

Topení a klimatizace s ohledem na úspory energie

Daniel Aichinger, Jan Krotký

Doporučený ročník 8. – 9.

Časový rámec 3 – 10 × 45 min.

Tematický celek Bytové instalace

Cíle a rozvoj kompetencí

- ▶ Cílem projektu je zejména utřídit studiem získávané informace a provázat je s reálnou praxí.
- ▶ Projekt rozvíjí zejména klíčové kompetence komunikační (vyjadřuje se ústně, písemně i graficky, čte s porozuměním, formuluje myšlenky a názory), personální (přispívá k diskusi), informační (vyhledává a třídí informace) a pracovní (plánuje práci, postupuje podle návodu, postupuje systematicky).

Mezipředmětové vztahy

- ▶ **FYZIKA** termodynamika, mechanika kapalin a plynů
- ▶ **CHEMIE** exotermická reakce při spalování
- ▶ **MATEMATIKA** jednoduché výpočty trojčlenkou, geometrie, trigonometrie, aritmetický průměr

Teoretický úvod

Projekt Topení a klimatizace se **značným mezioborovým přesahem** představuje danou problematiku na praktických příkladech a vzhledem k cílové skupině i adekvátně zjednodušeně. Tento mezioborový přesah umožňuje efektivně koncipovat výuku nejen do konkrétních technicky zaměřených předmětů, ale průřezově i do ostatních předmětů přírodovědných.

Po odborné fyzikální stránce je problematika topení a vytápění relativně komplikovaně popsatelná a matematicky složitě vyjádřitelná. Nicméně výpočty tepelných ztrát nebo návrhy komplexních topných systémů a zateplení jsou povinnou součástí každé nové projektové dokumentace pro stavbu obytné budovy. Se složitými výpočty pomáhají projektantům i specializované softwary. Získaný energetický štítek budovy následně popisuje, jak je daná budova energeticky náročná, kolik její majitel zaplatí za vodu, elektřinu nebo teplo.

Metodická část pro učitele

CÍLE TÉMATU

- ▶ upevnit poznatky z oblasti přeměny energií, provázat je s praktickou aplikací
- ▶ osvojit si správné postupy měření a zpracování dat
- ▶ vytvořit k novým pojmům a grafickým symbolům správné asociace

STRUKTURA VYUČOVACÍ HODINY

- ▶ Aktivita 1 – Měření teploty teploměrem a elektronickými teplotními čidly (15 min.)
- ▶ Aktivita 2 – Měření teploty prostředí, pracovní list (15 min. + 15 min.)
- ▶ Aktivita 3 – Tepelná vodivost materiálů, pracovní list (15 min. + 5 min.)
- ▶ Aktivita 4 – Tepelné ztráty a tepelná izolace, pracovní list A, B (1 hod. + 3 hod.)
- ▶ Aktivita 5 – Proudění teplotního média v topném systému (10 min. + 20 min.)
- ▶ Aktivita 6 – Typy topných soustav a radiátorů (10 min.)
- ▶ Aktivita 7 – Přenos tepla z radiátorů prouděním vzduchu (15 min.)
- ▶ Aktivita 8 – Propojte zdroj tepla s topnými tělesy (15 min. + 5 min.)
- ▶ Aktivita 9 – Tepelné zdroje pro vytápění domácnosti (15 min. + 10 min.)
- ▶ Aktivita 10 – Výroba tepla spalováním plynu, pracovní list (5 min. + 5 min.)
- ▶ Aktivita 11 – Přeměny energie a spalování (15 min + 10 min.)

Projekt se skládá z realizace jednotlivých aktivit vhodně propojených doplňkovými informacemi pro žáky a dalších rozšiřujících úkolů. Tyto úkoly nejsou směřovány jen na talentované žáky, ale slouží obecně také jako podněty pro samostatné řešení a úvahy. Důležité je při vyučování každou aktivitu **uvést**, přesvědčit se, že žáci **porozuměli** a po vypracování výsledky spolu se žáky **vyhodnotit**. Vždy je třeba dané aktivity přizpůsobit konkrétní cílové skupině a aktuálnímu klimatu třídy či konkrétnímu vzdělávacímu programu.

Úvod do tématu realizujeme během 5 minut řízenou motivační diskusí na téma domácí topné systémy, druhy paliv, ekologické spalování (co se spalovat může, co ne apod.). Cílem je ukotvit a identifikovat základní pojmy, navázat na osobní zkušenosti žáků. Sumarizace možných výsledků je zde v podobě **učebního textu pro žáka 1.**

Aktivita 1 – Měření teploty teploměrem a elektronickými teplotními čidly (15 min.)

Úvodní aktivita se zaměřuje na odečítání hodnot ze stupnice seznámení s druhy teploměrů a se způsobem měření teploty. Práce s teploměrem je důležitá pro zdárnou realizaci ostatních uvedených aktivit. Pokud nemáme k dispozici více druhů teploměrů, můžeme provést měření s jedním druhem žákovského teploměru a funkci ostatních frontálně demonstrovat.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v zapojení elektronických čidel teploty, které jsou součástí žákovských laboratorních systémů typu Pasco, Vernier apod. Zde je pak možné i rychlé gryfické zpracování měřených hodnot. Hodnotíme dodržování zásad správného měření teploty a správnost vyřešeného cvičení (vybarvené sloupce).

Aktivita 2 – Měření teploty prostředí, pracovní list (15 min. + 15 min.)

Základním měřením je zde měření teploty směsi vody a ledu. Měření teploty varu je zde jako doplňkové a vzhledem k jeho relativní nebezpečnosti jej realizujeme s ohledem na adekvátní zajištění bezpečnosti, případně pouze jako **frontální pokus**. Žáci si zde připomenou dva důležité teplotní body a osvojí si základní zpracování výsledků měření. Hodnotíme zpracování a správnost výsledků, případně odpovědi na doplňkovou otázku.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v zapojení již výše zmíněných měřících systémů nebo v realizaci měření bodu varu formou žákovského pokusu (např. v širším týmu žáků).

Aktivita 3 – Tepelná vodivost materiálů, pracovní list (15 min. + 5 min.)

Toto dílčí téma je uvozeno textem pro žáka 2 s obrázky vysvětlujícími princip přenosu tepla. Pokud žáci s tímto principem a uvedenými pojmy nebyli ještě seznámeni, můžeme je pomocí praktických příkladů a grafik do problematiky uvést. V opačném případě dojde k zopakování a upevnění dříve získaných znalostí. Žáci v této aktivitě zejména vyhledávají a třídí informace. Smyslově vnímají subjektivní pocity tepla a chladu, popisují je a zaznamenávají. Provádí komparaci výsledků.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v zapojení výpočetní techniky a internetu. Standardně žáci vyhledávají informace v tabulkách, ovšem požadovaná data jsou běžně dostupná na internetu. Žáci vyhledávají podle hesel typu „tepelná vodivost“ nebo „součinitel tepelné vodivosti“ apod. Vhodné je i zapojení mobilních zařízení s internetem.

Aktivita 4 – Tepelné ztráty a tepelná izolace, pracovní list A, B (1 hod. + 3 hod.)

Stěžejní aktivita projektu spočívá ve velké míře v práci s izolačním materiálem, měření a případném lepení. Je vhodné aktivitu realizovat ve skupině a to jak stavbu izolačního boxu, tak samotné měření (dělení funkcí). Aby byly změřeny relevantní výsledky, musí samotné měření trvat minimálně 15 nebo ideálně 20 minut. Měření provádíme nejlépe elektronickými senzory, ovšem po úpravě box lze použít i kapalinový teploměr. V průběhu měření žáci průběžně zapisují data jak do tabulky, tak i do grafu.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v výpočetním zpracování výsledků pomocí tabulkového procesoru (Excel, Calc...), počítačem řízeném měření pomocí čidel žákovského měřicího systému nebo v modifikaci variant měření: různé množství sklenic s teplou vodou, změna vnější teploty (místnost, venek), změna tloušťky izolace apod. Izolační box, slouží jako kalorimetr, na kterém můžeme dělat i další pokusy a výpočty. Např. tepelné ztráty, koeficient přestupu tepla, kalorimetrická rovnice.

