

Úloha č. 8: Vakuum

jarní semestr 2022

- Vakuum je označení pro stav systému, který obsahuje plyny, nebo páry, pokud je jejich tlak menší než tlak atmosférický.
- Jednotky tlaku:
 - Pa [Nm^{-2}] – jednotka v soustavě SI,
 - 1 bar = 10^5 Pa,
 - 1 mbar = 100 Pa
 - 1 torr = 133,322 Pa,
 - 1 atm = 101 325 Pa = 760 torr (fyzikální atmosféra)

1 Využití vakua

- Věda a výzkum: diagnostické metody, elektronový mikroskop, hmotový spektrometr, optický vakuový spektrometr, plazmochemické reaktory, urychlovače částic – CERN, termojaderné reaktory – ITER
- Průmyslové aplikace: vytváření tenkých vrstev, výroba elektronických součástek, osvětlovací technika - žárovky, zářivky, chemický průmysl - čisté látky, metalurgie
- přesně definované podmínky procesu, izolace studovaného procesu od okolí, velká střední volná dráha

2 Rozdělení vakua

vakuum	tlak [mbar]	tlak [Pa]
nízké (GV), hrubé, technické	$10^3 - 10^0$	$10^5 - 10^2$
střední (FV)	$10^0 - 10^{-3}$	$10^2 - 10^{-1}$
vysoké (HV)	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-1} - 10^{-5}$
velmi vysoké (UHV)	$10^{-7} - 10^{-10}$	$10^{-5} - 10^{-8}$
extrémně vysoké (XHV)	$< 10^{-10}$	$< 10^{-8}$

3 Získávání a měření vakua

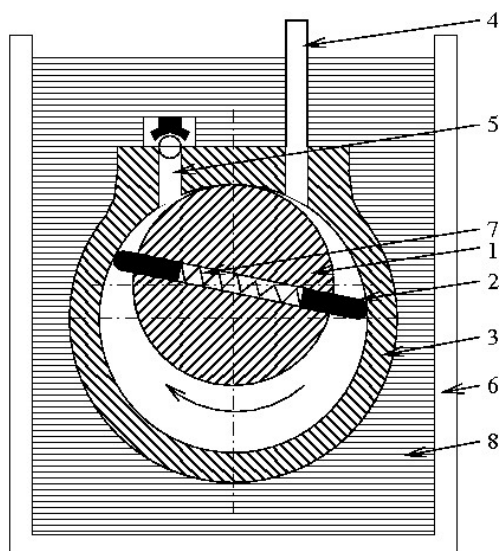
Celá řada plazmochemických aplikací využívá procesů probíhajících za tlaků nižších, než je tlak atmosférický. Proto je nutné se seznámit alespoň se základy získávání a měření nízkých tlaků.

K získávání nízkých tlaků slouží celá řada typů vývěv lišících se jak principem činnosti, tak i konstrukcí. V praktiku se stručně seznámíme s rotační olejovou vývěvou, membránovou vývěvou a turbomolekulární vývěvou.

Pro měření nízkých tlaků lze použít celou řadu různých manometrů, které se obdobně jako vývěvy liší principem činnosti, konstrukcí a použitím. V rámci této úlohy budeme pracovat s různými typy manometrů: s Piraniho, kapacitním a ionizačním manometrem.

3.1 Rotační olejová vývěva

Rotační olejová vývěva slouží k získávání nízkých tlaků v rozmezí cca $0,2 - 10^5$ Pa. Pracuje na principu periodického stlačování pracovního objemu. Schéma jednostupňové rotační olejové vývěvy je na obrázku 1.



Obrázek 1: Konstrukce jednostupňové rotační olejové vývěvy. 1 – rotor; 2 – lopatka; 3 – stator; 4 – vstupní kanál; 5 – výstupní ventil; 6 – vnější stěna; 7 – pružina; 8 – olej.

Během otáčení rotoru s posuvnými lopatkami dochází k postupnému zvětšování objemu, který je připojen k čerpanému prostoru. V jisté poloze pak dojde k oddělení objemu uvnitř vývěvy od čerpaného prostoru. V zápětí se při dalším otáčení začíná objem uvnitř vývěvy stlačovat. V okamžiku, kdy tlak přesáhne tlak na výstupu vývěvy, otevře se ventil a plyn unikne do okolního prostředí.

