmu energie, teplo, teplota, tepelná výměna. Nesprávně je teplo označeno jako druh energie. Nesprávný je pojem teplo kalorimetru. Pojem energie je uváděn bez zdůraznění, že se jedná o vnitřní energii soustavy. Popis experimentu, specifikace soustav a označení veličin není důsledné. Odvození vztahu pro zápis kalorimetrické rovnice není dostatečně přehledný a jasný, zaniká v množství komentářů, kdy není důsledně používán jazyk fyziky jako vědy.

Technická složka – reálný experiment probíhá v průběhu výkladu nového učiva jako demonstrační experiment. Je měřena změna teploty v kalorimetru. Data jsou promítnuta na tabuli. Experiment je sestaven na pracovním stole v prostoru před tabulí. Žáci používají sešit.

Metodická složka – organizace vyučovací hodiny – klasická výkladová hodina. Aktivizující prvek – otázky, které klade učitel. Těžiště výkladu, odvozování, shrnutí poznatků provádí učitel. Pokud reagují žáci na otázky učitele, potom jejich odpověď je pomocí jednoho slova.

### **Shrnutí výukové situace**

Výuka probíhala klasickým způsobem. Kromě kladení otázek učitele nebyly použity žádné aktivizující metody výuky. Předváděný demonstrační experiment byl ze zadní části třídy špatně viditelný. Jediným kladem bylo promítání měřené teploty pomocí dataprojektoru na tabuli. Popis kalorimetru byl uveden až po skončení experimentu. Po celou vyučovací hodinu učitelka ani jednou neopustila prostor před tabulí. Žáci byli ukázněni, učitelka je nemusela napomínat. Přestože se jednalo o učitele s praxí, dopouštěla se vyučující chyb při kladení otázek – několik dotazů v jedné otázce, vyslovování neúplné věty a žák doplní jen jedno slovo, k odpovědi vyzývá jediného žáka, který na otázky reaguje, a nesnaží se aktivizovat zbytek třídy. Výklad nového učiva nemá jasnou strukturu, učitelka v každé větě několikrát opakuje pomocná slůvka ta, to, ten, jo. Žáci jsou upozorněni na to, že v návaznosti na danou vyučovací hodinu proběhne

---

praktické cvičení věnované tomuto tématu. Výklad nebyl dotážen, závěrem byl zápis kalorimetrické rovnice rozšířen o člen, který představuje teplo, které přijme kalorimetr. V tomto okamžiku byla hodina ukončena zvoněním, učitelka se snažila ještě o shrnutí učiva, ale žáci již balili své pomůcky a vyučujícímu nevěnovali pozornost.

Výukové situace nezahrnovala oblast analýzy a zobecnění, nebyl prostor pro ověření míry porozumění danému obsahu učiva u žáků. Zápis do sešitu byl žákům nadiktován

## Alterace

Diskutovaná výuková situace ukazuje na řadu nedostatků učitelky v uchopení dané výukové situace. Přípomínky – experiment byl předváděn u stolku pro učitele, pro zadní lavice byl špatně pozorovatelný. V případě využití projekce přes dataprojektor – mohlo být využito naměřených dat pro výpočet jednotlivých tepel v kalorimetrické rovnici. Kalorimetr byl popsán až po ukončení experimentu. Závažným nedostatkem je chybné zavedení pojmů – teplo jako druh energie, energie versus vnitřní energie, teplo kalorimetru. Závažné jsou nedostatky v metodické oblasti – zejména nesprávné kladení otázek. Mluvený projev učitelky byl na velmi nízké úrovni – používání nespisovných výrazů (bysem, bysme, teda, můžu) a hlavně za každým slovním spojením. Několikrát ve větě, používání slůvka jo, ten, ta, to (začínám s téma indexama...).

### Doporučení:

1. Lépe si připravit vyučovací hodinu po odborné stránce – nepoužívat chybné označení veličin, správně používat pojmy
2. Lépe využívat spolupráce se žáky v rámci vysvětlování nového učiva – aktivizovat všechny žáky vhodným kladením otázek
3. Dbát na správnou formulaci otázek (otázky typu .a to znamená, že..zespodu je nějaká vrstva...čeho, voda se využívá jako docela levný a velice důležitý...? nejsou vhodné)
4. Lépe zorganizovat časové rozvržení hodiny, vyčlenit čas na shrnutí učiva
5. Lépe využívat možnosti moderní výpočetní techniky a reálného experimentu.
6. Jasně, zřetelně a přesně formulovat fyzikální pojmy a závislosti, dbát na kulturu slovního projevu.
7. Kontrolovat práci žáků v lavicích.

## Transkript výukové situace

U: Tak, jak si to ještě jdu připravit...Takže,... dneska budeme... pokračovat v tom, co probíráme, to znamená bereme molekulovou fyziku. Dostali jsme se k vnitřní energii, tepelné výměně, a dneska si řekneme něco o kalorimetrické rovnici (*píše na tabuli nadpis hodiny*). Takže sešity a jedeme: kalorimetrická rovnice. ... Tak, datum nezapomeňte, dvacátého pátého desátý. Tak... Takže... Zkusme nejdříve malinko zopakovat takové ty nejdůležitější fyzikální veličiny a fyzikální pojmy, které s tím problémem souvisí. Co už jsme dělali, co bysme měli vědět. Já jsem říkala, že dneska nebudu zkoušet, takže zkusíme

---

to zopakovat společně, jo? Dneska máme praktika ještě, pátou šestou hodinu, takže tam zkusíme řešit příklady právě na kalorimetrickou rovnici, právě na to, co teď probereme. Tak, pojďme zopakovat... Tak, ať se trošku zahřejeme, věci, které umíme. My jsme říkali, že základem molekulové fyziky jsou jakési tři poznatky, které shrneme do názvu společného... kdo ví?

