

# Zkoumáme ohřívání a chladnutí

DANA MANDÍKOVÁ

MFF UK, Praha

Článek se věnuje některým miskoncepcím žáků z oblasti termiky spojeným s chladnutím a ohříváním látek. Nabízí také experimentální aktivity, které je mohou pomoci odbourávat. Vychází z širšího výzkumu provedeného u českých středoškoláků [1]. Navazuje tak na článek [2] z tohoto časopisu, který upozorňoval na některé miskoncepce spojené s pojmy teplo a teplota u českých žáků základních škol.

## Základní informace o výzkumu

Ve školním roce 2014/15 provedl Michal Čečák výzkum miskoncepí z oblasti termiky u českých středoškoláků. Konkrétně u žáků sedmi tříd ze čtyř různých gymnázií. Výzkum byl proveden formou standardizovaného testu HTCE<sup>1)</sup> (The Heat and Temperature Concept Evaluation). Test byl zadán účastníkům výzkumu dvakrát (pokaždé stejný), jednou před a podruhé po výuce termiky na vyšším stupni gymnázia, aby se dalo zjistit, zda miskoncepce přetrvávají i po probrání a seznámení se s učivem o teple a teplotě ve školní výuce. Tyto dva testy jsou dále označovány jako pretest a posttest. Pretestu se zúčastnilo 154 žáků a posttestu pak 147 žáků. Podrobné informace o výzkumu a jeho výsledcích lze nalézt v [1].

Test HTCE obsahuje celkem 28 otázek z oblastí týkajících se tepla a teploty. Jedna otázka je otevřená s tvorbou odpovědi, zbývající jsou uzavřené a žáci volí právě jednu z nabízených možností. Celková průměrná úspěšnost v pretestu byla 48 %, v posttestu pak 56 %. Článek se dále věnuje jen části otázek, které se týkají dodávání tepla a ohřívání látek a naopak také chladnutí látek.

## Výsledky v otázkách zaměřených na ohřívání a chladnutí látek

Uvedené problematiky se týkaly tři série otázek. První obsahovala čtyři otázky (v testu odpovídaly čísly 1–4), kde bylo úkolem porovnat přijaté teplo pro dvě nádoby s vodou s různými parametry (různá počáteční či koncová teplota vody, různá hmotnost vody). Obtížnost úloh se postupně

---

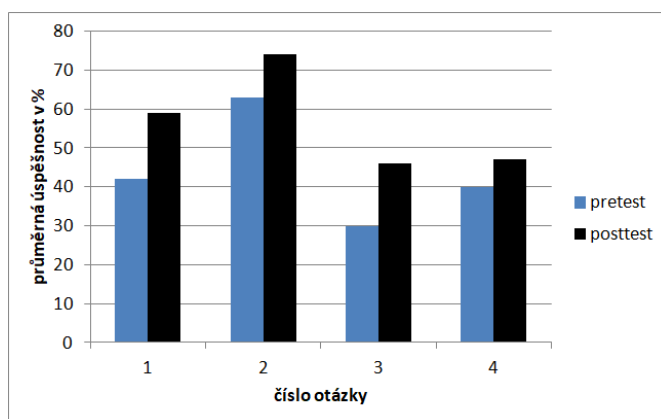
<sup>1)</sup>Verzi v českém jazyce lze získat u autorky článku.

zvyšovala. Úlohy zkoumají, zda žáci vědí, že přijaté teplo je přímo úměrné změně teploty a hmotnosti dané látky.

Tyto úlohy by měly odhalit následující miskoncepce:

1. Vyšší konečná teplota má za důsledek více přijatého tepla bez ohledu na hmotnost látky.
2. Větší množství vody znamená více přijatého tepla bez ohledu na změnu teploty.

Průměrnou úspěšnost v těchto otázkách zachycuje graf na obr. 1.



