

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra experimentální fyziky

KULINÁŘSKÁ FYZIKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ABSTRAKT

Kuchyň je velká fyzikální laboratoř, která využívá nejmodernějších poznatků fyziky jako vědy. V bakalářské práci objasním fyzikální principy činnosti některých běžných zařízení, které v kuchyni používáme (chladnička, mraznička, mikrovlnná trouba, Papinův hrnec), a vysvětlím jevy, ke kterým dochází během přípravy pokrmů (objasnění jevů při vaření vajec, pevnost skořápky, čerstvost a stáří vajec, ohřívání pokrmů v mikrovlnné troubě, denaturace bílkovin, osmóza brambor, ...).

ABSTRACT

The kitchen is a large physics laboratory, which utilizes the latest knowledge of physics – as a science. In the work I explain the physical principles of some common devices that we use in the kitchen (fridge, freezer, microwave oven, Papin's pot), and I explain phenomena that occur during cooking (explanation of phenomena in cooking egg, shell strength, freshness and age eggs, heating food in a microwave oven, protein denaturation, osmosis potatoes ...).

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce RNDr. Renatě Holubové, CSc. za odborné vedení, rady a připomínky, které přispěly ke vzniku mé bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Renaty Holubové, CSc. a použila jsem literaturu uvedenou v závěru bakalářské práce.

Zuzana Frňková

OBSAH

1. Úvod	6
2. Teoretická část	7
2.1. Co je to kulinářská fyzika?	7
2.2. Vejce	10
2.2.1 Složení vejce	10
2.2.2 Jak dlouho se vaří vejce?	12
2.3. Fyzika v domácnosti	16
2.3.1 Mikrovlnná trouba	16
2.3.2 Chladničky a mrazničky	20
2.3.3 Papinův tlakový hrnec	23
3. Experimentální část	28
3.1. Pokusy s mikrovlnnou troubou	28
3.1.1 Chléb v mikrovlnné troubě	28
3.1.2 Měření rychlosti světla	29
3.1.3 Hroznová plazma	31
3.1.4 Rozmrazování v mikrovlnné troubě	33
3.1.5 CD v mikrovlnné troubě	35
3.2. Pokusy s vejci	36
3.2.1 Jak poznat vařené vejce od vejce syrového?	36
3.2.2 Jak poznat čerstvé vejce?	37
3.2.3 Vejce v láhvi	38
3.2.4 Vejce jako nosníky	39
3.2.5 Denaturace bílkovin	39
3.3. Pokusy s ostatními pomůckami	40
3.3.1 Voda v papírové pánvi	40
3.3.2 Lámání špaget	41
3.3.3 Osmóza brambor	42
4. Závěr	44
5. Literatura	45

1. ÚVOD

Mnoho studentů, žáků, ale i dospělých fyziku považuje za předmět zcela odtrhnutý od praktického života. Takto k ní přistupují a poučky se učí jen mechanicky bez hlubšího porozumění a bez představy využití těchto znalostí v běžném každodenním životě.

S pokusy ve fyzice se zpravidla žáci setkávají v laboratorních pracích na základní i střední škole. Ty jsou ale do výuky zařazovány zřídka. Hlavním důvodem je nedostatek pomůcek, času a neznalost řešit zajímavým způsobem problémy v laboratorních pracích. Má práce by mohla být vodítkem a inspirací jak pro studenty, tak i pro učitele fyziky základních a středních škol. Tyto pokusy si mohou žáci následně zopakovat samostatně i doma, pochlubit se s nabytými poznatky před rodiči a kamarády a takto si problematiku ještě hlouběji procvičit a snadněji si zapamatovat teorii nezbytnou k provedení a objasnění pokusů. Vysvětlit i jiné - podobné jevy, se kterými se v kuchyni setkávají, již pro ně nebude tak složité.

Cílem mé bakalářské práce je ukázat čtenáři pár zajímavých příkladů a pokusů, které si z větší části může doma provést. Sám čtenář pozná, že s poznatky nabytými ve fyzice se v kuchyni setkává více, než si uměl dříve představit. Znalostmi z fyziky a pochopením fyzikálních jevů může předejít mnohým komplikacím.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. CO JE TO KULINÁŘSKÁ FYZIKA?

Chceme-li nalézt odpověď na výše položenou otázku, měli bychom nejdříve rozšifrovat pojem fyzika. V každé učebnici nalezneme šifru různě formulovanou, ale s podstatou stejnou. „Fyzika je přírodní věda, jejímž předmětem zkoumání jsou dvě formy hmoty - látka a pole; zkoumá hmotné objekty s nejrůznějšími strukturními a organizačními úrovněmi, jejich vzájemné působení a jejich doposud známé nejjednodušší, a tím i nejobecnější formy pohybu.“ [6, str. 9] Je to věda přírodní a velice obsáhlá, a proto ji dále dělíme na specifitější obory (mechanika, optika, atomová a jaderná fyzika, elektřina a magnetismus, termika, akustika, astronomie). Fyzika využívá metod buďto teoretických, nebo experimentálních. Teoretická fyzika se snaží racionálně vysvětlit fyzikální jevy, které se odehrávají v přírodě. Často zde používáme matematické, fyzikální či chemické vzorce. Pracujeme zde se zákony, které realizujeme v konkrétních případech. Experimentální fyzika se realizuje prostřednictvím pokusů, které probíhají v laboratořích, kde my sami podmínky ovlivňujeme, a prostřednictvím pozorování, například v přírodě, kde už podmínky nezávisí jen na nás, ale i na okolnostech, jako jsou stmívání, déšť... Obě tyto metody jsou v souladu, bez jejich znalostí nemůžeme pochopit základní přírodní jevy. Fyzika má význam pro další přírodní vědy, pro rozvoj techniky, její poznatky se uplatňují například v chemii, biologii, geologii či meteorologii.

Kulinářská fyzika je věda úzce spjata s fyzikou jako takovou. Je to věda spojující fyziku, chemii, biologii a lékařství. Do tajů kulinářské fyziky tudíž nemůžeme proniknout pouze se znalostmi fyziky, musíme se zabývat i vědami ostatními.

Fyzikální pokusy provádíme zpravidla v laboratoři. Jedná-li se o fyziku kulinářskou, místo působiště se přesouvá do kuchyně. Ve fyzikální laboratoři najdeme zkumavky, kádinky, kahany, stojany, azbestové sítě, délková měřítka, zatímco v kuchyni zkumavky a kádinky nahradíme hrnci a skleničkami, kahan sporákem, délková měřítka odměrkami... Jak je již zřejmé, existuje jistá analogie mezi výše zmiňovanými „laboratořemi“.

Kuchyň je místností v domácnosti, kde se jídlo uchovává, připravuje a následně konzumuje. V dnešní době už má skoro každý „tuto laboratoř“ vybavenou mikrovlnou troubou, varnou konvicí, sporákem, lednicí, mrazničkou, mixérem a mnoha dalšími spotřebiči. V závislosti na tom, jak máme kuchyň velkou a co od ní očekáváme, najdeme v ní i myčku, toustovač, kávovar či sušičku.

Kuchyň je snad tak stará jako lidstvo samo. Jen její podoba se „trošičku“ mění. V dobách dávno minulých bylo kuchyní ohniště umístěné v blízkosti obydlí a používaly se jednoduché nástroje ze dřeva. Dnes je to hotová laboratoř plná přístrojů a nástrojů.

Výživa zastává jednu z nejvýznamnějších pozic mezi faktory životního prostředí ovlivňující zdravotní stav obyvatelstva, jeho fyzickou zdatnost a výkonnost, prodlužování života, psychickou stabilitu a odolnost. Přeměnou potravy v organismu se uvolňuje energie potřebná pro činnost jednotlivých orgánů a při tělesné aktivitě i kosterního svalstva. Pro spokojený život musí člověk správně jíst a pít. Pouze výživou se zvyšuje naše tělesná hmota a probíhá obnova některých částí těla. Výživou získáváme také sílu potřebnou pro vykonávání fyzické práce. Správnou výživou si také pěstujeme odolnost našeho organismu vůči různým nemocem. Bez dostatečné výživy nemůže být člověk živ, bez správného stravování nemůže být zdravý. [4]

Naše energetická potřeba je kryta třemi základními živinami, jimiž jsou bílkoviny, tuky a cukry. Důležitý je ovšem i přísun minerálních látek, hlavně vápníku, jódu a železa. Nezbytnou roli pro naše zdraví hrají také vitamíny. Samozřejmostí pro správnou výživu je strava bohatá na vlákninu, která je zastoupena hlavně v ovoci a zelenině. Nesmíme opomenout tekutiny ve správném množství. Existuje mnoho teorií, jak se stravovat. Všechny mají společného jmenovatele. Strava musí být pestrá a hodnotná, aby se stala prevencí proti různým onemocněním. Člověk ji musí přijímat v takovém množství, aby si udržel optimální tělesnou hmotnost, neboť nadváha i velmi nízká váha vážně poškozuje zdraví. Nadváha zvyšuje riziko vyššího krevního tlaku, mozkové mrtvice či výskytu křečových žil.

Pohled na výživu se mění s dobou a životním stylem obyvatelstva. Například dříve se propagoval v potravě velký obsah bílkovin živočišného typu. Množství se pohybovalo okolo jednoho gramu na kilogram váhy člověka. Po každém uplynulém desetiletí se předepsané množství bílkovin snižovalo. Současné výzkumy poukazují na fakt, že strava hodně bohatá na bílkoviny může způsobit revmatické choroby či osteoporózu. Nyní se hodnoty příjmu bílkovin pohybují kolem 0,75 gramů na kilogram. Množství bílkovin mimo jiné souvisí i s tělesným růstem. V některých státech Afriky, kde konzumují ve vysoké míře bílkoviny živočišného typu (maso, mléko), jsou lidé vysocí. V minulosti se nevědělo, že vysoký příjem bílkovin, který způsobuje rychlejší růst, vážně škodí našemu zdraví. Lidé sice rostou rychleji, ale také dříve umírají. V rozvinutých zemích děti přijímají potravu s vysokou kalorickou hodnotou, což jim během dospívání způsobuje velké problémy, hrozí jim obezita a cukrovka. Jak je vidět, množství bílkovin ve stravě a jejich kalorická hodnota značně ovlivňuje náš budoucí život. [4]

Současně je naše energetická potřeba kryta sacharidy. Ty jsou základním a velice důležitým zdrojem energie. Fungují také jako krátkodobá zásoba energie, jako stavební či zásobní látky. Některé mají svůj původ v přírodě, jiné jsou vyráběny zcela synteticky. Pouze rostliny a některé autotrofní organizmy (organizmy, které jsou schopny samy vytvářet organické látky z látek anorganických) si mohou sacharidy vyrábět samy pomocí fotosyntézy z vody a oxidu uhličitého pomocí sluneční energie. My lidé jsme ale závislí na jejich přijímání v potravě.

Tuky patří mezi hlavní živiny člověka a jsou nejvydatnějším zdrojem energie. Jsou součástí buněk organismu, umožňují vstřebávání vitamínů, jsou potřebné k tvorbě hormonů, pomáhají udržovat tělesnou teplotu. Tuky dělíme na rostlinné a živočišné. Rostlinné tuky získáváme z rostlin, které jsou nashromážděny v plodech či semenech. Rostlinné tuky neobsahují cholesterol, ba dokonce nám jej pomáhají snižovat, zatímco živočišné tuky přispívají ke zvyšování hladiny cholesterolu v krvi.

Správné stravování není pouze o tom, aby náš denní přísun potravy měl dostatečné množství kalorií, aby strava byla pestrá na vitamíny a jiné potřebné látky, ale také o našem psychickém stavu a vrozených předpokladech. Už od dob minulých je známo, že na každé jídlo si musíme udělat čas, máme jíst v klidu a v námi příjemném prostředí.

Správné stravování je velice důležité. I potraviny, které nelahodí našemu oku a chuti, ale jsou důležité pro naše zdraví, si můžeme připravit tak, abychom z nich měli požitky. To už od dob minulých provádíme právě v kuchyni.

Abychom si uměli vysvětlit a zdůvodnit, proč přijde voda do varu rychleji v hrnci s pokličkou, na jakém principu funguje škrábání brambor, proč naklepáváme maso, co se děje s potravinami při zmrazení, musíme mít alespoň minimální poznatky z fyziky.

Bez odpovědí na otázky typu proč můžeme také fungovat. Všechny skutečnosti přijmeme jako fakt. Vše se naučíme jako básničku. Setkáme-li se však s novou skutečností, o které nic nevíme, jejíž podstatu neznáme, bez přemýšlení a znalosti odpovědi na otázku proč, napácháme svou další činností v kuchyni více škody než užitku. Pojdme zkusit této situaci předejít a o problémech přemýšlet a zabývat se jimi. Budete se divit, ale může to být hodně zajímavé!