Ž: Kinetická teorie látek.

U: Kinetická teorie látek. Takže pojďme jenom vyjmenovat bez vysvětlení, protože to už jsme brali dávno. Takže z čeho ty poznatky vycházejí a co říkají?

Ž: Látky se skládají z částic, to mohou být atomy, molekuly nebo ionty.

U: Dobře. Tem první poznatek říká...

Ž: Tělesa jsou v neustálém neuspořádaném pohybu...

U: Tělesa jsou v neustálém v neuspořádaně pohybují. Zkusme jenom ťuknout, co je důkazem toho neustálého neuspořádaného pohybu?

Ž: Difúze.

U: Třeba difúze. Nebo...?

Ž: Brownův pohyb.

U: Brownův pohyb, supr, stačí. A ten třetí poznatek, ten říká... Který je to ten třetí poznatek z kinetické teorie stavby látek?

Ž: Částice na sebe navzájem působí silami, s větší vzdáleností jsou to přitažlivé...

U: (*pokyvuje*) Přitažlivé...

Ž: ... a odpudivé...

U: ...odpudivé síly, dobře.

Ž: Pan profesor mně předtím říkal, že jste dneska takoví ospalí a vůbec ne, já jsem ještě neviděla tolik rukou nahoře ve fyzice! Tak... dobrý. Tak, my jsme se bavili o vnitřní energii, a to je to, co nás bude zajímat a co nás teď už asi 14 dnů v podstatě trošičku více zajímá... Tak, nelistujte těma sešitama a zkuste, co máte v hlavách. Zavřete to, to jsem zapoměla asi říct. Takže, pojďme... Co jsme nazvali, že je vnitřní energie tělesa...? Co to je vnitřní energie tělesa? Čím je dána? Co všechno patří do vnitřní energie?

Ž: Součet kinetické a polohové energie částic.

U: Kde se bera ta kinetická energie částic? S čím souvisí? Proč mají částice v těch látkách tu kinetickou energii? Zkusíme to vysvětlit. Pojďme... není tady ale jen Jakub...tak zkusme...

Ž: Protože se částice uvnitř pohybují chaoticky...

U: To je právě to, že se pohybují částice neustálým neuspořádaným pohybem... A kde zase... kde zase je ten původ, proč má částice, proč mají ty látky nebo ta tělesa, proč mají i tu vnitřní potenciální energii? Ta souvisí s čím, co jsme říkali? Čím je dána?

Ž: Vzdáleností těch částic...

U: ... a tím, že ty částice spolu navzájem interagují, působí na sebe právě těmi přitažlivými a současně odpudivými silami. Jak se dá ta vnitřní energie změnit? ... Jak se dá změnit?

Ž: Konáním práce.

U: Konáním práce... To by bylo co? Zkusme dát nějaký příklad. Který úplně nejjednodušší základní příklad jsme si říkali?

Ž: Ruce si zahříváme...

U: Takže při čem? ... Třením si zahříváme ruce (*ukazuje*) Takže, jak se projeví..., jak vlastně poznáme, že to těleso změnilo, zvětšilo vnitřní energii? ... Když třeme ty ruce, co cítíte?

Ž: Teplo...

U: Lepší... Co cítíme s těma rukama? Teplo, ale trochu lepší to řekneme, že se...zahřívá, takže co se děje s fyzikální veličinou

Ž: Zvýšila se teplota.

U: Zvýšila se teplota, fajn. Takže třeba při tření, to je takový první způsob, jak můžeme změnit vnitřní energii konáním práce, pak jsem třeba ještě uváděli... u plynů... Jak se dá změnit vnitřní energie? ... Jak se dá změnit vnitřní energie?... Jak se dá změnit vnitřní energie?

Ž: Stlačením.

U: Třeba stlačením toho plynu. A ten druhý způsob, jak se dá změnit vnitřní energie je, že budeme...dělat co... nebo jaký nastane děj?

Ž: Tepelná výměna.

U: Nastane tepelná výměna. Takže, o té se budeme dneska trošinku víc bavit. Co to je tepelná výměna? Zase už jsme probírali. Vzpomeneme si, co je tepelná výměna?

Ž: Je to děj, při kterém dochází k předání tepla a to tak, že teplejší těleso, které má neuspořádaně se pohybující částice, narážejí na částice toho chladnějšího tělesa.

U: Můžeme říct, že dochází ke srážkám...

Ž: ... dochází k předání energie...

U: ... té energie. A ta energie, kterou to teplejší těleso předá, se jmenuje právě...

Čas 6:43

Ž: Teplo.

U: Teplo. Co to chladnější těleso? Dochází tam také k nějaké přeměně, přenosu energie? Co jsme říkali o tom studenějším, nebo chladnějším tělese?

Ž: Že to těleso přijímá...