Aktivita 5 – Proudění teponosného média v topném systému (10 min. + 20 min.)

Aktivita demonstrující tzv. samotížný systém vytápění. Hlavní metodou realizace aktivity je pozorování fyzikálního jevu tepelné konvekce. Pokus můžeme demonstrovat i frontálně a to pomocí vhodně umístěného zpětného projektoru a následnou projekcí, případně lze výsledek ukázat skupinám jednotlivě.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA vyžaduje kahany a baňky do skupiny a je závislá na konkrétní práci třídy.

Aktivita 6 – Typy topných soustava radiátorů (10 min.)

Doplňková aktivita seznamuje žáky s především různými druhy radiátorů. Uvedené principy a znalosti žáci zúročí v následující aktivitě č. 7. Můžeme doplnit výklad projekcí vyhledaných obrázků uváděných radiátorů a podlahového vytápění. Vhodné jsou také pomůcky v podobě částí topných systémů (kohouty, termostat apod.)

Aktivita 7 – Přenos tepla z radiátorů prouděním vzduchu (15 min.)

Žáci pracují s teploměrem a měří teplotu v různých částech místnosti, dle uvedeného obrázku č. 4. Ověří si teoretické předpoklad stoupajícího teplého vzduchu nad radiátorem. Aktivitu lze realizovat jak v prostředí školní třídy, tak i doma v podobě samostatného domácího úkolu. Hodnotíme zejména přítomnost relevantních dat a správných jednotek. Aktivita je bez problému proveditelná pouze v případě funkčního topného systému (tedy když se topí, chladné dny) V případě

letních měsíců můžeme hromadně pozorovat proudění vzduchu nad plotýnkou vařiče, v blízkosti sálavého panelu nebo nad přímotopem (frontální pokus). Vyšší teplotu naměříme ve vyšších polohách místnosti i když topení nebude pracovat. Pochopení přenosu tepla je důležité pro správné rozmístění radiátorů v prostoru a efektivní vytápění.

Aktivita 8 – Propojte zdroj tepla s topnými tělesy (15 min. + 5 min.)

Na přiloženém půdorysu bytové jednotky si žáci návrhem topného systému ověří získané znalosti a zopakují vybrané prvky grafické komunikace. Aktivitu lze pojmout i jako domácí úkol pro žáky a podle toho i hodnotit.

ALTERNATIVNÍ VARIANTU realizujeme za pomoci interaktivní tabule. Do interaktivního programu přeneseme půdorys bytu a nástroji programu zakresluje požadované informace (radiátory, potrubí, čerpadlo atd.) Práci s interaktivní tabulí, lze použít i ke kontrole řešení nebo jen jako motivaci.

Aktivita 9 – Tepelné zdroje pro vytápění domácnosti (15 min. + 10 min.)

Aktivita zaměřená na vyhledávání a zpracování informací a převody jednotek. Žáci získají přehled o výhřevnosti jednotlivých vybraných paliv a jejich orientační ceně. Pro výpočty a vyhledávání jsme aktivitu zjednodušili, např. spalné teplo není ekvivalentem výhřevnosti, ovšem hodnoty jsou podobné. Hodnotíme zejména správnost výpočtu, komplexnost a relevanci nalezených informací na internetu nebo v tabulkách.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA v podobě jednoduchého pokusu – demonstrace principu elektrického vytápění. Tato varianta vyžaduje popsané pomůcky, lze ji realizovat ovšem i v minimalistické variantě v podobě žákovského pokusu (plochá baterie + žárovka = jednoduchý el. obvod).

Aktivita 10 – Výroba tepla spalováním plynu, pracovní list (5 min. + 5 min.)

Prostřednictvím této aktivity žáci identifikují jednotlivé části spalovacího kotle. Uvědomí si relativní jednoduchost konstrukčního řešení spolu se symboly značícími vybrané části a komponenty kotle. Žáci provedou volbu přiřazením čáry k odpovídající části obrázku.

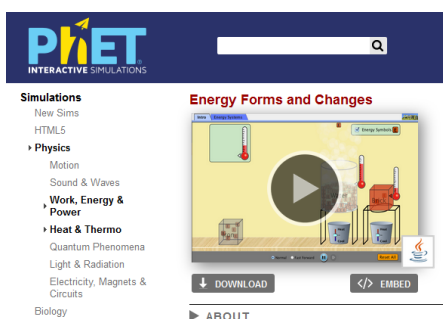
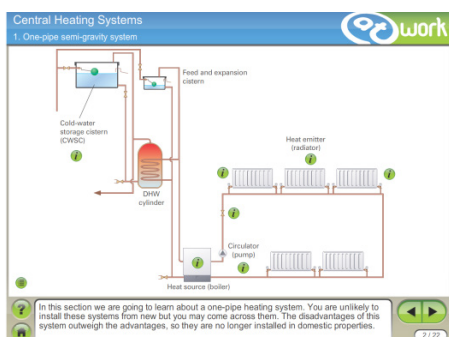
ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v realizaci aktivity pomocí interaktivní tabule. Hodnotíme správnost přiřazení.

Aktivita 11 – Přeměny energie a spalování (15 min + 10 min.)

Mezioborová aktivita s přesahem především do matematiky, fyziky a chemie. Žáci si uvědomí energetickou náročnost ohřevu vody a připomenou si proces spalování jako přeměnu chemické energie na tepelnou. Pokus se svíčkou je triviální a tedy vhodný i jako domácí úkol. Žáci vnímají potenciální nebezpečí vzniku jedovatých zplodin, dokáží nebezpečí minimalizovat.

ALTERNATIVNÍ VARIANTA spočívá v měření splodin hoření pomocí čidla kyslíku, oxidu uhličitého a oxidu uhelnatého.

Doprovodné materiály



PHET – INTERACTIVE SIMULATIONS Interaktivní animace demonstrující přenosy tepla – virtuální názorné měření.

- ▶ www.phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/energy-forms-and-changes

CENTRAL HEATING SYSTEMS Zajímavá animace s celou řadou schémat topných soustav. K dispozici jsou další informace ke komponentám nebo ukázka pohybu topného média.

- ▶ www.pearsonschoolsandfecolleges.co.uk/demos/PlumbingInteractive/shell.html

Teplota, teplo a tepelná izolace

Proč musíme v zimě topit a v létě chladit? V létě můžeme být venku třeba jen v tričku. Je to díky teplotě vzduchu pohybující se nad 20 °C a množství slunečních paprsků, jimž je přímo vystaveno naše tělo. Okolní vzduch je ohřátý od zemského povrchu díky infračervené složce slunečního záření. V létě u nás slunce svítí delší dobu než v zimě. Navíc když je slunce vysoko nad obzorem, tak jeho paprsky dopadají na zemský povrch téměř kolmo a na stejnou plochu zemského povrchu tak dopadá slunečního záření více. V zimě, když je den kratší a slunce je i v poledne jen nízko nad obzorem, teplota vzduchu klesá a během dlouhé noci zemský povrch rychle vychladne na teplotu i hluboko pod 0 °C.