Obr. 1 Průměrná úspěšnost v 1. sérii otázek

Průměrná úspěšnost celé první série otázek v pretestu byla 42 %, v posttestu již 58 %. Zajímavá je odlišnost úspěšnosti u otázek 1 a 2, které jsou si svojí obtížností podobny. Jednalo se o úvodní otázky celého testu a lze to vysvětlit počáteční nervozitou a nesoustředěností žáků. Nejnižší průměrnou úspěšnost v sérii získala otázka číslo 3. Tuto neúspěšnost si vysvětlujeme tím, že jako jediná otázka ze série měla pro výpočet náročnější číselné hodnoty. Nejčastější chybné odpovědi na otázky 1, 3 a 4 byly typické pro obě výše uvedené zkoumané miskoncepce. U otázky 2 byla typickou chybná odpověď vyjadřující myšlenku, že nezáleží na počáteční teplotě vody, pouze na hmotnosti a konečné teplotě vody. Průměrné výsledky se v této sérii se sice zlepšily, ale zkoumané miskoncepce přetrvaly u značného počtu žáků.

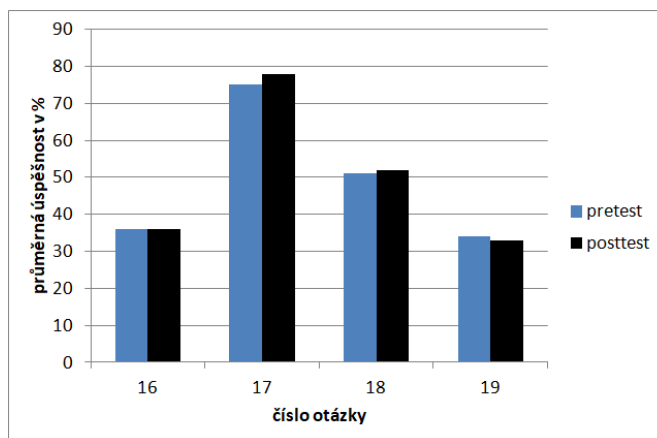
Druhá série úloh zaměřená na ohřívání měla též čtyři otázky (v testu odpovídaly číslům 16–19). V první bylo třeba vybrat graf, který nejlépe

vystihuje nárůst teploty vody (do začátku jejího varu) v tepelně izolované nádobě při ohřevu topnou spirálou. V následujících otázkách se pak měnily podmínky ohřevu (množství dodávaného tepla, hmotnost vody, jiná kapalina s odlišnou měrnou tepelnou kapacitou) a úkolem bylo určit změnu teploty (kolikrát bude větší či menší). Otázky opět sledovaly, zda žáci správně chápou přímou úměrnost tepla a různých veličin. Zajímavé bylo, že správná odpověď se v těchto otázkách vždy skrývala pod stejným písmenem. Toto má zřejmě svůj účel, když si žák není jistý, rozhodně neodpoví na tři po sobě jdoucí otázky stejně. Proto ten, kdo odpoví správně, si je těmito odpověďmi jistý.

Zkoumané miskoncepce v této sérii byly:

1. Změna teploty látky závisí jen na dodávaném teple.
2. Změna teploty látky závisí na její hmotnosti a měrné tepelné kapacitě přímo úměrně.

Průměrnou úspěšnost v těchto otázkách zachycuje graf na obr. 2.



Obr. 2 Průměrná úspěšnost v 2. sérii otázek

Na otázku 16 žáci odpovídali s velmi nízkou úspěšností (36 %), která i u posttestu zůstala na stejné úrovni. Žáci měli zřejmě problém s grafickým vyjádřením výsledku. Objevily se dvě typické chybné odpovědi. První odpovídá představě, že čím vyšší je teplota látky, tím lépe se látka zahřívá. Druhá naopak předpokládá, že s rostoucí dobou ohřevu narůstá teplota pomaleji. Je možné, že při této úvaze žáci nevzali v úvahu, že nádoba je tepelně izolovaná a uvažovali ztráty do okolí. S otázkou 17, kde se