U: ... že tu energii přijímá nebo říkáme přijímá teplo... Takže tyhle poznatky budem potřebovat dneska... Takže, co jsme si říkali o tom teple? Už jsme nakousli, že souvisí s tepelnou výměnou a že to je tedy nějaký druh energie které..., kterou to teplejší odevzdává při tepelné výměně tomu chladnějšimu. Na čem závisí velikost toho tepla, které to těleso při telené výměně odevzdá, případně přijme? Tak... všichni se dneska učili...

Ž: Na té hmotnosti...

U: ... na té hmotnosti. Jak souvisí s hmotností? Dokážeme to popsat z matematiky?

Ž: Čím...

U: Takže, čím je větší hmotnost toho tělesa, tím potřebujeme tomu tělesu dodat větší teplo. Jak se v matematice říká té závislosti?

Ž: Přímá úměrnost...

U: ... přímá úměrnost. Tak, říkali jsme si, že teplo je přímo úměrné hmotnosti, takže teplo, které je třeba dodat je přímo úměrné hmotnosti tělesa. Na čem dál závisí... to teplo. Na čem dále závisí?

Ž: Na rozdíl teplot.

U: Rozdíl teplot. Jak tomu mám rozumět – na rozdíl teplot? Zkusme trošku vysvětlit.

Ž: Tak, vlastně to těleso má svou teplotu a ono se změní a začne mít větší teplotu, větší teplotu než předtím.

U: To je ten teplotní rozdíl. To znamená – když chceme, aby se těleso ohřálo o větší teplotní rozdíl, tak zase musíme dodat ... větší ... to teplo. Na čem ještě závisí?

Ž: Na měrné tepelné kapacitě.

U: Na měrné tepelné kapacitě. Jak se značí měrná tepelná kapacita?

Ž: Malé c.

U: Malé c. Tak, a co to je, ta měrná tepelná kapacita. My jsme si to zkoušeli nějak přesně nadefinovat. Tak, zkusme buď tu přesnou definici nebo zkusme svými slovy, co si máme představit, že přijaté teplo závisí na měrné tepelné kapacitě. Kdo mi to zkusí popsat? ... Tak, zkusme to... zkusme ne jenom tady ta čtyřka... Tak, zase Dan?

Ž: Teplo, které musíme dodat jednomu kilogramu látky, aby se teplota zvýšila o jeden stupeň Celsia.

U: O jeden stupeň Celsia, nebo jsme také říkali o ... o jeden kelvin. Dobře, a ... pro ty, co tady tu definici si nezapamatují nebo ještě nezapamatovali, ještě se ji nenaučili, co si mám teda představit pod pojmem měrná tepelná kapacita? Na čem ještě to teplo bude záviset? Jo, na měrné tepelné kapacitě, máte pravdu, ale zkuste mi to svými slovy vysvětlit, ať víme, co si teda mám představit, že teplo závisí na měrné tepelné kapacitě. Zkusme to úplně jednoduše.

Ž: To, že ještě závisí na druhu té látky.

U: Je to vlastně jakýsi druh té látky, to, co chceme tou tepelnou výměnou zahřát nebo naopak ochladit, tak to znamená, jaký druh látky. My jsme si říkali, že ta měrná tepelná kapacita je pro různé látky různá. Řekla jsem, že budeme umět měrnou tepelnou kapacitu vody, takže, kdo si vzpomene, jaká je měrná tepelná kapacita vody? Kdo už se to stačil od minule naučit? To jsem řekla, že budeme umět ale...

Ž: 4200

U: Tak, zaokrouhlujeme 4200, ale nějaká jednotka?

Ž: Joule na kilogram...

Ž: a na kelvin...

U: ... joule na kilogram a na kelvin. Pozor, bez jednotky fyzikální veličina prostě neexistuje. Takže, je různá pro různé látky, a dokonce, u té vody jsme zmiňovali, že je různá také pro látky...

Ž: v různém skupenství...

U: ... v různém skupenství, jakže je jiná pro vodu a jiná třeba pro led, jo? Tak, a když to všechno dáme dohromady, tak nám vyšlo, jak se to teplo vypočítá. Takže, jak teplo vypočítáme? ... No, ne všichni... Vzoreček pro výpočet tepla?... Povídej...

Ž: Em krát delta té krát cé.

U: (*píše vztah na tabuli*) Tak, em krát cé krát delta té. Tohle budem dneska potřebovat, tenhle vzoreček, proto jsme ho zopakovali, proto jsem se k němu chtěla dostat. Tak, ještě je jedna věc. Teplo se značí  $Q$ , jednotkou je...

Ž: Joule...

U: Joule. Proč je jednotkou joule... znovu dokolečka?

Čas 11:21

Ž: Je to druh energie...