2.2. VEJCE

2.2.1 SLOŽENÍ VEJCE

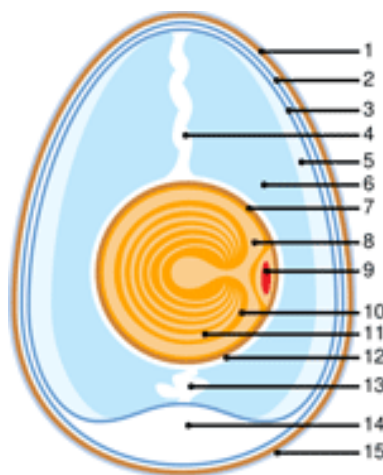
Vejce má v kuchyni nepostradatelný význam. Nenahraditelnou roli hraje při přípravě drobných svačin, hlavních pokrmů nebo samostatných jídel. Lze ho připravovat v mnoha chuťových variacích. Jindy naopak chuťově ani nemusíme poznat, že v pokrmu, který právě jíme, se vyskytuje. Tvar vejce je elipsoidní, s jedním koncem tupějším a druhým ostřejším. Povrch skořápky může být hladký nebo drsný dle způsobu uložení skořápečných vrstev. [10]

Již malé dítě ví, že vejce je složeno ze skořápky, bílku a žloutku. Procentuálně můžeme vyjádřit jednotlivé zastoupení těchto složek takto:

- žloutek - okolo 31% hmotnosti vejce
- bílek - až 61% hmotnosti vejce
- podskořápečné blány
- skořápka - 10% hmotnosti vejce [28]

Vejce můžeme analyzovat i z hlediska energetických potřeb. Skládá se z 75% vody, 12% bílkovin, 11,5% tuku, zbylou část tvoří bílkoviny a minerální látky.

Existuje mnohem přesnější popis ptačího vejce. Je složeno z 15 částí, kterými jsou:



Obrázek 1: *Složení vejce* [26]

1 - skořápka, 2 - vnější papírová blána, 3 - vnitřní papírová blána, 4 - poutko, 5 - vnější řídký bílek, 6 - hustý bílek, 7 - žloutková blána, 8 - výživný žloutek, 9 - zárodečný terčík (tvořivý žloutek + zárodek), 10 - tmavý (žlutý) žloutek, 11 - světlý žloutek, 12 - vnitřní řídký bílek, 13 - poutko, 14 - vzduchová komůrka, 15 - kutikula [26]

Skořápka

Skořápka zaujímá 10% hmotnosti vejce, z 95% je tvořena vápníkem. Ve značném množství obsahuje póry. Může jich být až 17000 na jedno vejce. Tyto póry umožňují výměnu vzduchu mezi vejcem a okolím. Vejce má pod skořápkou dvě blány, které obsahují vzduchové bubliny. Barva skořápky je především přizpůsobena tak, aby byla chráněna před predátory, je ovlivněna plemennou příslušností. Především jde o barvu světle hnědou, v méně častých případech může být barvy bílé. Ta se vyskytuje zejména u ptáků, kteří žijí v norách nebo dutinách stromů. Existují i vejce černá (emu), bílá s černými flíčky (ústřičník) a jiná. Tloušťka skořápky značně souvisí s velikostí vejce. Jde o to, aby unesla ptáka, který na ní sedí, ale zároveň musí být dostatečně tenká na to, aby se z ní mohlo líhnoucí ptáče dostat. Pro přísun vzduchu pro vyvíjející se zárodek slouží právě pórovitost skořápky. Jako další zdroj vzduchu slouží vzduchová komůrka, která je umístěna na tupém konci vejce.

Kutikula

Kutikula, nebo také hlenovitý obal, se nachází na povrchu skořápky. Vzniká cca 10 minut před snesením vejce. Jejím hlavním cílem je usnadnit snesení vejce díky její kluzkosti. U čerstvě snesených vajec dochází k jejímu okamžitému setření, aby nedošlo k jejímu zaschnutí a následnému ucpání pórů ve skořápce. Kutikula mimo jiné přispívá také k pevnosti skořápky.

Podskořápečné blány

Funkcí podskořápečných blan je chránit vejce. Rozdělujeme je na vnitřní bílkovou blánu, která přiléhá k bílku, a vnější bílkovou blánu, která přiléhá ke skořápce. Po snesení vejce dochází vlivem snížení teploty k smrsknutí vaječného obsahu a tyto blanky se od sebe oddělí. Tím vzniká na tupém konci vejce vzduchová komůrka, která se se stárnutím vejce zvětšuje. [28]

Žloutek

Žloutek představuje přibližně 30% hmotnosti vejce. Obsahuje 50% vody, 16% bílkovin, 1,7% minerálních látek, 0,3% sacharidů a 32% tuku. Je nezbytný pro výživu zárodku. Má tvar zploštělé koule, jeho průměr se pohybuje okolo 35 mm – 40 mm. Na povrchu žloutku se nachází jemná blanka, nazývaná vitelinní membrána, která chrání obsah žloutku před jeho vylitím. Žloutek se skládá z několika vrstev světlého a tmavého žloutku, ty se pravidelně střídají. Světlý žloutek obsahuje více vody a bílkovin, naopak tmavý žloutek obsahuje více lipidů a pigmentu. [28] Světlý žloutek uprostřed vejce vytváří dutinku, kterou označujeme jako latebra, představuje první výživu pro vyvíjející se zárodek. Na horní části

žloutku můžeme pozorovat zárodečný terčík, který je šedobílé barvy a dosahuje velikosti kolem 2 - 3 mm.

Vaječný žloutek je plný prospěšných látek pro lidský organizmus, je jedním ze zdrojů důležitých vitamínů a minerálů. Žloutek je bohatý na biotin, vitamíny skupiny B, vitamíny skupiny E, vitamín A a vitamín D. Z minerálních látek se jedná především o železo, draslík, fosfor, zinek a selen.

Donedávna se tvrdilo, že vejce obsahuje poměrně vysokou hodnotu cholesterolu. Avšak díky obsahu lecitinu ve vaječném žloutku, což je látka přispívající ke snížení hladiny cholesterolu v krvi, se z vejce stává vyvážená potravina.

Bílek

Bílek představuje přibližně 60% hmotnosti vejce, z 80% je tvořen vodou, dále obsahuje bílkoviny (11%), sacharidy (0,7%), minerální látky (0,7%) a vitamíny (skupiny B). Bílek neobsahuje žádný tuk. Na žloutkovou blánu se těsně přimyká nejhustší bílek, zvaný také chalázový, který směrem k oběma pólům vejce vytváří poutka (chalázy), umožňující natáčení zárodečného terčíku k teplu samice sedící na vejcích. Tyto poutka mají ještě další funkci, jde o udržení žloutku ve středu vejce. Ostatní bílek je ve vnitřní vrstvě řídký a v povrchové vrstvě hustý. Připojení bílku ke skořápce zajišťují podskořepkové blány vnější a vnitřní. [10]

Skladování vajec

Vejce skladujeme v suchu a chladu. Přenášením vajec z chladu do tepla či naopak dochází k zvlhnutí skořápky, a tím se stávají dobrou půdou pro bakterie. Na krátkou dobu ukládáme vejce do stojánku špičkou dolů, aby mohla dýchat, občas je však převracíme, aby nedošlo k usazení žloutku na jedné straně. Pokud chceme vejce skladovat delší dobu, můžeme je naložit. Může to být do vápna, do vodního skla či jiných konzervačních prostředků. [25]

2.2.2 JAK DLOUHO SE VAŘÍ VEJCE?

Uvařit vejce natvrdo není žádný těžký úkol. Přesto nám během jeho vaření můžou nastat menší problémy. V horké vodě se obsah vejce, a především vzduch rozpínají, a tím skořápka praskne a bílek částečně vyteče. Tomuto můžeme předejít. Stačí do plošší části vejce, tedy tam, kde má vzduchovou bublinu, udělat špendlíkem díрку. Nebo také můžeme vodu, ve které vejce vaříme, osolit, popřípadě přidat pár kapek octa. Po osolení vody totiž zabraňují větší ionty sodíku a chlóru molekulám vody v jejich pronikání přes obaly dovnitř vejce. Po uvaření se nám také může stát, že vejce jde špatně oloupat, abychom tomuto

předešli, musíme co nejrychleji teplou vodu vyměnit za studenou. Obecně je známo, že starší vejce jdou loupat lépe než vejce čerstvá. [19]

Většina kuchařek uvádí následující: chceme-li vejce s tekutým žloutkem (vejce naměkko), vaříme jej 2,5 - 3 minuty, 4 - 5 minut pro středně tekutý žloutek (vejce na hniličku) a 7 - 9 minut pro žloutek pevný (vejce na tvrdo). Doba vaření se počítá od doby, kdy voda začne opět vřít po vložení vejce do vody, tedy kdy se ode dna odrazí první velká bublina. V případě, že je vejce menší, odečteme jednu minutu, v případě, že je větší, naopak jednu minutu přičteme. Pojďme se touthle problematikou zabývat hlouběji. Jaké jsou hlavní parametry pro správné uvaření vejce? Souvisí doba vaření například s velikostí vejce, dále s tím, je-li vejce určené k vaření bráno z lednice či z místnosti o pokojové teplotě, je-li dáno do studené nebo vařící vody...[13]

Vzorec pro dobu vaření vejce

Tento vzorec byl publikován panem doktorem Charlesem D. H. Williamsem (přednáší fyziku na univerzitě v Exeteru). Vzorec vychází z jednoduchých veličin:

$$\tau = 0,451 \, m^{2/3} \ln \left[0,76 \cdot \frac{(t_{vejce} - t_{voda})}{(t_{zloutek} - t_{voda})} \right] \quad (1)$$

$t_{vejce} = [^{\circ}\text{C}]$ počáteční teplota vejce

$t_{voda} = [^{\circ}\text{C}]$ teplota vody

$t_{zloutek} = [^{\circ}\text{C}]$ požadovaná teplota žloutku - vejce naměkko 65°C a méně
- vejce natvrdo 72°C a více, převážně 77°C

$\tau = [\text{min}]$ doba vaření

$m = [\text{g}]$ hmotnost vejce

Ne vždy máme možnost vejce zvážit, i proto existuje vzorec Petra Barhama. Vzorec pro dobu vaření vejce přejde ve tvar:

$$\tau = 0,0152 \, c^2 \ln \left[2 \cdot \frac{(t_{voda} - t_{vejce})}{(t_{voda} - t_{zloutek})} \right] \quad (2)$$

$t_{vejce} = [^{\circ}\text{C}]$ počáteční teplota vejce

$t_{voda} = [^{\circ}\text{C}]$ teplota vody

$t_{zloutek} = [^{\circ}\text{C}]$ požadovaná teplota žloutku - vejce naměkko 65°C a méně
- vejce natvrdo 72°C a více, převážně 77°C

$\tau = [\text{min}]$ doba vaření

$c = [\text{cm}]$ obvod vejce

Co se děje v průběhu vaření vejce?

Při vaření se nejdříve ohřívají bílkoviny, které se začnou srážet ve vaječný bílek. Proces srážení bílkovin nastává při teplotě 61,5°C, v tuto chvíli je bílek mléčný. Bílek se skládá převážně z bílkoviny albumin (tvoří 54% bílku), která se sráží až při teplotě 84,5°C. Až tehdy se tedy bílek stává tuhým. Během srážení bílku není převedena žádná tepelná energie do žloutku. Tuhnutí bílku se chová jako tepelný izolant pro žloutek. Ten se začne srážet až tehdy, když je bílek zcela ztuhlý. Čas, který je potřebný k tomu, aby měl bílek teplotu 80°C, je asi 3 minuty. Následuje fáze tuhnutí. Během této fáze zůstává žloutek měkký. Čas, než bílek zcela ztuhne, je 2 - 3 minuty. V rozmezí 80°C - 90°C začíná žloutek hrudkovatět a my dostaneme vejce natvrdo. [1] Tyto změny jsou uvedeny v následující tabulce:

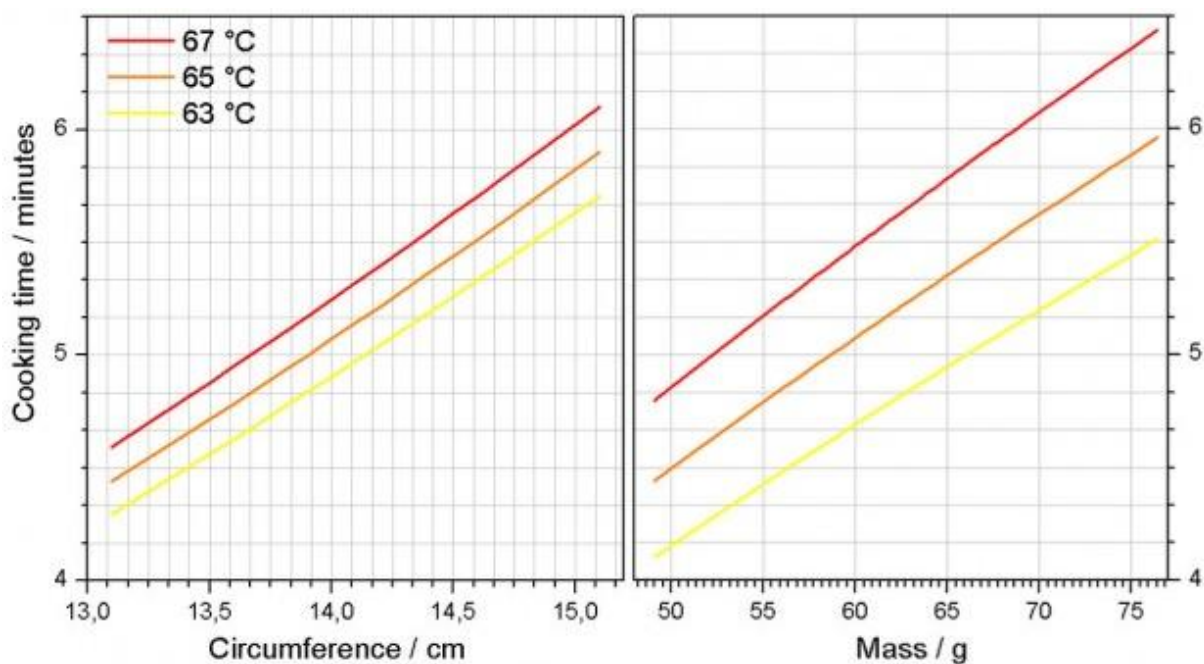
Tabulka 1: Tuhost vejce v závislosti na teplotě [13]

Teplota [°C]	Bílek	Žloutek
62	Začíná tuhnout, řidký	Tekutý
64	Částečně tuhý	Začíná tuhnout
66	Většinově tuhý	Měkký
70	Částečně pevný, vláčný	Měkký, tužší, voskový
80	Zpevněný	Zpevněný
90	Pružný, pevný	Hrudkovitý

Dokázaným faktem je, že teplota varu vody u hladiny moře je 100°C. Ve vyšších nadmořských výškách se snižuje, konkrétně o 0,3°C na každých dalších 100 metrů nad mořem.