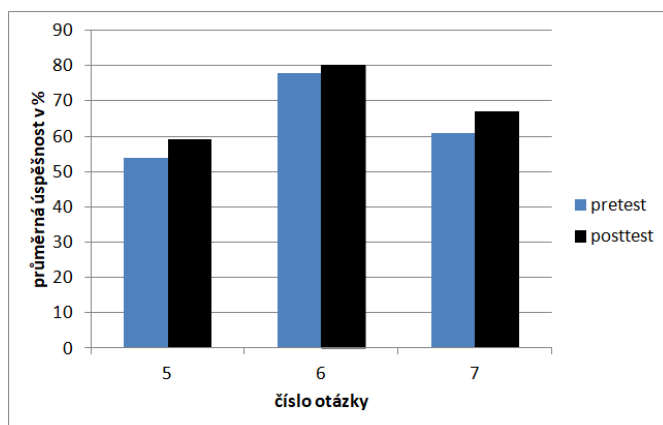
měnilo dodávané teplo, neměli žáci problém. U otázky 18, kde se měnila hmotnost vody, se vyskytly dvě časté chybné odpovědi. Nejčastější odpovídá miskoncepce o přímé úměrnosti změny teploty a hmotnosti vody při dodání stejného tepla. U druhé můžeme hovořit o představě kvadratické úměrnosti nárůstu teploty a množství vody. V otázce 19 byla voda zaměněna za kapalinu o jiné měrné tepelné kapacitě. Typická chybná odpověď odpovídá miskoncepce, že změna teploty látky je přímo úměrná její měrné tepelné kapacitě (při konstantním dodávání tepla a hmotnosti látky) a měla vyšší relativní zastoupení u posttestu než u pretestu.

Třetí série o třech otázkách (v testu odpovídaly číslům 5–7) se zabývala chladnutím vody. V prvních dvou se srovnávala rychlost chladnutí a čas, za který se vyrovná teplota při různých počátečních teplotách vody. Ve třetí se pak měl vybrat graf, který nejlépe vystihuje časový průběh teploty při ochlazování vody.

Zkoumaly se následující miskoncepce:

1. Teplota vody při ochlazování klesá přímo úměrně s časem.
2. Nezáleží na počáteční teplotě vody, teplota klesá stejně rychle u obou nádob.

Průměrnou úspěšnost v těchto otázkách zachycuje graf na obr. 3.



Obr. 3 Průměrná úspěšnost v 3. sérii otázek

Průměrná úspěšnost této série byla nad průměrným výsledkem celého testu, v pretestu to bylo 64 %, v posttestu 68 %. Může to souviset s tím, že otázky jsou blízké praktickému životu a každý člověk se již setkal s podobnou situací v reálném kontextu.

Nejčastější chybná odpověď v otázce 5 odpovídá miskoncepci, že nezáleží na počáteční teplotě vody, teplota klesá stejně rychle u obou nádob. V otázce 7 se nejčastěji objevovala chybná představa, že teplota při ochlazování klesá s časem přímo úměrně.

Ochlazování vody se týkala i jediná otevřená otázka v testu (číslo 24). Žáci měli do připraveného grafu nakreslit křivku zachycující časový průběh chlazení horké vody v otevřené nádobě volně stojící v místnosti. Do stejného grafu pak měli zakreslit další křivku pro případ, kdy vodu necháme chladnout ve vodní lázni se stejnou teplotou jako okolí.

Zkoumaly se miskoncepce:

1. Teplota při ochlazování klesá přímo úměrně s časem.
2. Rychlost chlazení látky nezávisí na prostředí, kde látka chladne.

Za správnou byla považována ta odpověď, která splňovala všechna tři následující kritéria.

1. Křivka závislosti teploty na čase má správný tvar.
2. Křivka závislosti se vyrovnává na pokojové teplotě.
3. Křivka vodní lázně dosáhne pokojové teploty za kratší čas.

Otázka 24 dosáhla nejhorší úspěšnosti vůbec, 16 % v pretestu a 24 % v posttestu. Značná část žáků na otázku neodpověděla vůbec. Zastoupení chyb, kterých se žáci dopouštěli, je patrné z následující tabulky 1.

Tab. 1 Relativní četnost odpovědí v otázce 24

	pretest	posttest
Graf je zakreslen zcela správně v rámci zkoumaných parametrů.	16 %	24 %
Křivka grafu časové závislosti nemá správný tvar.	33 %	36 %
Křivka ochlazování je stejná pro chlazení ve vodní lázni i v místnosti.	37 %	43 %
Křivky chlazení se nevyrovnají na teplotě 20 °C (pokojová teplota).	12 %	5 %
Na otázku žák neodpověděl.	35 %	19 %

Po sečtení relativních četností v tabulce 1 nedostaneme výsledek 100 %, což je dáno tím, že v jedné odpovědi se mohlo kombinovat několik druhů

chyb. Jednou z nejčastějších chyb bylo zakreslování lineární závislosti pro pokles teploty s časem, což odpovídá výše uvedené zkoumané miskoncepci. Často se také objevovala představa, že průběh ochlazování nezáleží na prostředí, ve kterém látka chladne.

Z uvedených výsledků je vidět, že si žáci i po absolvování školní výuky uchovávají řadu chybných představ. V další části článku nabízíme několik experimentálních aktivit, které by mohly pomoci k jejich korekci.

## **Pracovní list zaměřený na korekci miskoncepce**

Jednou z možností, jak můžeme pracovat s miskoncepce, je předvést pokus či provést měření, kde se žáci na vlastní oči přesvědčí, že se mýlili. Autoři testu HTCE Sokoloff a Thorton vytvořili publikaci [3], která obsahuje velké množství pracovních listů týkajících se různých oblastí fyziky zaměřených právě na práci s miskoncepce, které se objevují při řešení konceptuálních testů z těchto oblastí. Publikace mimo jiné obsahuje i pracovní listy zaměřené na problémy, které se ukazují ve výsledcích testu HTCE. Žáci při plnění úkolů reálně pracují se situacemi, které jim byly v testu pouze nastíněny. Díky tomu mohou své mylné představy snadněji opravit a dále se jich vyvarovat.

Přílohou 1 tohoto článku je překlad jednoho z pracovních listů ze zmiňované publikace ([3], s. 193). V pracovním listu je popsáno několik situací, které se týkají chlazení a ohřevu různých materiálů. Nejdříve necháme chladnout kousek kovu v místnosti, tedy na vzduchu. Ve druhé situaci chladne ten samý kousek kovu ponořený do vody, která má stejnou teplotu jako vzduch v místnosti v předchozí situaci. Žáci mají za úkol nejprve odhadnout, jak bude vypadat časová závislost teploty kovu, a poté ji i reálně změřit. Oba své výsledky mají žáci porovnat. Součástí úkolů jsou také otázky, na jaké hodnotě se nakonec ustálí teplota kovu. V dalším úkolu se pracuje s malou nádobkou vody místo s kouskem kovu a je třeba provést porovnání s předchozí situací. Žáci opět mají odhadnout časovou závislost teploty vody v nádobce a pak ji reálně změřit. Vzhledem k tomu, že nemáme pulsující zdroj tepla, který by dodával přesně stanovené teplo v jednom pulsu, zůstávají další úkoly na úrovni myšlenkového experimentu.

V Příloze 2 jsou uvedeny naměřené závislosti v úkolech z pracovního listu i řešení teoretických otázek.

Pracovní list byl vyzkoušen přímo ve výuce. Pracovali s ním jednak žáci 9. třídy základní školy a také žáci kvinty a sexty víceletého gymnázia. Žáci

ZŠ pracovali ve čtyřčlenných skupinách. Nejprve se zamýšleli nad tím, jak budou jednotlivé závislosti vypadat a odpovídali na připravené otázky. Vypracovali také odpovědi u pokusů, které byly pouze myšlenkové. V další fázi žáci prováděli měření reálně. Žáci víceletého gymnázia pracovali ve dvojicích a byla jim ponechaná větší samostatnost. Kromě teoretických úkolů provedla každá dvojice i všechna měření. Práce na pracovním listu trvala přibližně 60 minut. K měření byla využita měřící čidla Vernier připojená USB portem k počítači. Jako kousek kovu bylo v prvním úkolu využito samotné teplotní čidlo. K ohřevu vody i k ohřevu kousku kovu používali žáci rychlovarnou konvici, ta byla ve čtvrtém úkolu využita i jako izolovaná nádoba. V tomto úkolu je potřeba, aby byl v konvici dostatek vody a nezačala vřít dříve, než je zadán časový interval. Pokud je potřeba předem vyzkoušet a časový interval v případě potřeby zkrátit.

