Teorijska fizika 2008/09

Termodinamika, statistična fizika

Izpitna vprašanja

Na vprašanja odgovarjajte strnjeno, vendar celovito. Odgovore vselej utemeljite z izpeljavami in po potrebi ilustrirajte z zgledi in skicami.

1. Kaj je termodinamično ravnovesje?
2. Kako definiramo temperaturo s plinskim termometrom? Na kateri empirični zakon se opira? Kakšna je Carnotova definicija temperature?
3. Kaj je enačba stanja? Navedite in opišite nekaj zgledov! Kaj so ekstenzivne, kaj intenzivne termodinamične spremenljivke? Naštejte nekaj primerov!
4. Katera empirična zakona združimo v enačbo stanja idealnega plina? Narišite izoterme idealnega plina! V katerem režimu ta dobro opiše obnašanje realnih plinov? Kakšna je mikroskopska interpretacija pojma idealni plin?
5. Opišite izoterme realnega plina! V čem se razlikujejo od izoterm idealnega plina? Navedite primer enačbe realnega plina in opišite izotermo! Kateri del ustreza plinu, kateri kapljevini? Kje so metastabilna stanja, kje nefizikalna? Pojasnite!
6. Kako poteka fazni prehod med plinom in kapljevino? Kaj je nasičeni parni tlak?
7. Zapišite energijski zakon! Kakšen je diferencial dela pri plinu, žici, para- ali diamagnetni snovi ter dielektriku?
8. Kaj je specifična toplota? Kako sta definirani specifični toploti plina pri stalni prostornini in pri stalnem tlaku? Kako in zakaj vpeljemo entalpijo? Za koliko se ob izparitvi kilograma vode spremeni notranja energija, za koliko entalpija?
9. Opišite Hirnov poskus! Kaj pove o idealnem plinu?
10. Kaj je Joule-Kelvinov pojav? Izpeljite Joule-Kelvinov koeficient!
11. Kako vpeljemo entropijo? Kaj pravi entropijski zakon? Navedite nekaj reverzibilnih in ireverzibilnih termodinamičnih sprememb! Kako definiramo nadomestno reverzibilno spremembo?

12. Naštejte in opišite nekaj posledic entropijskega zakona! Pokažite, da toplota spontano prehaja s toplejšega telesa na hladnejše!

13. Izpeljite odvisnost entropije idealnega plina od temperature in tlaka ter od temperature in prostornine!

14. Kako vpeljemo prosto energijo? Kakšen je pomen proste energije? Kako se spreminja, ko se v neravnovesnem sistemu vzpostavlja ravnovesje? Kaj je prosta entalpija?

15. Kaj so Maxwellove relacije in kako jih izpeljemo? Zapišite obe Maxwellovi relaciji za plin!

16. Izpeljite razliko specifičnih toplot za plin in kapljevino! Koliko znaša pri idealnem plinu? Ocenite razliko pri kapljevini!

17. Kaj je adiabatno razmagnetenje? Pokažite, da se snov pri tem procesu ohladi, in izračunajte spremembo temperature!

18. Kaj je fazni prehod? Naštejte nekaj snovnih lastnosti, po katerih se ločijo agregatna stanja!

19. Opišite fazni diagram kapljevine! Kaj je trojna točka, kaj je kritična točka? Kaj je posebnost faznega diagrama vode?

20. Katera pogoja opisujeta fazno ravnovesje? Izpeljite in pojasnite Maxwellovo pravilo!

21. Po čem se razlikujejo zvezni fazni prehodi od nezveznih? Kako se ob obeh vrstah prehodov spreminjajo prosta entalpija, entalpija in specifična toplota pri stalnem tlaku? Pojasnite razlike!

22. Kako je definirana utajena toplota faznega prehoda? Kako je povezana s spremembo entropije ob faznem prehodu? Utemeljite!

23. Izpeljite Clausius-Clapeyronovo enačbo! Kakšno odvisnost nasičnega parnega tlaka napoveduje daleč pod kritično temperaturo? Izpeljite!

24. Kaj je osmozni tlak? Kako je odvisen od koncentracije topljenca?

25. Pojasnite, zakaj raztopina zmrzne pod lediščem čistega topila, in izračunajte, za koliko se pri dani koncentraciji topljenca zniža tališče! Za koliko se premakne vrelišče?

26. Narišite in pojasnite fazni diagram binarne zmesi! Kaj je destilacija?

27. Kaj je fazno pravilo? Navedite nekaj zgledov!

28. Kaj je difuzija? Kako opišemo difuzijo v binarni zmesi? Kako se s časom spreminja koncentracija soli v dolgi in ozki kadici, ko izvlečemo steno, ki ločuje prekata, do enake višine napolnjena s čisto vodo oziroma z redko slanico?