U: Je to druh energie. Fajn. A já jsem říkala, že občas dochází k tomu, že si žáci pletou teplo a teplotu. Můžem to zaměnit? Jsou to stejné fyzikální veličiny? ... Nejsou! Jo, tady pozor, nemůžeme zaměňovat pojem teplo a teplota. Tak, fajn. No a teďka se zkusíme podívat na kalorimetrickou rovnici. Pojďme na tu novou látku. Vemte si sešity, zkusíme se pobavit o kalorimetrické rovnici. Tak..., my jsme v těch minulých hodinách řešili tepelnou výměnu. Tady jsme se trošičku pobavili o tom, co to je tepelná výměna, neuvedli jsme ještě asi žádný příklad. Zkuste sami, kde se setkáváme s tepelnou výměnou, co by to mohla být tepelná výměna?... (*pouští dataprojektor*) ... Kde se setkáváme, konkrétní příklad, co by mohla být tepelná výměna? Když jsme si to vysvětlovali, tak jsem říkala, že když ráno vstaneme, tak vymyslíme 10 příkladů, kde všude je ta tepelná výměna. Takže zkusme, kde by mohl být nějaký příklad, že dvě tělesa konají děj, kterému můžeme říct tepelná výměna.

Ž: Třeba na uvaření čaje...

U: Třeba. Když máme čaj a chceme, aby nám rychle vychladl, můžeme ho dát ven za okno. Dobře, nastane tepelná výměna mezi tím čajem a v podstatě tím okolním vzduchem. Co dál třeba?

Ž: Držíme se za ruce, kdo má studený a kdo teplejší.

U: V podstatě taky by to byla tepelná výměna, dobře. My se budeme o těch jednotlivých jakoby typech tepelné výměny jakoby bavit, takže my jsme říkali něco o tom topení. Tam se říká... vzpomene si někdo? Ten vzduch se zahřívá od teplého radiátoru díky tepelné výměně. Vzpomeneme si? My jsme to nebrali, ale narazili jsme na ten příklad.

Ž: V tom radiátoru je teplá voda a zahřívá celý radiátor a tepelná výměna probíhá mezi tím prostředím a radiátorem.

U: Dobře, a mezi tím radiátorem a tím horkým... mezi tím vzduchem ve spodní části a třeba potom někde tady u stropu, jaká tam nastane tepelná výměna? To nebude tím vedením, o kterém se teď bavíme, ale...? Co dělá vzduch? To znáte i ze zeměpisu.

Ž: Proudí.

U: Proudí. Takže to bude tepelná výměna ... prouděním, jo? My se o tom budeme bavit příští týden, o tady těchto typech tepelné výměny. Takže kromě tepelné výměny prouděním budeme třeba zmiňovat ještě tepelná výměna zářením. Kde by mohla být tepelná výměna zářením? U čeho asi?

Ž: Slunce.

U: Slunce, jo? Takže to budeme řešit potom v příští hodině. Tak... my se dneska budeme bavit o té kalorimetrické rovnici. Takže už jsme řešili tepelnou výměnu, už víme, co to je, no a když jsme na začátku roku zmiňovali, že se budeme bavit o termodynamice, tak jsme říkali, že tam budeme... že se budeme opírat o jeden důležitý zákon, a to je zákon...?

Ž: Zachování energie.

U: Zákon zachování energie. Dane, zkus nám ten zákon ještě zopakovat, když jsi to vymyslel.

Ž: Že energie se nedá vytvořit, ani nezaniká, jenom se přeměňuje.

U: Může se přeměnit na jiné formy energie, dobře. Ale to je spíš důsledek toho zákona. Ten zákon, to přesné změnění je...?

Ž: Že při dějích, které probíhají v izolované soustavě, je součet potenciální, kinetické a vnitřní energie konstantní.

U: Je konstantní, dobře. Tak úplně, když to zobecníme, takže celková energie izolované soustavy je konstantní. A z toho plyne to, co tady říkal Dan. To znamená, že my, když se teď tady budeme bavit o kalorimetrické rovnici, tak v podstatě se budeme bavit o zákonu zachování energie, který platí při té tepelné výměně. Takže, co budeme zkoumat. V podstatě zkoumáme to, co umíme. Tak, já jsem si tady do kádinky dala vodu, na začátku hodiny tady o přestávce jsem si ohřála vodu v rychlovarné konvici a tady jste si asi všimli, že mně trčí nějaký provázek, protože tam mám těleso, mám tam váleček z nějaké látky, mám ho v té horké vodě, protože potřebuji, aby ten váleček měl jakousi vyšší teplotu, než je ta voda z vodovodu, co jsem napustila, jo? Takže je jasné, že budeme chtít pozorovat a budeme se bavit o tepelné výměně mezi vodou a nějakým válečkem, který ke zatím pro vás schovaný tady v té... v tom termohrnecku. Tak, já tady mám nad tabulí vlastně obrazovku z počítače, no a abyste viděli, co se děje s tou teplotou, tak nebudeme měřit teplotu klasicky pomocí kapalinového, rtuťového teploměru, ale mám tady prostě nějaký teploměr, který bude snímat teplotu a bude to měřit vlastně na té obrazovce. Aby to pro vás bylo veselejší, tak jednak máte viditelný záznam, a ještě tady budeme mít teplotu měřenou jako na klasickém teploměru. Tak, je tam nějaký graf závislosti toho, co se bude dít s teplotou na čase, je tam nastavený čas asi 180 s, což je zbytečně hodně, ale to nám zatím nevádí. Budeme... budeme... budeme řešit, co se teda bude dít. Ehm, ten náš pokus je zatím demonstrační. My bysme samozřejmě mohli všechny veličiny změřit a mohli bysme si ty jednotlivé tepla vypočítat. To znamená – co asi budeme chtít zjistit? Jaké teplo ta voda... co myslíte?