## Závěr

V článku jsou na základě výsledků výzkumu provedeného pomocí testu HTCE shrnuty některé chybné představy žáků o ohřívání a chladnutí látek. Dále je uvedeno několik experimentálních i teoretických úkolů tvořících pracovní list, které jsou zaměřené na korekci miskoncepce, které se objevily při řešení testu.

## Literatura

- [1] Čečák, M.: Prekoncepce studentů o teple a teplotě. Diplomová práce, MFF UK, Praha, 2015.
- [2] Mandíková, D., Schamberger, J.: Prekoncepce žáků v termice. MFI, roč. 24 (2015), č. 5, s. 347–356.
- [3] Sokoloff, R., Thornton, R., Thornton, K.: Interactive lecture demonstrations: active learning in introductory physics. John Wiley, New York, 2004.

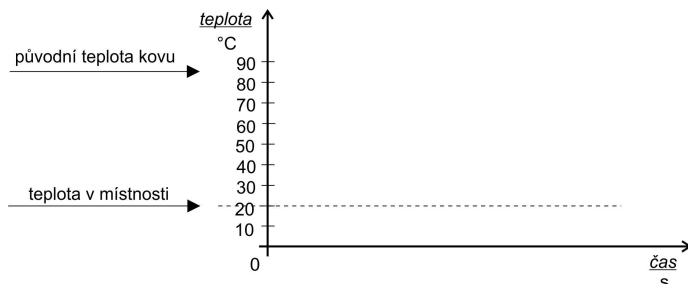
## Příloha 1

### Pracovní list: Teplo a teplota

**Pokyny:** Doplňte pracovní list podle popsaných úkolů.

**Úkol č. 1:** Malý kousek kovu zahřejeme na vysokou teplotu, okolo 80 °C až 90 °C. Načrtněte do grafu pod textem závislost teploty na čase pro chladnoucí kousek kovu, necháme-li ho volně v místnosti. Dávejte pozor, abyste správně vystihli tvar křivky.

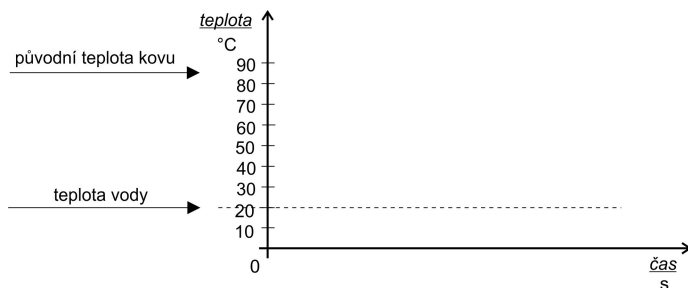
Co myslíte, jaká bude výsledná teplota kovu?  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Teplota jako v místnosti? Nebo jiná?



Popsanou situaci reálně proměřte. Zaznamenejte výsledek do stejné oblasti grafu. Byla vaše předpověď správná?

**Úkol č. 2:** Nyní zahřejeme ten samý kousek kovu opět na vysokou teplotu stejně jako v první situaci (okolo  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a ponoříme ho tentokrát do studené vody (o teplotě okolo  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Načrtněte časovou závislost teploty kovu ponořeného do vody. Dávejte pozor na správný tvar křivky.

Co myslíte, jaká bude výsledná teplota? ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Uprostřed mezi teplotou vody a kovu? Blíže teplotě vody? Blíže teplotě kovu? Jinak?)



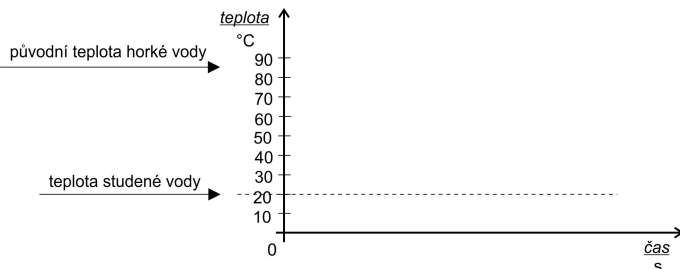
Popsanou situaci reálně proměřte. Zaznamenejte výsledek do stejné oblasti grafu. Byla vaše předpověď správná?