V zimě by nám byla jen v tričku zima, a proto si oblékneme „teplou“ zimní bundu. Jenže ani ta nejlepší zimní bunda nehřeje sama od sebe. Jen naše tělo zahřáté na zhruba 37 °C **tepelně izoluje** a brání jeho ochlazení a tím našemu nastydnutí. Domy ve kterých žijeme, mají zdi z cihel či betonu a v zimě jim nemůžeme tak snadno obléknout svetr navíc nebo zimní kabát. Když teplota vzduchu venku klesne pod 10 °C, zdi a vzduch v místnostech domů také pomalu chladnou, nám je uvnitř domu chladno a je potřeba zapnout topení. Když zapneme v domě topení, ohříváme tím vzduch uvnitř a tím také zdi zevnitř domu, zatímco z venku okolní vzduch vnější zdi domu stále ochlazuje. Je to, jako bychom v zimě stáli venku bez svetru a zimní bundy a pořád pili horký čaj.

Často se mezi sebou pletou pojmy teplota a teplo. **Teplota** je vlastnost tělesa, kterou můžeme přímo měřit teploměrem. Její běžně užívanou jednotkou je **Celsiův stupeň**. Teploměr by se tedy vlastně měl správně jmenovat „teplotoměr“. Říkejme mu raději teplotní čidlo nebo senzor teploty.



Ve fyzice se častěji používá jednotka teploty 1 Kelvin. Platí, že změna teploty o jeden Kelvin je rovna změně teploty o jeden Celsiův stupeň, díky čemuž je možné většinu výpočtů provádět přímo ve stupních Celsia.

Naproti tomu **teplo** ve fyzice označuje množství tepelné energie, které jedno těleso předá jinému tělesu. Jednotkou tepla a tepelné energie je **Joule**. Tepelná energie, kterou látka přijala nebo předala jinému tělesu, závisí na změně teploty tělesa, hmotnosti sledovaného tělesa a tepelné kapacitě látky, z níž je těleso vyrobeno. Tepelná energie Q je pak součinem hmotnosti tělesa m , měrné tepelné kapacity c a teplotního rozdílu mezi teplotou tělesa a okolím ($t_2 - t_1$) podle vzorce

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

Například voda s měrnou tepelnou kapacitou přibližně 4200 J·Kg⁻¹·K⁻¹ (Joule na kilogram na Kelvin) při hmotnosti 1 kg a teplotě tělesa t_2 vyšší oproti teplotě okolí t_1 o 10 °C má tepelnou energii 42 kJ vztaženo k teplotě okolí t_1 .

Přijaté nebo odevzdané teplo můžeme určit pomocí takzvaného kalorimetru. Vždy sledujeme proces vzájemného předávání tepla mezi nejméně **dvěma tělesy**. Po ustálení teplot všech těles v soustavě má celá soustava těles v kalorimetru stejnou teplotu.

Jak rychle jedno těleso předává tepelnou energii jinému tělesu, popisuje fyzikální veličina pojmenovaná **tepelný výkon**. Výkon vždy říká, jaká energie byla přenesena za určitý čas. Čím je tento čas kratší, tím je výkon vyšší. Jednotkou výkonu je **Watt** ($[P] = W = J \cdot s^{-1}$) neboli **Joule za sekundu**.



Pokud by 1 kg vody z předchozího příkladu teplejší oproti svému okolí o 10 °C předal všechnu svou tepelnou energii okolí za 1 000 sekund (zhruba 17 minut), byl by tepelný výkon tohoto procesu 24 W (wattů). Pokud by vyrovnávání teplot a předávání tepla ovšem trvalo jen 10 sekund, znamenalo by to už tepelný výkon 4,2 kW (kilowattů).



Tepelné energii, která přejde přes zdi domu do okolí, se říká **tepelná ztráta**. Energie se ovšem **nikdy neztrácí**. Platí přece **zákon zachování energie**. Dům jen zbytečně ohřívá venkovní vzduch a z našeho pohledu tak o teplo přicházíme. Topení v domě potřebujeme právě pro vyrovnávání tepelných ztrát. Přitom chceme topením v každé místnosti dodat přesně tolik tepelné energie, kolik jí přes zdi domu přejde ven. To závisí na rozdílu teploty uvnitř v místnosti a teploty vzduchu venku, na tloušťce obvodové zdi a na její ploše. Když známe povrch vnějších zdí domu v metrech čtverečních i materiál a tloušťku zdi domu, můžeme pomocí jednoduchých výpočtů odhadnout tepelnou ztrátu celého domu a navrhnout **správně vytápění objektu**. Abychom při určité venkovní teplotě udrželi požadovanou teplotu uvnitř domu, musíme výkon topení buď plynule regulovat, nebo topení neustále zapínat a vypínat. Tepelný výkon, kterým dům prostřednictvím svých vnějších zdí zbytečně ohřívá venkovní vzduch, tedy musíme vyrovnávat tepelným výkonem topení.

V létě naopak dům zahřívají přímo sluneční paprsky i horký okolní vzduch a teplota uvnitř některých místností může vzrůst až na pocitově nesnesitelnou mez, kdy musíme zapnout klimatizaci. **Klimatizace** na rozdíl od topení teplo vzduchu v místnosti odebírá a snižuje tak teplotu vzduchu na méně než 25 °C. I u nežádoucího nárůstu teploty v místnosti platí zákon zachování energie. Při odebrání tepelné energie vzduchu v místnosti tak musí klimatizace vlastně ještě více ohřívát už tak horký venkovní vzduch.

Asi už vás napadlo, že kdybychom všechny domy pořádně „oblékli“ do **tepelné izolace**, vlastně bychom nemuseli doma vůbec topit ani chladit a ušetřili bychom tak každou zimu i spoustu peněz. Jenže takové „oblečení“ domu také něco stojí. Pro mnoho lidí je jednodušší zmáčknout tlačítko topení nebo klimatizace a o víc se nestarat. Je proto na vás, mladé generaci, aby zbytečně neplýtvala tepelnou energií a stavěla moderní domy, které v zimě zbytečně neohřívají venkovní vzduch. Říká se jim **nízkoenergetické domy**. Pro udržení příjemné teploty v takovém domě nemusíme v zimě stále aktivně dodávat tepelnou energii vytápěním a v těch největších mrazech je stačí vytápět jen velmi malým tepelným výkonem. Existují dokonce i takzvané pasivní domy s natolik dokonalou tepelnou izolací, že se obejdou zcela bez topení.



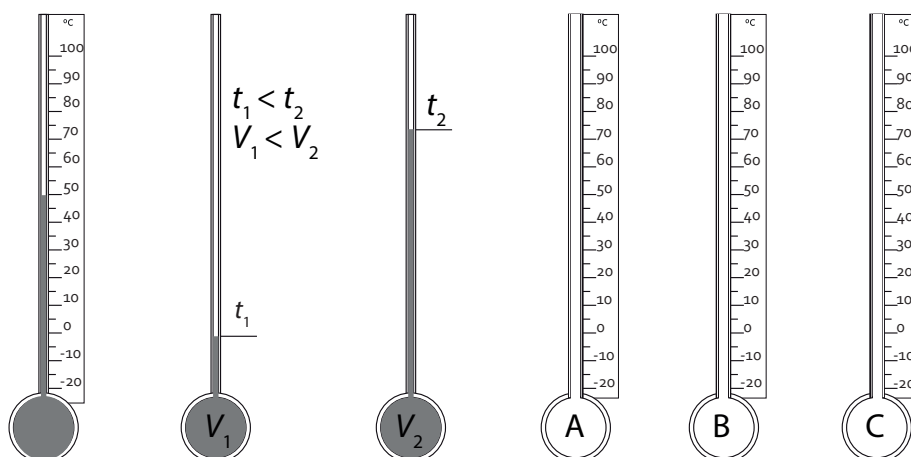
1

PRACOVNÍ LIST

Aktivita 1 – Měření teploty teploměrem a elektronickými teplotními čidly



K měření teploty slouží různé typy teploměrů. Nejjednodušší jsou dnes již historické kapalinové teploměry založené na principu tepelné objemové roztažnosti kapaliny, jako je rtuťový nebo lihový teploměr. Vlivem nárůstu teploty roste objem kapaliny v baňce teploměru. Sloupec kapaliny pokračuje v tenké trubičce opatřené stupnicí a tak délka sloupce kapaliny v trubičce ukazuje teplotu kapaliny.