Můžeme si položit otázku, proč se v sauně při téže teplotě jako doma na sporáku vejce vaří několik hodin? Odpověď je jednoduchá. Vzduch má téměř tisíckrát menší hustotu než voda, a proto je tepelná výměna ve vzdušném prostředí mnohem nižší. [2]

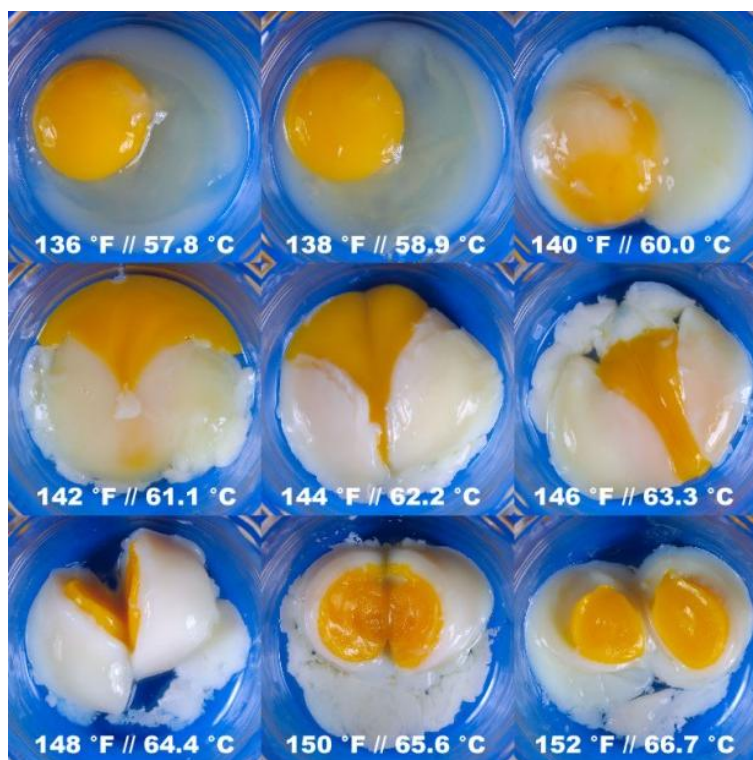
Pomocí následujícího grafu můžeme vyčíst, jak se má vejce dlouho vařit. Zohledňujeme dvě kritéria: obvod vejce a váhu vejce, přičemž pracujeme s teplotou vody 100°C a teplotou vejce 4°C.



Obrázek 2: Doba vaření vejce v závislosti na obvodu a hmotnosti [13]

Například má-li naše vejce obvod 14 cm a my jej požadujeme uvařit s naprosto tekoucím žloutkem (tedy vejce naměkko), vaříme 4 minuty 55 sekund. Budeme-li vycházet z váhy vejce, pak přiměřená doba vaření 65 g vejce bude zhruba 4 minuty 58 sekund.

Dále můžeme vidět, jak průřez vejce vypadá při různých teplotách.



Obrázek 3: Řez vejcem při různých teplotách [13]

2.3. FYZIKA V DOMÁCNOSTI

Pro pochopení dějů, ke kterým dochází v kuchyni, je nutná znalost fyzikálních jevů a teorie. Strohá teorie však nikoho moc nezaujme. Svou teoretickou část bakalářské práce tedy oživím vkládáním zajímavých příkladů. Někomu stačí přečíst otázku a odpověď, někdo si ale po otázce s odpovědí přečte se zájmem i teorii, aby odpověď pochopil.

2.3.1 MIKROVLNNÁ TROUBA

1. Z jakého důvodu se v mikrovlnné troubě porcelánové či plastové nádoby přímo neohřívají? [2]

U těchto materiálů dochází pouze k nepřímému zahřátí od pokrmů, které obsahují vodu. Frekvence zdroje mikrovlnného záření je volena tak, aby záření rezonančně rozkmitávalo co nejvíce právě molekuly vody, a tím jim předávalo svoji energii. Nevodivé neobsahující vodu toto záření téměř nepohlcují, a proto se v mikrovlnné troubě téměř neohřívají. [2]

2. Proč nemůžeme v mikrovlnné troubě používat kovové nádoby? Proč na okrajích pozlacených talířů vzniká jiskření? [2]

Vložením elektrického vodiče do mikrovlnné trouby bude docházet ke vzniku indukovaných proudů v tomto vodiči. Tyto proudy například způsobují jiskření v místech přerušení pozlacení talířů. Jiskry jsou výboje uzavírající přerušovaný kruhový elektrický obvod indukovaných proudů. Mikrovlnnou troubu si můžeme představit jako transformátor, jehož primárním vinutím je mikrovlnný zdroj a sekundárním v troubě umístěné vodivé těleso. Vyvoláním vířivých proudů ve vodiči elektromagnetickým vlněním se zvýší výkon a zatížení mikrovlnného zdroje, a tím může dojít až k jeho poškození. [2]

3. Jaká je hlavní výhoda mikrovlnné trouby při ohřevu či vaření potravin? [2]

Mikrovlnná trouba ohřívá pouze pokrm a tepelné ztráty jsou oproti klasickému ohřívání mnohem menší. [2]

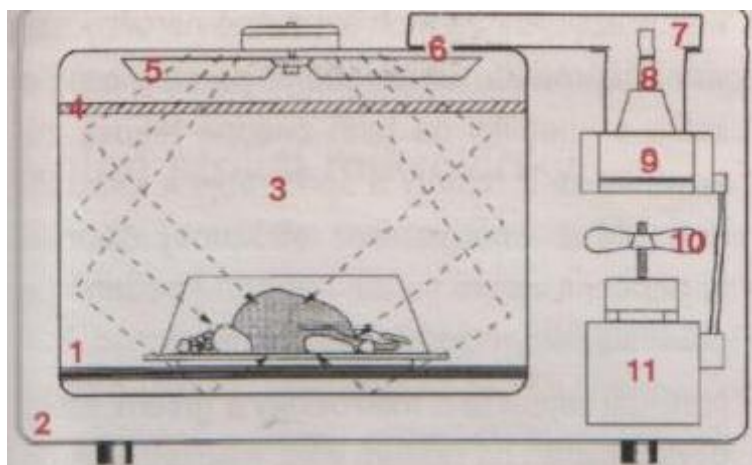
Mikrovlnná trouba je kuchyňský elektrický přístroj. Je nám častým pomocníkem při ohřevu různých pokrmů. Některé „univerzálnější“ mikrovlnné trouby umožňují nejen ohřev potravin, ale také grilování či rozmrazování. Oblíbenost mikrovlnné trouby v dnešní době stoupá, umožňuje nám rychlý ohřev jídla takřka bez práce. Stačí pouze dát dotyčnou potravinu na talíř, ten následně vložit do trouby a poté vyčkat pár minut.

Historie

Mikrovlnná trouba spatřila světlo Světa již po druhé světové válce jako vedlejší produkt radarů. Využití mikrovln napadlo roku 1946 náhodně Američana Dr. Percyho Spensera. Při pokusech s magnetronem zjistil, že se mu v kapse roztavily bonbóny. Když k magnetronu přiblížil kukuřici, došlo k jejímu puknutí. Dr. Spenser pochopil, že by takto šly ohřívat nejrůznější pokrmy. Na základě jeho patentu přišly o rok později na trh do Ameriky první mikrovlnné trouby. Magnetron byl tehdy chlazen vodou, ohřívací komora svou výškou připomínala šatník. Bylo proto nutné vyvinout pro domácnost trouby mnohem menší se vzduchem chlazenými magnetrony. První takové trouby byly vyrobeny roku 1966. U nás mikrovlnnou troubu dnes používá přes 50% domácností, v Americe dokonce 90%. [8]

Na jakém principu mikrovlnná trouba pracuje?

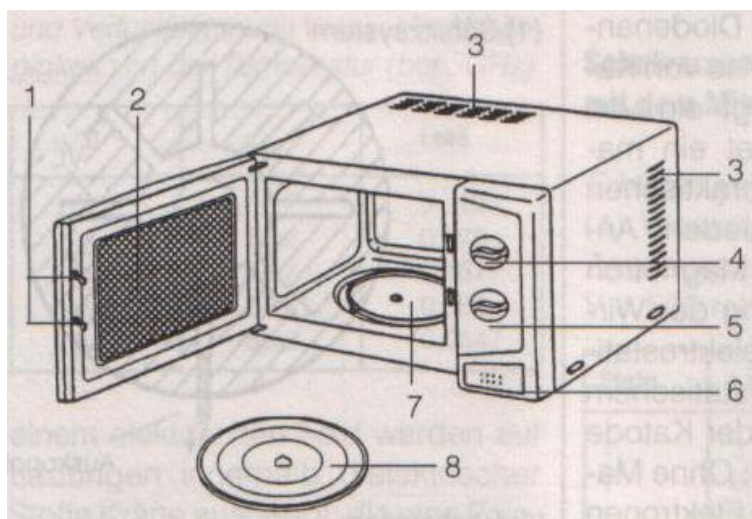
Běžné mikrovlnné trouby v domácnostech používají frekvenci 2450 MHz a pracují s výkonem od 500 wattů do 1100 wattů. Mikrovlny generuje elektronka zvaná magnetron, po zapnutí jsou rozptylovány do všech směrů. Při jejich dopadu na kovové stěny mikrovlnné trouby se odrážejí a potraviny vložené do trouby absorbují jejich energii. Molekuly vody obsažené v potravinech se při absorbování energie mikrovln rozkmitají a působením tření se potravina v troubě ohřívá. Stejnoměrnost ohřívání je zaručena tím, že potraviny jsou vloženy na talíř, který se otáčí. [22]



Obrázek 4: Mikrovlnná trouba zevnitř [8]

1 - dveře, 2 - skříňka, 3 - vnitřní komora, 4 - strop, 5 - vrtulkový víříč, 6 - vstup mikrovln, 7 - vlnovod, 8 - vyzařovací anténa, 9 - magnetron, 10 - ventilátor, 11 - transformátor VN [8]

Mikrovlny vyzařuje do vlnovodu krátká vysílací anténa na magnetronu nebo invertoru. Tato vysílací elektronka je napájena vysokonapětovým transformátorem. Vlny vstupují vlnovodem do vnitřní komory trouby okénkem přes otáčející se hliníkovou vrtulku (víříče vln), která je odráží do nejrůznějších směrů, z nichž se pak dále tisíckrát odrážejí o její lesklé stěny. Vrtulka se otáčí přibližně 50krát za minutu proudem vzduchu, který prohání kolem magnetronu a transformátoru vrtulka ventilátoru, která se stará o jejich ochlazení. [8]



Obrázek 5: *Mikrovlenná trouba zvenku [3]*

1 - bezpečnostní zámek, 2 - sklo dvířek, 3 - větrací otvory, 4 - vypínač mikrovlnky, 5 - časovač, 6 - tlačítko otevírání dveří, 7 - náhon otočného talíře, 8 - otočný talíř [3]



Obrázek 6: *Celý magnetron [18]*



Obrázek 7: *Magnetron shora [18]*

Co jsou mikrovlny?

