

VĚDA V KUCHYNI

Sborník



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Workshop Věda v kuchyni Vám nabízí přehled jednoduchých pokusů a aktivit, kterými můžete zpestřit výuku fyziky a chemie. Na základě propojení fyzikálně-chemických zákonitostí s dobře známým prostředím kuchyně či domácnosti lze poukázat na to, jak často lidé v běžném životě fyzikální zákony využívají. Při pokusech žáci nahlédnou pod pokličku různým domácím spotřebičům (indukčnímu vařiči, mikrovlnné troubě, lednici) a pochopí tak, jak fungují. Budou se také moci podívat na různé potraviny a domácí čisticí prostředky okem chemika a zanalyzovat jejich vlastnosti a složení.

Pokusy jsou rozděleny do tří skupin:










- **Pokusy demonstrační:** předvádí učitel jako úvodní či doplňovací pokus k danému tématu vyučování.
- **Pokusy pro pracovní listy:** pokusy, které dělají žáci ve skupinkách. Pracovní listy připravuje vyučující na základě uvedeného popisu.
- **Dodatečné pokusy:** alternativy k demonstračním pokusům nebo pokusy vyžadující delší přípravu.

Učební témata, která souvisejí s pokusy

- **KAPALINY A PLYNY:** vztlková síla, chování těles v kapalinách (potápění, plování), atmosférický tlak, tlak plynu v uzavřené nádobě (přetlak, podtlak), difúze, osmóza
- **TEPELNÁ VÝMĚNA A ZMĚNY SKUPENSTVÍ:** šíření tepla vedením a prouděním, tání a tuhnutí, var a kapalnění, skupenské teplo, endotermní a exotermní děj
- **ELEKTŘINA A MAGNETISMUS:** vznik elektrického proudu, elektrický odpor, tepelné účinky elektrického proudu, elektrická práce, příkon spotřebiče, vznik elektrického pole v okolí vodiče s proudem, elektromagnetická indukce, transformátor, elektromagnetické záření
- **SMĚSI:** stejnorodé a různorodé směsi, oddělování složek směsí (filtrace, destilace)
- **ČÁSTICOVÉ SLOŽENÍ LÁTEK:** voda (základní vlastnosti, stavba molekuly)
- **CHEMICKÉ REAKCE:** neutralizace, hoření, katalýza, zákon zachování hmoty
- **ANORGANICKÉ SLOUČENINY:** oxidy, kyseliny a hydroxidy (kyselost a zásaditost roztoků, měření pH)



- **ORGANICKÉ SLOUČENINY (přírodní látky):** škroby, sacharidy

Přehled symbolů	
 15 min	Časová náročnost pokusu
	Fyzikální tematika
	Chemická tematika
	Biologická tematika
	Matematika
	Provádí učitel
	Provádí žáci
	Vyžaduje přípravu
	Tvůrčí úkol



I. Demonstrační pokusy



1. Princip zavařování I.



Atmosférickým tlakem poměrně pevně spojíme dvě sklenice. Obdobným způsobem dochází k uzavírání sklenic při zavařování pokrmů.

Pomůcky: 2 zavařovací sklenice o objemu 0,7 l
papír (čtvrtka nebo piják)
svíčka
zápalky

Příprava a provedení: Z papíru vystříháme několik prstenců (šíře 1 až 2 cm), vnitřní průměr je o málo menší než průměr sklenice. Prstence poskládáme na sebe a namočíme. Do jedné sklenice připevníme svíčku a zapálíme ji. Na hrdlo sklenice položíme navlhčené prstence. Na ně přitlačíme druhou sklenici dnem vzhůru. Když svíčka zhasne, obě sklenice drží u sebe. To můžeme dokázat uchopením horní sklenice a zvednutím obou spojených sklenic nad stůl.

Vysvětlení: Plamen svíčky zahřál vzduch ve sklenici, ten se rozpínal a část ho unikla ven. Po zhasnutí svíčky se vzduch ochladil a ve sklenici vznikl podtlak. Větší vnější atmosférický tlak přitiskl obě sklenice k sobě.

Komentář: Je třeba opatřit si takové sklenice, které na sebe spolehlivě dosedají co největší plochou svých okrajů. S většinou sklenic pokus nefunguje! To samé platí o papíru, z něhož vystříhujeme prstence. Před „ostrým“ provedením důrazně doporučujeme pokus víckrát vyzkoušet a připravit se na to, že i přesto se před žáky vydaří třeba až napodruhé či napotřetí. V případě úspěšného provedení se však jedná o velmi efektní pokus, který demonstruje vzduchotěsné uzavření nádoby díky podtlaku, stejně jako je tomu u zavařování. Jak přesně tento podtlak při skutečném zavařování vzniká, to nám ukáže pokus následující.

Učivo: atmosférický tlak, tlak plynu v uzavřené nádobě (změna tlaku plynu s teplotou).

2. Princip zavařování II.



Pomocí láhve a balónku namísto sklenice s víčkem velmi efektně a názorně předvedeme postup, kterým se provádí zavařování.

Pomůcky: voda
skleněná láhev od sirupu
nafukovací balónek

Příprava a provedení: Do láhve od sirupu nalijeme malé množství vody (aby hladina sahala do výše asi 2 cm). Vložíme láhev do mikrovlnné trouby a vodu chvíli vaříme. Ihned po vyjmutí láhve z trouby na hrdlo rychle připevníme nafukovací balónek. Ten se po chvíli „vcucne“



dovnitř sklenice.

Vysvětlení: Při varu vodní páry vytlačily z prostoru nad hladinou skoro všechny vzduch. Po uzavření sklenice a jejím ochlazení část vodní páry zkapalněla. Ve sklenici se výrazně snížil tlak.

Komentář: Provedení pokusu vyžaduje buď velkou zručnost, nebo čtyři ruce. Je zapotřebí pevně přidržet horkou láhev s vroucí vodou (chňapkou!) a přes hrdlo velmi rychle, přitom však rovně a dostatečně navléknout balónek. Balónek navlečený nakřivo se může namísto vcucnutí jen smrsknout, balónek navlečený málo může z hrdla sklouznout.

Jak probíhá zavařování? Vzduch nad potravinou ve sklenici se teplotně roztahuje a přebytečný uniká. Především je však podstatná část vzduchu ze sklenice vytlačena vznikající vodní párou. Při následném vychládání vzduchu se jeho tlak zmenšuje, hlavně však dochází ke kondenzaci chladnoucí páry; ve sklenici vzniká značný podtlak. Víčko je okolním atmosférickým tlakem pevně přitlačeno ke sklenici, a tak je dosaženo vzduchotěsnosti. Díky vysoké teplotě došlo zároveň k pasterizaci pokrmu. Zavařený pokrm je chráněn před kontaminací mikroorganismy z vnějšího prostředí, což podstatně prodlouží jeho trvanlivost.

