

# ODBORNÝ KURZ VAKUOVÁ TECHNIKA

12. až 16. června 2023

## NÁPLŇ KURZU

Kurz je koncipován všeobecně, aby vyhovoval pracovníkům z různých průmyslových odvětví. Základní teoretická část kurzu proběhne ve čtyřech dnech, 12. až 15. června 2023. Semináře probíhají po skončení přednášek v odpoledních hodinách, pro praktická cvičení je plánován pátek 16. června 2023, předpokládáme ale, že při větším zájmu bude nutno měřit i ve dnech 13. až 15. června 2023 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 zákony, stavová rovnice plynu*
2. Kinetická teorie plynu  
*Rychlostní rozdělení molekul, kinetický výklad tlaku, střední volná dráha molekul a její význam*
3. Transportní jevy  
*Difúze, tepelná vodivost plynu, viskozita plynu*
4. Proudění plynu  
*Základní pojmy, druhy proudění, vzorce pro výpočet vodivosti*
5. Procesy probíhající na 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 heliového 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, normy pro vakuovou techniku*
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 (nad rámec základního programu) v rozsahu 2 hodin.

1. Základy technologie tenkých vrstev  
*Vlastnosti tenkých vrstev a jejich měření, metody depozice tenkých vrstev - vakuové napařování a naprašování*
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, které budou instalovány ve školní laboratoři. 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 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 ve kalibrační komoře.*

Úloha č. 5: Práce s kvadrupólovým hmotnostním spektrometrem

Úloha č. 6: Hledání netěsností ve vakuových aparaturách – obsluha héliového hledače netěsností

## PŘEDNÁŠEJÍCÍ

Tým školitelů je složen z uznávaných odborníků z vysokých škol i z praxe. Na letošním 29. ročníku přislíbili účast:

Ing. Karel Bok, Rožnov pod Radhoštěm

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

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

Doc. Mgr. Pavel Slavíček, Ph.D., Masarykova univerzita Brno

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

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