Obr. 1 Princip funkce kapalinového teploměru. S rostoucí teplotou roste objem kapaliny a tím i výška sloupce v trubičce (vlevo)



U teploměrů A, B a C v obrázku č. 1 vybarvěte sloupec kapaliny do výšky odpovídající A = 30 °C, B = -5 °C, C = 47 °C.



Změřte teplotu vzduchu v místnosti různými typy teploměrů a porovnejte přitom mezi sebou naměřené hodnoty teploty. Umístěte těsně vedle sebe různé teploměry. Nedržte přitom žádný z teploměrů přímo v ruce, protože vaše tělo má vyšší teplotu než okolní vzduch a teploměr tak zahříváte. Teploměry raději **položte na stůl** nebo je zavěste vedle sebe na zeď.



Shodují se hodnoty teploty vzduchu naměřené různými teploměry? Jak poznáte, který z teploměrů měří skutečně přesně?

Aktivita 2 – Měření teploty prostředí

Abychom věděli, co vlastně teploměr na stupnici zobrazuje, a zda měří přesně, musíme zkoušenými teplotními čidly měřit teplotu tělesa s jednoznačně definovanou teplotou. Stejně postupoval i švédský fyzik Anders Celsius (1701 – 1744), po němž je pojmenovaná u nás používaná Celsiova teplotní stupnice. Jako on budeme v toto pokusu měřit teplotu bodu varu vody a teplotu tání ledu.

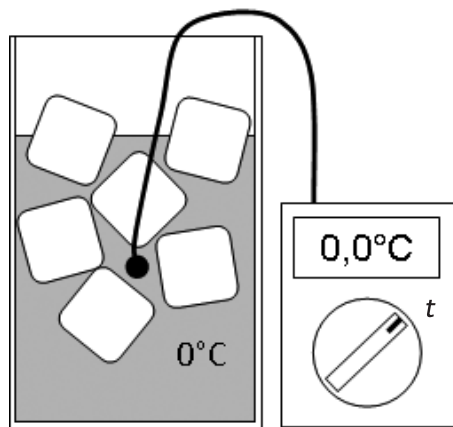


Zkoušený teploměr musí být vhodný pro ponoření do kapaliny a „vydržet“ teplotu varu. U elektronických teplotních čidel samotných je to splněno. Ne vždy to však platí i pro další elektronické součástky vestavěné do plastové krabičky měřicího přístroje. Měřicí přístroj proto nikdy neponořujte celý do vody.



A Teplota tajícího ledu

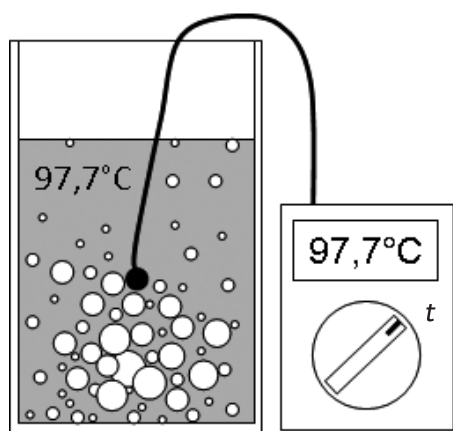
Měření teploty směsi tajícího ledu



Těsně před měřením smíchejte ve větší laboratorní kádince ledové kostky s chladnou vodou a nechte alespoň 5 minut vyrovnat jejich teploty. Směs tajícího ledu a vody má podle definice Celsiovy teplotní stupnice teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je to teplota tání ledu. Když nyní do směsi ponoříte teploměr nebo elektronické teplotní čidlo, dojde po chvilce k vyrovnání teplot mezi teplotním čidlem a směsí ledu a vody. Měření opakujte 3× pro každý druh teploměru.

B Teplota vařící vody

Pracujte pod dozorem učitele! Dbejte jeho pokynů!



Měření teploty varu

Do rychlovarné konvice naplněné zhruba do poloviny vodou umístěte teploměr pro měření teploty kapalin a konvici zapněte. Sledujte přitom, jak se chová voda v rychlovarné konvici se zvyšující se teplotou, kterou vidíte jako číselný údaj na displeji měřicího přístroje připojeného k teplotnímu čidlu umístěnému v ohřívání vodě. Var nastává, až když se v objemu vody začnou objevovat velké bubliny.

2

PRACOVNÍ LIST

	typ teploměru: elektronický, kapalinový, bimetalový...	naměřená teplota t ve $^{\circ}\text{C}$			aritmetický průměr
		měření č. 1	měření č. 2	měření č. 3	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					



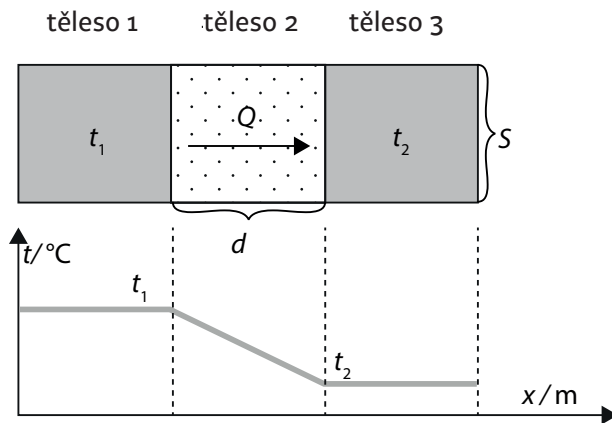
Dejte pozor, aby se teploměr nacházel zhruba uprostřed kádinky a nedotýkal se vnější stěny kádinky, která je ohřívána okolním vzduchem.



Ověřte hodnotu teploty varu vody naměřenou teplotním čidlem také v matematicko-fyzikálních tabulkách a na internetu. Proč není teplota varu přesně $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Vysvětlete.

Existují tři různé způsoby přenosu tepla v látce. U pevných látek je nejvýznamnější přenos tepla **vedením**. U kapalin a plynů se silně uplatňuje také přenos tepla **prouděním** a i bez přítomnosti látky je možný třetí způsob přenosu tepla – přenos tepla infračerveným tepelným **zářením**. V praxi pak dochází ke kombinaci všech tří způsobů přenosu tepla mezi tělesy.

Aby mohlo docházet k přenosu tepla vedením, musejí být tělesa v **těsném kontaktu**. Pak může jedno těleso druhému předávat tepelnou energii a ohřívat ho. Nebo může jedno těleso druhému tělesu teplo odebírat. Aby mohlo docházet k přenosu tepelné energie, musejí mít tělesa vždy rozdílnou teplotu. Když se teplota obou těles vyrovná, přenos tepla ustane. Jak snadno se těleso z určité látky zahřívá nebo ochlazuje, závisí na jeho materiálovém složení a struktuře. Tělesa s vysokou hustotou také dobře vedou teplo. Naopak tělesa z materiálů s nízkou hustotou a struktury obsahující vzduch uzavřený v malých dutinách vedou teplo jen velmi pomalu. Porézní materiály obsahující mnoho drobných bublinek vzduchu proto mají dobré tepelně izolační vlastnosti. Schopnost materiálu vést teplo popisuje konstanta zvaná **měrná tepelná vodivost** λ udávaná ve Watech na metr na Kelvin ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ nebo $W \cdot m^{-1} \cdot deg^{-1}$).