„Mikrovlny jsou velmi krátké elektromagnetické vlny s délkou 12,5 cm a šíří se rychlostí světla. Vysílačem vln jsou speciální druhy elektronek - tzv. magnetrony, nověji i tzv. invertory.“ [8, str. 34] Magnetrony pracují s kontinuálním výkonem jen při nastavení plného

výkonu a při nastavení nižších stupňů pracují impulzně – se střídavým zapínáním a vypínáním, zatímco invertory vyzařují nepřetržitý regulovatelný výkon. Invertor je rozměrově menší, což umožnilo zvětšení prostoru komory pro ohřívání a vaření. [8] Mikrovlny se hojně užívají pro vysílání televize, v radarech pro navigaci či pro telekomunikaci, zahrnující mobilní telefony. Mikrovlny se šíří prostorem, odrážejí se od předmětů a jsou pohlcovány materiály, které obsahují vodu, například potraviny. Takto pohlcená mikrovlnná energie se následně mění v teplo. [22]

Bezpečnost a rizika mikrovlnné trouby

Konstrukce mikrovlnných trub zajišťuje, že mikrovlny jsou uzavřeny uvnitř trouby a mohou být zapnuty, jen když jsou zavřená dvířka trouby a současně je zapnut elektrický spínač. Pronikání vln spárami u dvířek je omezené konstrukcí tak, že úroveň vyzařování je bezpečně pod hodnotami doporučenými mezinárodními standardy. [22]

Mikrovlnnou troubu musíme udržovat v dobrém stavu, to se týká nejenom čistoty. Měli bychom sledovat, zda její dvířka dobře přiléhají a nedochází tak k úniku mikrovln. Plochy, na které dvířka doléhají, musí být čisté. Také nesmí být poničena vnější skříňka trouby. Ohřívání potravin v mikrovlnné troubě má svá specifika. Při varu vody na obyčejném sporáku pára samovolně odchází bublinkami v kapalině. V mikrovlnné troubě však na povrchu nemusejí být žádné bublinky, voda se může přehřát a náhle vzkypět. Var vody může být vyvolán buď jen jedinou bublinou v kapalině či vniknutím cizího tělesa, například lžice. V mnoha případech se lidé v kontaktu s přehřátou vodou těžce popálili. [22]

Dále se nedoporučuje mikrovlnnou troubu zapínat bez vložené potraviny. V prázdném prostoru by došlo k odrážení mikrovln od stěn a jejich zpětnému vrácení k magnetronu, což by jej mohlo vážně poškodit. [22]

Další zvláštností mikrovlnných trub je různý příjem tepla u různých potravin. Potraviny jsou složeny ze surovin, které se různě rychle ohřívají a v důsledku velkých teplotních rozdílů mohou vybuchnout. To se může stát například u vajec či ořechů, které jsou vloženy do mikrovlnné trouby ve svém přirozeném obalu, ve skořápce. [22]

Jídlo připravené v mikrovlnné troubě je stejně bezpečné jako potravina připravená v obyčejné troubě. Zároveň nedochází ke ztrátě vitamínů a její výživové hodnoty. Největším rozdílem mezi sporákem či obyčejnou troubou a mikrovlnnou troubou je rychlost ohřevu, neboť mikrovlnná energie proniká do potraviny hlouběji, a tím zkracuje dobu potřebnou k jejímu ohřevu. Mikrovlny se absorbují jen v zahřívané potravíně, a nikoliv v celém prostoru trouby. [22]

Co do mikrovlnné trouby nepatří?

Do mikrovlnné trouby v žádném případě nepatří smaltované či kovové nádoby. Mikrovlnná energie se odráží od kovů a potraviny se nemohou stejnoměrně ohřívat, může docházet k jiskření. Také není vhodné nádobí se zlatým zdobením, broušené sklo či lakované nádoby. I některé plastové nádoby nás v mikrovlnné troubě může nemile překvapit. Většina výrobců však uvádí, v jakém rozmezí teplot se dá nádobí bez následku k ohřevu použít. Nádoby přímo určené pro mikrovlnné trouby se vlivem mikrovln nezahřívají, k jejich ohřevu dojde pouze při jejich styku s ohřívanou potravinou. [9]

I přes tato úskalí mikrovlnná trouba už snad nechybí v žádné domácnosti. Její použití zvládne po přečtení návodu každý a při respektování pravidel se nám a naší mikrovlnné troubě nemůže nic stát.

2.3.2 CHLADNIČKY A MRAZNIČKY

1. Z jakého důvodu je v chladničce umístěno chladicí zařízení nahoře? [2]

Chladný vzduch klesá dolů, a tím ochlazuje celý prostor lednice. V opačném případě by byl chladný vzduch pouze v dolní části chladničky. [2]

2. Jaké typy mrazících boxů jsou z ekonomického hlediska výhodnější? Truhlové, nebo skříňové? [2]

Truhlové, neboť při jejich otevření z nich studený vzduch nevytéká. [2]

3. Na jakém fyzikálním principu pracuje chladnička? [2]

Princip je založen na kruhovém ději, který probíhá opačným směrem než u tepelných motorů. U nich koná práci při expanzi pracovní látka o vysoké teplotě. Při následné kompresi práci koná vnější síla a pracovní látka odevzdává teplo do okolí. V chladicím stroji naopak expanduje pracovní látka o nižší teplotě a odebírá teplo svému chladnému okolí (vnitřní prostor chladničky). Při kompresi koná práci její elektromotor a dochází k odevzdávání tepla trubkovému systému na zadní stěně chladničky pracovní látkou. [2]

4. Můžeme chladničkou ochlazovat vzduch v místnosti? [2]

Pokud bude chladnička umístěna v místnosti, kterou chceme ochlazovat, tak to možné není. Dle zákona o zachování energie je teplo odevzdané venkovním žebrovím větší než teplo z vnitřního prostoru odebrané o energii, která byla dodána elektromotoru k chodu ledničky. Pokud do ochlazované místnosti umístíme pouze vnitřní prostor chladničky a její zadní žebrovní umístíme mimo místnost, chladnička již tento prostor ochlazovat bude. [2]

5. Chceme-li v mrazničce kvalitně zmrazit potraviny, musí zmrazení proběhnout co nejrychleji. Z jakého důvodu? [2]

Pomalé zmrazení způsobuje pomalý nárůst velkých krystalů, jejichž příčinou je porušení buněčných stěn a při rozmrazování nadměrné uvolňování šťávy. Naopak rychlé zmrazení vede k rychlému nárůstu velkého množství menších krystalů, které už tolik neporušují buněčné stěny. [2]

6. Potravinám v mrazničce, které nejsou uzavřeny do neprodyšného sáčku, hrozí nebezpečí silného vysychání. Proč? [2]

Se snižováním teploty rapidně klesá hustota vodní páry a sublimace ledu zde probíhá o to intenzivněji. [2]

7. Proč musíme starší chladničky po určité době odmrazovat? Proč to novější typy nevyžadují? [2]

U starších typů dochází na chladicích prvcích ledniček k desublimaci vodních par, vzniklá vrstva ledu svými účinky zeslabuje přenos tepla z vnitřního prostoru do chladicího média, a tím také zeslabuje chladicí účinek. Takto vzniklý led se odstraňuje roztáním po vypnutí ledničky. U novějších typů ledniček se tvorbě ledu zabraňuje už za chodu ledničky, například nucenou cirkulací se vzduch uvnitř ledničky nechává prohánět intenzivně chlazenou destičkou, která z něj vodní páry vychytává. [2]

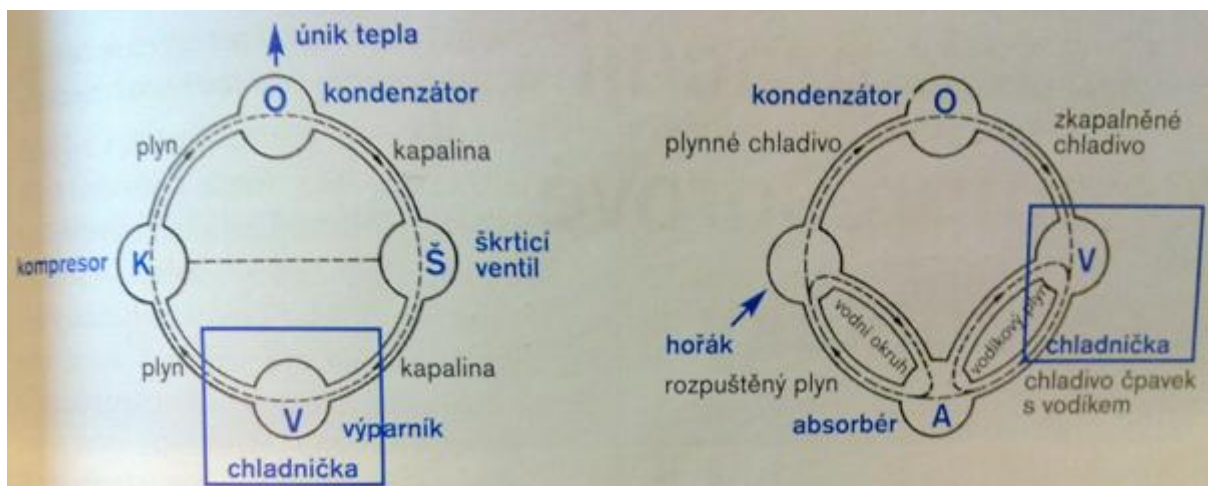
Funkce ledničky a mrazničky v domácnosti je jednoznačná. Slouží ke krátkodobému či dlouhodobému uchovávání potravin. V případě krátkodobého uchovávání využijeme ledničku, v případě dlouhodobého uchovávání mrazničku.

Historie

V minulosti byla lednička chlazená prostým ledem. Tehdy měla lednička tvar tepelně izolované dvouplášťové skříně, do níž se vkládal přírodní led. Ten postupně tál a ochlazoval tak vnitřek ledničky na teplotu 0°C. V dnešní době rozlišujeme chladničky kompresorové a absorpční, podle typu chlazení. Jak je od sebe poznáme? Velmi jednoduše, neboť kompresorové ledničky po zapnutí jsou hlučnější než ledničky absorpční, které jsou tiché.

Na jakém principu chladnička pracuje?

„Celá činnost chladicího zařízení je založena na zvláštní vlastnosti chladiva. To se musí jednak odpařovat při nízkém tlaku a teplotě a odnímat tak svému okolí teplo a jednak musí kondenzovat (zkapalňovat) při vyšším tlaku a teplotě a tak předávat svému okolí teplo. Odpařování při nízké teplotě je právě jádrem chladicích zařízení, naopak kondenzace při vyšší teplotě je zase podstatou tzv. tepelných čerpadel používaných k vytápění.“ [21]

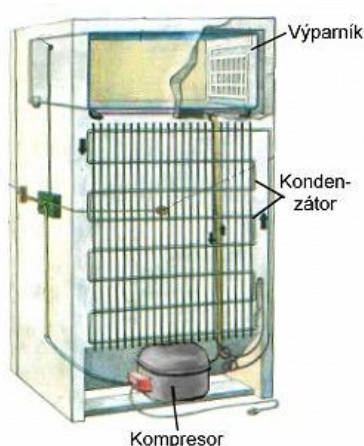


Obrázek 8: Chladicí okruh kompresorový (vlevo) ve srovnání s absorpčním (vpravo) [7]

Kompresorová chladnička

U starších kompresorových chladniček působí jako chladivo freon R134a. U novějších typů se používá izobutan R600a. Freony mají negativní vliv na ozónovou vrstvu zemské atmosféry. Dochází k jejímu úbytku a zvýšenému pronikání UV záření na povrch Země, díky čemuž vznikají nemoci jako zánět spojivek či rakovina kůže.

Kompresor (K) nasává páry chladiva z výparníku (V), stlačuje je a vhání do kondenzátoru (O), kde zkapalní. Trubkový rošt kondenzátoru část tepla vyzáří do okolí. Při průchodu plynného chladiva přes škrtkovací ventil (Š) dochází k prudkému snížení tlaku. Plynné chladivo se zde rozpíná na tlak původní, vypařuje se ve výparníku (V) a teplo k tomu potřebné odebírá z vychlazeného prostoru chladničky, v níž je umístěn. [7, 21]



Obrázek 9: Kompresorová chladnička [21]

Absorpční chladnička

U absorpčních chladniček je chlazení založeno na absorpci, dochází k pohlcení jedné látky druhou. Tento děj je doprovázen tepelnými změnami. Mezi hlavní části absorpčního chladicího zařízení patří kondenzátor, absorbér (pohlcovač), výparník a vypuzovač. Chladicí kapalinou u tohoto typu chladniček je čpavek.

Chladicí kapalina se vypařuje ve výparníku (V), tím odnímá teplo z vychlazovaného prostoru chladničky. V absorbéru (A) dochází k pohlcení par vodou. Při zahřívání hořákem je plynné chladivo vytěsňováno a dostává se do kondenzátoru (O) jako horký plyn. Teplo uniká chladicími žebry do okolí, dochází ke zkapalnění chladiva. Ochlazování výparníku je zaručeno v neustále se obnovujícím okruhu, kdy čpavek s pomocí vodního okruhu se znovu vypařuje a zkapalňuje. V kondenzátoru je tlak plynu téměř čtyřnásobně vyšší, jeho vyrovnání má za úkol okruh s vodíkem (mezi absorbérem a výparníkem). [7, 21]

Cyklus je tedy stejný jako u kompresorových chladniček - kompresor je zde nahrazen absorbérem a výparníkem. Mezi výhody těchto ledniček patří bezhlučný chod, avšak velkou nevýhodou je zde neschopnost ochlazení vnitřního prostoru na teplotu tak nízkou jako u kompresorových chladniček, neboť mají nižší účinnost. [21]

Mrazničky

Mrazničky dělíme na skříňové (zásuvkové) a truhlicové (pultové). Skříňová mraznička je vhodná pro každou domácnost, která se potřebuje předzásobit větším množstvím mražených potravin. Její kapacita se pohybuje kolem 100 litrů. Nevýhodou je, že se do ní nevezou objemnější zásoby. Truhlicová mraznička se hodí pro každou větší domácnost, má kapacitu 100 - 500 litrů. Její výhodou je jednak nižší cena, jednak větší úložný prostor a v neposlední řadě nižší spotřeba, ta souvisí s lepší izolací, neboť studený vzduch, který leží dole, při otevření téměř neuniká. [9]

2.3.3 PAPINŮV TLAKOVÝ HRNEC

1. Proč jsou suroviny v Papinově hrnci rychleji uvařeny než v hrnci obyčejném? [2]

Při varu kapaliny v neuzavřené nádobě dochází k intenzivnímu vypařování kapaliny, tím ztrácí veškerou dodanou energii a její teplota neroste. V uzavřené nádobě Papinova hrnce je nad hladinou nejenom vzduch, ale také vodní páry, takže tlak na kapalinu je vyšší než v nádobě otevřené. Suroviny tedy dosáhnou bez varu vyšší teploty, až k 120°C. [2]

2. Po ukončení vaření v Papinově hrnci je nutné jej nejdříve zchladit, či pojistným ventilem z něj pomalu odpustit páru a až poté jej otevřít. Proč je nebezpečné otvírat hrnec silou ihned po ukončení vaření? [2]

Už jenom z důvodu vnitřního přetlaku to jde poměrně těžko, ale především by při snížení tlaku voda začala prudce vřít, dokonce by mohla z hrnce vzkypět, a tím nás opařit. [2]

Papinův tlakový hrnec, lidově řečeno papiňák, se v dnešní době nachází skoro v každé domácnosti. Tlakový hrnec je tlustostěnný hrnec sloužící k vaření potravin při vyšším tlaku, než je atmosférický. Právě vyšším tlakem se dosáhne vyšší teploty vaření (za normálního tlaku je bod varu vody 100°C, zatímco u vyššího tlaku je to 120°C-130°C), a tím i rychlejšího uvaření potravin. Zároveň potraviny vařené v tlakovém hrnci mají intenzivnější chuť a jsou daleko bohatší na vitamíny.