Učivo: atmosférický tlak, tlak plynu v uzavřené nádobě (změna tlaku plynu s teplotou), změny skupenství (var, kapalnění).

3. Vaření shora



Ukážeme žákům, jak špatným vodičem tepla je voda.

Pomůcky: nádoba s vodou
ponorný vaříč
teploměr

Příprava a provedení: Ponoříme ponorný vaříč jen těsně pod hladinu a zapneme jej; voda v okolí vaříče brzy začne vřít. Pak změříme teplotu vody u dna nádoby.

Vysvětlení: Teplo se ve vodě snadno šíří prouděním, ovšem pouze směrem vzhůru. Aby se stejně dobře šířilo i jinými směry (např. shora dolů), musela by voda být dobrým tepelným vodičem – což není.

Komentář: Má-li část tekutého tělesa v důsledku teplotní roztažnosti nižší hustotu než okolní části, působí na ni vztlaková síla a dochází k tepelnému proudění. V tomto případě působí vztlakovou silou chladnější voda na teplejší vodu. Je zřejmé, že prouděním látky se teplo šíří pouze směrem vzhůru a – jak bylo uvedeno – jen v látkách tekutých (kapalinách a plynech). Vedení tepla se děje tak, že částice teplejší látky, pohybující se rychlejším tepelným pohybem, při nárazech předávají část své energie částicím chladnější látky. Vedení tepla ve stejnorodé látce tedy probíhá prakticky nezávisle na směru. Lepšími vodiči tepla jsou látky, jejichž částice mají stále uspořádání, tedy látky pevné, zatímco všechny tekutiny, a z nich zejména plyny (díky velkým středním vzdálenostem částic) vedou teplo špatně. Zvláštní kapitolu představuje značná tepelná vodivost kovů, způsobená existencí volných elektronů.

Pokus je vhodné provést například v rámci hledání odpovědi na otázku, proč je spirála varné



konvice umístěna dole.

Učivo: šíření tepla vedením v látce a prouděním látky.

4. Proudění horké vody



Názorně demonstrujeme šíření tepla prouděním.

Pomůcky: malá sklenice od marmelády
velká průhledná mísa nebo velká (5 l) zavařovací sklenice

Příprava a provedení: Malou sklenici naplníme vařící vodou, kterou obarvíme potravinářským barvivem. Skleničku omotáme provázkem a ponoříme na dno velké sklenice se studenou vodou. Pozorujeme proudění teplé vody. Zároveň si všímáme postupného pronikání obarvené vody do vody neobarvené.

Vysvětlení: Teplá voda má menší hustotu než studená voda, a proto stoupá k povrchu. Odtud ochlazená opět klesá ke dnu. Příčinou mísení obarvené a neobarvené vody je difúze, způsobená neustálým neuspořádaným pohybem částic přítomných látek (vody, barviva).

Komentář: K témuž ději, neustále se opakujícímu, dochází při vaření na běžném vařiči: kapalina se u dna ohřívá a stoupá k povrchu; zde se ochlazuje a opět klesá dolů, kde se opět ohřeje atd. Díky neustálému proudění dochází k přirozenému promíchávání kapaliny (např. polévky), proto ji není třeba při vaření míchat.

Učivo: teplotní roztažnost látek, hustota látky, vztlaková síla, šíření tepla prouděním látky, difúze.

5. Obrácený princip Papinova hrnce



Názorně demonstrujeme závislost teploty varu vody na tlaku vzduchu, na jejímž využití – ovšem opačném k předvedenému – je založen Papinův hrnec.

Pomůcky: sklenice od kečupu s víčkem (skleněná baňka se zátkou)

Příprava a provedení: Sklenici naplníme do poloviny vodou a uvedeme k varu. Ihned sklenici uzavřeme, otočíme a rychle zchladíme. Voda se znovu začne vařit. Sklenici opět otočíme zátkou vzhůru, otevřeme ji – překonáváme při tom rozdíl tlakových sil zevnitř a zvenčí – a změříme teplotu, při níž se voda vařila v druhém případě.

Vysvětlení: Při varu vodní páry vytlačily z prostoru nad hladinou skoro všechn vzduch. Po uzavření sklenice a jejím ochlazení vodní páry zkapalněly a tlak vzduchu ve sklenici výrazně klesl. Při nižším tlaku vzduchu se voda vaří při nižší teplotě než 100°C, a proto se začne znovu vařit.



Komentář: U Papinova hrnce dochází k jevu právě opačnému. Díky těsnému uzavření hrnce v něm vzniká přetlak, při němž se voda vaří při teplotě 120 – 130 °C. Vaření pokrmu v takto teplé vodě je pochopitelně rychlejší. K efektivnosti vaření v Papinově hrnci významně přispívá také jeho těsné uzavření pokličkou, bránící úniku tepla prouděním páry a ohřátého vzduchu.

Učivo: tlak plynu v uzavřené nádobě (změna tlaku plynu s teplotou), změny skupenství (var, kapalnění), faktory ovlivňující teplotu varu kapaliny (tlak vzduchu nad hladinou).

6. Tančící rozinky



Po vhození rozinek do minerálky bude opakovaně probíhat divácky velmi vděčný děj, kterým můžeme navíc demonstrovat např. chování těles v kapalině či uvolňování plynu rozpuštěného ve vodě.

Pomůcky: rozinky
perlivá voda



Příprava a provedení: Vložíme několik rozinek do sklenice a zalijeme perlivou vodou. Po chvíli se začnou rozinky pohybovat nahoru a dolů.

Vysvětlení: Perlivá voda obsahuje bublinky oxidu uhličitého, které se začnou hromadit na povrchu rozinek. Když se jich nahromadí dostatek, vynesou rozinky k vodní hladině. Bublinky se uvolní do vzduchu a rozinky klesají zpět na dno, kde se na nich opět začnou hromadit další bublinky, a vše se opakuje.

Komentář: Jednoduchý pokus, který si můžou vyzkoušet všichni žáci a který je také ideálním pokusem za domácí úkol. Pokus demonstruje rozdíly hustot mezi plynem, kapalinou a pevnou látkou. Bublinky tvořené oxidem uhličitým, který má nižší hustotu než voda, stoupají nahoru. Rozinky mají naopak větší hustotu než voda, a proto se ve vodě potápějí. Zde se na nich začnou hromadit bublinky plynu. Pokud je bublinek dostatek, průměrná hustota jimi obalené rozinky bude nižší než hustota vody. Po uvolnění oxidu uhličitého do vzduchu rozinky opět kvůli vysoké hustotě klesají ke dnu.