Obr. 2 Schématické znázornění přenosu tepla vedením

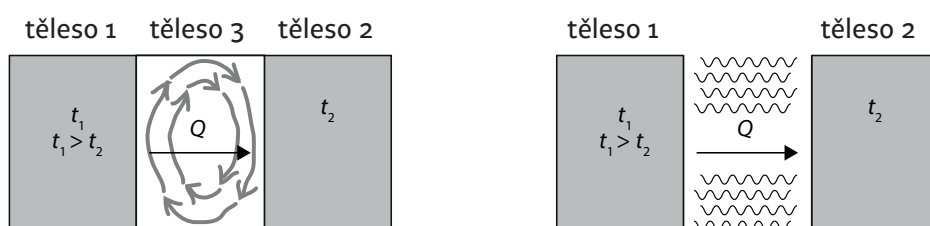
Pro teploty $t_1 > t_2$ je teplotní spád se vzdáleností v tělese $\frac{(t_2 - t_1)}{d}$. Přenesené teplo Q se za čas τ , při styčné ploše těles S je dáno vztahem

$$Q = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot S \cdot (t_2 - t_1)}{d}$$

a přenesený tepelný výkon vztahem

$$P = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_2 - t_1)}{d}$$

Při přenosu tepla **prouděním** zahřátý vzduch nebo kapalina ve velké dutině stoupá vzhůru a chladný vzduch naopak klesá dolů (jako horkovzdušný balón). Pokud je dutina z jedné strany zahřívána a z druhé ochlazována, vytvoří se **ustálené proudění** vzduchu nebo kapaliny, která přenáší teplo z jednoho tělesa na druhé.



Obr. 3 Vlevo přenos tepla prouděním plynu nebo kapaliny a vpravo přenos tepla infračerveným tepelným zářením

Aktivita 3 – Tepelná vodivost materiálů



Dotkněte se celou dlaní ruky povrchu těles vyrobených z různých materiálů, které mají stejnou teplotu. Teplotu povrchu těles ověřte měřením teplotním čidlem. Zkoušené materiály by měly mít nižší teplotu než je teplota lidského těla, ideálně pokojovou teplotu. Vnímejte při dotyku rukou, zda vás předměty vyrobené z různých materiálů na dotyk studí nebo se na dotyk jeví jako teplé. Zjištění zapište do tabulky.

Materiál	Pořadí materiálů od pocitově nejchladnějšího k pocitově nejteplejšímu	Součinitel tepelné vodivosti λ na metr na Kelvin	Pořadí materiálů podle tepelné izolačních schopností od nejnižší k nejvyšší
dřevo			
cihla			
beton			
dlaždičky			
sklo			
ocel			
hliník			
pvc lino			
koberec			
pěnový polystyren			



Vyhledejte v matematicko-fyzikálních tabulkách nebo na internetu materiály s nejlepšími tepelně izolačními vlastnostmi, doplňte je do tabulky a seřadte vzestupně podle součinitele tepelné vodivosti. Jaký materiál vyšel jako nejlepší tepelný izolant?



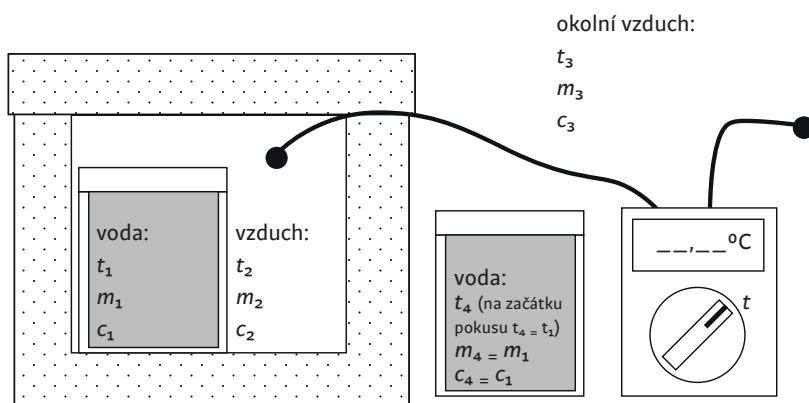
Čím je součinitel tepelné vodivosti vyšší, tím materiál vede teplo lépe. Materiály, které dobře vedou teplo jsou proto špatnými tepelnými izolanty.



Vložte do teplého čaje kovovou lžičku a stejně dlouhý kousek špejle. Chytněte oba předměty a pozorujte, který se rychleji zahřívá. Jaký materiál má lepší tepelnou vodivost? Jaký je lepším tepelným izolantem?

Aktivita 4a – Tepelné ztráty a tepelná izolace: model domu A

Pro tento pokus použijeme jednoduchý vzduchový kalorimetr vyrobený z polystyrénu. Měřicí box **kalorimetru** je modelem zatepleného domu. Jako nosný vnější plášť boxu můžete využít kartónovou krabici například od kancelářského papíru (půdorys 22 × 31 cm, výška 25 cm), do níž postupně vložíte přesně nařezané desky z pěnového polystyrenu tloušťky 5 až 10 cm. Do boxu umístíte teplotní čidlo školního měřicího systému (Pasco, Vernier aj.). Podle potřeby budete muset do jedné ze stěn boxu propíchnout malý otvor na vyvedení měřicího kabelu teplotního čidla. Víko boxu vyrobte z polystyrénové desky a víka kartónové krabice. Box před pokusem **těsně uzavřete** v místnosti v níž je pokojová teplota.



Pro zahřátí vzduchu uvnitř domečku – **tepelně izolačního boxu** na vyšší než pokojovou teplotu můžete použít uzavíratelnou skleničku například od dětské výživy nebo od marmelády naplněnou horkou vodou o teplotě až 60 °C. Při vyšší teplotě už hrozí nebezpečí opaření. Postačí i horká voda z kohoutku o teplotě do 40 °C. Čím větší hmotnost vody ve skleničce do boxu umístíte, tím déle bude pokus trvat. Stejnou sklenici se stejným množstvím vody o stejné teplotě ponechte i vně boxu. Sledujte změnu teploty vzduchu uvnitř boxu pomocí čidla teploty umístěného uvnitř polystyrénového domečku.

Měřte také teplotu okolního vzduchu mimo tepelně izolační box. Obě teploty spolu s dobou průběhu pokusu zaznamenávejte do přiložené tabulky.

Průběžně vytvářejte graf závislosti teploty uvnitř boxu na čase.

Na začátku pokusu se teploty vody t_1 a t_4 rovnaly. Jakou teplotu má voda, která byla v izolačním boxu a jakou voda, která byla mimo něj? Proč se vzduch v izolačním boxu ořival a vzduch mimo izolační box ne?

Model klimatizace. V létě místo horkého tělesa můžete použít studenou vodu ve sklenici ochlazenou např. ledem. Termoizolační box pak umístíte do horkého okolního prostředí a sledujte pomocí teplotních čidel časový průběh nárůst teploty vzduchu uvnitř boxu. Tím vytvoříte jednoduchý model klimatizovaného domu.

4

PRACOVNÍ LIST

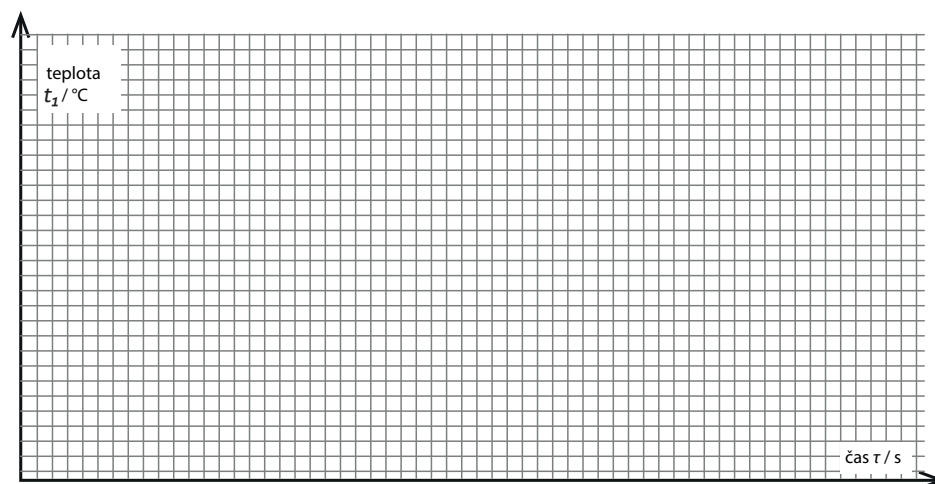
Aktivita 4b – Tepelné ztráty a tepelná izolace: model domu B

Počáteční teplota vody v obou sklenicích°C.