Historie

Počátky vzniku Papinova hrnce se datují již v 17. století, princip však nadále zůstává stejný. Oproti svým předchůdcům toho dnešní modely umí mnohem více a jsou také bezpečnější.

Počátkem rychlého vaření se stal rok 1679, kdy francouzský matematik, fyzik a také vynálezce Denis Papin představil tlakovou nádobu určenou pro přípravu potravin. Papin si uvědomil, že stlačená vodní pára se chová jako ostatní stlačené plyny a že by její tlak mohl být při přípravě pokrmů užitečný, protože s rostoucím tlakem roste i teplota varu, takže úprava pokrmů je mnohem rychlejší a efektivnější. Pro demonstraci sestrojil jednoduchý přístroj, jehož součástí bylo závaží, které se v závislosti na tlaku pohybovalo nahoru a dolů. [11]



Obrázek 10: *Papinův tlakový hrnec z roku 1890 [20]*



Obrázek 11: *Papinův hrnec [21]*



Obrázek 12: *Běžný Papinův hrnec v současnosti*



Obrázek 13: *Otevřený Papinův hrnec*

Je třeba dodat, že vaření v Papinově tlakovém hrnci mělo v počátcích vzhledem k dnešní náročné kuchyni hodně daleko. Chuť pokrmů byla zpočátku mdlá. Navíc tlakový hrnec nepatřil zrovna k nejbezpečnějším spotřebičům, exploze, kterou mohl způsobit, měla často tragické následky. [11, 20]

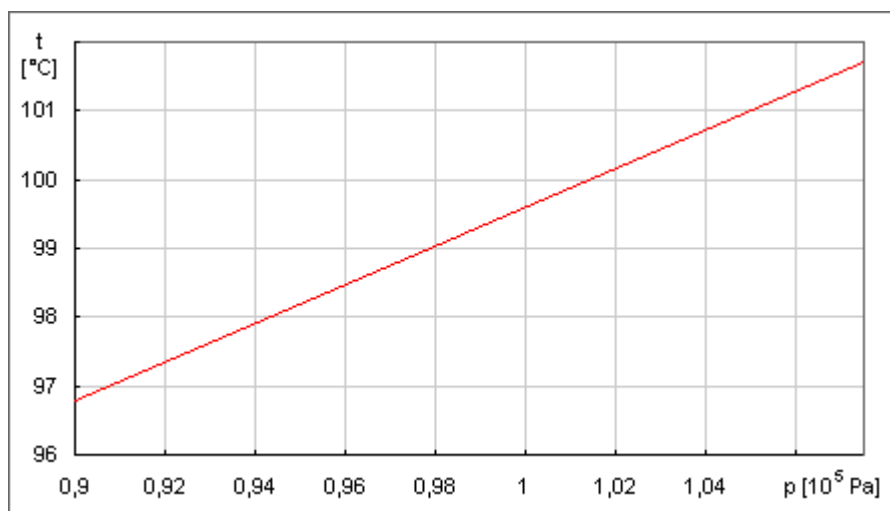
První bezpečnostní opatření proti možné explozi se objevilo o padesát let později, na hrnce byly přidávány tlakoměry. Avšak i tehdy bylo maso vařené v tlakovém hrnci stále nevýrazné na pohled i na chuť a riziko exploze během vaření bylo stále poměrně velké. Ke zdokonalení tlakového hrnce došlo až roku 1927, kdy byl Francouzem Gautierem sestrojen tlakový hrnec s pojistným ventilem. I tento hrnec nebyl bez chyby, docházelo u něj k častému zanesení ventilu, což opět hrozilo explozí. [20]

Roku 1944 došlo k dalšímu zlepšení. Provedli jej bratři Lescureové, začali vyrábět tlakové hrnce z lisovaného hliníku s otočným ventilem a ještě dalším bezpečnostním ventilem. Poklička byla zkonstruována tak, že v případě potřeby se mohla jemně zdeformovat, a tím umožnit odvod páry. [11, 20]

Hliník byl postupně nahrazen nerezovou ocelí, která měla řadu výhod, avšak jednou velkou nevýhodou bylo její horší vedení tepla. Výrobce tedy přistoupil ke kompromisu a na spodní část tlakového hrnce nechal namontovat hliníkovou destičku, která vedla teplo lépe než ocel. Další její vlastností bylo lepší shromažďování tepla, takže hliníková destička sloužila také jako zásobárna energie. [20]

Osmdesátá léta přinesla další zjednodušení, a to postranní uzavírání spojující víko a stěny tlakového hrnce do jednoho celku. V devadesátých letech stačil k zavírání hrnce už jen jediný dotek prstem. Zároveň přibyl elektronický časovač, okénko pro kontrolu pokrmu a trojitě dno. V dnešní době se vyvíjejí Papinovy hrnce s dálkovou kontrolou časovače. [20]

Závislost teploty varu vody na tlaku



Obrázek 14: *Závislost teploty varu vody na tlaku* [16]

Závislost teploty varu vody na tlaku lze vyjádřit rovnicí

$$t = 71,6 + \frac{28p}{10^5} \quad (3)$$

kde t je teplota varu v °C, p tlak v Pa.

U této rovnice jsou odchylky v intervalu $(0,9 - 1,075) \cdot 10^5$ Pa od správné hodnoty menší než 0,1 %. [16]

Papinův hrnec dnes

V dnešní době před přílišným přehřátím a nebezpečím výbuchu chrání tlakový hrnec tavná pojistka. Ta je vyrobena z tavitelného kovu a má tvar malého kotoučku, který těsní

malý otvor ve víku. Při vysoké teplotě dojde k roztavení kotoučku a pára tedy může z hrnce volně unikat. [21]

Novinkou je způsob úpravy zeleniny, který nejenom zkracuje dobu přípravy, ale také pomáhá zachovávat obsah vitamínů. V minulosti vzduch, který obklopoval potraviny, způsobil oxidaci, a tím i ztrátu vitamínů. Nyní stačí nechat přebytečný vzduch uniknout zvolenými otvory.

Teoretickou část jsem se snažila proložit zajímavými příklady, které motivují čtenáře k čtení a pochopení principů popisovaných přístrojů. K praktickému použití přístrojů slouží experimentální část. Znalost teorie by měla zajistit zdárný a hladký průběh pokusů bez vážnějších následků v kuchyni.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. POKUSY S MIKROVLNNOU TROUBOU

V této kapitole se budeme zabývat pokusy, které se neobejdou bez mikrovlnné trouby. V některých případech nedoporučuji použít mikrovlnnou troubu, kterou máte doma, mohlo by dojít k jejímu poškození, či dokonce zničení.

3.1.1 CHLÉB V MIKROVLNNÉ TROUBĚ

U tohoto pokusu si ukážeme, co se stane, když z mikrovlnné trouby vyndáme otočný talíř (či náhon otočného talíře). Tento pokus můžeme provádět doma, mikrovlnné troubě se nic nestane. Jediná nepříjemnost, která pokus provází, je zápach pálícího se chleba.

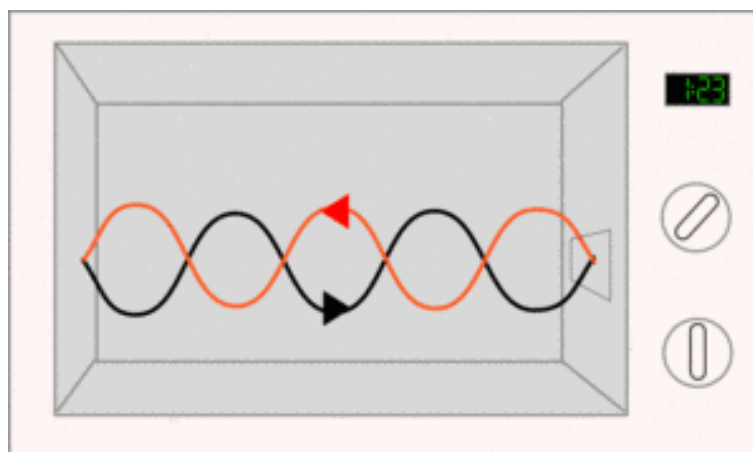
Pomůcky: toastový chléb

Postup

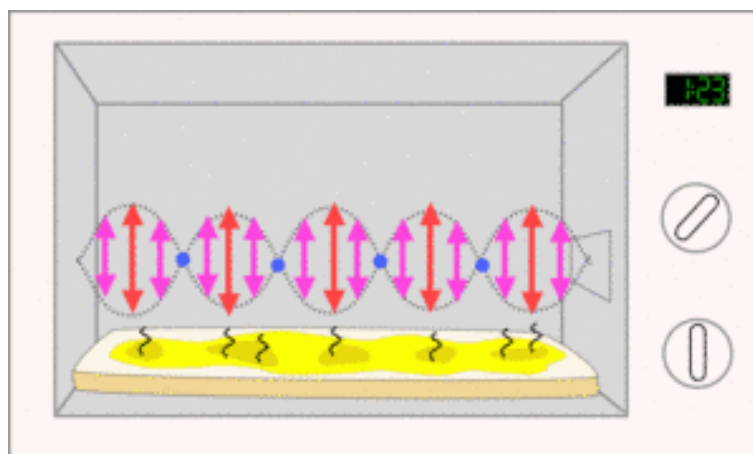
Z mikrovlnné trouby vyndáme otočný talíř či náhon otočného talíře. Na talíř umístíme 4 plátky toastového chleba a mikrovlnnou troubu zapneme. Na časomíře nastavíme jednu minutu. Během chodu mikrovlnné trouby se přes sklo díváme, co se s chlebem děje. Nebude-li na něm nic znát a bude vypadat jako na začátku pokusu, tak mu přidáme další minutu a opět sledujeme. U svého měření jsem cíleného efektu dosáhla až po 3 minutách. Po chvíli ucítíme pálící se chleba, to je signál k tomu, abychom mikrovlnku vypnuli. Na plátcích chleba uvidíme černé spálené skvrny jen na určitých místech.

Co je jejich příčinou?

Následkem tohoto nerovnoměrného ohřívání jsou právě mikrovlny. Ty se v troubě odrážejí od stěn a začnou se skládat (obr. 15). Na místech, kde se setkají se stejnou polaritou, vytvoří svá maxima, jinde vytvoří svá minima - odečtou se. Mikrovlny mají neustále stejnou frekvenci, a tím se v prostoru trouby vytvoří stabilní systém maxim a minim. V místech maxim se pole mění intenzivněji, uvolňuje se více energie, naopak v místech minim se pole téměř nemění a uvolněná energie je minimální až téměř žádná (obr. 16). Abychom tedy zamezili nerovnoměrnému ohřívání potravin, umístíme chleba nebo jinou potravinu na otočný talíř. Dá se také použít kovový větráček, který umístíme hned na vstup mikrovln do trouby. Dochází k odklonu mikrovln různými směry tak, že se maxima tvoří v různých místech. [18]



Obrázek 15: *Skládání mikrovln* [23]



Obrázek 16: *Maxima a minima mikrovln* [23]

Závěr

Na pokusu jsme si ukázali důležitost otočného talíře. Pokus je nenáročný na realizaci.

3.1.2 MĚŘENÍ RYCHLOSTI SVĚTLA

Pokus navazuje na pokus předchozí, slouží zejména k posílení představy, že všechny vlny v elektromagnetickém spektru se šíří rychlostí světla.

Pomůcky: toustý z minulého pokusu, pravítko

Postup

Vezmeme si toust z prvního pokusu. Změříme vzdálenost černých spálených skvrn, přičemž měříme od středu jedné skvrny do středu druhé, nejbližší skvrny. Naměřenou vzdálenost (v metrech) vynásobíme dvěma a dostaneme vlnovou délku vln mikrovlnné trouby (hodnota by se měla pohybovat okolo 0,12-0,125 metrů). K výpočtu rychlosti světla budeme

dále potřebovat velikost frekvence mikrovln. Můžeme ji zpravidla přečíst na štítku ze zadní strany mikrovlnné trouby, jako standardní hodnota se bere 2450 MHz. Vzorec pro výpočet rychlosti světla v mikrovlnné troubě můžeme upravit na tvar

$$c = \lambda \cdot f, \quad (4)$$

kde c je rychlost světla v ms^{-1} , λ vlnová délka mikrovln v m a f frekvence mikrovln v Hz . Přesná hodnota rychlosti světla ve vakuu činí $299792458 ms^{-1}$.