Okrajová, ne však bez zajímavosti je otázka ulpívání plynu na rozinkách. Dochází k němu díky přitažlivým (adhezním) silám mezi povrchy rozinky a bublinek.

Známější varianta tohoto pokusu využívá uvolňování oxidu uhličitého při reakci kyseliny octové se sodou. V takovém případě pokus přesahuje z fyziky do chemie. Jeho nevýhodou však je zakalení vody vznikajícím octanem sodným.

Učivo: Hustota látky, vztlková síla, chování těles v kapalinách (potápění, plování); různorodé směsi, oxidy, kyselost a zásaditost látek, neutralizace.



7. Mávající rukavice



10 min



Další efektní pokus vhodný k odlehčení výuky, který navíc skýtá např. příležitost k diskusi o přetlaku plynu v uzavřené nádobě a jeho důsledcích či o neutralizaci kyseliny zásadou.

Pomůcky: zavařovací sklenice
chirurgická rukavice

Příprava a provedení: Naplníme zavařovací sklenici do 1/3 octem. Do rukavice nasypeme jedlou sodu a připevníme ji přes okraj sklenice. Zvednutím rukavice – která však stále zůstává upevněna k láhvi – nasypeme její obsah do sklenice. Po chvíli se začne rukavice nafukovat.

Vysvětlení: Smícháním sody s octem dojde k reakci, při které se uvolňuje plyn (oxid uhličitý). Ten způsobí uvnitř rukavice vzhledem k okolnímu vzduchu přetlak, a proto dojde k jejímu nafouknutí.

Komentář: Na pokusu je možné upozornit žáky, že běžně používané potraviny jako ocet a prášek do pečiva jsou v podstatě zástupci kyselin a zásad. Reakce octa s práškem do pečiva je pak typický příklad neutralizace. Produktem každé neutralizace je sůl dané kyseliny a voda. V tomto případě navíc vzniká oxid uhličitý. (Zapsáno chemickou reakcí: $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$) Z pohledu fyziky hraje podstatnou roli přetlak uvnitř rukavice. S žáky je pak možné hledat příklady využití přetlaku, resp. podtlaku v kuchyňských postupech a diskutovat, jak lze zvýšit, resp. snížit tlak v uzavřeném systému. Zmínit můžeme změnu tlaku plynu nejen při jeho ohřívání, ale i při změně skupenství.

Pokus je také možno provést s láhví a nafukovacím balónkem. Pro zajímavější efekt – nafukující se rukavice „mává“ – i z dalších důvodů však upřednostňujeme popsanou variantu.

Učivo: tlak plynu v uzavřené nádobě (přetlak); oxidy, kyselost a zásaditost látek, neutralizace.

8. Faraónovi hadi



15 min



Předvedeme dětem pokus s neuvěřitelným výsledkem: z malého množství látky bude postupně vznikat obrovitý útvar připomínající hada. Zdánlivý rozpor mezi výsledkem pokusu a zákonem zachování hmoty pak může navodit didakticky účinnou diskusi.

Pomůcky: 1 díl prášku do pečiva
9 dílů cukru
líh
jemný popel nebo cement
špejle
zápalky

Příprava a provedení: Do odolné keramické misky dáme vrstvu jemného popela a necháme ji nasáknout líhem. V jiné misce jemně utřeme prášek do pečiva s cukrem a navrstíme tuto směs do pyramidy na vrstvu popela. Pomocí špejle zapálíme líh a čekáme, co se bude dít. Po několika



minutách (5-8) začne z misky růst „had“.

Vysvětlení: Hořením etanolu se uvolňuje teplo, které roztaví cukr na karamel. Zároveň dochází k hoření cukru katalyzovaného přítomným popelem. Cukr je smíchaný s jedlou sodou, ze které se při vysoké teplotě uvolňuje oxid uhličitý. Ten se smísí se zuhelnatělým cukrem a nafoukne ho do porézního hadovitého tvaru. „Had“ je velice křehký a po doteku se snadno rozpadne. Celý pokus trvá asi 15 minut.

Komentář: Kromě zajímavého průběhu pokusu, kdy je zuhelnatělý cukr jako balónek nafukován oxidem uhličitým, stojí za pozornost také otázka platnosti zákona zachování hmoty. Na první pohled se zdá, že zákon zachování hmoty nebyl dodržen – z malého množství prášku nám roste obrovský had. Ve skutečnosti je však tento had vysoce porézní, a tedy velice lehký. Když hada rozbijeme, dostaneme opět malé množství prášku.

Učivo: exotermní reakce, katalýza, hoření, zákon zachování hmoty.

9. Indukční vařič

Ve vařiči se nachází cívka, která je napájena střídavým elektrickým proudem. V jejím okolí vzniká proměnné magnetické pole. Působením tohoto pole na elektricky vodivé dno hrnce v něm vznikají (indukují se) vířivé proudy. A protože hrnec klade těmto proudům elektrický odpor, uvolňuje se zde teplo (tzv. Jouleovo).

a) Podstata vaření na indukčním vařiči



V první části pokusu vlastně jen předvedeme standardní použití indukčního vařiče. V druhé části pak demonstrujeme zásadní odlišnost indukčního vařiče od klasické elektrické plotýnky.

Příprava a provedení: Do železného, popř. smaltovaného hrnce nalijeme přibližně 0,05 l vody. Postavíme hrnec na vařič, zapneme jej a voda se začne po chvíli vařit. „Překvapivě“ se však začne vařit i v případě, kdy byl mezi hrnec a plotýnku vložen tepelný izolant – např. prkénko, sklo, papír či polystyrenový tácek.

Vysvětlení: Hrnec je ohříván průchodem indukovaných vířivých proudů. Protože tedy nedochází k vedení tepla z plotýnky, přítomnost tepelného izolantu mezi plotýnkou a hrncem nemá na ohřev vody vliv.

Komentář: Zatímco v případě elektrického sporáku by vložení předmětu mezi plotýnku a hrnec mělo pozorovatelné až katastrofální následky, v případě indukčního vařiče se nestane prakticky nic. Tak zjevný a pro mnohé žáky jistě překvapivý rozdíl mezi chováním indukčního vařiče a tradiční elektrické plotýnky pak může významně prohloubit jejich zájem o pochopení fyzikální podstaty indukčního vařiče.

Učivo: elektromagnetická indukce, elektrický odpor, tepelné účinky elektrického proudu.



b) Prstenec a alobal



5 min



Efektivní pokus, při němž bude plotýnka indukčního vařiče odpuzovat kovový prstenec či kus alobalu. Žákům tak připomeneme základ činnosti indukčního vařiče: proměnné magnetické pole, které ve vodivých předmětech na plotýnce vyvolává elektrický proud.