Čas τ v minutách	Čas τ v sekundách (1 min. = 60 s)	Teplota uvnitř t_2 ve °C	Teplota vně t_3 ve °C	Poznámky
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Koncová teplota vody ve sklenici z boxu°C.

Koncová teplota vody ve sklenici mimo box°C.



Rozvrhněte si osu času po 1 cm. 1 cm se pak bude rovnat 60 sekundám.

Aktivita 5 – Proudění teplotního média v topném systému

Dříve se pro vytápění používal takzvaně samotížný systém oběhu topné vody. **Zahřátá voda** určité hmotnosti má **větší objem** než studená voda. To znamená, že má nižší relativní hustotu, působí na ni vztlaková síla a v nádobě stoupá nahoru. **Studená voda** má oproti horké vodě vyšší relativní hustotu a proto v nádobě **klesá dolů**. V důsledku toho vzniká ve velkých nádobách nebo uzavřeném topném okruhu **proudění kapaliny**. Děje se to i v hrnci na sporáku.

Pozorujte proudění vody ve velké skleněné ohnivzdorné kádince z (alespoň 500 ml) nebo konvici na čaj z borosilikátového skla (tzv. varného skla). Kádinku ohřívejte Bunsenovým kahanem na jedné straně přes rozptylnou mřížku, aby nepraskla. Plamen regulujte tak, aby voda v kádince nezačala vařit. Můžete použít i elektrickou plotýnku. Důležité je ohřívat kádinku jen z jedné strany a na druhé straně ji nechat ochlazovat okolním vzduchem. Proudění vody v kádince můžete snadno znázornit postupným přikapáváním vody obarvené potravinářským barvivem nebo přidáním vláken vaty. Proudění můžete znázornit i světlem. Prosviňte kádinku zpětným projektořem a pozorujte na zdi obrazce vzniklé prouděním vody v kádince.

Moderní topné systémy používají pro rozvod vody mnohem nižší teploty topné vody a potrubí malého průměru. Proudění vody v tenkých trubkách je kvůli tření vody na jejich stěnách pomalejší a samotížný systém již nestačí přenést horkou vodu do radiátoru dostatečně rychle. Proto je potřeba podpořit oběh vody v topném systému **elektrickým čerpadlem**.

Jak spolu souvisí rychlost průtoku topné vody a rozdíl teplot na vstupu a výstupu radiátoru? Vysvětlete.

5

PRACOVNÍ LIST



Aktivita 6 – Typy topných soustav a radiátorů



Jaký máte doma nebo ve škole typ vytápění a topných těles? Rozeznat jednotlivé typy vám pomůže následující text.

Celkový tepelný výkon přenesený topným tělesem do místnosti závisí na **rozdílu teplot mezi vstupem a výstupem** topné vody a **velikosti radiátoru**. Malý radiátor bude tedy při stejné teplotě svého povrchu topit méně, velký radiátor více. Aby předal do místnosti stejné teplo, musel by být malý radiátor hodně horký, velký radiátor může být méně horký. Topná tělesa předávají teplo do místnosti dvěma způsoby. Hlavní je složka proudění, kdy nad radiátor stoupá ohřátý vzduch a zespodu radiátor nasává vzduch chladný. Menší část tepla radiátor vyzáří do místnosti jako infračervené záření.

Dnes se používá několik typů vytápění. **Deskové radiátory** jsou vyrobeny z jedné nebo dvou velkých desek protékaných horkou vodou. Každá z těchto desek byla vyrobena svařením ze dvou plechů po obvodu. **Čláňkové radiátory** jsou podobně jako deskové vyrobeny svařením z ocelového plechu nebo odlitím šedé litiny do duté formy. Výsledný radiátor se montuje z jednotlivých malých článků jejich vzájemným sešroubováním. Radiátory hřejí díky přenosu tepla sáláním a prouděním horkého vzduchu.

Třetím typem topných těles jsou **horkovzdušné konvektory** pro nízkoteplotní vytápění, u nichž převládá přenos tepla prouděním. Jsou vyrobeny z trubic, na které jsou nalisované jemné hliníkové lamely, které dobře vedou teplo. Mezi lamelami proudí vzduch, který přenáší teplo do místnosti téměř výhradně prouděním. Posledním čtvrtým typem vytápění pro nízké teploty topné vody je **podlahové vytápění**. Rozvod topné vody je skryt v celé ploše podlahy, potrubí má velkou délku a tím i styčnou plochu, přes kterou teplo vedením přechází do materiálu podlahy. Zahřátá podlaha pak zahřívá okolní vzduch pomocí přenosu tepla prouděním.

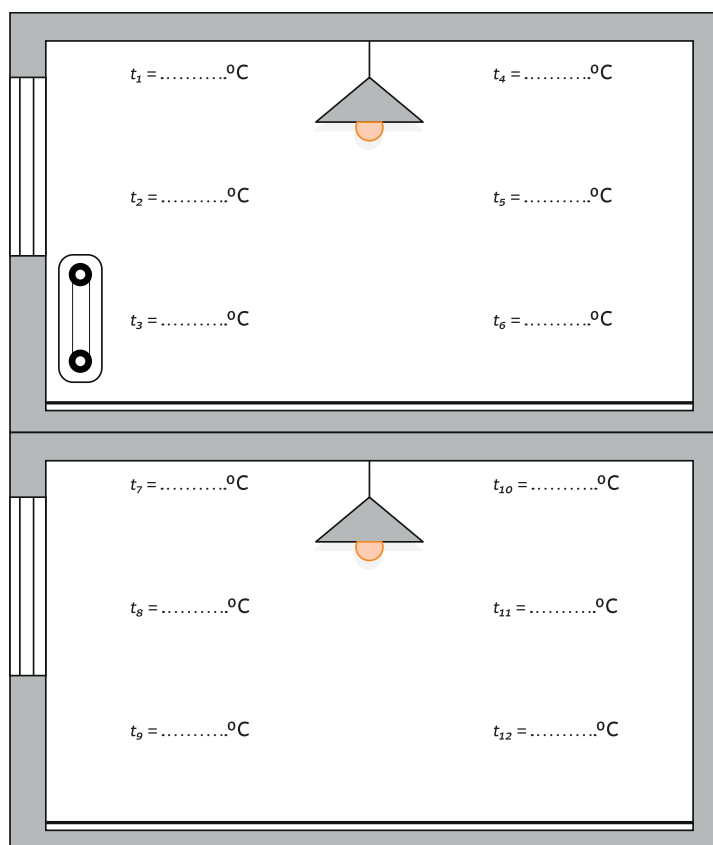
Aktivita 7 – Přenos tepla z radiátorů prouděním vzduchu

Sledujte proudění horkého vzduchu nad radiátorem a jeho ochlazování na okně pomocí nasvícení částeček prachu nebo vodní mlhy z rozprašovače vody pro rosení květin.

Ke znázornění proudění vzduchu můžete použít také jednotlivá vlákna vaty. Horký vzduch proudící od radiátoru směrem vzhůru strhává drobná vlákna nebo kapky vody a ty se s ním pohybují ve směru proudění vzduchu. V blízkosti studeného povrchu okenního skla se vzduch v místnosti ochlazuje. Vlákna přitom opět strhává s sebou.