Pokus měření rychlosti světla pomocí mikrovlnné trouby můžeme provádět také s toustý namazanými margarínem. Dbáme na to, aby byl chléb dobře namazán i v místech, kde se jednotlivé plátky chleba dotýkají. V mikrovlnné troubě je necháme tak dlouho, dokud nepozorujeme tání margarínu.

Při použití toustu bez margarínu (tabulka 2) byla doba potřebná ke zjištění rychlosti světla 3 minuty, při použití toustu s margarínem (tabulka 3) byla potřebná doba 4 minuty. Doba je sice delší, ale předejdeme riziku zápachu spáleného chleba.

Po dosazení hodnot naměřených při pokusu s toustý bez margarínu do vztahu (4) dostaneme:

$$c_1 = 0,120 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 2,940 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_2 = 0,126 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 3,087 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_3 = 0,124 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 3,038 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_4 = 0,122 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 2,989 \cdot 10^8 ms^{-1}.$$

Průměrná hodnota rychlosti světla je $c_{\emptyset} = 3,013 \cdot 10^8 ms^{-1}$. Rozdíl hodnoty uvedené v tabulkách a hodnoty průměrné je $0,01557 \cdot 10^8 ms^{-1}$, tj. chyba 0,51954%.

Nyní budeme počítat rychlost světla z hodnot naměřených při pokusu s toustý namazanými margarínem, naměřené hodnoty opět dosadíme do vztahu (4). Dostaneme:

$$c_1 = 0,128 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 3,136 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_2 = 0,118 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 2,891 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_3 = 0,126 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 3,087 \cdot 10^8 ms^{-1},$$

$$c_4 = 0,126 \cdot 2450 \cdot 10^6 = 3,087 \cdot 10^8 ms^{-1}.$$

Průměrná hodnota rychlosti světla je $c_{\emptyset} = 3,050 \cdot 10^8 ms^{-1}$. Rozdíl hodnoty uvedené v tabulkách a hodnoty průměrné je $0,05232 \cdot 10^8 ms^{-1}$, tj. chyba 1,74538%.

Při mém měření byly naměřené hodnoty méně přesné než u pokusu s obyčejným toastovým chlebem. Větší přesnosti dosáhneme, když toust s margarínem necháme v mikrovlnné troubě déle, tedy až do doby, kdy margarín začne lehce oranžovět. Poté měření byla vcelku přesná.

Tabulka 2: *Toust bez margarínu*

číslo pokusu	$\frac{\lambda}{2}$ [m]	λ [m]	c [ms ⁻¹]
1	0,06	0,120	$2,940 \cdot 10^8$
2	0,063	0,126	$3,087 \cdot 10^8$
3	0,062	0,124	$3,038 \cdot 10^8$
4	0,061	0,122	$2,989 \cdot 10^8$

Tabulka 3: *Toust s margarínem*

číslo pokusu	$\frac{\lambda}{2}$ [m]	λ [m]	c [ms ⁻¹]
1	0,064	0,128	$3,136 \cdot 10^8$
2	0,059	0,118	$2,891 \cdot 10^8$
3	0,063	0,126	$3,087 \cdot 10^8$
4	0,063	0,126	$3,087 \cdot 10^8$

Pokus můžeme provádět i s použitím dalších surovin, například čokolády, plátkového sýra.

Závěr

Z výsledku je patrné, že měření rychlostí světla touto cestou je vcelku přesné. Malé odchylky mohou být způsobené nepřesným měřením vzdáleností mezi jednotlivými tmavými skvrnami.

3.1.3 HROZNOVÁ PLAZMA

Během pokusu si sami vytvoříme plazmu v mikrovlnné troubě pomocí několika kuliček hroznového vína. Tento pokus není vhodné provádět v mikrovlnné troubě, kterou doma používáme, protože může dojít k jejímu mechanickému poškození, nebo dokonce k jejímu zničení.

Pomůcky: hroznové víno, nožík

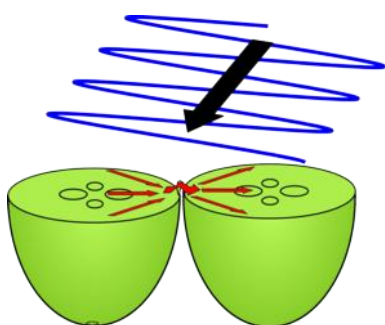
Postup

K realizaci pokusu potřebujeme čerstvé hroznové víno s vysokým obsahem vody. Vezmeme si 3 kuličky hroznového vína a rozkrojíme je tak, aby jejich slupka zůstala na jedné straně nenarušená. Poté je vložíme do mikrovlnné trouby a zapneme ji na plný výkon. Pokus sledujeme pozorně již od 1. sekundy. Uvidíme žluté jiskření mezi dvěma polovinami hroznů.

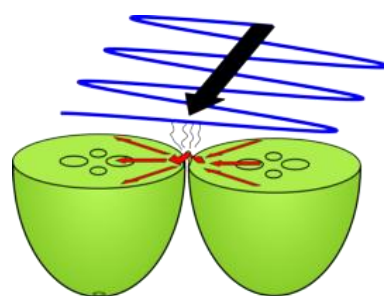
Pozor! Po vypnutí mikrovlnné trouby budou hrozny velmi horké, necháme je tedy na chvíli vychladnout a až poté je z trouby vyndáme. Necháme-li troubu dlouho běžet, může dojít k jejímu mechanickému poškození. Uvidíme-li v troubě velké zářící objekty, troubu ihned vypneme. [23]

Co je příčinou?

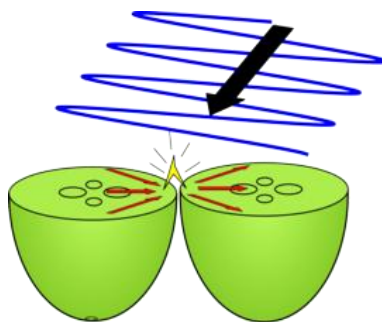
Mikrovlny, které zahřívají potravinu, vyrábějí mezi půlkami hroznů elektrický proud, který se přesouvá z jedné půlky do druhé a zpět (obr. 17). Tento proud je soustředěn v kousku slupky mezi dvěma půlkami hroznů, ta se postupně ohřívá, až vyschne (obr. 18). Proud se pak musí začít pohybovat ve vzduchu, kde vytváří jiskry (obr. 19). [23]



Obrázek 17: Přesun elektrického proudu
[23]



Obrázek 18: Vysychání hroznu [23]



Obrázek 19: Jiskření hroznu [23]

Co je jiskra?

Jiskra je vytvořena odtrháváním elektronů z atomů elektrickým polem. Tyto elektrony se pak volně pohybují a nesou elektrický proud. Jako plazma je znám plyn s elektrony a pozitivními ionty. Tato plazma vede elektřinu a může absorbovat mikrovlny. Intenzita plazmy je někdy natolik velká, že je schopna absorbovat další mikrovlny ke svému růstu, a to

může způsobit poškození mikrovlnné trouby. Mezi vlastnosti plazmy patří kvazineutralita a kolektivní chování. Kvazineutralitou zajistíme, aby v látce bylo vždy stejné množství kladných a záporných částic, tímto se navenek plazma jeví jako nenabitá tekutina. Kolektivním chováním rozumíme, že plazma je schopna jako celek svými projevy generovat magnetická a elektrická pole a reagovat na ně. [12, 23]



Obrázek 20: *Plazma v mikrovlnné troubě*

Závěr

Pokus není náročný na realizaci, avšak ne vždy se zdárně povede. Pokus jsem prováděla 10krát a úspěchu jsem dosáhla pouze 2krát. Při sledování pouhým okem plazma v mém případě nebyla moc patrná. Viděna byla jen malá jiskřička trvající necelou sekundu.

3.1.4 ROZMRAZOVÁNÍ V MIKROVLNNÉ TROUBĚ

Pokusem demonstrujeme, jestli led v mikrovlnné troubě roztaje dřív, než se v ní začne vařit voda. Pokus můžeme provádět i doma.

Pomůcky: led, voda, 2 sklenice, váhy

Postup

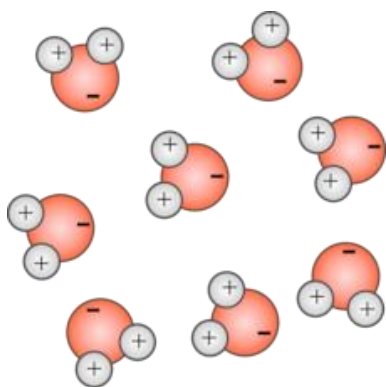
Připravíme si 2 sklenice. Do jedné z nich dáme pár kostek ledu, do druhé studenou vodu o stejné hmotnosti, jakou má led. Obě sklenice dáme do mikrovlnné trouby tak, aby byly v symetrické pozici (aby měly stejnou vzdálenost od středu talíře). Zapneme mikrovlnnou troubu a sledujeme, zda v mikrovlnce začne dřív tát led než vřít voda. Ačkoli k tání ledu potřebujeme zvýšení teploty jen o pár °C, voda skutečně začne vřít dřív.

Co je příčinou?

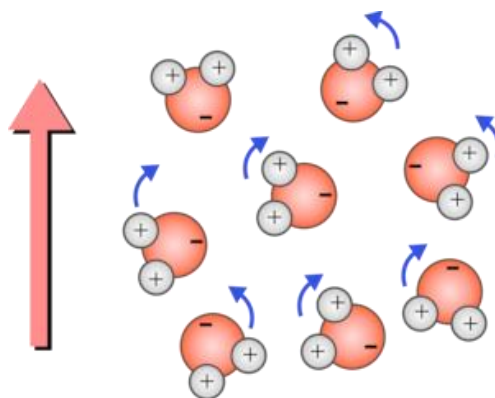
K dřívějšímu varu vody dochází ze dvou důvodů. První z nich je, že k tání ledu potřebujeme obrovské množství energie. Touto energií bychom ohřáli vodu o zhruba 80°C. Příčinou je uzamčení molekul v ledu silnou vodíkovou vazbou. Během tání musí dojít k roztrhnutí vazby, což odebírá hodně energie. Druhý důvod je, že led neabsorbuje mikrovlny stejně jako voda, to znamená, že se zahřívá pomaleji. [23]

Proč voda absorbuje mikrovlny lépe než led? Mikrovlnná trouba ohřívá vodu skrze mikrovlny, které jsou vyráběny na pravé straně trouby a jsou vysílány do hlavního prostoru trouby. Tam se odrážejí a vytváří stojaté vlnění (viz obr. 15). [23]

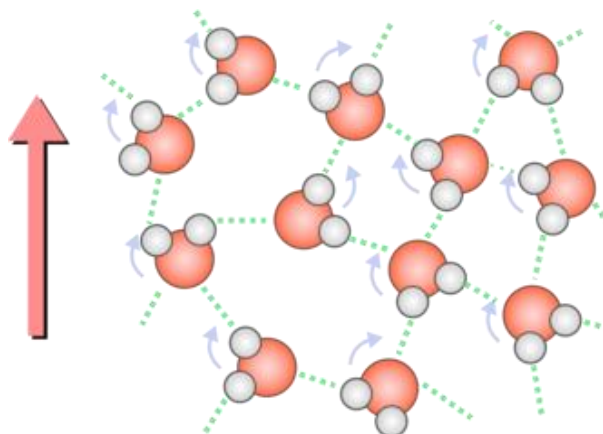
Ačkoli molekuly vody nemají celkový náboj, jejich atom kyslíku je mírně negativní a atom vodíku mírně pozitivní (obráz. 21). V elektrickém poli se atomy začnou otáčet a přizpůsobí se mu. Pokud elektrické pole bude směřovat směrem nahoru, pak budou kladné vodíkové atomy přitahovány nahoru a záporné atomy kyslíku budou přitahovány směrem dolů, takže se molekuly začnou otáčet (obráz. 22). Pokud pole bude směřovat naopak dolů, pak atomy kyslíku se budou snažit zvrátit jejich směr. Tyto rotace převádí energii do vody, a tím ji zahřívají. Ačkoli molekuly ledu, které jsou uzamčeny do krystalové struktury vodíkovými vazbami, také cítí tyto rotační síly, otáčení by znamenalo porušení vazeb mezi molekulami. Takže se tyto molekuly jen stěží pohybují a absorbují velmi málo energie (obráz. 23). [23]



Obrázek 21: *Elektrický náboj molekuly vody [23]*



Obrázek 22: *Otáčení molekul vody [23]*



Obrázek 23: Molekuly ledu v krystalové struktuře [23]

Závěr

Dozvěděli jsme se, proč nerozmrazovat potraviny na plný výkon. Například při rozmrazování kuřete, některá jeho část rychle roztaje a voda, kterou obsahuje, bude ve formě kapalné, takže bude absorbovat mikrovlny daleko lépe, než okolní zmrzlá voda. To znamená, že část našeho kuřete bude plně uvařena, zatímco zbytek bude vlažný, nebo dokonce pořád zmrzlý.

3.1.5 CD V MIKROVLNNÉ TROUBĚ

Tento pokus není vhodné provádět doma, může dojít k poškození mikrovlnné trouby. Zároveň si musíme dát pozor, aby místnost, kde pracujeme, byla dobře větraná.