Ž: Přijme...

U: přijme. Proč bude voda přijímat, Dane?

Ž: Je chladnější.

U: Protože jste viděli, že jsem tu vodu napustila tady z kohoutku, takže asi bude mít nižší teplotu, to se za chvíli přesvědčíme. No a když jsem tady dala to těleso do kapaliny, která předtím vařila, tak asi čekáme, že ten váleček, který je tady, bude mít tu teplotu...

Ž: Vyšší.

U: To znamená, že ten váleček, který je teplejší, tak bude tu vnitřní..., tak bude to teplo...předávat, odevzdávat té kapalině. Takže, pojďme zkusit, jaké to jsou teplotou, jo?

Takže nejdřív – jaká je teplota té vody... Takže (*odečítá*)..., vidíte, že něco nepatrně se mění, musíme počkat chvíličku. Takže asi ta voda bude mít teplotu (*píše na tabuli*) přibližně 21,3 °C. Tak, voda je to studenější, chladnější těleso, tak já to označím indexem  $t_2$ . Tak, ta voda, nebo ta teplota trošičku kolísá. Proč kolísá, co myslíte? Už tady to oddělám... Proč kolísá, co myslíte? ... Ona tak kolísala +/- půl stupně, takže proč asi, co myslíte?

Ž: Protože není všude stejná.

U: Tak, mohla by, mohlo by být, takže asi bysem s tím mohla nějak zamíchat, ale to asi vzhledem k tomu teploměru nebude tak ideální... Dobře, nechme tu otázku ještě otevřenou. Tak, já se na chvíličku ještě zeptám. Tak, takže tady v podstatě proběhla taky tepelná výměna, protože mi očekáváme, že se ten váleček zahřál. To znamená došlo tam také k tepelné výměně, jo? Ale jak jinak ohřát ten váleček, aby měl nějakou teplotu a v podstatě, jak ho ohřát a jak ho potom změřit? To znamená, já jsem ho nechala v té teplé vodě, už tam je asi 15, 20 minut, takže víte, že vždycky při tepelné výměně nastane okamžik, o kterém říkáme, že došlo k takzvanému...

Ž: Rovnovážnému stavu.

U: A to znamená, že...

Ž: ... teplota se ustálila na určité hodnotě, už se nezvyšuje ani nesnižuje.

U: Nezvyšuje se, nesnižuje se, a je stejná pro obě ta

Ž: ... tělesa...

U: ... tělesa v té soustavě. Takže podle toho, co tady vidíme, ten náš váleček měl teplotu (*píše na tabuli*) asi 66,8 °C, jo? Tak, no a teďka se stane, ... když já ten váleček dám do té studené vody... tak... A já vám pustím i tu závislost, ono to teď zase ten teploměr musí se ustálit, ... takže ... přibližně ... počkáme ... asi na tu teplotu 21,3 °C. Aby to bylo líp vidět, tak já tady ještě změním trošku to nastavení, protože tady teď nepotřebujeme osmdesát... ale... myslím si, že těch šedesát by mělo stačit... nebo sedmdesát (*nastavuje v počítači*). Tak, hotovo... tak a zkusíme, co se bude dít s tou kapalinou... Když pustíme ten graf... tak, co pozorujeme? Ta kapalina měla menší teplotu, ten váleček měl větší teplotu... Tak, takže nastává tepelná výměna... a vy pozorujete, že ta teplota té vody nám narůstá... Zkusíme chvíli počkat... Tak, tady byl nápad, že bysme mohli... nebo, že ta kapalina nemá všude stejnou teplotu, takže já to mohu ještě takhle promíchat míchátkem... Trochu to pomohlo, takže vidíte, že ta teplota začala nepatrně zase narůstat. No a když teďka to necháme, tak uvidíme, že zase nastane rovnovážný stav, to znamená, že teplota té soustavy voda a váleček bude stejná, jo? Tak, samozřejmě to bude chvíličku trvat. Tak, ale když se zase budeme dívat, tak si myslím, že ta teplota ... můžeme říct..., že ten rovnovážný stav nastal přibližně při té teplotě 23,9 °C, jo? Tak, je ten pokus úplně korektní...? Není, Dan kroutí hlavou, že není. Tak, kdo ještě myslí, že to není úplně ono, že jsme něco zapomněli, zanedbali, něco jsme neřešili... jenom Dan si myslí, že nebylo všechno v pořádku...? Zkuste přemýšlet! Co když udělám tohle (*přikrývá kádinku rukou*) – co když udělám tohle, myslíte, že to nějak tomu pokusu pomůže? ... Co myslíte? Myslíte, že když takhle na té kádince nechám ruku, tak že to tomu pokusu pomůže? Že třeba zlepším podmínky toho pokusu, že třeba zlepším

---

výměnu? Dan pokyvuje, že asi jo, a co zbytek? Co říká ten zákon...? Co říká ten zákon zachování energie? Co nezapomněl ani jeden z těch, co ten zákon vymysleli?

Ž: Že je to v té izolované soustavě.

U: V té izolované soustavě. Myslíte, že tohle byla izolovaná soustava? K čemu tady ještě dochází, k jaké tepelné výměně? Dane?

Ž: S prostředím.