Pomůcky: měděný vodič o průměru 1,5 mm
svorkovnice („čokoláda“)
hrnec s vodou
kus alobalu (např. čtverec o rozměrech cca 5 x 5 cm² až 10 x 10 cm²)

Příprava a provedení: Z měděného vodiče o průměru 1,5 mm vytvoříme prstenec s průměrem 10 cm a uzavřeme jej „čokoládou“. Položíme prstenec na plotýnku, zapneme vařič a opět přiblížíme hrnec s vodou, abychom zmatli čidlo (bez jehož „svolení“ se vařič nespustí). Prstenec se sám odsune z plotýnky.

Vysvětlení: Vlivem proměnného magnetického pole vytvářeného indukčním vařičem se v prstenci indukuje střídavý elektrický proud a v okolí prstence jeho vlastní magnetické pole. Vařič si pak můžeme představit jako jeden „magnet“ a prstenec jako druhý. Podle Lenzova zákona se tyto „magnety“ vzájemně odpuzují.

Použijeme-li namísto prstence kus alobalu, bude se po přiblížení hrnce vznášet nad plotýnkou.

Komentář: Obdobný pokus můžeme provést i bez matení čidla hrncem. Položíme-li samotný alobal na plochu vařiče, nebude sice levitovat, zato však komicky odskočí stranou.

Lenzův zákon nepatří mezi učivo fyziky na základní škole. Přesto bychom jej v rámci vysvětlení pokusu mohli zvědavějším žákům aspoň naznačit – například takto: Vložili jsme prstenec do měnícího se magnetického pole vytvářeného cívkou indukčního vařiče. Prstenec má nyní snahu zachovávat ve svém okolí takové magnetické pole, jaké tam bylo před změnou: zvětšující se vnější magnetické pole má prstenec snahu zmenšit (resp. zpomalit jeho zvětšování) a naopak. Prstenec se tak chová díky proudu, který se v něm při změnách vnějšího pole indukuje a vytváří jeho vlastní magnetické pole. Tento proud má takový směr, aby – jak bylo uvedeno – prstenec svým magnetickým polem potlačoval změnu vnějšího magnetického pole, vytvářeného cívkou vařiče. Představíme-li si tedy cívku vařiče jako jeden „magnet“ a prstenec jako druhý, budou tyto „magnety“ k sobě natočeny souhlasnými póly, a budou se proto odpuzovat.

Obdobně lze vysvětlit chování alobalu, ve kterém se při změnách vnějšího magnetického pole, vytvářeného cívkou vařiče, indukují vířivé proudy.

Učivo: elektromagnetická indukce, vznik magnetického pole v okolí vodiče s proudem.



c) Žárovky



Pokus, při kterém využijeme indukční vařič způsobem obdobným k funkci transformátoru, přesněji řečeno jeho primárního vinutí. Sekundární vinutí transformátoru bude představovat drátěný prstenec s připojenou žárovčkou.

Pomůcky: měděný vodič o průměru 1,5 mm (popř. prstenec z předchozího pokusu)
objímka na žárovku
žárovky s doporučeným jmenovitým napětím 6 V, 12 V, popřípadě i 24 V

Příprava a provedení: Potřebujeme obdobný prstenec jako k předchozímu pokusu, k jeho koncům však připevníme objímku s žárovčkou 6 V. Po oklamání čidla (přiblížení hrnce nebo malého plecháčku doprostřed) začne žárovka svítit. Žárovku 12 V však viditelně nerozsvítíme, museli bychom použít prstenec o 2 závitech.

Vysvětlení: Vlivem proměnného magnetického pole vytvářeného cívkou indukčního vařiče se v prstenci indukuje napětí. A protože je uzavřen elektrický obvod se žárovkou, vzniká elektrický proud a žárovka svítí. Použijeme-li prstenec o 2 závitech, indukované napětí bude přibližně dvojnásobné, a tak viditelně rozsvítíme i žárovku 12 V. K rozsvícení žárovky 24 V bychom potřebovali 4 závity atd.

Komentář: Cívkou indukčního vařiče si lze představit jako primární vinutí transformátoru, prstenec pak jako vinutí sekundární. Je však třeba zdůraznit, že ve skutečném transformátoru jsou obě vinutí umístěna na společné jádro, zatímco zde tomu tak není! Předpoklad, že kolikrát zvýšíme/snížíme počet závitů sekundárního vinutí, tolikrát se zvýší/sníží zde indukované napětí, proto platí jen přibližně – nikoli přesně podle známého vztahu $(U_1 : U_2) = (N_1 : N_2)$.

Velikost střídavého proudu indukovaného v prstenci s připojenou žárovčkou je dána celkovým „odporem“ (impedancí) cívky a žárovky – v tomto případě hlavně žárovky. Protože se jedná o relativně malý „odpor“, nenechme se nemile překvapit teplotou prstence po skončení pokusu! Ještě mnohem vyšší teploty bychom pak dosáhli použitím uzavřeného prstence bez žárovky. Tohoto principu se využívá např. v indukčních pecích.

Učivo: transformátor.

10. Mikrovlnná trouba

Uvnitř mikrovlnné trouby je zařízení zvané magnetron, které vysílá mikrovlny. Ty pronikají hluboko do potravin (4 cm), a protože rozkmitávají molekuly vody, potraviny se jejich působením ohřívají. Ohřívají se rychleji než v klasické troubě, protože mikrovlny dodávají teplo přímo ohřívanému pokrmu, a ne okolí.

a) Balónky





Tento jednoduchý pokus dětem přesvědčivě ukáže, díky čemu jsou v mikrovlnné troubě ohřívány potraviny: díky působení mikrovln na molekuly vody obsažené v potravinách.

Pomůcky: dva nafukovací balónek
voda
kapátko, popř. injekční stříkačka

Příprava a provedení: Nepatrně nafoukneme balónek a zavážeme jej. Po jeho vložení do mikrovlnné trouby, kterou zapneme cca na 30 s, sledujeme případné změny. Žádné však nepozorujeme. Poté provedeme stejný pokus s balónkem, do kterého jsme kapátkem vpravili menší množství vody. Po chvíli pozorujeme jeho viditelné zvětšení. Po vypnutí trouby se balónek rychle zmenší.

Vysvětlení: Mikrovlny působí na molekuly vody; u prvního balónku, naplněného pouze vzduchem, jsme proto žádnou změnu nepozorovali. Voda obsažená v druhém balónku se bude rychle ohřívát, až nastane var, balónek se začne plnit párou a jeho objem se bude v důsledku vzniklého přetlaku zvětšovat. Po vypnutí trouby pára z kondenzuje a přetlak zanikne.

Komentář: Nalítí vody do druhého balónku můžeme žákům buď zatajit, nebo prezentovat jako „záhadný“ úkon. Úkolem žáků pak bude příčinu rozdílu v chování balónků odhalit. Můžeme také oba balónek – připravené předem – vložit do trouby současně.