**Úkol č. 3:** Nyní vezmeme nádobu plnou horké vody (okolo  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Nádobu s horkou vodou dáme do jiné větší nádoby plné vody o pokojové teplotě (okolo  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Načrtněte do grafu vaši předpověď, jak se bude měnit s časem teplota horké vody. Dávejte pozor na správný tvar křivky. Porovnejte průběh teploty s úkolem 2.



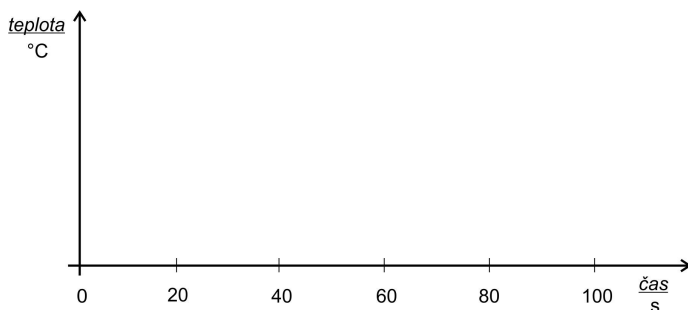
Co myslíte, jaká bude výsledná teplota? ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Uprostřed mezi teplotou horké a studené vody? Blíže teplotě studené vody? Blíže teplotě horké vody? Jinak?)

Jaká bude výsledná teplota vody ve větší nádobě?



Popsanou situaci reálně proměřte. Zaznamenejte výsledek do stejné oblasti grafu. Byla vaše předpověď správná?

**Úkol č. 4:** Máme izolovanou nádobu (žádné teplo z ní nemůže uniknout) s vodou. Do této nádoby dodáváme, konstantně v čase, teplo po dobu 90 s a poté se žádné další teplo nepřenáší. Načrtněte do grafu pod zadáním křivku závislosti teploty na čase pro zahřívání této vody.



Popsanou situaci reálně změřte. Zaznamenejte výsledek do stejné oblasti grafu. Byla vaše předpověď správná?

**Úkol č. 5:** Představte si pulsující zdroj tepla. Ten dokáže během jednoho pulsu dodat předem definované teplo. Malému množství vody byla zvýšena teplota o  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pomocí 3 těchto pulsů.

Jak se změní teplota, když tomuto množství vody dodáme 6 pulsů tepla?

.....

Co se stane, když 3 pulsy tepla dodáme dvojnásobnému množství vody?  
Jak se změní její teplota? .....

Způsobí stejné teplo vždy stejnou změnu teploty i v rozdílném množství vody? .....

**Úkol č. 6:** Víte již, jak chladne kousek kovu při pokojové teplotě. Stejně tak víte, jak chladne horká voda. Také již víte, jak roste teplota vody při dodávání tepla. Nyní udržujeme nádobu s vodou na teplotě 80 °C po dobu 100 s v pokoji, kde je teplota 20 °C. Potřebujeme na to 12 pulsů ze zdroje tepla. Jaký počet pulsů budeme potřebovat na udržení stejného množství vody na teplotě 50 °C po dobu 100 s? Vysvětlete svůj závěr. ....

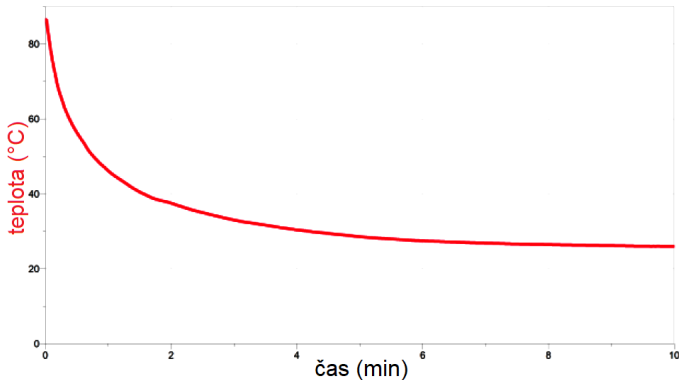
Jaký počet pulsů budeme potřebovat na udržení teploty této vody na 20 °C (pokojová teplota)? .....