29. Izpeljite difuzijsko enačbo za toploto!

30. Opišite termoelektrično napetost in Peltierov pojav!

31. Kaj je fazni prostor? Opišite fazni prostor sistema točkastih delcev! Kako v faznem prostoru predstavimo časovni razvoj sistema? Navedite zgled!

32. Kaj je verjetnostna gostota? Izpeljite Liouvillov izrek!

33. Izpeljite Liouvillovo enačbo! Kaj mora veljati, da bo izbrana verjetnostna gostota stacionarna?

34. Kaj je mikrokanonična porazdelitev, kaj kanonična porazdelitev? Kako izpeljemo odvisnost verjetnostne gostote od energije pri slednji?

35. Kaj je fazna vsota? Kako definiramo statističnofizikalno povprečje neke količine? Kako izračunamo povprečno energijo? Dokažite!

36. Kaj je ekviparticijski izrek? Pokažite! Kako z ekviparticijskim izrekom pojasnimo specifično toploto enoatomnega oziroma dvoatomnega idealnega plina?

37. Kako izračunamo fluktuacije energije pri kanoničnem ansamblu? Pokažite, da je razmerje amplitude fluktuacij energije in povprečne energije pri makroskopskem sistemu zanemarljivo!

38. Kako pridemo v statistični fiziki do enačbe stanja? Kako izračunamo tlak plina? Iz fazne vsote izpeljite enačbo stanja enoatomnega idealnega plina!

39. Kaj je virialna enačba stanja? Kaj je drugi virialni koeficient in kako je povezan z medatomskim oziroma medmolekulskim potencialom?

40. Izračunajte drugi virialni koeficient trdih kroglic s hitro pojemajočim privlakom in pokažite, da vodi do van der Waalsove enačbe stanja!

41. Opišite mikroskopski mehanizem električne polarizacije dielektrika, npr. vodne pare!

42. Kako v statistični fiziki definiramo entropijo? Zapišite in pojasnite Gibbsovo in Boltzmannovo formulo!

43. Kako v kvantni statistični fiziki normiramo verjetnostno gostoto? Zakaj so večdelčne funkcije stanja lahko bodisi simetrične bodisi antisimetrične na zamenjavo dveh delcev? Katera od teh možnosti opisuje fermione, katera bozone? Kako iz enodelčnih stanj neodvisnih delcev tvorimo večdelčna stanja s primerno simetrijo?

44. Kaj je gostotna matrika? Kako ta operator zapišemo v matrični reprezentaciji, kako kot direktni produkt stanj?

45. Izpeljite von Neumannovo enačbo! Kaj opisuje?

46. Kako je v kvantni statistični fiziki verjetnostna gostota stacionarnih stanj odvisna od energije? Kako izračunamo statističnofizikalno povprečje nekega operatorja?

47. Izpeljite odvisnost zasedbenega števila kvantnega harmoničnega oscilatorja od temperature!

48. Kako v Debyevem modelu obravnavamo nihanja gradnikov trdne snovi? Kaj so fononi? Kaj je Debyeva frekvenca? Kakšno temperaturno odvisnost specifične toplote napove ta model pri nizki temperaturi?

49. Kaj je Dulong-Petitovo pravilo? Izpeljite ga!

50. Kako vpliva zunanje magnetno polje na atome z neničelno vrtilno količino? Izračunajte susceptibilnost plina atomov z vrtilno količino $1/2$ pri visokih temperaturah! Kaj je Curiejev zakon?

51. Kaj je Isingov model? Kako ga obravnavamo v približku povprečnega polja in kaj ta obravnava napoveduje?

52. Kako vpeljemo velekanonično porazdelitev? Kakšen je termodinamični pomen velepotenciala? Pokažite!

53. Izpeljite zasedbeno število energijskega nivoja v fermionskem in v bozonskem sistemu!

54. Izračunajte kemijski potencial plina prostih elektronov v kovini pri $T = 0$! Pojasnite, zakaj dobljeni rezultat dobro opiše tudi razmere pri sobni temperaturi!

55. Kaj je Bose-Einsteinova kondenzacija? Pojasnite, zakaj pride do tega pojava!

56. Kako je definirana povprečna prosta pot molekul plina v kinetični teoriji? Od česa je odvisna? Koliko znaša? Kolikšna je povprečna hitrost molekul?

57. Z uporabo kinetične teorije izračunajte tlak idealnega plina!

58. Izpeljite difuzijsko konstanto plina!

59. Kakšna je mikroskopska slika viskoznosti plina? Kako jo izračunamo v planarni geometriji? Kako je, če je razdalja med ploščama mnogo manjša od povprečne proste poti?

60. Izpeljite toplotno prevodnost idealnega, a ne preredkega plina! Kako je v plasti redkega plina, v katerem je povprečna prosta pot daljša od razdalje med hladnim in toplim rezervoarjem?