

Experiment na homogenní nukleaci vody

J. Frydrych, D. Sváček

Gymnázium Fr. Palackého Valašské Meziříčí

f.jachym@email.cz, danosvacko@seznam.cz

Abstrakt:

Nukleace je nedílnou součástí fázových přechodů a hraje důležitou roli v technologii. Řízení nukleace v zařízeních, jako jsou turbíny, raketové a proudové motory, aerodynamické tunely a spalovací procesy, je klíčem k dosažení účinného, ekologicky nezávadného provozu. Náš článek představuje informace o modernizovaných experimentech zaměřených na výzkum homogenní nukleace vody.

1 Úvod

Vznik prvních mikroskopických fragmentů (malých molekulárních shluků) nové fáze se nazývá nukleace. V nepřítomnosti částic nebo stěn je nukleace homogenní; jinak je heterogenní[1]. Nukleace je nedílnou součástí fázových přechodů. Proto je důležité pro pochopení mnoha takových běžných procesů, jako je tvorba deště, sněhu, krystalů a smogu, vaření kapalin. Nukleace hraje důležitou roli v technických procesech a vyžaduje speciální kontrolu[2].

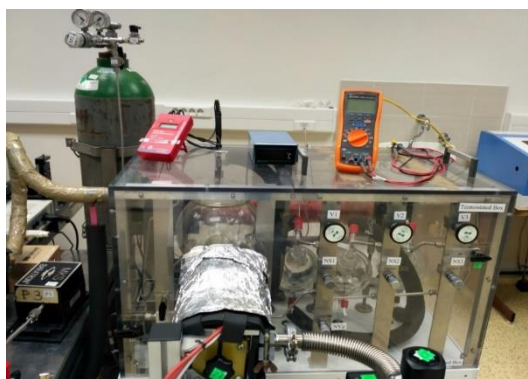
2 Experiment

Tvorba aerosolů probíhá ve fázích nukleace, růstu a stárnutí. Pochopení nukleace a růstu kapiček je zásadní pro zvládnutí složitějších kondenzačních procesů. Konkrétně je zajímavé, když vodní pára nemá na čem kondenzovat. Obvykle existují povrchy nebo prachové částice, které působí jako výchozí body pro kondenzaci, jinak může dojít k homogenní nukleaci. Zda je kondenzace pozorovatelná, závisí na rychlosti, kterou shluky rostou nad kritickou velikost, a také na hustotě počtu těchto shluků. Abychom tento proces popsali přesněji, definujeme rychlost nukleace jako frekvenci, při které se shlukům v jednotkovém objemu podaří překonat kritickou velikost. K dosažení těchto cílů se v expanzní komoře provádějí měření rychlosti nukleace různých systémů. Toho lze dosáhnout adiabatickou expanzí dvousložkové směsi plynů, kde jedna složka je pára a druhá slouží jako nosný plyn. Pro zkoumání homogenní nukleace a růstu čistých kapiček je nutné produkovat dobře definované, vysoce přesycené páry. Nukleační pulzní komora vyvinutá R. Streyem a P.E. Wagnerem[3] splňuje potřebné podmínky.

Popis experimentální jednotky

System se skládá ze tří hlavních částí

- 1) Komora na přípravu směsi plynu a vodní páry - jedná se o zařízení, ve kterém probíhá příprava směsi vodní páry a plynu. Odtud se hotová směs vede trubicí do experimentální/pulzní komory.