Učivo: tlak vzduchu v uzavřené nádobě (přetlak), změny skupenství (var, kapalnění), elektromagnetické záření; voda – stavba molekuly.

b) Jar



Jedná se o efektivnější obdobu předchozího pokusu; v mikrovlnce „vybuchne sopka“.

Pomůcky: jar
potravinářské barvivo
kónická baňka či lahvička s úzkým hrdlem

Příprava a provedení: Do skleničky ze silnějšího skla nalijeme trochu jaru obarveného potravinářským barvivem. Po chvílce od spuštění mikrovlnné trouby začne jar pění jako sopka.

Vysvětlení: Jar obsahuje molekuly vody, které mikrovlny rozkmitají, a začne se proto vařit.

Komentář: Někdo z dětí by se mohl zeptat, proč se stejně jako jar nechová i čistá voda. Jedná se však o složitější vysvětlení, které se neobjede bez pojmů ze středoškolské fyziky. Odkažme proto žáky na jejich zkušenost, že voda s příměsí jaru „pění hodně“, zatímco čistá voda „pění málo“. (A můžeme dodat, že tato skutečnost je dána rozdílnými vlastnostmi obou kapalin.)



Učivo: změny skupenství (var, kapalnění), elektromagnetické záření; voda – stavba molekuly.

c) Žárovka 12 V, 1,2 W, 0,01 A



Pomocí mikrovlnné trouby rozsvítíme žárovku. Její chování nám naznačí, co se v zapnuté troubě děje.

Pomůcky: žárovka 12 V / 0,01 A
prasklá velká žárovka (např. 25, 40, 60 nebo 100 W)
hrneček s vodou

Příprava a provedení: Položíme žárovku na otáčecí talíř. Společně s ní vložíme do mikrovlnky také hrnek s vodou, abychom žárovku ani troubu příliš neničili. Po zapnutí trouby se žárovka střídavě rozsvěcí a zhasíná.

Vysvětlení: Mikrovlny působí na volně pohyblivé elektrony těsně pod povrchem vlákna žárovky a rozkmitají je; tyto kmity pak se rychle přenesou i na krystalickou mřížku kovu. To se projeví značným zahřátím vlákna, jako kdyby jím – v případě standardního použití žárovky – procházel proud. Žárovka však svítí jen na některých místech uvnitř trouby, neboť intenzita působení mikrovln není všude stejná. Mikrovlny uvnitř trouby mají podobu stojatého vlnění. Nejvyšší intenzita jejich působení je v místech, kde nastává vlnové maximum (tzv. kmitnách), nejnižší je ve vlnových minimech.

Komentář: Pokus jasně dokládá odůvodněnost známého varování: nekládejte do mikrovlnné trouby kovové předměty! Mikrovlny působí na volné elektrony v povrchové vrstvě kovu, a kov se proto zahřeje. Jedná-li se o masivnější kovové těleso, uvolněné teplo se rychle rozvede do celého objemu tělesa, a zahřátí není tak dramatické. V případě velmi tenkých vrstev kovu (např. kovové ozdoby talíře či vrstvy kovu na CD) však dochází ke značnému zahřátí, a v jeho důsledku dokonce k vylétávání (termoemisi) elektronů z kovu.

Pro větší efekt můžeme popsany pokus provést s prasklou „velkou“ žárovkou a motivovat jej jako „rozsvícení prasklé žárovky“.

Učivo: částicová stavba kovů, elektromagnetické záření

11. Vaření v papírovém hrnci



Papír umístěný nad hořící svíčku okamžitě chytne. Přesto lze v papírovém pohárku nad svíčkou přivést vodu k varu. Pokus vhodný ke zpeřtení výuky o vedení tepla.

Pomůcky: list papíru
svíčka a zápalky
voda



Příprava a provedení: Vyrobíme papírový pohárek a nalijeme do něj malé množství vody. Zapálíme svíčku a pohárek s vodou nad ni umístíme. Vytrváme, dokud se voda nezačne vařit.

Vysvětlení: Teplota plamene svíčky je mnohem vyšší než zápalná teplota papíru, proto papír nad svíčkou vzplane. Papírový pohárek s vodou však nevzplane, protože voda teplo z papíru odvádí. Toto teplo je využíváno k ohřevu vody a posléze k jejímu varu.

Komentář: Vysvětlení pokusu můžeme dále rozvinout. Viděli jsme, že voda zabrání vznícení papíru, a víme, že také dokáže již hořící papír (či jiný hořící předmět) uhasit. Můžeme se žáků ptát, proč tomu tak je.

Učivo: šíření tepla vedením, tepelná výměna, skupenské teplo vypařování (varu).

II. Pokusy pro pracovní listy



12. Jednoduchá chladnička



15 min



Děti si vyrobí mrznoucí směs a ochladí jí vodu v kádince, až ztuhne. V průběhu pokusu budou měřit teplotu směsi i tuhnoucí vody. Ověří si tak řadu důležitých poznatků z nauky o teple.

Pomůcky: rozdrcený led, sůl
2 teploměry
kádinka, zkumavka

Příprava a postup: Připravíme si směs rozdrceného ledu a kuchyňské soli. Nasypeme ji do kádinky a vložíme do ní zkumavku s vodou. Do směsi i do zkumavky vsuneme teploměr a sledujeme změny teploty. V mrznoucí směsi klesne teplota na -5°C , ve zkumavce na 0°C . Teprve až všechna voda ve zkumavce zmrzne, její teplota dále klesá.

Vysvětlení: V průběhu tuhnutí látky se její teplota nemění, protože veškerý odběr tepla způsobuje změnu skupenství. Teprve po ztuhnutí veškeré látky v nádobě se případné další odnímání tepla projevuje změnou teploty.

Komentář: Chladnička obstarává přenos tepla: odebírá teplo z chladnějšího vnitřku a odevzdává je teplejšímu vnějšímu prostředí (tedy proti přirozenému toku tepla). V případě tohoto pokusu odebírá naopak chladnější látka (směs v kádince) teplo látky teplejší (vodě ve zkumavce), jak je to přirozené i v přírodě. Je to nejjednodušší způsob chlazení, který se využíval do vynálezu chladničky. V rámci diskuse pokusu doporučujeme žáky k tomuto srovnání vyzvat. Především si však žáci měřením teploty obou látek ověří důležitý poznatek, že v průběhu změny skupenství se teplota látky nemění a proč tomu tak je.