Kterým směrem proudí vzduch nad radiátorem? Kterým směrem poblíž okeních skel? Výsledky pozorování zakreslete do obrázku. Jak proudí vzduch ve zbytku místnosti?

Změřte teplotu vzduchu u podlahy, teplotu vzduchu u stropu a ve výšce zhruba 1,5 m nad podlahou. Vypněte topení a nechte zchladnout radiátor. Pokus měření teploty. Zapište naměřené teploty do obrázku 3. Zakreslete proudění vzduchu v místnosti se zapnutým i bez zapnutého vytápění.

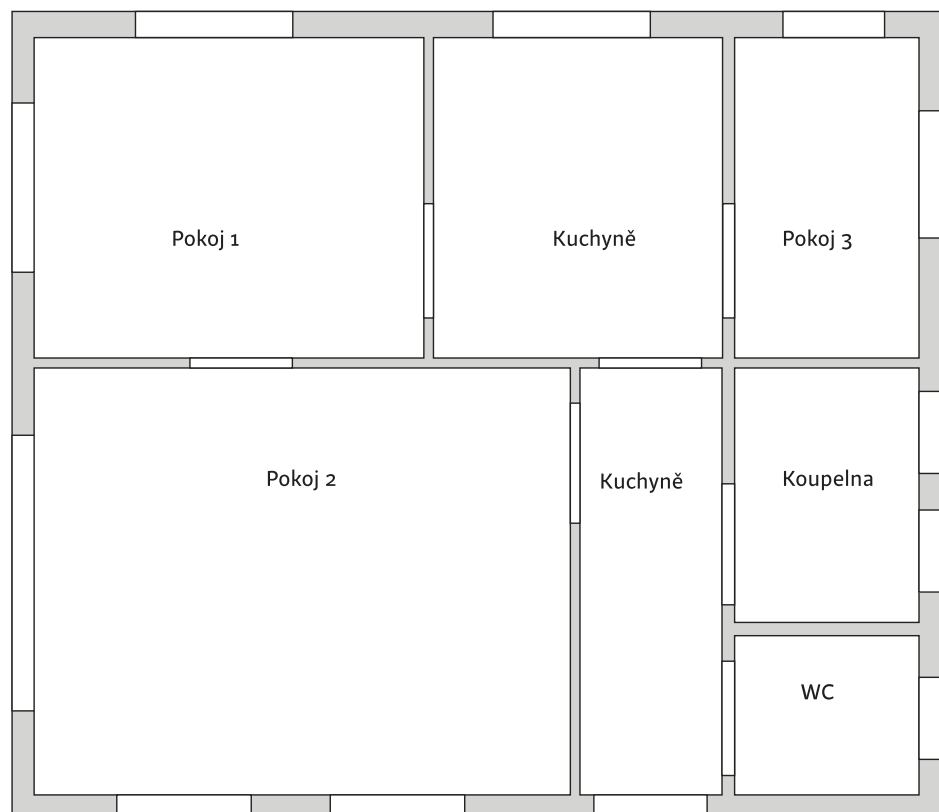


Obr. 4 Schéma vytápěné místnosti (nahore) a schéma nevytápěné místnosti (dole) pro zakreslení proudění vzduchu

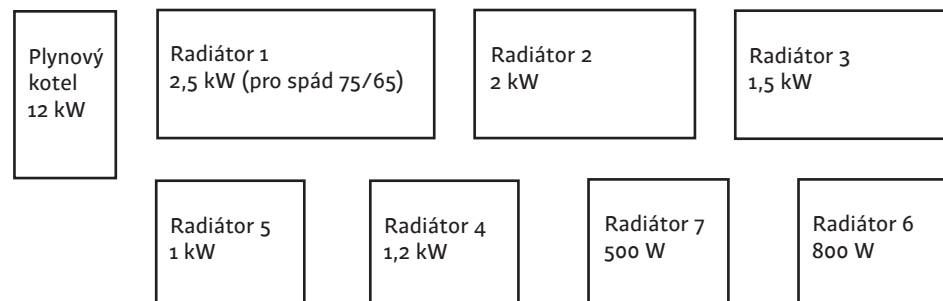
Proč se radiátory nejčastěji umísťují pod oknem? Proč bychom neměli zakrývat radiátor závěsem?

Aktivita 8 – Propojte zdroj tepla s topnými tělesy

Dokreslete do plánu bytu plynový kotel jako zdroj tepla, radiátory a jejich propojení do topného okruhu pomocí dvoutrubkového rozvodu topné vody. Červeně nakreslete rozvody horké vody z kotle do radiátorů, modře vedení ochlazené vody z radiátorů zpět do kotle. Topný okruh musí být uzavřený. Na výběr máte sedm různě velkých deskových radiátorů pro různé velké místnosti v bytě. Nezapomeňte, že plynový kotel potřebuje odvod spalin do komína nebo na fasádu. Komín dokreslete podle umístění kotle. Své návrhy vzájemně diskutujte. Co má vliv na výběr velikosti radiátoru a jeho umístění?



Obr. 5 Půdorys bytu s jednotlivými místnostmi, tepelný zdroj a topná tělesa pro jeho vytápění



Aktivita 9 – Tepelné zdroje pro vytápění domácnosti

Porovnejte ceny paliv s ohledem na jejich výhřevnost. Tabulku doplňte podle aktuálních údajů, které naleznete na internetu. Ceny za MJ a kWh dopočítejte.

palivo	spalné teplo (výhřevnost)	cena za jednotku	cena za MJ v Kč	cena za kWh v Kč*
zemní plyn (1 m ³)	37,82 MJ/m ³	15,75 Kč	0,42 Kč	1,51 Kč
černé uhlí (1 kg)		5,5 Kč		
suché dřevo dub (1 kg)		1,05 Kč		
suché dřevo smrk (1 kg)		1,27 Kč		
dřevěné pelety (1 kg)		6 Kč		
elektrina (1 kWh)	není	3,50 Kč		3,50 Kč

* 1 MJ (megajoule) = 0,278 kWh (kilowatthodin)

Hodnota spalného tepla (výhřevnosti) udává kolik energie se z daného materiálu uvolní jeho dokonalým spálením. Je spalování vždy dokonalé? Co je to účinnost?

POKUS SE ŽÁROVKOU JAKO TEPELNÝM ZDROJEM Vyroberte jednoduché elektrické topení za pomoci běžné 60 W žárovky a regulovatelného zdroje napětí 0–20 V. Jaká je tepelná účinnost žárovky se žhaveným vláknem? Jaký je u žárovky podíl tří různých způsobů předávání tepla okolí – vedení, proudění a záření? Pozorujte závislost barvy vlákna žárovky na napětí na žárovce.

Vytápění elektrinou je založeno na důsledcích Ohmova zákona, kdy se vodič s vysokým měrným odporem průchodem proudu silně zahřívá. Toho využívají například nízkoteplotní olejové radiátory, u nichž je odporový drát namotán na keramickém tělese uloženém ve článkovém radiátoru naplněném olejem. U vysokoteplotních elektrických topných těles rozžhavený drát předává teplo okolnímu vzduchu přímo prouděním. Infrazářiče, jako je například i žárovka jsou tepelné zdroje s velmi vysokou teplotou a teplo předávají okolí převážně zářením. Účinnost nízkoteplotního vytápění elektrinou je téměř 100 %, protože průchodem proudu vzniká jen teplo.