U: Mezi vlastně tím okolním vzduchem a tou soustavou. Samozřejmě zevnitř, ale i okolo o co pod tím? Já mám tohle dané na stole, takže zde dochází také k nějaké tepelné výměně mezi tou deskou toho stolu a zase tou mojí kádinkou. To znamená, že kdybychom tady teďka zjišťovali a dopočítávali, jaké to teplo přijme ta voda, případně, jaké teplo odevzdá ten váleček, tak by nám ten pokus, nebo spíš ten výsledek pokus úplně neseděl a já bych nemohla napsat to, co chci napsat na tabuli. Nicméně, samozřejmě vidíte, že když jsme definovali kdysi dávno izolovanou soustavu, tak jsme řekli, že izolované soustavě se blíží...

Ž: Termoska.

U: Termoska nebo ...

Ž: ... kalorimetr....

U: ... kalorimetr. Kalorimetr je právě to, co tady mám..., to je tady to zařízení, ve kterém ta tepelná výměna probíhá... tak, že vlastně nedochází k výměně toho tepla s okolím, ale probíhá jenom tepe..., k tomu ději tepelná výměna uvnitř té soustavy. Z čeho se ten kalorimetr skládá? Takže, skládá se ze dvou takovýchto nádob, tady dole je dřevěný kříž a je tam z toho důvodu, že když budu mít ty dvě nádoby... zkusím to na vás trochu natočit ... tak vy vidíte, že tady z boku, ale taky díky tomu kříži zespodu je nějaká vrstva... čeho?

Ž: Vzduchu.

U: Vzduchu, to znamená, díky tomu vzduchu bude probíhat ta tepelná výměna jenom tady uvnitř v té nádobce, to znamená, že když tam dám codu a dám tam ten váleček, tak ta tepelná výměna bude probíhat jenom mezi těmito dvěma tělesy a s tím okolím, ani zespodu tady z té podložky, ani prostě okolní vzduch se na té tepelné výměně uvnitř podílet nebude, jo? Kromě toho tam je to míchadlo, které už jsem použila, a tím můžu promíchávat tu tekutinu, tak aby docházelo k té tepelné výměně rovnoměrně. Všechno je to samozřejmě uzavřeno dvěma víky, no a pak je tam ten teploměr, kterým zjišťuju, co se s těmi tělesy děje, jo, jak probíhá ta tepelná výměna. Tak, no a kdyby ten náš pokus teda probíhal naprosto korektně, to znamená, budeme předpokládat, že máme izolovanou soustavu, tak bysme ověřili, že skutečně platí ten zákon zachování energie. K tomu se u tepelné výměny dá říct jednoduše, že platí kalorimetrická rovnice a ta kalorimetrická rovnice nám říká, že změna energie, ten úbytek energie, kterou těleso odevzdá musí být stejně velký jako přírůstek energie toho druhého tělesa, které tu energie bude naopak přijímat. No a ten přírůstek a úbytek energie, když máme tepelnou výměnu, tak ten přírůstek, úbytek bude souviset s tím teplem, jo? Takže pojďme si to zkusit nějak zapsat. Já to tady zatím vypnu (*vypíná dataprojektor*), ať nesledujete, jak se..., jak se... mění ta teplota, protože my to potřebovat nebudeme a pojďme teda zkusit popsat, zapsat, co jsme řešili, jo? Takže předpokládáme izolovanou soustavu.

Budeme mít nějakou nádobu (*kreslí a píše na tabuli*), v té nádobě máme vodu, ta voda je chladnější..., to je to chladnější těleso, jo, takže voda v nějaké té nádobě představuje to chladnější těleso, má teplotu  $t_2$ . Trošku začínám s těma idexama jakoby pozpátku, ale takové jakési nepsané pravidlo, ta voda je chladnější, takže bude to teplo přijímat, jo? Tak, do té vody jsme dali nějaký váleček, takže tady máme nějaký váleček (*opět kreslí na tabuli*), ten váleček je pro nás to teplejší těleso. Takže máme nějaký váleček, to je to teplejší těleso a má teplotu  $t_1$ . Tak, když jsme dali ten váleček do té vody, tak jsme pozorovali, jsme pozorovali, že se něco děje s teplotou. Pozorovali jsme, že teplota té soustavy začala, ehm, se začala měnit, pozorovali jsme hlavně samozřejmě teplotu té vody, tu jsme měřili, a ta teplota té vody nám začala klesat nebo narůstat? Co jsme viděli?

Ž: Narůstat.

U: Narůstat, jo? Tady mám poznačené, že na začátku byla asi 21,3 stupňů, po té tepelné výměně jsme naměřili 23,9 stupňů. Takže, ta voda, to chladnější těleso, teplo přijalo, ten váleček to teplo naopak odevzdává. No a trvalo to všechno tak dlouho, dokud nenastal rovnovážný stav a teplota té soustav, to znamená teplota obou těch těles nebyla konstantní jo? Takže po tepelné výměně dosáhlo... vidíme, že teda nastal rovnovážný stav, kdy je jakási výsledná teplota té soustavy  $t$ . Co platí mezi těmi teplotami z matematiky. Dokázali byste zapsat nějakou nerovnost? (*Píše na tabuli:*)  $t_1$ ,  $t$ ,  $t_2$ , dala by se zapsat nějaká nerovnost? Víme? Dokážeme zapsat...? Dane?