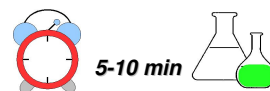
Zajímavá otázka – a tedy další námět k diskusi pokusu – je, proč jsme mísili rozdrcený led se solí. Led se v teplém prostředí učebny ohřívá a taje a sůl se ve vodě rozpouští. Rozpuštění soli



je děj vyžadující příjem tepla (endotermní děj); to je odebráno vodě a ledu. Teplota směsi proto klesá do záporných hodnot (měřeno v Celsiových stupních). A dále se můžeme zeptat, proč ani při teplotě pod nulou směs netuhne. Jedná se totiž o roztok soli, jehož bod tuhnutí je výrazně nižší než u čisté vody. Přítomnost soli tedy způsobuje ochlazení směsi pod nulu, současně však brání jejímu tuhnutí. Obdobně lze vysvětlit děje probíhající na osolené vozovce či chodníku.

Učivo: změny skupenství (tání, tuhnutí); vlastnosti a použití solí, rozpouštění solí jako endotermní děj.

13. Kyseliny a zásady v kuchyni



Porovnáme pH potravin a čisticích prostředků běžně používaných v domácnosti pomocí pH papírků.

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku
testované látky
pH papírky

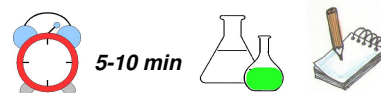
Příprava a provedení: Nalijeme testované látky do zkumavek. Do každé zkumavky ponoříme kus pH papírku. Podle zbarvení papírků sestavíme pořadí testovaných látek podle kyselosti. Otestovat můžeme například vodu z kohoutku, minerální vodu, prací sodu, prášek do pečiva rozpuštěný ve vodě, prací prášek rozpuštěný ve vodě, kyselinu citrónovou, citrónovou šťávu, ovocný džus, ocet, coca-colu, mýdlovou vodu, vaječný bílek....

Vysvětlení: pH papírek je napuštěný acidobazickým indikátorem – látkou, která mění svou chemickou strukturu v závislosti na pH prostředí. Změnou struktury dochází i ke změně zbarvení, která nám indikuje koncentraci vodíkových iontů H^+ , způsobujících kyselost roztoku.

Komentář: Pokus je vhodný pro téma kyseliny a zásady, ale také jako motivační pokus do jedné z prvních hodin chemie. Žáci pochopí, že chemické sloučeniny jsou všude kolem nás a že je běžně používáme doma. Nejdříve necháme žáky tipovat, které tekutiny jsou kyseléjší a které naopak zásaditější. Každý dopředu napíše svůj odhad. Následuje pokus a vyhodnocení nejlepšího odhadu.

Učivo: Kyseliny a hydroxidy, kyselost a zásaditost látek, měření pH, anorganické a organické látky

14. Červené zelí místo pH papírku



K rozlišení kyselého a zásaditého prostředí můžeme namísto pH papírku použít obyčejný vývar z červeného zelí. „Odtajníme“ tak podstatu pH papírku.

Pomůcky: tytéž vzorky i nádoby jako v předchozím pokusu
místo pH papírku vývar z červeného zelí



Příprava a provedení: Do každé zkumavky se vzorkem přilijeme asi 2 ml vývaru z červeného zelí a pozorujeme barevnou změnu. Poté porovnáme barevnou škálu s pH papírky.

Vysvětlení: Výluh z červeného zelí obsahuje barvivo flavin, který – podobně jako látka, jíž je napuštěn pHpapírek – barevně reaguje na změnu pH prostředí (acidobazický indikátor).

Komentář: Tento pokus je vhodné provést v návaznosti na předchozí. Porovnáním barevných změn ve zkumavkách se zbarvenými pH papírky žáci pochopí „tajemství“ výroby pH papírku. Mohou si dokonce vyrobit vlastní pH papírky: nastříhají proužky papíru, napustí je vývarem z červeného zelí a nechají uschnout. Pro starší žáky se tyto pokusy hodí jako doplňující praktické činnosti k výpočtům pH roztoku ($\text{pH} = -\log C(\text{H}_3\text{O}^+)$).

Alternativy: Místo odvaru z červeného zelí je možné použít výluh z černého rybízu. Barevná změna je také pozorována v zásaditém prostředí při použití šťávy z červené řepy, ovocného čaje, rybízové marmelády, slabého černého čaje, výluhu z petunie nebo ze slupek červené cibule. Zásadité pH můžeme vytvořit pomocí prášku do pečiva (hydrogen uhličitán sodný). Působivější barevné změny dosáhneme při použití prací sody (uhličitán sodný) nebo roztoku hydroxidu sodného ve vodě (nutno použít rukavice).

Učivo: Kyseliny a hydroxidy, kyselost a zásaditost látek, měření pH, anorganické a organické látky, přírodní látky - barviva

15. Kde jsou škroby



5-10 min



Řada potravin a dalších látek užívaných v kuchyni obsahuje škroby, zatímco řada jiných nikoli. Přítomnost škrobu nám prozradí jodová tinktura.

Pomůcky: Petriho misky nebo jiné nádoby obdobného tvaru
vzorky testovaných látek (viz níže)
jodová tinktura, která je běžně dostupná v lékárně

Příprava a provedení: Vzorky testovaných látek umístíme do nádobek a zakápneme jodovou tinkturou. Přítomnost škrobu se po čase projeví modrofialovým zbarvením. Pokud se změna neobjeví, zvlhčíme vzorek kapkou vody a znovu kápneme jodovou tinkturou.

Doporučené potraviny k testování: kukuřice, oves, rýže, ječmen, pšenice, brambor, mrkev, celer, jogurty, nezralé a zralé banány, jablka, párky, mléko, list salátu, citrónová kůra, maso, zelí, rohlík, cukr...

Vysvětlení: Důkaz škrobu v potravinách je založen na reakci jodu se škrobem za vzniku modročerného komplexu. Škrob je obsažen například v obilninách, bramborách, v některých druzích ovoce (banány, nezralá jablka), dále v mrkvi, celeru.. V pudinku se vyskytují pouze produkty hydrolýzy škrobu, tzv. dextriny, které mají kratší řetězce než původní škrob, můžeme pozorovat růžové zbarvení. Škroby ve formě dextrinů se také využívají jako přísada do lepidel (např. Lepidlo Herkules). Škrob není obsažen v maso, citrónové kůře, zelí, v mléce, v některých jogurtech zahuštěných vepřovou želatinou místo škrobu...