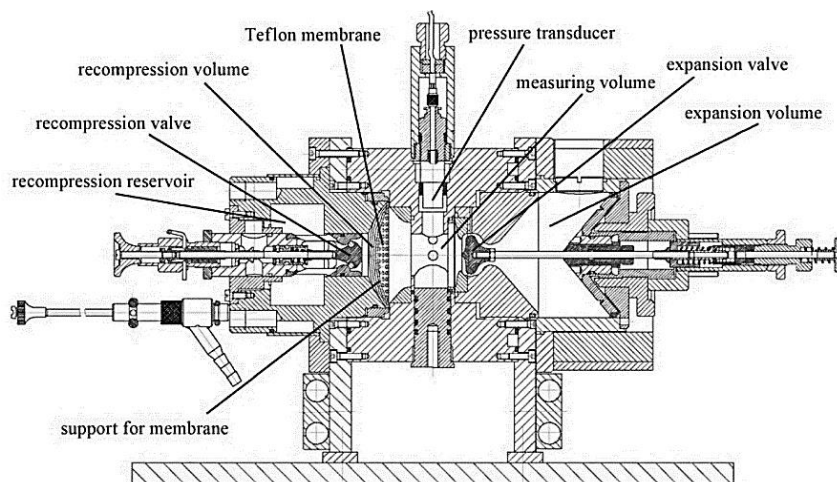


Obrázek 1: Komora na přípravu směsi

2) Nukleační pulzní komora-

Do hlavní komory je přivedena směs. Od ní jsou přepážkou odděleny 2 postranní komory (jedna s vyšším a jedna s nižším tlakem). Otevřením komory s nižším tlakem se celkový tlak prudce sníží a klesne teplota. Důsledkem je kondenzace vodní páry ve směsi a tvorba kapiček vody.

Za 1ms se otevře druhá přepážka a tlak mírně vzroste a ustálí se.



Obrázek 2: Příčný řez nukleační pulzní komorou

3) Zdroje a detektory světla-

- Laser-V našem případě se jedná o He-Ne laser o výkonu 30 mW o parametrech (Tabulka 1)

Tabulka 1 - Parametry laseru

Parametr	He – Ne lasers	
	Compact Red	High Power Red
Output wavelength λ (nm)	632,8	632,8
Optical power (mW)	0,8	35
Bundle diameter (mm)	0,46	1,25
Beam divergence (mrad)	1,77	0,66

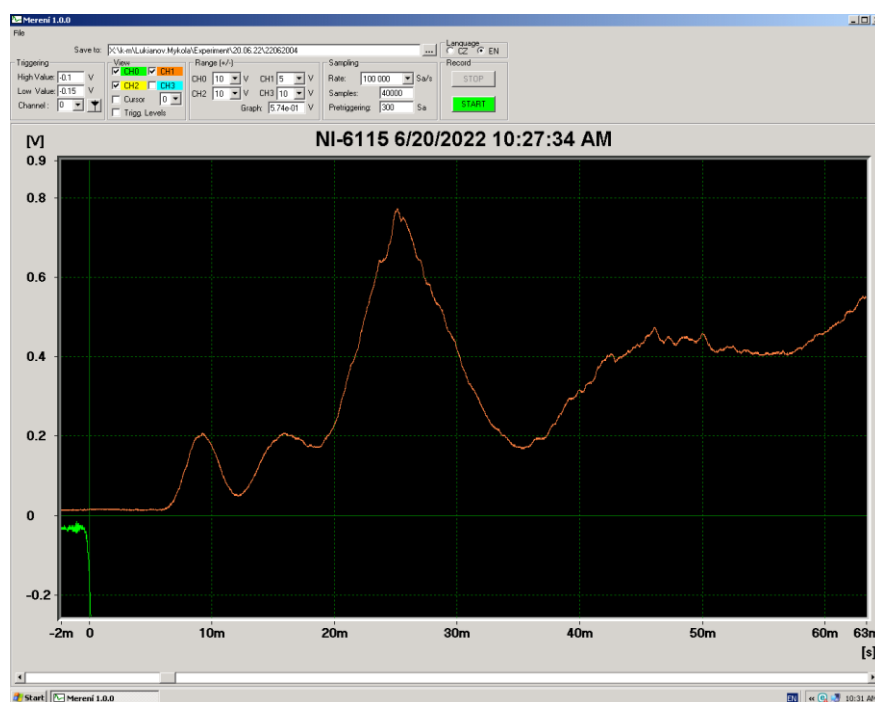
Laser míří do pulzní komory, kde se o kapky vody láme.

- Fotodioda-měří intenzitu celkového světla z laseru, na kterou má vliv kondenzace v komoře.
- Fotonásobič-měří intenzitu světla pod úhlem 15° vůči fotodiodě.