Ž:  $t_1 + t = t_2$

U: To ne, to určitě ne. Tys říkal  $t_1 + t = t_2$ , to i když tady se podíváš (*ukazuje na naměřené hodnoty*), tak to určitě platit nebude. Součet teplot toho rovnovážného stavu a té vody Ti určitě nedá teplotu toho válečku. Nemůže dát! Na čem to teplo, které odevzdáme, přijmeme, závisí? Hlavně na té měrné tepelné kapacitě. Co my jsme o ní říkali? Že teplo závisí na druhu té látky a zmiňovali jsme třeba tu vodu. My jsme říkali, že voda má tu měrnou tepelnou kapacitu velkou. Říkali jsme, že voda se využívá jako docela levný a velice důležitý...

Ž: ...chladič...

U: Chladič, jo? Protože má velkou měrnou tepelnou kapacitu, ona potřebuje hodně tepla k tomu, aby zvýšila teplotu o 1 °C, takže takhle úplně jednoduché to nebude, a myslím si, že takhle jednoduché to nebude, abysme sečetli dvě teploty a dostali jsme tu teplotu třetí. Takhle určitě ne, protože tam je víc těch okolností, které tady hrají roli. Já jsem se ptala na nerovnost, ne na rovnost. Co tady bude platit? Když se podíváte i na ty naše orientační teploty (*ukazuje na tabuli*), které jsme naměřili.

Ž: Že  $t_1 > t$  a  $t > t_2$ .

U: Přesně tak! Při té tepelné výměně se jedny látka ochladí, druhá se zahřeje a výsledkem je znovu ta teplota toho rovnovážného stavu, jo? Tak, zkusme vymyslet, jaké teplo by ta... ten váleček odevzdal. Takže pojďme – váleček odevzdá (*píše na tabuli*) teplo  $Q_1$ . Dokážeme říct, jak bysme to teplo  $Q_1$  vypočítali? Tak, ten váleček má teplotu  $t_1$ , určitě má nějakou hmotnost, tu bysme mohli zjistit pomocí... pomocí čeho? ... Čím se určuje hmotnost?

Ž: Objem.

U: Objem. Tak, asi přes objem by to šlo taky, ale úplně jednoduše by to šlo...

Ž: Váhami.

U: No jistě, váhy. Takže obecně by měl hmotnost  $m_1$ , no a každé těleso má nějaké měrné skupenské teplo, a to bysme mohli najít třeba...

Ž: V tabulkách.

U: V tabulkách, jo (*ukazuje tabulky*)? Budeme v těch praktikách řešit, takže tam pak budeme hledat. Takže jak vypočítáme to teplo  $Q_1$ , které má váleček odevzdat? To by bylo...  $m_1 \times c_1$ , tady jsme ten vzoreček připomínali (*ukazuje na tabuli*). Jak by bylo konkrétně... ta změna teploty... v tom našem případě? Váleček má teplotu  $t_1$ , a on ji sníží na tu teplotu  $t$ , kterou má ta soustava v rovnovážném stavu, takže by to bylo...

Ž:  $t_1$  mínus  $t$ ...

U: ...  $t_1$  mínus to  $t$ , jo? Tak tohle by bylo to teplo, které ten váleček odevzdá. Co ta voda? Ta voda to teplo naopak přijme... od toho válečku... Takže jak bysme zase nadefinovali to teplo, které přijme ta voda? Ta voda má teplotu na začátku  $t_2$ , určitě musí mít zase hmotnost... S tou hmotností by teď bylo možná trošičku složitější, zase bysme ji mohli určit vážením anebo, když je to voda, tak co si pamatujeme přibližně, že platí?

Ž: Má hustotu  $1000 \text{ kg/m}^3$ ...

U: To je pravda... takže klasicky, přes vzoreček hmotnost, hustota, objem anebo úplně jednoduše – neřikali jste si loni, když jste měli fyziku, nebo třeba ze základní školy.

Ž: Že jeden litr váží jeden kilogram.

U: Že přibližně platí, že jeden kilogram vody je... nebo že jeden litr vody má přibližně hmotnost jeden kilogram, právě z toho vztahu, co jsme před chvílí zmiňovali. Takže –  $m_2$ ,  $m_2$  a  $c_2$  je ta měrná tepelná kapacita, takže zase stejný vzoreček. Jak by to teď bylo s tím teplotním přírůstkem (*ukazuje na vztahy napsané po tabuli*)? Jak by to teď bylo s tím přírůstkem? Bylo by to delta  $t$  stejné?

Ž: Nebylo.

U: Nebylo, samozřejmě, že nebylo. Tady se mění teplota té vody a ta teplota té vody  $t_2$  se změní kterým směrem? Jak se změní...? Zvětší se na tu teplotu  $t$  (*ukazuje rukou nahoru*), takže jak teďka bude ten teplotní rozdíl?

Ž:  $t$  mínus  $t_2$ .