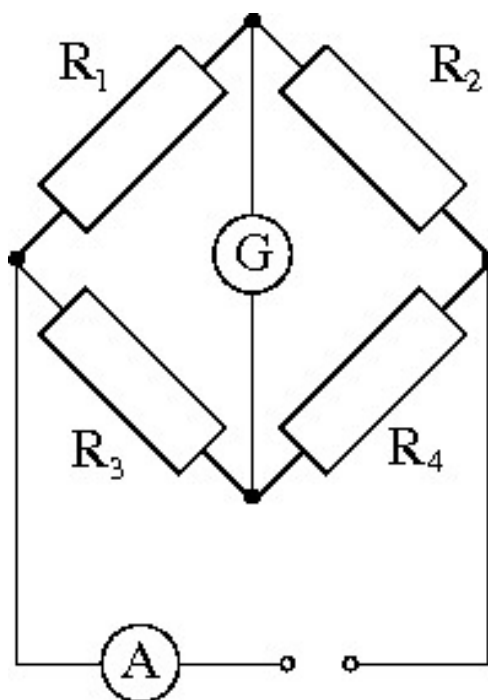
Rotační olejová vývěva se obvykle používá ve dvoustupňovém provedení. Je vhodná pro čerpání větších objemů v případě, že nejsou kladeny přílišné požadavky na čistotu čerpaného objemu (vliv zpětného proudu olejových par). Velmi často je používána pro čerpání na výstupu vysokovakuových vývěv, u nichž není možné mít na výstupu atmosférický tlak.

3.2 Piraniho manometr

Piraniho manometr lze zařadit mezi nepřímé manometry. Používá se obvykle pro rozmezí tlaků $0,1 - 10^5$ Pa. Ve svém principu využívá závislosti přenosu tepelné energie na koncentraci měřeného plynu. Konstrukčně si lze manometr představit jako tenké kovové vlákno vyhřívávané konstantním výkonem. S měnícím se tlakem plynu se mění teplota a odpor tohoto vlákna. Pro měření odporu vlákna lze využít např. můstkové zapojení, kde v jedné větvi je Piraniho manometr, ve druhé proměnný odpor (odporová dekáda) a ve zbylých dvou jsou vhodně zvolené pevné odpory.

3.3 Ionizační manometr se žhavenou katodou

Ionizační manometr řadíme také mezi nepřímé manometry. Je využíván pro tlaky v rozmezí $10^{-10} - 0,1$ Pa, při vyšších tlacích již nefunguje a hrozí i jeho poškození. Měření pomocí tohoto typu manometru je založené na měření elektrického proudu tvořeného ionty vzniklými srážkami



Obrázek 2: Elektrické zapojení můstku pro kalibraci Piraniho manometru

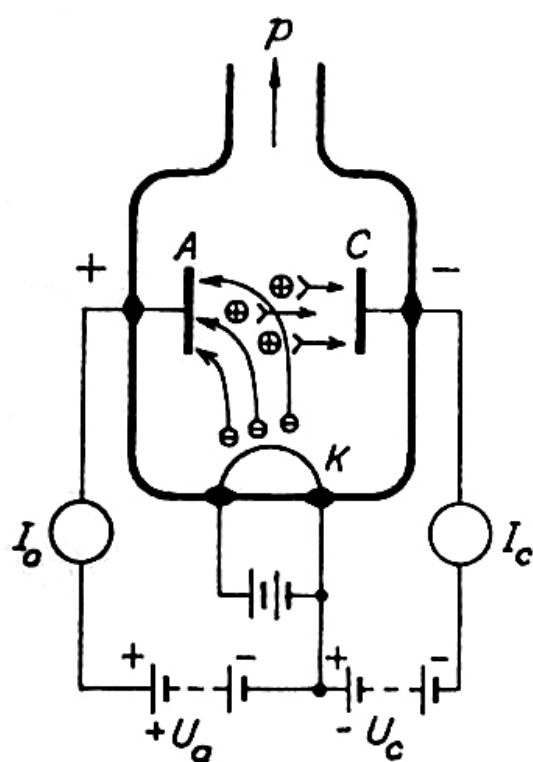
plynu s elektrony emitovanými ze žhavené katody. Je-li počet elektronů emitovaných z katody konstantní, bude iontový proud pouze funkcí tlaku plynu. Vzhledem k nutnosti ionizovat plyn je zřejmé, že kalibrační křivka pro tento typ manometru bude závislá na ionizačním potenciálu jednotlivých atomů a molekul, a tedy bude funkcí složení plynu v měřeném objemu. Základní rovnice ionizačního manometru se žhavenou katodou má tvar

$$I_c = Kp I_a,$$

kde I_c je proud iontů kolektorem, I_a je anodový proud elektronů emitovaných katodou, p je měřený tlak, K je konstanta manometru. Schéma manometru je na obrázku 3.

Úkoly

1. Seznamte se s konstrukcí a činností různých manometrů a vývěv.
2. Nakalibrujte Piraniho manometr (R_1) pomocí kapacitního manometru. Schéma zapojení měřicího můstku je na obrázku 2. Platí $R_1 = \frac{R_3 R_2}{R_4}$. Hodnoty R_2 a R_4 vám sdělí vyučující.
3. Určete konstantu ionizačního manometru při konstantním tlaku p a při konstantním anodovém proudu I_a .



Obrázek 3: Ionizační manometr se žhavenou katodou: A – anoda, K – katoda (zdroj elektronů), C – kolektor