Pomůcky: CD

Postup

Do mikrovlnné trouby dáme nefunkční CD nebo CD, které nepoužíváme, neboť tento pokus ho trvale zničí. CD vkládáme do mikrovlnné trouby nepotištěnou stranou nahoru. Mikrovlnnou troubu zapneme na plný výkon a nastavíme časomíru na 5 sekund. Musíme být připraveni troubu vypnout, když uvidíme, že se z CD začne kouřit. Tyto plyny jsou škodlivé při vdechnutí, proto pracujeme s troubou umístěnou poblíž otevřeného okna nebo v místnosti s dobrou cirkulací vzduchu. Pozorujeme.

Po zapnutí začne CD nepravidelně jiskřit, světelné efekty jsou doplněny pro jiskření typickým praskáním. Tenká vrstva hliníku na CD je silně zahřívána, až nakonec shoří. Toto spalování začne v několika místech samovolně vznikajícími jiskrami a ve velmi krátké době se rozšíří po celé ploše CD. V umělé hmotě můžeme pozorovat charakteristické vypálené stopy. [27]

Co je příčinou?

Působením mikrovlnného záření na kovové materiály dochází k pohybu delokalizovaných elektronů, které vyvolávají vznik elektrických proudů. Ty mohou způsobit jiskrové vybíjení, neboť vodivost není dostačující k odvedení takto velkého množství energie. [27]

Závěr

Tento pokus není vhodné provádět ve starších mikrovlnných troubách, jsou náchylnější k poškození. Současně je nebezpečné nastavit časomíru na více než 5 sekund, CD by mohlo vzplanout. CD určené k pokusu by nemělo být popsané, neboť inkoust způsobuje mohutnější kouř.

3.2. POKUSY S VEJCI

V této kapitole budou nedílnou součástí všech pokusů vejce. Budeme potřebovat vejce syrová, uvařená, čerstvá i starší. Všechny pokusy můžeme provádět doma, pokusy nejsou náročné na pomůcky ani na realizaci.

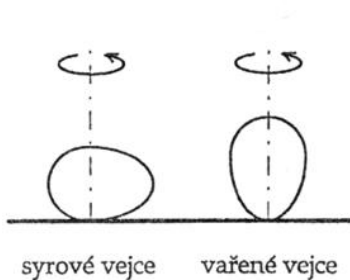
3.2.1 JAK POZNAT VAŘENÉ VEJCE OD VEJCE SYROVÉHO?

Pomůcky: uvařené vejce, syrové vejce

A) Postup

Vařené i syrové vejce roztočíme. Sledujeme.

Vařené vejce je na rozdíl od syrového pevné, jeho části se vůči sobě snadno pohybují. Proto vařené vejce snadněji roztočíme, dokonce při rychlém roztočení se postaví na špičku. Žloutek syrového vejce, který má větší hustotu než bílek, se při roztočení vychyluje ze své normální polohy, vejce se stává nestabilní a nemůže se vzpřímit. U syrového vejce je však jedna zvláštnost - když jej roztočíme, na okamžik zastavíme a zase pustíme, opět se roztočí. Příčinou je platnost zákona setrvačnosti, žloutek i část bílku se nezastavily a točily se dál i přesto, že skořápka byla na okamžik v klidu. [14, 24]



Obrázek 24: Otáčející se syrové a vařené vejce [14]

B) Postup

Při tomto pokusu bychom měli dbát na to, aby jak syrové, tak vařené vejce byly stejně velké. Před zahájením pokusu je vhodné se syrovým vejcem zatřepat, aby se bílek od skořápky uvolnil. Zároveň je pro tento pokus důležité, aby syrové vejce bylo co nejčerstvější, aby již nepřecházelo do rosolovitého stavu. [14]

Na nakloněnou rovinu připevníme kolejničky, aby nám vejce nespadlo. Změříme čas pohybu syrového a vařeného vejce. Zjistíme, že syrové vejce bude dole dříve.

Tento výsledek je podmíněn stavbou vejce. Obě mají na počátku stejnou energii. Ve vařeném vejci se část této energie přemění na rotační pohyb, který konají všechny jeho části. Avšak u syrového vejce rotuje při koulení pouze vnější vrstva bílku, vnitřek vejce je téměř bez rotace a koná pouze posuvný pohyb. [14]

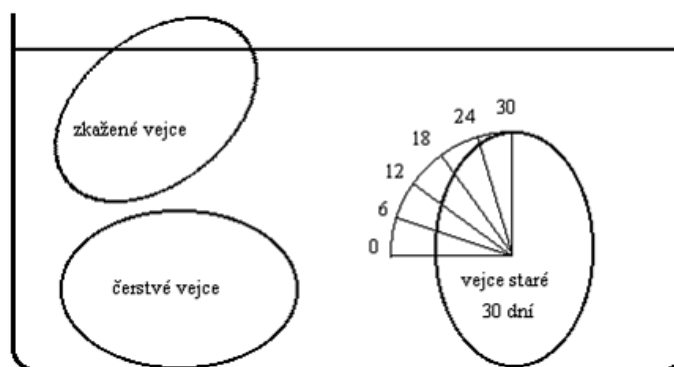
3.2.2 JAK POZNAT ČERSTVÉ VEJCE?

Pomůcky: čerstvé vejce, starší vejce, širší sklenice či kádinka, voda

Postup

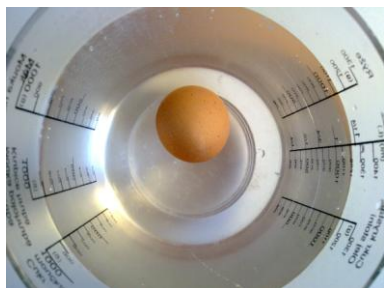
Čerstvé a starší vejce vložíme do sklenice s vodou. Pozorujeme.

Čerstvé vejce bude ležet vodorovně, zatímco starší vejce bude stát svisle. Zkažené vejce poznáme tak, že jeho část bude vyčnívat nad hladinou. Stáří vejce jde odhadnout také z úhlu, který svírá podélná osa se dnem nádoby (obr. 25). [14]

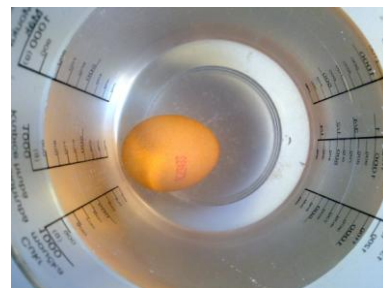


Obrázek 25: *Určení stáří vejce [14]*

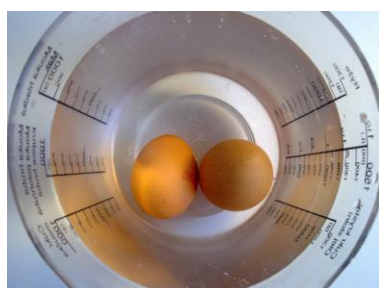
Při svém měření jsem použila vejce staré 22 dní (obr. 26) a srovnala jsem jej s vejcem starým 3 dny (obr. 27).



Obrázek 26: *Stáří 22 dnů*



Obrázek 27: *Stáří 3 dny*



Obrázek 28: *Srovnání polohy vejce starého 3 a 22 dní*

3.2.3 VEJCE V LÁHVI

Pomůcky: skleněná láhev s širším otvorem, uvařené oloupané vejce, zápalky

Postup

Zapálíme zápalku a hodíme ji do připravené láhve. Co nejrychleji na otvor láhve položíme oloupané vejce špičkou dolů, je lepší použít vejce vařené na hniličku, jsou pak elastičtější. Pozorujeme.

Hořící zápalka ohřívá vzduch v láhvi, dochází k jeho rozpínání a unikání mezi stěnou láhve a položeným vejcem. Při hoření zápalky vzniká vodní pára a oxid uhličitý. Při styku vodní páry se stěnou láhve začne pára kondenzovat. Oxid uhličitý se bude rozpouštět ve vzniklé vodě. Po dohoření zápalky se ochladí zbylý vzduch v láhvi, vznikne podtlak a vejce je vtaženo do láhve. [14]

Průměr otvoru skleněné láhve by se měl pohybovat okolo 2/3 průměru vejce. Během svého měření jsem použila plastovou láhev s širším otvorem, ta se při vhození sirky začala tavit a tvořily se v ní díry. To pak nemohlo vést k zdárnému cíli, neboť se v láhvi nemohl vytvořit podtlak.

3.2.4 VEJCE JAKO NOSNÍKY

Pomůcky: 3 syrová vejce, deska, plato od vajec, nůžky, případně sádra

Postup

Z plata vystříhneme tři jamky pro vejce, která do nich vložíme. Takto připravená vejce rozmístíme do trojúhelníku a položíme na ně desku tak, aby ležela na všech třech vejcích rovnoměrně. Postupně na desku dáváme knihy a sledujeme, kolik jich vejce udrží. Váha knih se rozloží pomocí desky na celou její plochu, tím se rozloží i tlak na jednotlivá vejce. Tlaková síla působící na oblý tvar každého z vajec se rovnoměrně rozkládá po celém jeho povrchu. [17]

Pokud chceme zvýšit nosnost vajec, tak každé z nich obtiskneme z 1/3 do sádry, poté vejce vyndáme a sádru necháme ztuhnout. Tyto stojánky zajistí rovnoměrné rozložení tlaku. Po ztuhnutí sádry vejce zpět položíme do stojánku a rozmístíme je do trojúhelníku. Položíme na ně desku a opatrně se na ni postavíme. Výsledek pokusu je ovlivněn hmotností člověka a kvalitou vajec. Zjistíme, že při takto provedeném pokusu vejce udrží člověka vážícího až 90 kg. [17]

Vejce musí být stejně velká, aby byl tlak rozložen rovnoměrně, kdyby jedno bylo větší, prasklo by a celý pokus by skončil neúspěchem.

3.2.5 DENATURACE BÍLKOVIN

Pomůcky: pánev, hrníček, 96% líh, vejce

Postup

Pánev položíme na stůl a nalijeme do ní líh. Do hrníčku rozklepneme vejce, které poté přidáme k lihu.

Během prvních pár minut můžeme vidět, jak obvod vejce pomalu začíná bělat. Když se na vejce podíváme za několik hodin, na první pohled uvidíme, že bílek vypadá jako tepelně zpracovaný.

Příčinou této změny je děj nazývaný denaturace, během kterého dochází ke změnám struktury bílkovin a ty ztrácejí svou biologickou aktivitu. Jak již víme, hlavní částí bílku jsou právě bílkoviny. Proteinové řetězce v bílku jsou zamotané do klubíček. Jedná se tzv. o globulární bílkoviny. Když smažíme nebo vaříme vejce, teplo způsobí, že tyto proteinové řetězce se rozbalují a postupně se vážou vzájemně na sebe. Denaturace může probíhat i dalšími způsoby, například již uvedeným smažením či vařením, šleháním bílků, pomocí chemických látek, jako je alkohol, sůl, aceton a podobně. [15]

Při svém měření jsem dospěla k poznatku, že čím více líhu do pánve nalijeme, tím rychleji proces denaturace probíhá. Já jsem na pánev nalila pouze malou vrstvu lihu, proto jsem výsledného efektu dosáhla až po 10 hodinách. Při druhém měření jsem vrstvu lihu nalila zhruba 1 centimetr a bílek byl udělán podstatně rychleji (během 1 hodiny).

3.3. POKUSY S OSTATNÍMI POMŮCKAMI

Všechny pomůcky k pokusům uvedeným v této kapitole určitě najdeme v kuchyni. Pokusy jsou jednoduché a realizovat je můžeme bez problémů doma.

3.3.1 VODA V PAPIROVÉ PÁNVI

Pokusem demonstrujeme, že vodu lze uvařit i na pouhém papíru, aniž by shořel.

Pomůcky: voda, papír, kancelářské sponky, oheň (svíčky, sporák), stojan

Postup

Z obyčejného kancelářského papíru si uděláme papírovou misku. Nejlépe je misku poskládat tak, aby se nemusela použít izolepa ani samolepka. Z papíru vystříháme obdélník o rozměrech 8x7 cm a klasickým způsobem z něj složíme krabičku s okrajem 2 cm, kterou v rozích zpevníme obyčejnými kancelářskými sponkami. Do vytvořené misky nalijeme vodu, která by neměla sahat až po okraj. Misku postavíme na stojan a pod něj umístíme hořák. Voda v naší misce začne pomalu vřít, aniž by došlo ke spálení papíru.

Co je příčinou?

Proč nedojde ke spálení papíru a jak to, že voda papír nepromočí? Voda v misce odebírá tepelnou energii, kterou chce oheň zapálit papír (voda ochlazuje papír pod jeho zápalnou teplotu). Tímto nedojde ke vznícení papíru a voda v misce se začne ohřívat. Voda zase nepromočí papír, protože je neustále ohříván a vysušován ohněm.

Voda se vaří při teplotě 100°C, kancelářský papír hoří až při teplotě přesahující 250°C. Kdy papír shoří? Až když se voda v misce vyvaří, neboť papír je sice zdola ohříván ohněm, ale shora je ochlazován vodou.