Čas 39:20

U: No supr,  $t$  mínus  $t_2$ . A my jsme řekli..., my jsme řekli, že musí platit ten zákon zachování energie, takže přírůstek energie té vody se vlastně musí rovnat úbytku energie toho válečku, takže když to teď převedeme do toho, co jsme si tady trošinku odvodili, napsali, tak vlastně z toho zákona zachování energie vyplývá, že teplo, které přijme ta voda musí být stejně velké jako teplo, které ten váleček odevzdá. Takže, pojďme na to, ještě jedna poznámka. Tak, zákon zachování energie... (*maže část tabule*), takže zákon zachování energie, zase jenom zkratka, tak – co z něho vyplývá? Pište si: úbytek vnitřní energie tělesa..., úbytek vnitřní energie tělesa... se rovná..., se rovná... přírůstku... vnitřní energie kapaliny..., jo, té naší vody. Ale musí platit druhá větička... Takže ještě jednou – úbytek vnitřní energie tělesa se

rovná přírůstku vnitřní energie kapaliny... a ještě jedna větička... Celková vnitřní energie soustavy..., celková vnitřní energie soustavy... v tepelně izolované soustavě, takže znovu připomínám, že musíme mít tu izolovanou soustavu, takže může docházet jenom k výměně tepla a energie částic uvnitř té soustavy, ne s okolím, celková vnitřní energie soustavy v tepelně izolované nádobě se nemění. No a když tohle zapíšeme pomocí toho tepla, které jsme tady trošičku odvozovali, tak se dostaneme ke kalorimetrické rovnici, kterou můžeme stručně zapsat jako  $Q_1 = Q_2$ , případně ji můžeme rozepsat, takže naše  $Q_1$  je (*píše na tabuli*)  $m_1c_1(t_1-t)$  se rovná  $m_2c_2(t-t_2)$  (*dává rovnici na tabuli do rámečku*). A tohle, co jsme tady napsali je matematické vyjádření kalorimetrické rovnice..., kalorimetrické rovnice. Co ta kalorimetrická rovnice říká? Jo, nemůžete to jenom vědět nějakým vzorečkem, protože ten vzoreček se samozřejmě může nějakým způsobem měnit. Vy si musíte uvědomit, která ta látka odevzdává a která látka naopak teplo přijímá. Tam je pak hrozně dobré si uvědomit, jak to bude s těmi teplotami, která se zvětšuje, která se zmenšuje, když jde do toho rovnovážného stavu. Takže nejenom, že budete umět nějaké  $Q_1 = Q_2$  a dosadíte to vyjádření, ale slovy musíte vědět, co ta kalorimetrická rovnice říká. Takže запиšte si: tak, teplo..., jo, to vyjádření kalorimetrické rovnice slovně je... teplo, které... odevzdá těleso..., teplo, které odevzdá těleso při tepelné výměně chladnějším tělesu..., chladnějším tělesu..., je stejně velké..., teplo, které odevzdá těleso při tepelné výměně chladnějším tělesu je stejně velké, nebo do závorky – je rovno – tam mám rovnici, takže je rovno teplo..., je rovno teplo, které chladnější těleso... přijme..., zase při tepelné výměně, které chladnější těleso přijme při tepelné výměně od teplejšího tělesa. Tak, a já jsem říkala, že potřebujeme tu izolovanou soustavu a příkladem takové izolované soustavy je třeba ten kalorimetr, jo? Takže..., poslední poznámka... Tak, izolovaná soustava je například..., je například směšovací kalorimetr..., je například směšovací kalorimetr..., je například směšovací kalorimetr. Ale když budeme pracovat s kalorimetrem, tak musíme uvažovat, že i ten kalorimetr přijme teplo. Když já do toho kalorimetru, do té nádoby naleju třeba tu vodu, tak samozřejmě i ta nádoba, i to míchadlo, ten teploměr, po nějakém teple musí přijmout, případně při té tepelné výměně odevzdávají tomu druhému tělesu, jo? Takže když budeme mít kalorimetr, tam musíme použít upravenou kalorimetrickou rovnici, a ta bude mít tvar (*píše na tabuli*)  $Q_1 = Q_2 + Q_K$ ; to  $Q_K$  jsem označila teplo toho kalorimetru, a to teplo toho kalorimetru zase umíme vypočítat... pomocí jednoduchého vztahu... Takže teplo kalorimetru se vypočítá, pozor, velké  $C_K$  krát delta  $t$ , tohle by bylo teplo kalorimetru. Vzpomeneme si, co je to to velké  $C_K$ ? (*zvoni*) Co je to to velké  $C_K$ ?

Ž: Tepelná kapacita...

U: Pozor, to je jenom tepelná kapacita, jo? Zase najdeme v tabulkách nebo je někde zadaná. Takže tepelná kapacita... Tak, příklady budeme řešit dneska v praktikách, takže tam to všechno ještě jednou shrneme. Nejdůležitější, co byste si měli zapamatovat je, že kalorimetrická rovnice, ještě vydržte chvíli, vyjadřuje zákon zachování energie a říká, že teplo, které látka při tepelné výměně odevzdá... tomu..., odevzdá... tomu chladnějším tělesu, je stejně velká, jako teplo, které naopak to chladnější těleso od toho teplejšího přijme,

---

jo? Vzorečky umíte, pak už to jenom poskládáte dohromady a... je to docela jednoduché.  
Budem trénovat dneska v těch praktikách, takže zrovna to jakoby zčerstva procvičíme, jo?  
Tak, děkuju, postavíme se...



Toto je veřejná tvorba Creative Commons s právy podle 4.3. Muzikování  
Pro další informace podívejte se na <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>