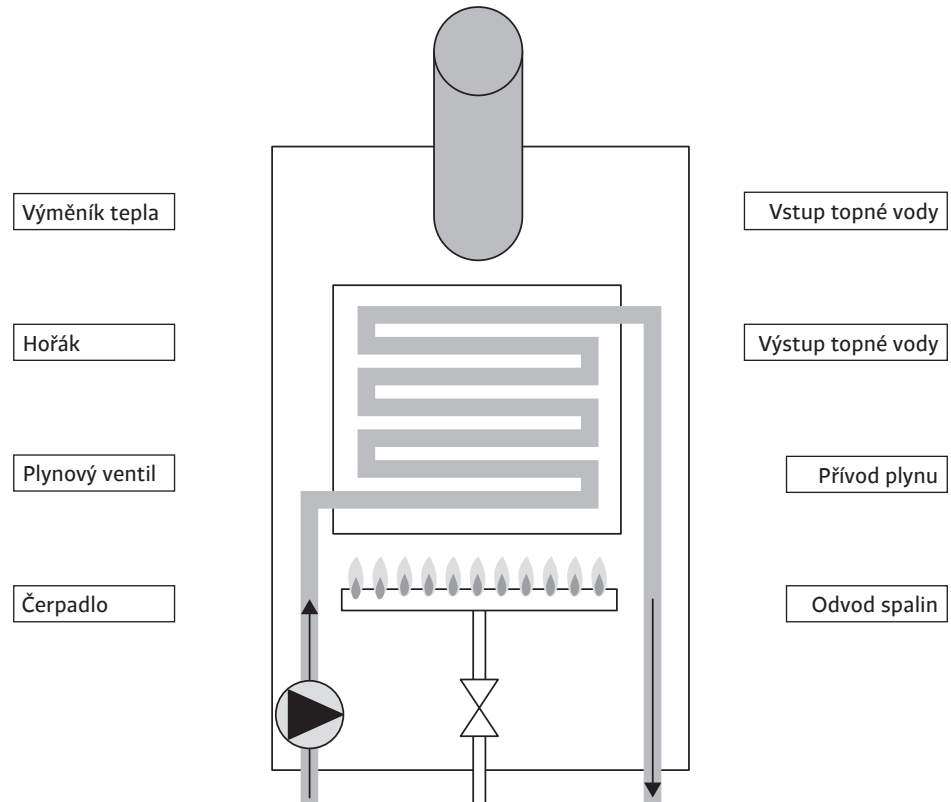
10

PRACOVNÍ LIST

Aktivita 10 – Výroba tepla spalováním plynu



Přiřaďte k obrázku názvy součástí plynového kotle (bez pomůcek).



Tepelný výkon zdroje tepla pracujícího na principu spalování fosilních paliv je možné regulovat jen v určitém rozmezí daném chemickými vlastnostmi a množstvím spalovaného plynu nebo tuhého paliva jako je například uhlí. Pro menší byt nebo menší dům postačí tepelný výkon zdroje vytápění v rozmezí od zhruba 4 do 12 kW. Výkon 24 kW už stačí pro vytápění i velkého rodinného se špatnou tepelnou izolací nebo menšího bytového domu.



Jaká je účinnost různých typů kotlů? Hledejte na internetu na webových stránkách výrobců a v on-line katalozích jejich výrobků. Diskutujte se spolužáky, zda se vyplatí vyměnit starý kotel za nový a za kolik let se investice vrátí.

Aktivita 11 – Přeměny energie a spalování

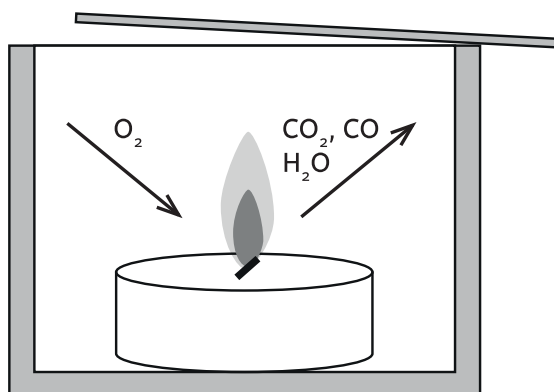
Jaká tepelná energie je potřeba pro ohřátí 50 litrů vody z 10 °C na 40 °C? Toto množství teplé vody představuje zhruba spotřebu teplé vody na jednoho člověka na den. Jaký tepelný výkon je potřeba k ohřátí 50 litrů vody za 30 minut, za 15 minut, za 5 minut a za 1 minutu? Kolik stojí ohřátí takového množství vody denně?

Čas v minutách	Čas v sekundách	Tepelný výkon v kilowattech
30		
15	900	7,1 kW
5		
1	60	

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = W = P \cdot t$$

$$c = 4\,260 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Následující pokus vám ukáže, jak je důležité odvádět spaliny a přivádět k hořáku dostatek kyslíku pro spalování. Jako model hořáku zde použijeme malou svíčku umístěnou do skleničky. Zakrývejte postupně skleničku talířkem a pozorujte průběh hoření. Pozor ať se nespálíte. Pozorujte velikost a barvu plamene. Jak se mění při zakrývání sklenice? I po jen částečném zakrytí sklenice víčkem nebo talířkem se ve skleničce hromadí spaliny jako produkty hoření plamene svíčky. Přívod kyslíku je nedostatečný. Pokud zakryjeme skleničku se svíčkou příliš, spaliny plamen svíčky zcela zadusí.



Obr. 6 Schéma procesu spalování parafínu ve svíčce za přítomnosti kyslíku

Rovnice spalování metanu v zemním plynu $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Pokud máte v sadě ke školnímu měřicímu přístroji (např. Pasco, Vernier nebo Phywe) čidla kyslíku, oxidu uhličitého a oxidu uhelnatého, proveďte měření koncentrace těchto plynů v místnosti, ve větší částečně uzavřené nádobě, kde je umístěna svíčka a ve venkovním prostoru.



Odvod spalin

Spaliny z kotlů na plyn a tuhá paliva je nutné odvést komínem. Fyzikální princip pasivního odvodu spalin vychází opět z toho, že horký vzduch má větší objem než studený vzduch. Je to stejný princip jako u horkovzdušného balónu. Tah komína je vytvářen **vztlakem** objemu horkého vzduchu v komíně. Platí proto, že čím je komín delší, tím větší je objem horkých spalin v komíně a tím lepší má komín tah. Některé stavby nemají komín s dostatečně velkým tahem, a proto se používají takzvané „turbo-kotle“ s uzavřenou spalovací komorou a **aktivním odtahem spalin** elektrickým ventilátorem.

Pokud není tah komína dostatečný, není k hořáku nasáváno ani dostatečné množství kyslíku pro hoření. Pak při spalování plynu nebo tuhých paliv vzniká kromě oxidu uhličitého (di-oxidu uhlíku CO_2) také **oxid uhelnatý** (mono-oxidu uhlíku CO). Oxid uhelnatý je přitom **prudce jedovatý**. Nahromaděné spaliny z plynového kotle nebo kotle na tuhá paliva v místnosti tak mohou člověka rychle otrávit. Oxid uhelnatý **není vidět ani cítit**. Může vznikat ve starších plynových kotlích a karmách kvůli špatnému přívodu kyslíku do místnosti a nedostatečnému tahu komína. Proto je nutné u plynových spotřebičů nechat pravidelně kontrolovat spalinové cesty a zajistit dostatečný přívod vzduchu do místnosti.

Plamen hořáku plynového kotle může při nahromadění spalin zhasnout a zemní plyn unikat do místnosti. Stejně tak, jako jsou nebezpečné produkty spalování, je nebezpečný i únik zemního plynu. Proto každý plynový kotel při zhasnutí plamene přívod plynu ihned uzavře. Aby byl unikající zemní plyn cítit, přidává se do něj látka, která silně a charakteristicky zapáchá. Směs zemního plynu a vzduchu sice není jedovatá. Při určité koncentraci ale může snadno dojít k zapálení velkého množství nahromaděné výbušné směsi zemního plynu s kyslíkem. Kontrolu funkce plynového kotle a těsnosti vedení zemního plynu a v budovách proto provádí pracovníci plynáren a instalatéři.