Tento pokus jde provádět také nahrazením vody vejcem. Vejce rozklepneme do hrnečku, nalijeme jej do papírové misky a dáme nad plamen. Miskou lehce pohybuje. Na částech papíru, které jsou nad plamenem, musí být vejce. Toto patří mezi nejobtížnější fázi pokusu, neboť papírová pánev se značně prohýbá. Vysvětlení je stejné jako při použití vody. Žloutek a bílek totiž obsahují vodu, která odvádí teplo a papír se tedy nemůže zahřát na zápalnou teplotu. [5]

3.3.2 LÁMÁNÍ ŠPAGET

Co se děje, když lámeme špagetu? Na kolik kusů se rozlomí? Otázka, nad kterou přemýšlely nejlepší mozky světa, včetně nositele Nobelovy ceny Richarda Feynmana. Nyní byla záhada vyřešena francouzskými fyziky Basilem Audolym a Sébastienem Neukirchem.

Pomůcky: špagety

Postup

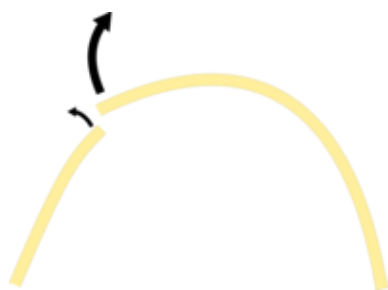
Vezmeme si špagetu, uchopíme ji na obou koncích a pomalu ji ohýbáme až do doby, než se zlomí. Po několika pokusech zjistíme, že se téměř nikdy nezlomí pouze na 2 kusy, ale většinou na 3, 4 a 5.

Já jsem pokus prováděla 100krát a výsledky jsou následující: v 7 případech se špageta rozlomila na 2 kusy, v 69 se zlomila na 3 kusy, v 16 se zlomila na 4 kusy a v 8 případech na 5 kusů.

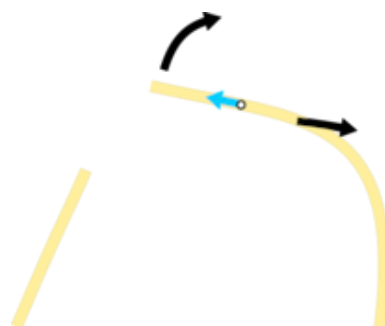
Co je příčinou?

Pokud zlomíme suchou špagetu, obvykle zjistíme, že namísto toho, aby se zlomila na 2 části, se zlomí na části 3, kdy střední část odletí mnohdy až přes celou místnost. Důvodem je, že když ohýbáme špagetu, tak se obvykle nezlomí v místě ohybu, ačkoli je zde právě místo nejvyššího napětí. Zlomí se v místě blízkém místu ohybu, kde se kombinuje napětí a vada špagety. Takto dojde ke zlomení špagety na jeden dlouhý kus a jeden kratší kus (obr. 29). Dlouhý kus se poté pohybuje v opačném směru (obr. 30). Vada na dlouhém kusu špagety byla již namáhaná během prvního ohybu, a proto se nyní zlomí velmi snadno. Takto vzniklý kus špagety proletí přes celou místnost (obr. 31). Toto druhé zlomení může vyvolat zlomení další, v závislosti na tom, kdy a kde se špageta zlomila poprvé. [23]

Rozlomení špagety na dva kusy dostaneme v případě, že vada se projeví už během prvního ohybu, ale to je vcelku vzácné.



Obrázek 29: První zlom špagety [23]



Obrázek 30: Pohyb delšího dílu špagety [23]



Obrázek 31: *Druhý zlom špagety [23]*

3.3.3 OSMÓZA BRAMBOR

Na tomto jednoduchém pokusu si demonstrujeme a vysvětlíme pojmy osmóza a osmotický tlak.

Pomůcky: brambor, sůl, lžička

Postup

Rozřízneme bramboru na polovinu. Do jedné poloviny vydlabeme důlek a otřeme jej papírovým ubrouskem tak, aby v něm zaručeně nebyla žádná voda. Poté do něj nasypeme sůl. Bramboru necháme pár minut stát a zpozorujeme, že sůl v důlku zvlhne. Po pár hodinách v důlku dokonce uvidíme slanou vodu. Je jasné, že do důlku se voda musela dostat z brambory, ale co ji donutilo opustit buňky brambory a připojit se k soli v důlku?

Jaká je příčina?

Odpověď na tuto otázku je velmi jednoduchá, příčinou je osmotický tlak. Můžeme si jej vysvětlit na následujícím příkladě: představíme si membránu (tenkou vrstvu), která má zvláštní vlastnost - mohou jí procházet molekuly vody, ale v žádném případě molekuly soli (tedy ionty Na^+ a Cl^-). Zdá se to zvláštní, protože tyto ionty nejsou o moc větší než molekuly vody. „Iont ale na sebe díky svému elektrickému náboji nabalí spoustu dalších molekul a takový shluk pak projde malými póry v membráně mnohem hůře než neutrální molekuly vody. Navíc iont díky svému elektrickému náboji interaguje se stěnami pórů. Jestliže nyní dáme nalevo od membrány čistou vodu a napravo roztok soli ve vodě, dojde k zajímavému jevu: molekuly vody začnou pronikat skrze membránu zleva doprava, tedy z míst, kde je čistá voda, do míst, kde je roztok soli.“ [24]

Proč? Molekuly vody na obou stranách membrány jsou v neustálém náhodném pohybu - narážejí do sebe, odtlačují se a přitahují se. Někdy se ovšem stane, že molekula vody nacházející se v blízkosti póru v membráně jí proklouzne na druhou stranu. Takto proklouzne velké množství molekul, neboť jejich počet a pohyb je velký. Počet molekul, které

projdou zleva doprava, je úměrný počtu molekul, které jsou vlevo v blízkosti membrány. Podobně zprava doleva - jejich počet souvisí s tím, kolik je molekul vody vpravo v blízkosti membrány. Ale! „Molekul vody vpravo je méně než vlevo, protože část místa zde zabírá sůl, která vlevo není! Proto za sekundu pronikne více molekul vody zleva doprava než opačným směrem a výsledkem tedy je tok molekul zleva doprava.“ [24]

Stojí za upozornění, že není rozhodující celkové množství vody vpravo a vlevo od membrány, ale množství vody v blízkosti membrány. Pro toto množství je důležitá jen koncentrace soli, nikoli jaký objem kapaliny je vpravo nebo vlevo. [24]

Ačkoli se zdá, že voda prochází jen zleva doprava, ve skutečnosti se molekuly pohybují i zprava doleva, avšak první tok převažuje. [24]

4. ZÁVĚR

V bakalářské práci se snažím fyziku a fyzikální jevy podat zajímavěji než jen strohou nezáživnou teorií. Prokládám ji příklady, pokusy a úlohami k zamyšlení. Nabízím i vysvětlení a řešení. V kuchyni stále objevuji další zajímavé přístroje a jevy, které bych ráda rozpracovala v navazující diplomové práci.

Mým cílem bylo vytvořit motivační materiál pro učitele, vedoucí přírodovědných kroužků a všechny zájemce o fyziku. Myslím si, že těchto materiálů není nikdy dost, na což poukazuje malá oblíbenost přírodních věd u běžné populace.

Součástí bakalářské práce jsou fotky dokumentující průběh jednotlivých pokusů, videa mapující pokusy pro lepší názornost a představu čtenářů. To vše je umístěno na CD v příloze.

Kdyby má práce žákům, studentům a čtenářům fyziku alespoň trochu přiblížila a vzbudila v nich zvědavost a zájem, pak bych svůj úkol splnila.

5. LITERATURA

- [1] MAIER, Silke. *Kulinarische physik*. Graz, 2002. 104 s. Bakalářská práce. Karl-Franzens-Universität Graz.
- [2] NAHODIL, Josef. *Fyzika v běžném životě*. Praha 4 : Prometheus, spol. s. r. o., 2004. 206 s. ISBN 80-7196-278-3.
- [3] RIEDL, Gerd. Physik im Haushalt-Mikrowellengeräte. *Physik in der Schule*. September 1997, 9, s. 297-301.
- [4] ROSINA, Jozef. *Biofyzika 1*. Praha 3 : Scientia Medica, spol. s. r. o., 1995. 72 s. ISBN 80-85526-37-9.
- [5] SCHORN, B., et al. Physik in der Küche. *Praxis der Naturwissenschaften*. April 2008, 3, s. 35-42.
- [6] TILLICH, Josef, et al. *Slovník školské fyziky*. 1. vydání. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1988. 296 s. ISBN 31392/85-210.
- [7] TŮMA, Jan. *Chladničky a mrazničky*. 1. vydání. Brno : ERA group, 2006. 78 s. ISBN 80-7366-048-2.
- [8] TŮMA, Jan. *Sporáky, varné desky, pečicí trouby*. 1. vydání. Brno : ERA group, 2006. 74 s. ISBN 80-7366-069-5.
- [9] VELFEL, Petr, et al. *Kuchyně domácí technika*. 1. vydání. Hradec Králové : Mgr. Petr velfel-Paradise Studio, leden 2005. 175 s. ISBN 80-239-4063-5.
- [10] *Naučný slovník zemědělský*. 1. vydání. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 789 s. ISBN 07-070-89-04/11.
- [11] Papinův tlakový hrnec. *Zikado*. 30. 6. 2010, č. 13, s. 3.
- [12] *Aldebaran.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-03-24]. Co je to plazma?. Dostupné z WWW: <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/plazma/basics.html>.
- [13] *Blog.khymos.org* [online]. 9. 4. 2009 [cit. 2011-03-02]. Towards the perfect soft boiled egg. Dostupné z WWW: <http://blog.khymos.org/2009/04/09/towards-the-perfect-soft-boiled-egg/>.
- [14] BROCKMEYEROVÁ-FENCLOVÁ, Jitka; DROZD, Zdeněk. *Kdf.mff.cuni.cz* [online]. 1996 [cit. 2011-03-24]. Pokusy s vejci. Dostupné z WWW: http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_01/01_05_Brockmeyerova_Drozd.html.

- [15] *Cienciadivertida.com* [online]. 12. 1. 2004 [cit. 2011-04-01]. Denaturing proteins. Dostupné z WWW: <http://www.cienciadivertida.com/ingles/experimentos.htm>.
- [16] *Converter.cz* [online]. 2002 [cit. 2011-03-24]. Teplota varu vody. Dostupné z WWW: <http://www.converter.cz/tabulky/teplota-varu-vody.htm>.
- [17] *Fyzika.gjvj.cz* [online]. 3. 8. 2010 [cit. 2011-03-30]. Vejce jako nosníky. Dostupné z WWW: <http://fyzika.gjvj.cz/pokusy/pokusy/341.htm>.
- [18] *Fyzweb.cuni.cz* [online]. 7. 11. 2005 [cit. 2011-03-08]. Jak funguje mikrovlnná trouba. Dostupné z WWW: <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/krouzky/mikrov/mikrov.htm>.
- [19] *Mentzl.webz.cz* [online]. 2004 [cit. 2011-03-02]. Vejce na tvrdo. Dostupné z WWW: http://www.mentzl.webz.cz/vareni/vejce_na_tvrdo.html.
- [20] *Oko.yin.cz* [online]. [cit. 2011-03-02]. Papinův tlakový hrnec. Dostupné z WWW: <http://oko.yin.cz/5/papinuv-tlakovy-hrnec/>.
- [21] *Quido.cz* [online]. [cit. 2011-04-14]. Objevy a vynálezy. Dostupné z WWW: <http://www.quido.cz/objevy/>.
Chladničky a mrazničky. Dostupné z: <http://www.quido.cz/objevy/chladnicka.htm>.
Papinův tlakový hrnec. Dostupný z: http://www.quido.cz/objevy/tlakov%C3%BD_hrnec.htm.
- [22] *Szu.cz* [online]. 1. 10. 2006 [cit. 2011-03-07]. Mikrovlnné trouby. Dostupné z WWW: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikrovlne-trouby>.
- [23] *Thenakedscientists.com* [online]. [cit. 2011-03-28]. Kitchen Science:Physics Experiments-The Naked Scientists. Dostupné z WWW: <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/wierd/>.
Hroznová plazma. Dostupné z: <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/wierd/exp/grape-plasmas/>.
Chléb v mikrovlnné troubě. Dostupné z: <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/wierd/exp/measuring-the-speed-of-light/>.
Lámání špaget. Dostupné z: <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/exp/snapping-spaghetti/>.
Rozmrazování v mikrovlnné troubě. Dostupné z: <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/exp/-324719c1f8/>.
- [24] TYC, Tomáš. *Physics.muni.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-03-24]. Fyzika v kuchyni. Dostupné z WWW: http://www.physics.muni.cz/~tomtyc/fyz_v_kuch-text.pdf.

- [25] *Vareni.cz* [online]. 9. 4. 2007 [cit. 2011-03-02]. Skladování vajec. Dostupné z WWW: <http://clanky.vareni.cz/skladovani-vajec/>.
- [26] *Vladahadrava.xf.cz* [online]. [cit. 2011-03-02]. Vejce. Dostupné z WWW: <http://vladahadrava.xf.cz/vejce.html>.
- [27] *Wikihow.com* [online]. 7. 6. 2009 [cit. 2011-03-30]. How to Microwave a CD. Dostupné z WWW: <http://www.wikihow.com/Microwave-a-CD>.
- [28] *Zootechnika.cz* [online]. 26. 1. 2009 [cit. 2011-03-01]. Tvorba vejce. Dostupné z WWW: <http://www.zootechnika.cz/clanky/chov-drubeze/vejce/tvorba-vejce.html>.