

# ***NTMF043: Termodynamika a statistická fyzika I***

Zimní semestr 2020/21

## **Průběh zkoušky**

*Disclaimer: V případě zjevných nedostatků může být níže uvedené schéma upraveno. V tom případě budete s předstihem informováni.*

- **Podmínkou účasti na zkoušce je získání zápočtu. Nejpozději 24h před termínem zkoušky je třeba odevzdat standardním způsobem pátý – zkouškový – domácí úkol.**
- Zkoušku je možné skládat prezenčně nebo distančně. Preferována je osobní účast, požadavek na distanční zkoušení však není třeba ničím odůvodňovat – domnívám se, že prezenční zkoušení je lepší pro obě strany.
- Obě varianty budou probíhat v rámci možností ve stejném formátu (dotatečné instrukce a požadavky pro distanční zkoušení jsou uvedeny níže).
- Protože jsem neměl možnost se s Vámi během semestru osobně seznámit, mějte prosím připravenou svou fakultní průkazku pro ověření totožnosti.
- Zkoušení proběhne v předepsaných časových slotech o délce maximálně 45 minut. Prezenční zkouška bude probíhat v posluchárně při zachování odstupu, student bude psát na tabuli.
- Student dostane dvě náhodně vylosované otázky/témata. Následně bude mít 15 minut na krátkou přípravu. Během přípravy je dovoleno používat libovolné materiály, není dovolena komunikace s další osobou.
- Z vylosovaných témat si student zvolí jedno, kterému se při zkoušení budeme především věnovat. Nakonec položím několik konkrétních otázek k druhému tématu.
- Zkoušení bude výhradně teoretické. Pouze v případě nejednoznačného hodnocení bude zadána jednoduchá početní úloha, na jejíž vyřešení bude mít student čas po dobu přípravy dalšího zkoušeného.
- Budu se snažit vypsát dostatek termínů i pro případné opakování zkoušky. Přednost zápisu mají studenti při svém prvním nebo druhém pokusu. Zápis na případný třetí pokus si proto prosím domluvte předem e-mailem. Po domluvě budu zkoušet také během letního semestru a dalšího zkouškového období.
- *Distanční zkoušení:*
  - Zkoušení bude probíhat přes Zoom.
  - Student musí mít po celou dobu zkoušky (vč. přípravy) zapnutý mikrofon a být vidět na kameře.

- Kvalita obrazu musí umožňovat identifikaci studenta (vč. kontroly průkazky).
- Je třeba mít k dispozici použitelnou technologii na psaní a přenos rovnic ke zkoušejícímu v rozumně reálném čase. Jedná se zejména o:
  - \* psaní na sdílenou tabuli (tablet)
  - \* rychlé psaní a kompilaci latexu (doporučuji mít před zahájením zkoušení mít již otevřený dokument se všemi formalitami)
  - \* psaní na přenosnou tabuli/flipchart, je-li čitelné přes webkameru
  - \* psaní na papír pod webkamerou (ideálně druhé připojení na zoom z mobilu)

U všech alternativ si prosím s předstihem ověřte funkčnost a čitelnost. Nevyjmenované možnosti raději předem konzultujte – zodpovědnost za adekvátní technické zabezpečení na straně studenta nese student.

## Požadavky ke zkoušce

### Matematika

- úplné a neúplné diferenciály, integrační faktor
- řešení rovnic ve tvaru totálního diferenciálu
- derivování složených a implicitních funkcí
- Legendreovy transformace
- pravděpodobnost, hustota pravděpodobnosti, základní pravděpodobnostní rozdělení (binomické, Poissonovo, normální)

### Základní pojmy

- mikrostav, makrostav, stav termodynamické rovnováhy, empirická teplota
- intenzivní a extenzivní termodynamické proměnné, stavové rovnice
- stavové rovnice ideálního a van der Waalsova plynu
- práce, teplo, adiabatické a další děje, kvazistatické procesy, cyklické procesy

## Základní termodynamické zákony

- nultý zákon a existence teploty jako stavové proměnné
- první zákon a existence vnitřní energie jako stavové proměnné
- druhý zákon a důsledky
  - ekvivalence různých formulací
  - Carnotův teorém a absolutní TD teplota
  - Clausiova nerovnost a existence entropie jako stavové proměnné

## Entropie

- základní důsledky její existence - podmínky integrability stavových rovnic
- směr toku času – entropie v izolovaném systému neklesá
- extenzivita entropie, Eulerova rovnice, chemický potenciál, Gibbsův-Duhemův vztah
- ostatní vlastnosti entropie, postuláty termodynamiky
- teorém maximální práce

## Fundamentální rovnice a termodynamické potenciály

- entropická a energetická fundamentální rovnice
- vztah fundamentální a stavových rovnic
- principy extrémů entropie a vnitřní energie
- Legendreovy transformace a termodynamické potenciály
  - základní termodynamické potenciály a jejich fyzikální význam
  - principy extrémů pro termodynamické potenciály
- Maxwellovy relace
  - koeficienty lineární odezvy, postup redukce derivací
  - základní aplikace – Meyerův vztah, volná expanze, Joule-Thomsonův jev

## Podmínky rovnováhy a stability

- význam intenzivních parametrů
- podmínky stability pro entropii a termodynamické potenciály
- základní důsledky pro koeficienty lineární odezvy

## Fázové přechody

- oblasti nestability termodynamických potenciálů
- nestabilní izoterma van der Waalsova plynu, Maxwellova konstrukce
- křivka koexistence, latentní teplo, Clapeyronova rovnice, kritický bod
- fázový diagram, Gibbsovo pravidlo fází

## Rovnováha při chemických reakcích

- stoichiometrické koeficienty, podmínky rovnováhy
- teplo uvolněné během reakce
- ideální roztoky – zákon působících hmot

## Nernstův postulát

- formulace 3. TD zákona
- relevance pro klasické a kvantové modely makroskopických systémů
- důsledky pro chování koeficientů lineární odezvy u absolutní nuly

## Statistická fyzika

*Statistickou fyziku budu zkoušet na elementární úrovni – v zásadě stačí znát význam základních pojmů, Liouvilleův teorém a „praktickou kuchařku“ k základním probraným statistickým souborům. Podrobný rozbor Boltzmannovy entropie plynů má napomoci pochopení konceptu a spojitěmu navázání na fenomenologickou termodynamiku, není však třeba se ho ke zkoušce učit. Kvantovou statistickou mechaniku stačí znát na úrovni „integrál přes fázový prostor nahradíme sumou přes kvantové stavy“.*

- fázový prostor, mikrostav
- statistický popis makrostavu, hustota pravděpodobnosti na fázovém prostoru
- Liouvilleův teorém
- mikrokanonický soubor – popis izolovaného systému
  - princip stejných pravděpodobností
  - objem fázového prostoru, Boltzmannova entropie
  - výpočet termodynamických veličin (fundamentální rovnice)
- kanonický a grandkanonický soubor
  - fyzikální význam, rovnovážná hustota pravděpodobnosti
  - výpočet a význam partiční funkce
  - výpočet termodynamických veličin, variace termodynamických veličin
- Gibbsova entropie