3 Praktická část

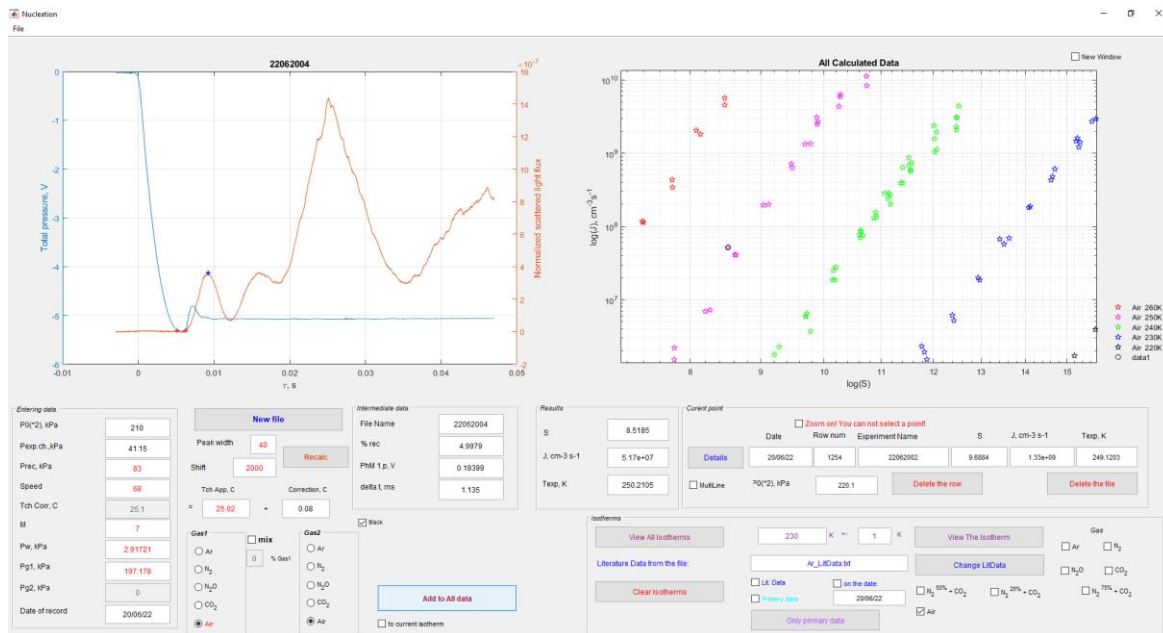
Průběh experimentu

Expanzní a rekompresní ventily jsou uzavřeny a tlak v rekompresním zásobníku je fixní. Po 3 minutách se uzavřou vstupní a výstupní ventily a upraví se tlak v měřicím a expanzním objemu. Expanzní ventil se otevře a dojde k expanzi směsi plynů v měřeném objemu. To způsobí pokles teploty a směs pára-nosný plyn se dostatečně přesytí, takže dojde k homogenní nukleaci. Po délce pulzu asi jedné milisekundy dojde k rekompresi postupným otvíráním rekompresního ventilu. Data jsou nahrána do počítače a převedena do grafu.



Obrázek 3: Grafy závislosti tlaku a intenzit světla na čase a zpracování dat v MATLAB

Obrázek 4 zobrazuje tlak a intenzity světla na Fotodiodě a Fotonásobiči v závislosti na čase, kde horní křivka (žlutá) - intenzita celkového světla na fotodiodě, prostřední křivka (oranžová): - intenzita světla pod úhlem 15° na fotonásobiči a spodní křivka (zelená) - hodnota tlaku



Obrázek 4: Zpracování dat v MATLAB

Měření jsme prováděli v programu MATLAB zobrazuje výsledky jednotlivých měření v grafech.

4 Shrnutí

Vyzkoušeli jsme si experiment na přístroji, jenž je jediný svého typu v republice. Pokus jsme několikrát opakovali, při stálé teplotě a s různými tlaky. Dozvěděli jsme se spoustu nových informací o kondenzaci vody a její využití v turbínách, spalovacích komorách. Experiment jsme prováděli se vzduchem, jakožto nosným plynem pro vodní páru.

Poděkování

Děkujeme Ing. Tetianě Lukianové a Ing. Mykolu Lukianovi, Ph.D. za pomoc, vstřícnost a rady v průběhu celého miniprojektu.

Reference

- [1] F. Brandi, N. Burdet, R. Carzino, and A. Diaspro, "Very large spot size effect in nanosecond laser drilling efficiency of silicon," *Opt. Express*, vol. 18, no. 22, pp. 23488–23494, 2010.
- [2] F. Adams and C. Barbante, "Chapter 4 - Nanotechnology and Analytical Chemistry," in *Chemical Imaging Analysis*, vol. 69, F. Adams and C. B. T.-C. A. C. Barbante, Eds. Elsevier, 2015, pp. 125–157.
- [3] P. E. Wagner and R. Strey, "Measurements of homogeneous nucleation rates for n - nonane vapor using a two-piston expansion chamber," *J. Chem. Phys.*, vol. 80, no. 10, pp. 5266–5275, May 1984, doi: 10.1063/1.446554.