## Příloha 2

### Pracovní list: Naměřené závislosti a řešení teoretických otázek

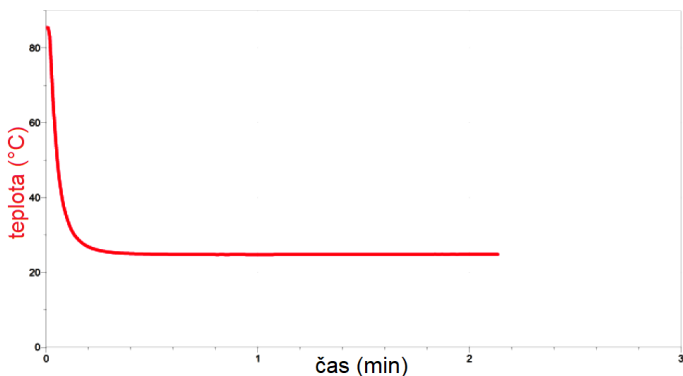
**Úkol č. 1:** Jako kousek kovu bylo použito samotné teplotní čidlo.

Výsledná teplota kovu se ustálí na teplotě místnosti.



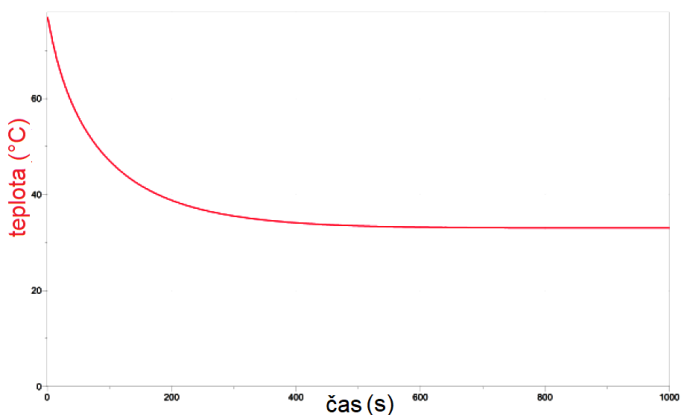
**Úkol č. 2:** Jako kousek kovu bylo použito samotné teplotní čidlo. Chlazené bylo v zavařovací sklenici s přibližně 0,5 l vody pokojové teploty.

Výsledná teplota kovu bude stejná jako teplota vody.

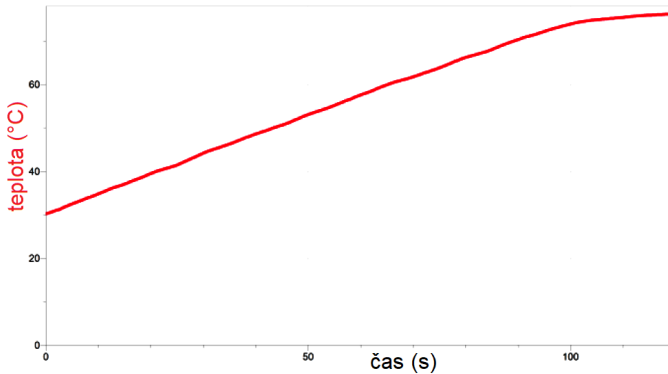


**Úkol č. 3:** Použito bylo asi 80 ml horké vody v kádince, která byla ponořená do zavařovací sklenice s asi 250 ml vody pokojové teploty.

Teplota chladnoucí vody (i kádinky) se nejprve vyrovná s teplotou chladící lázně, a to na hodnotě o něco vyšší než pokojová teplota, záleží na poměru množství použité horké a studené vody. Pak se bude voda postupně ochlázovat na pokojovou teplotu.



**Úkol č. 4:** Při měření byla použita malá varná konvice o příkonu 1 000 W s 0,5 l vody.



**Úkol č. 5:** Při dodání 6 pulsů tepla se teplota zvýší o  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Při dodání 3 pulsů tepla dvojnásobnému množství vody se teplota zvýší o  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ne, změna teploty je při dodání stejného tepla nepřímo úměrná množství vody.

**Úkol č. 6:** Na udržení stejného množství vody na teplotě  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 100 s bude potřeba 6 pulsů, jelikož je rozdíl teplot pokoje a vody v nádobě ve druhém případě poloviční.

Na udržení teploty vody na  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (pokojová teplota) není potřeba žádných pulsů, teplota vody je vyrovnána s teplotou místnosti.