

FYS.232 Aineen rakenne

Laajuus:	5 ECTS	
Luennot:	40 h Ti 10 – 12 Zoom tai ... Ke 10 – 12 Zoom tai ... Zoom Meeting ID: 840 543 3506	Tapio Rantala, prof., SG219 Etunimi.Sukunimi@tuni.fi http://iki.fi/trantala/opetus
Harjoitukset:	12 x 2 h To 12 – 14 SE211 tai Zoom To 14 – 16 SJ212A tai Zoom Pe 10 – 12 SJ212A tai Zoom	Ilkka Ruokosenmäki Etunimi.Ruokosenmaki@tuni.fi
Oppikirja:	Tipler ja Llewellyn, Modern Physics (Freeman, NY) 6th Edition, Kappaleet 8 – 13	http://macmillanlearning.com
Pohjatiedot:	Fysiikan peruskurssit, Atomifysiikka, Kvanttimekaniikan perust.	
1. välikoe:	(Ke) 2.3.22	
2. välikoe ja tentti:	(Ke) 4.5.22	

AIKATAULU k. 2022

	VIIKKO	Luennot	Hari.	Huom!
Tammikuu	2	Ti 1 – 2 Ke 3 – 4	To-Pe	
	3	Ti 5 – 6 Ke 7 – 8	To-Pe	1
	4	Ti 9 – 10 Ke 11 – 12	To-Pe	2
	5	Ti 13 – 14 Ke 15 – 16	To-Pe	3
Helmikuu	6	Ti 17 – 18 Ke 19 – 20	To-Pe	4
	7	Ti Ke	To-Pe	5
	8	Ti 21 – 22 Ke 23 – 24	To-Pe	6
	9	Ke 1. vk		Tentti- viikko
Maaliskuu	10	Ti 25 – 26 Ke 27 – 28	To-Pe	7
	11	Ti 29 – 30 Ke	To-Pe	8
	12	Ti 31 – 32 Ke 33 – 34	To-Pe	9
	13	Ti 35 – 36 Ke 37 – 38	To-Pe	10
Huhtikuu	14	Ti 39 – 40 Ke	To-Pe	11
	15	Ti		12
	19			Pääsiäis- tauko
	17	Ke Ti Ke	To-Pe	
Toukokuu	18	Ke 2. vk ja tentti		Tentti- viikko
	19			Tentti- viikko

8. Statistinen fysiikka	1
8-1 Klassillinen statistiikka	2
Boltzmannin jakautuma	2
Maxwellin nopeusjakautuma	4
Kineettisen energian Maxwellin jakautuma	6
Energian tasanjakautumisen periaate ja ominaislämpö	7
Kaasufaasin molekulaarinen ominaislämpö	7
Kiinteän aineen ominaislämpö	9
8-2 Kvanttistatistiikat	10
Bose–Einstein-, Fermi–Dirac- ja Boltzmannin jakautumat	10
Hiukkanen laatikossa ja vapaa hiukkanen	14
8-3 Bose–Einstein-kondensaatio	15
8-4 Fotoni-kaasu	17
8-5 Fermioni-kaasun ominaisuuksia	18
Fermi-energia	18
Kvantti-degeneroitunut fermioni-kaasu	20
9. Molekyyliden rakenne ja spektrit	21
9-1 Ionisidos	22
9-2 Kovalenttinen sidos	25
Vety-molekyyli-ioni H_2^+	26
Vety-molekyyli-ioni H_2	29
Osittainen ioni- ja kovalenttinen sidos	31
9-3 Molekyyliden välisiä sidoksia	32
Dipoli–dipolisidos	32

9-4 Kaksiatomisten molekyylien energiatasot ja spektrit	35
Rotaatioenergiatasot	35
Vibraatioenergiatasot	37
Emissiospektrit	39
Absorptiospektrit	40
9-5 Sironta, absorptio, emissio ja stimuloitu emissio	41
Sironta	41
Absorptio ja emissio	41
Stimuloitu emissio	42
9-6 LASER ja MASER	44
Rubiinilaser	45
Helium–neon-laser	46
Laserin sovellutuksia	47
10. Kiinteän olomuodon fysiikka	49
10-1 Kiinteän aineen rakenne	49
Ionikiteet	53
Kovalenttiset kiteet	55
Metallikiteet – vapaaelektronimalli	57
10-2 Johtavuuden klassillinen teoria	58
Sähkönjohtavuus	58
Keskimääräinen vapaa matka ja relaksaatioaika	59
Klassillisen mallin puutteita	60
10-3 Metallien vapaaelektronikaasumallin kvanttiteoria	61
Yksidimensioinen malli	62
Kolmidimensioinen elektronikaasu	63

