

# KURZ VAKUOVÉ TECHNIKY 2024

SŠIEŘ ROŽNOV POD RADHOŠTĚM, 17. až 21. června 2024

## NÁPLŇ KURZU

Kurz si klade za cíl seznámit účastníky se všeobecnými základy vakuové techniky. Základní teoretická část kurzu sestává z 24 vyučovacích hodin a proběhne ve čtyřech dnech, 17. až 20. června 2024. Volitelné semináře budou probíhat po skončení přednášek v odpoledních hodinách a pro praktická cvičení je plánován pátek 21. června 2024. Při větším zájmu o vakuové praktikum se bude měřit i ve dnech 18. až 20. června 2024 v odpoledních hodinách.

## OSNOVA TEORETICKÉ ČÁSTI

### A. Fyzikální základy vakuové techniky (rozsah 3 hodiny)

1. Základní zákonitosti plynného stavu hmoty  
*Plyn, pára, ideální plyn, základní fyzikální zákony, stavová rovnice plynu*
2. Kinetická teorie plynu  
*Rychlostní rozdělení molekul, kinetický výklad tlaku, střední volná dráha molekul*
3. Transportní jevy  
*Difúze, tepelná vodivost plynu, viskozita plynu*
4. Proudění plynu  
*Základní pojmy, druhy proudění, vzorce pro výpočet vodivosti*
5. Procesy probíhající na vnitřních stěnách vakuových systémů  
*Interakce molekuly se stěnou systému, sorpce a desorpce, tlak par, vypařování, kapilární kondenzace*
6. Procesy probíhající uvnitř stěn vakuových systémů  
*Proudění a pohlcování plynu porézními látkami, pronikání plynu kompaktními látkami*

### B. Získávání vakua (rozsah 7 hodin)

1. Teorie čerpacího procesu  
*Průběh čerpání v čase, fáze čerpání, vliv potrubí na čerpací proces, vliv netěsnosti na čerpací proces*
2. Rozdělení a parametry vývěv  
*Rozdělení vývěv podle principu, parametry vývěv*
3. Transportní vývěvy pro generaci hrubého a jemného vakua  
*Vývěvy rotační, membránové, pístové, šroubové, šnekové, zubové, Rootsovy*
4. Transportní vývěvy pro generaci vysokého a velmi vysokého vakua  
*Difúzní vývěvy, vývěvy molekulární a turbomolekulární*
5. Vývěvy založené na vazbě plynu  
*Vývěvy kryogenní a kryosorpční, vývěvy iontové, vývěvy getrovací*

### C. Měření ve vakuové technice (rozsah 6 hodin)

1. Úvod  
*Veličiny a jejich jednotky, obory vakua, rozdělení a parametry vakuometrů*
2. Měření celkových tlaků  
*Vakuometry mechanické, tepelné, viskózní, ionizační*
3. Měření parciálních tlaků  
*Principy hmotnostních spektrometrů, měření hmotnostními spektrometry*
4. Měření proudu plynu, měření čerpacích rychlostí vývěv  
*Principy měření proudu plynu, jednotky, hmotnostní regulátor průtoku  
Metody měření čerpacích rychlostí vývěv*
5. Kalibrace vakuometrů  
*Fyzikální a technické základy pro kalibrace, praktická uspořádání, národní metrologický systém*
6. Hledání netěsností ve vakuových aparaturách  
*Přehled metod hledání netěsností, princip a obsluha héliového hledače netěsností*

### D. Materiály pro vakuovou techniku (rozsah 3 hodiny)

1. Požadavky kladené na materiály pro použití ve vakuu
2. Přehled materiálů a jejich použití ve vakuové technice

## **E. Vakuové aparatury (rozsah 5 hodin)**

1. Stavební prvky vakuových aparatur  
*Vakuové komory, potrubí, nerozebíratelné a rozebíratelné spoje, ventily, průchodky, technická normalizace v oboru vakuové techniky*
2. Vakuové aparatury pro hrubé a jemné vakuum  
*Součinnost vývěv, typické aplikace, čerpání agresivních a kondenzujících plynů*
3. Vakuové aparatury pro vysoké vakuum  
*Nejběžnější koncepce vysokovakuových aparatur, jejich provoz, typické aplikace*
4. Ultravakuové aparatury  
*Koncepce UHV aparatur, jejich provoz, typické aplikace*
5. Čistící postupy, vakuová hygiena

## **S. SEMINÁŘE**

Semináře jsou volitelné bloky v rozsahu 2 hodin (nad rámec základního programu).

1. Základy technologie tenkých vrstev  
*Vlastnosti tenkých vrstev a jejich měření, metody depozice tenkých vrstev - vakuové napařování a napařování*
2. Jednoduché výpočty ve vakuové technice  
*Určení potřebného tlaku (střední volné dráhy) pro daný proces ve vakuu, návrh primární vývěvy pro daný typ sekundární vývěvy, návrh vývěvy pro danou velikost pracovní komory, a jiné (po dohodě s lektorem)*
3. Měření v podmínkách platné legislativy a jakostních norem  
*Přehled platné legislativy a norem, základní požadavky na management měření (jak prokázat správnost měření při auditu)*

## **P. VAKUOVÉ PRAKTIKUM**

Účastníci si mohou vybrat libovolný počet z níže uvedených úloh. Pracovat se bude v malých skupinkách (2 až 4 lidi) a u každé úlohy bude trvale přítomen lektor.

Úloha č. 1: Zkouška těsnosti aparatury (pressure rise test)

*Měření vzrůstu tlaku po oddělení komory od čerpacího systému, výpočet velikosti netěsnosti*

Úloha č. 2: Měření čerpací rychlosti vývěvy metodou stálého objemu

*Měření závislosti čerpací rychlosti rotační vývěvy na tlaku, porovnání změřených hodnot s nominální čerpací rychlostí vývěvy.*

Úloha č. 3: Měření čerpací rychlosti vysokovakuové vývěvy metodou stálého tlaku

*Měření závislosti čerpací rychlosti turbomolekulární vývěvy na tlaku*

Úloha č. 4: Kalibrace vakuometrů

*Kalibrace vakuometru metodou přímého porovnání s referenčním vakuometrem s dynamickým a/nebo statickým nastavením tlaku v kalibrační komoře*

Úloha č. 5: Práce s kvadrupólovým hmotnostním spektrometrem

*Získání a vyhodnocení spektra*

Úloha č. 6: Hledání netěsností ve vakuových aparaturách

*Obsluha héliového hledače netěsností, praktický nácvik hledání netěsností*

## **PŘEDNÁŠEJÍCÍ**

Tým školitelů je složen z uznávaných odborníků z vysokých škol i z praxe, v roce 2024 v následujícím složení:

Ing. Karel Bok, Rožnov pod Radhoštěm

RNDr. Tomáš Gronych, CSc., Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova Praha

RNDr. Martin Jeřáb, Ph.D., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, Praha

Ing. Jiří Kubáň, Vakuum servis s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm

Mgr. Martin Vičar, Ph.D., Český metrologický institut Brno

Ing. Martin Zejda, Vakuum servis s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm