

Na skúške si vylosujete dve otázky: jednu z termodynamiky (za maximálne 10 bodov) a jednu zo štatistickej fyziky (za maximálne 14 bodov). Na prípravu budete mať 30 minút, odpoveď potrvá maximálne 30 minút.

Otázky z predmetu štatistická fyzika a termodynamika

1 Vysvetlite rozdiel medzi makro- a mikrostavmi, ako aj medzi intenzívnymi a extenzívnymi veličinami. Objasnite, čo sú rovnovážne stavy a popíšte, ktorými veličinami sú takéto stavy úplne charakterizované. Uveďte príklady emergentných veličín a vysvetlite, čo sú stavové rovnice. Pojmy ilustrujte na príklade ideálneho klasického plynu.

2 Sformulujte a vysvetlite prvú vetu termodynamiky. Vysvetlite Kelvinovu a Clausiovu formuláciu druhej vety termodynamiky. Popíšte Carnotov stroj a vypočítajte jeho účinnosť. Vysvetlite, ako je definovaná termodynamická teplota.

3 Vysvetlite, ako je pomocou Carnotových cyklov definovaná entropia S a pomocou S sformulujte druhú vetu termodynamiky. Popíšte, čo je základnou úlohou termodynamiky.

4 Napíšte fundamentálnu rovnicu pre entropiu. Popíšte závislosť entropie od energie a sformulujte tretiu vetu termodynamiky. Napíšte a zdôvodnite Eulerov vzťah pre entropiu.

5 Popíšte, ako možno pomocou entropie definovať absolútnu teplotu T , tlak p a chemický potenciál μ . Riešením základnej úlohy termodynamiky ukážte, za akých okolností majú 2 systémy v rovnováhe rovnaké T , p , alebo μ .

6 Napíšte fundamentálnu rovnicu pre vnútornú energiu E a ukážte, ako vyzerá riešenie základného problému termodynamiky pomocou E . Aké veličiny sú popísané parciálnymi deriváciami funkcie E ? Uveďte aspoň dve podmienky stability pre E .

7 Definujte Helmholtzovu voľnú energiu F a ukážte, od ktorých premenných závisí (v jednozložkovom systéme). Vysvetlite, za akých okolností nadobúda F v rovnovážnom stave minimum. Aké veličiny sú popísané parciálnymi deriváciami funkcie F ?

8 Definujte Gibbsovu voľnú energiu G a ukážte, od ktorých premenných závisí (v jednozložkovom systéme). Vysvetlite, za akých okolností nadobúda G v rovnovážnom stave minimum. Aké veličiny sú popísané parciálnymi deriváciami funkcie G ?

9 Vysvetlite, čo je termodynamická fáza. Sformulujte podmienku pre rovnováhu fáz v jednozložkovom systéme. Vysvetlite, čomu je rovné skupenské teplo. Napíšte a vysvetlite rovnicu Clausia-Clapeyrona. Pojmy ilustrujte na príklade prechodu kvapalina - plyn.

10 Vysvetlite, aké systémy popisujeme mikrokánonickým súborom a popíšte pravdepodobnostné rozdelenie mikrostavov v tomto súbore. Napíšte Boltzmannov vzorec pre entropiu S . Funkciou ktorých veličín je S ? Načrtnite výpočet S pre systém pozostávajúci z N rovnakých (ale rozlíšiteľných) dvojhladinových systémov.

11 Vysvetlite, aké systémy popisujeme kánonickým súborom a popíšte pravdepodobnostné rozdelenie mikrostavov v tomto súbore. Definujte štatistickú sumu Z a popíšte, ako Z súvisí s termodynamickými veličinami. Funkciou ktorých veličín je Z ?

12 Sformulujte a dokažte ekvipartičnú vetu. Vetu aplikujte na merné teploty c_V viacatómových plynov a tuhých látok. Vysvetlite, v čom spočíva rozdiel medzi mernými teplotami c_V a c_P .

13 Odvoďte výraz pre Helmholtzovu voľnú energiu F harmonického oscilátora v tepelnom kontakte s rezervoárom pri teplote T . Napíšte formulu pre strednú hodnotu energie oscilátora. Naznačte, ako by bolo treba počítať energiu žiarenia pri teplote T a sformulujte výsledný Stefanov-Boltzmannov zákon.

14 Vysvetlite, aké systémy popisujeme grandkánonickým súborom a popíšte pravdepodobnostné rozdelenie mikrostavov v tomto súbore. Definujte veľkú štatistickú sumu Z a popíšte, ako Z súvisí s termodynamickými veličinami. Funkciou ktorých veličín je Z ?

15 Popíšte, ako treba zadať mikrostav jednočasticového ideálneho kvantového plynu s nerozlíšiteľnými časticami. Napíšte formuly pre Fermiho-Diracovo a Boseho-Einsteinovo rozdelenie a vysvetlite, čo popisujú. Ukážte, že v klasickej limite sa obe rozdelenia redukujú na Maxwelllovo rozdelenie.

16 Popíšte stav ideálneho fermiónového a bozónového plynu s konečnou hustotou pri teplote $T = 0$.

17 Popíšte termodynamiku a štatistickú mechaniku homogénne zmagnetizovaného média vnútri cievky. Ako príklad popíšte systém nezávislých magnetiek v externom poli H .

18 Vysvetlite, čo popisuje Isingov model. V priblížení stredného poľa nájdite voľnú energiu modelu a napíšte self-konzistentnú rovnicu pre parameter usporiadania. Kvalitatívne popíšte riešenie v nulovom poli a vysvetlite, čo je spontánne narušenie symetrie.

19 Ukážte, ako možno odvodiť mikrokánonické a kánonické rozdelenie pravdepodobností mikrostavov maximalizáciou Gibbsovej formuly pre entropiu. Kvalitatívne popíšte informatickú interpretáciu Gibbsovej formuly.