10-4 Johtavuuden kvanttiteoria	64
Ominaislämpö	66
10-5 Magnetismi	67
Paramagnetismi	67
Diamagnetismi	69
Ferromagnetismi	69
Antiferromagnetismi ja ferrimagnetismi	70
Spintroniikka	70
10-6 Elektronien energiakaistat (eli -vyöt)	71
Kiteen periodisuus ja kaistarako (eli vyöaukko)	71
Johteet, eristeet ja puolijohteet	75
Yhdistepuolijohteet	76
Itseispuolijohteet	77
Varauksenkuljettajien efektiivinen massa	79
10-7 Seostepuolijohteet	80
Hall-ilmiö	82
10-8 Puolijohdeliitos ja sen sovellutuksia	83
Diodi	83
Valoa emittoiva diodi, LED, ja aurinkokenno	86
LASER	87
Kanavatransistorit	88
10-9 Suprajohtavuus	89
Meissner-ilmiö	90
Suprajohteiden lajijako	91
BCS-teoria	93
Korkean lämpötilan suprajohtavuus	95
Varattu laajennuksille	97–100

11. Ydinfysiikka	101
11-1 Nukleonit	103
11-2 Ytimen perustila	104
Ytimen koko ja muoto	104
Stabiilit ytimet	107
Sidosenergia ja massakato	108
Ydinspin ja ytimen magneettinen momentti	110
11-3 Radioaktiivisuus	112
11-4 Alfa-, beta- ja gamma-hajoaminen	114
Alfa-hajoaminen	115
Beta-hajoaminen	119
Gamma-emissio	123
11-5 Ydinvoima (engl. nuclear force)	125
Välittäjähiukkasten vaihto	126
Välittäjähiukkasten todennäköisyystiheys	128
11-6 Ytimen kuorimalli	129
11-7 Ydinreaktiot	131
Energian säilyminen	131
Vaikutusala	133
Väliydin	134
Ytimien viritystilat ydinreaktioissa	135
Neutronireaktiot	136
11-8 Fissio ja fuusio (ydinenergia, engl. nuclear power)	137
Fissio	139
Fuusio	142
Auringon energiantuotto	144

11-9 Sovellutuksia	146
Neutroniaktivointianalyysi	146
Ydinmagneettinen resonanssi	147
Tietokonetomografia	149
Radioaktiivinen iänmääritysmenetelmä	150
12. Hiukkasfysiikka	153
12-1 Peruskäsitteitä	154
Antihhiukkaset	154
Feynmanin diagrammit	156
Leptonit ja kvarkit	158
12-2 Perusvuorovaikutukset ja välittäjähiukkaset	161
Vahva vuorovaikutus	162
Sähkömagneettinen vuorovaikutus	165
Heikko vuorovaikutus	166
Gravitaatiovuorovaikutus	167
Yhteenveto	168
12-3 Säilymislait ja symmetriat	169
Hiukkasfysiikan säilymislaeista	170
12-4 Standardimalli	171
Kvanttikromodynamiikka (QCD)	171
Antin "resepti" reaktion vuorovaikutuksen määrittämiseen	173
12-5 Nobel-iltapäivän hiukkasfysiikkaa	174
Higgsin bosoni	174
Symmetriasta ja sen rikkoutumisesta	175
Lisää Nobel-palkinnoista	176

13. Astrofysiikka ja kosmologia	177
13-1 Aurinko	178
Auringon pinta	178
Auringon sisäosat ja energiantuotto	179
13-2 Tähdet	180
Linnunrata	180
13-3 Tähtien evoluutio	182
13-4 Suuren mittakaavan mullistukset	183
Novat	183
Supernovat	183
13-5 Tähtien kohtalo	184
Valkoiset kääpiöt	184
Neutronitähdet	184
Mustat aukot	184
13-6 Galaksit ja Hubble'n laki	185
13-7 Kosmologia ja gravitaatio	187
13-8 Maailmankaikkeuden evoluutio	187
Big Bang	188
Pimeä aine ja pimeä energia	189
Muuta Maailmankaikkeuteen liittyvää	190
Varattu laajennuksille	193–200

"VÄLIKOEISTA / TENTISTÄ"

Valmistautuminen

- käsitteet, määritelmät
- ilmiöiden ymmärtäminen: yhteydet toisiinsa ja kokonaisuudet
- laskurutiini

Tentti

- 5 tehtävää, 3 h
- tehtävät vaihtelevia:
ainakin
 - 1 helppo — 1 "vaikea"
 - 1 ns. teoriateht. — 2 laskuteht.
 - 1 – 2 teht. laskuharjoituksista
- käsitteet on tunnettava

Tehtäviin vastaaminen

- aloita helpoimmasta
- kirjoita riittävästi: selitä, perustele, erottele lähtökohdat ja oletukset
- selitä kaikki symbolit, joita käytät
- vektorisuureet vektoreina