Komentář: Škrob je směs polysacharidů, které se skládají z mnoha glukosových jednotek. Ty jsou buď stočené do šroubovice (amylosa) nebo vytvářejí rozvětvenou strukturu (amylopektin). Právě amylosa s jodem vytváří modročerné zbarvení, které nám umožní detekovat škrob. Žáci sami zjistí, že největší obsah škrobu je v semenech a hlízách. Má tedy zásobní funkci. Živočichové škrob přijímají jako potravu, ve svém těle ho zpracují pomocí enzymu amylasy (v ústech). V tělech živočichů (v mase, mléce..) škrob nenajdeme právě proto, že je rozložen na jednoduché cukry. Tyto cukry se dále zpracovávají, a živočichové (včetně člověka) tak získávají energii. Žáci mohou také porovnat množství škrobu v nezralém zeleném banánu s množstvím škrobu v dobře vyztřalém žlutém banánu. V nezralém banánu je mnohem větší obsah škrobu. Během dozrávání se škroby rozkládají na jednodušší cukry, a obsah škrobu se tak snižuje. Proto je také zralý banán sladší.

Učivo: Přírodní látky (polysacharidy).

16. Vaření vody různými způsoby



Porovnáme různé způsoby vaření vody z hlediska času, spotřeby elektrické energie a případných dalších výhod či nevýhod.

Pomůcky: kovový kastrůlek vhodný na indukční vařič
poklička na kastrůlek
indukční vařič
rychlouvarná konvice
skleněná nádoba vhodná pro vaření vody v mikrovlnné troubě
mikrovlnná trouba
odměrka na vodu
měřič spotřeby elektrické energie 3x (lze ale vystačit i s jediným)
stopky

Příprava a provedení: Zapojíme elektrospotřebiče do zásuvky s měřičem spotřeby a nastavíme měření spotřebované elektrické energie. Odměříme stejné množství vody a měříme dobu, za kterou bude voda přivedena k varu při různém způsobu ohřevu.

Následně se ze získaných údajů dají získat různé informace – prosté stanovení žebříčku rychlosti uvaření vody, nejvýhodnější způsob z hlediska spotřebované energie, nevýhody některých způsobů (např. v mikrovlnné troubě nepoznáme okamžik, kdy se voda začne vařit) apod.

Komentář: Můžeme experimentovat i jinak: zkusit různé druhy a velikosti hrnců, vařit buď s pokličkou, nebo bez pokličky apod.

Za nejcennější výstup takové aktivity pak považujeme zdůvodnění zjištěných faktů a následná doporučení do praxe. Děti například samy zjistí, že je rychlejší i energeticky úspornější vařit s pokličkou než bez ní.

Učivo: práce elektrického proudu, příkon spotřebiče.



III. Dodatečné pokusy pro učitele

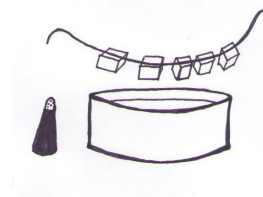


17. Ledový náhrdelník



Efektivní pokus, který můžeme chápat jako demonstrační variantu „Jednoduché chladničky“, zařazené mezi pokusy prováděné žáky podle pracovních listů.

Pomůcky: mělký talíř
kostky ledu
tenký bavlněný provázek
sůl



Příprava a provedení: Na talíř položíme kostky ledu a vyrovnáme je do řady. Přes kostky položíme provázek tak, aby jeho okraje visely přes okraje talíře. V místě dotyku provázku posypeme kostky solí. Po několika minutách můžeme zvednout ledový náhrdelník.

Vysvětlení: Sůl se rozpouští v tenké vrstvě kapaliny na povrchu ledových kostek. Rozpuštění soli je endotermní děj. Jinými slovy, na rozpuštění soli je potřeba dodat teplo z okolí. Dojde tak k ochlazení vody pod provázkem, která následně přimrzne k provázku.

Komentář: Pokus je poměrně náročný a vyžaduje trochu cviku. Tajemstvím úspěchu je vhodný provázek a správné množství soli. Provázek by měl volně ležet na ledových kostkách. Proto je vhodnější lněný provázek než provázek ze syntetických materiálů, který má tendenci kroutit se. Pokus je také snazší, pokud se spokojíme pouze s jednou ledovou kostkou na náhrdelníku. Neuspějeme-li ani v tomto případě, můžeme vyzkoušet špejli místo provázku. Za zmínku také stojí, že ke každému novému provedení pokusu je třeba získat nové kostky ledu. Provázek totiž musí být kladen na neosolený led, a pak teprve můžeme shora sypat sůl.

Učivo: změny skupenství (tání a tuhnutí); rozpouštění solí jako endotermní děj

18. Destilace kávy



Pomocí jednoduchého pokusu zjistíme, co se odpařuje z horké kávy.

Pomůcky: hrnek čerstvě uvařené kávy
chladný prázdný hrnek (vytažený z lednice či mrazáku)
talířek či malá miska

Příprava a provedení: Nad hrníčkem kávy přidržíme dnem dolů chladný hrnek. Držíme jej v šikmé poloze a pod jeho nižší část umístíme talířek či malou misku. Pozorujeme, jak se pára unikající z





homogenního černého roztoku na hrnci sráží v čirou kapalinu.

Vysvětlení: Káva je příklad homogenního roztoku, který nelze rozdělit jednoduchou metodou, jako je například filtrace. Pomocí destilace lze však dosáhnout odpaření vody; páry pak při styku s vychlazeným dnem hrnce kondenzují a kapou na talířek.

Komentář: Pokus probíhá relativně pomalu. Chceme-li dosáhnout rychlejšího odpařování vody, přelijeme kávu do hrnečku z kovu a umístíme na vařič.

Učivo: změny skupenství (vypařování a kapalnění); stejnorodé směsi, oddělování složek směsi (destilace).

19. Loupaní vajec pro líné



min 24 hod



Pomocí chemické reakce zbavíme vejce skořápkou.

Pomůcky: vejce uvařené natvrdo
miska octa

Příprava a provedení: Vložíme vejce do misky s octem. Již po chvíli by se měly objevit na povrchu vejce malé bublinky. Po jednom až dvou dnech máme vajíčko zbavené skořápkou.

Vysvětlení: Skořápka je tvořena uhličitanem vápenatým, který se v kyselém roztoku rozpouští. Jedním z produktů této chemické reakce je oxid uhličitý, viditelný v podobě malých bublinek.

Komentář:

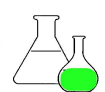
Pokud se bublinky přestanou tvořit, je potřeba dolít více octa nebo ocet vyměnit za čerstvý.

Učivo: soli, chemické reakce, kyselost a zásaditost látek.

20. Obří vejce v láhvi



24 hod + 5 min + 24 hod



Jedná se o obdobu známého pokusu, při němž je oloupané vařené vejce vtlačeno do láhve, rozšířenou o následné zvětšení vejce uvnitř nádoby.

Pomůcky: syrové vejce
miska octa
láhev se širokým hrdlem
papír
zápalky
čistá voda

Příprava a provedení: Syrové vejce oloupeme „metodou pro líné“ (v octě). Vejce zbavené skořápkou pak opatrně položíme na hrdlo láhve, ve které jsme





předtím zapálili papír. Až papír dohoří, vejce bude vtlačeno dovnitř. Poté je zalijeme dostatečným množstvím vody. Po určité době začne vejce narůstat, až dosáhne „obřích“ rozměrů.

Vysvětlení: Při hoření papíru se vzduch v láhvi ohřívá, a proto rozpíná, a část ho unikne z láhve ven. Po dohoření papíru se zbylý vzduch opět ochladí, a láhvi vznikne podtlak. Vtlačení vejce do láhve tedy způsobí atmosférická tlaková síla vnějšího vzduchu. K růstu vejce po zalití vodou dochází vlivem osmózy. Vejce je od okolního vodného prostředí odděleno pouze tenkou blánou, která slouží jako propustná membrána. Protože je uvnitř vejce vyšší koncentrace látek rozpuštěných ve vodě, voda vlivem osmotického tlaku prochází membránou dovnitř, aby tak vejce naředila a došlo k vyrovnání koncentrací.

Komentář: Pokus je – mimo samotné vtlačení vejce do láhve – časově náročný a vyžaduje trochu cviku. S oloupaným vejcem manipulujeme opatrně, aby nedošlo k poškození ochranné blány.

Vznik podtlaku v uzavřené nádobě, kde předtím hořelo, bývá někdy chybně považován za důsledek „spotřebování“ kyslíku při hoření. Kyslík však při hoření nemizí, nýbrž pouze chemicky reaguje za vzniku oxidu uhličitého a vodní páry. V malé míře přispívá ke vzniku podtlaku kondenzace vzniklé vodní páry na stěnách láhve. Zmínit můžeme i rozpuštění oxidu uhličitého ve vodě – tedy v kapkách zkondenzované páry. Hlavní příčinou vzniku podtlaku je však ochlazení plynu.

Učivo: teplotní roztažnost látek, atmosférický tlak, tlak plynu v uzavřené nádobě (podtlak); chemické reakce, soli, koncentrace, osmóza.

21. Mikrovlnná trouba

d) Marshmallow



Další efektní pokus, jehož prostřednictvím můžeme připomenout funkci mikrovlnné trouby.

Pomůcky: dva bonbóny marshmallow

Příprava a provedení: Vložíme do mikrovlnné trouby bonbón; ten brzy po zapnutí trouby značně „naroste“.

Vysvětlení: Voda, která je v bonbónu obsažena, se po chvilce začne vařit. Vzniklá pára vytvoří uvnitř bonbónu přetlak a jeho objem se zvětší. Po vyjmutí z trouby se bude bonbón v důsledku kapalnění páry rychle zmenšovat, do původního tvaru ani objemu se však již nevrátí.

Komentář: Doporučujeme porovnání bonbónu právě vyjmutého z trouby s bonbónem nepoužitým.

Učivo: elektromagnetické záření, změny skupenství (var, kapalnění), tlak plynu v uzavřeném prostoru (přetlak).



e) Úsporná zářivka 13W



Namísto varianty se žárovkou můžeme – rovněž s velkým ohlasem u žáků – pomocí mikrovlnné trouby „rozsvítit zničenou zářivku“.

Pomůcky: kompaktní zářivka
hrneček s vodou

Příprava a provedení: Na otáčecí talíř položíme úspornou zářivku (opět společně s hrnkem vody) a mikrovlnnou troubu zapneme. Zářivka – i nefunkční – se rozsvítí jasným světlem.

Vysvětlení: Uvnitř obvykle zapojené zářivky probíhá výboj ve zředěném plynu (parách rtuti). Během výboje dochází k přechodům atomů plynu do vyšších energetických stavů (excitaci); při svých návratech zpět pak atomy vracejí přijatou energii ve formě fotonů, a to v oblasti UV světla. Tyto fotony – pro uživatele zářivky samy o sobě bezvýznamné – způsobují excitaci molekul luminoforu na vnitřní straně zářivkové trubice, a teprve ony pak při návratech zpět na nižší energetické hladiny vyzařují fotony viditelného světla. Podmínkou vzniku výboje v zářivce je ionizace plynu, kterou zde zajišťují elektrony vylétávající z rozžhavených kovových elektrod a vysoké napětí.

V případě zářivky v mikrovlnné troubě rovněž dochází k excitaci atomů rtuti a jevům od ní se odvíjejícím – proto zářivka svítí, jako by byla užita standardně. Atomy excitují zaprvé proto, že jsou mikrovlnným zářením rozkmitávány, a zadruhé v důsledku srážek s elektrony vylétávajícími z rozžhavených kovových elektrod; ta se rozžhavía zčásti ze stejného důvodu jako vlákno žárovky v předchozím pokusu a zčásti v důsledku vířivých proudů.

Učivo: elektromagnetické záření.

Zdroje některých námětů:

JURMANOVÁ, J. Cikháj – fyzikální soustředění studentů středních škol. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 12* [on-line]. Praha, 2007. [cit. 1. 4. 2010] <http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_12/12_01_Jurmanova.html

Heuréka! : 38 pokusů pro malé debrujaře. Praha : Asociace malých debrujařů České republiky, 2002.

<http://www.vscht.cz/fch/cz/vyuka/pokusy.html> [cit. 1. 4. 2010]

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky s jednoduchými pomůckami*. Praha: Prometheus, 1995. ISBN 80-85849-99-2.

LÁNSKÝ, S. *Pokusy pro malé debrujaře 2*. Praha : Asociace malých debrujařů ČR, 1995.

BLAKEY, N. *Nápadník na doma i na ven*. Praha : Albatros, 2002. ISBN 80-00-01054-2.

STENVIK, B. I. *Kjøkkenkjemi en samling enkle kjemiesperimenter*. Trondheim: NTNU-trykk, 2006. ISBN 978-82-92088-29-6

ŽILAVÝ, P. *Pokusy s indukčním vařičem* [online]. Praha : Univerzita Karlova v Praze,



Matematicko-fyzikální fakulta, 2008 [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <http://kdf.mff.cuni.cz/~zilavy/clanky/Pokusy_s_indukcnim_varicem.pdf>.

<http://fyzweb.cuni.cz/dilna/krouzky/mikrov/mikrov.htm>

<http://www.greensock.com/portfolio/MicroManiac/index.html> [cit. 30. 4. 2010]

LORBEER, G. C. *Fyzikální pokusy pro děti : náměty a návody pro zajímavé vyučování : hmota, energie, vesmír, letectví*. Praha : Portál, 1998. ISBN 80-7178-181-9

BÖHMOVÁ, H. *Jednoduché pokusy s přírodními látkami*. Praha: PFUK, 2009.

40 lehkých pokusů pro malé debružáry 3. Bučovice : Asociace malých debružárů České republiky, 1993.