

# FYS-1490 KIINTEÄN OLOMUODON FYSIKKA B

**Laajuus:** 4 op  
**Luentoja:** 30 h  
**Laskuharjoituksia:** 11 x 2 h

**Luennoija:** Tapio Rantala, prof., SG219  
 Tapio.Rantala@tut.fi  
<http://www.tut.fi/~trantala/opetus/>

**Laskuharjoitukset:** Ilkka Ruokosenmäki

**Aika ja paikka:** ti 13 – 15 SG312 Luento (I ja II)  
 ke 14 – 16 SG312 Luento (I ja II)  
 to 14 – 16 SG312 Harj (I ja II)  
 tai pe 10 – 12 SG312 Harj (I ja II)

**Kurssikirja:** H.P. Myers,  
*Introductory Solid State Physics*  
 (luvut 6 – 10, 12)

**Perustiedot:** Fysiikan peruskurssit, KOF A

**Kokeet:** vko 51, (pe) 20.12.2013  
 vko 9, (ma) 24.02.2014  
 vko 15, (ma) 07.04.2014

**Välikokeet:** ?

## AIKATAULU sl. 2013

	VIKKO	Luento	Harjoitus	Huom!
I Elokuu	35	ti 1 – 2	to	
		ke 3 – 4	pe	
I Syyskuu	36	ti 5 – 6	to 1	
		ke 9 – 10	pe 1	
I Lokakuu	37	ti 7 – 8	to 2	
		ke 9 – 10	pe 2	
I Marraskuu	38	ti 11 – 12	to 3	
		ke 13 – 14	pe 3	
I Joulukuu	39	ti 15 – 16	to 4	
		ke –	pe 4	
I Elokuu	40	ti 17 – 18	to 5	
		ke	pe 5	
I Syyskuu	41	ti 19 – 20	to 6	
		ke	pe 6	
I Lokakuu	42	Tentti- viikko		
		ti 21 – 22	to 7	
I Marraskuu	43	ke 14 – 16 SG312 Luento (I ja II)	pe 7	
		ti 23 – 24	to 8	
I Joulukuu	44	ke 14 – 16 SG312 Harj (I ja II)	pe 8	
		ti 25 – 26	to 9	
I Elokuu	45	ke 14 – 16 SG312 Harj (I ja II)	pe 9	
		ti 27 – 28	to 10	
I Syyskuu	46	ke 14 – 16 SG312 Harj (I ja II)	pe 10	
		ti 29 – 30	to 11	
I Lokakuu	47	ke 14 – 16 SG312 Harj (I ja II)	pe 11	
		ti	to	
I Marraskuu	48	ke	pe	
		ti	to	
I Joulukuu	49	ke	pe	
		ti	to	
I Elokuu	50	Tentti- viikko		
		ke	pe	
I Syyskuu	51	Tentti 20.12. pe		

# SISÄLTÖ

<b>6. Vapaaelektronikaasu</b> .....	1
6.1. Vapaaelektronikaasun perusominaisuudet .....	1
6.1.1. Fermi-aaltovektori .....	4
6.1.2. Vapaaelektronikaista (eli -vyö) .....	4
6.1.3. Elektronikaasun plasmavärähtelyt .....	5
6.2. Fermi-parametrien numeerisia arvoja .....	5
6.3. Vertailua kokeellisiin havaintoihin .....	6
6.3.1. Plasmonit .....	7
6.3.2. Röntgenspektroskopia .....	7
6.3.3. Elektroniominaislämpö .....	8
6.3.4. Magneettinen susceptiivisuus .....	9
6.4. Sähköisiä ominaisuuksia .....	10
6.5. Optisia ominaisuuksia .....	12
6.6. Hall-ilmiö .....	17
6.7. Lämmönjohtavuus .....	17
6.8. Elektronien välisistä vuorovaikutuksista .....	19
6.8.1. Vaihto- ja korrelaatiovuorovaikutus .....	19
6.8.2. Elektronikaasun varjostus .....	22
Tiheysfunktionaaliteoria (DFT) .....	23
LDA .....	24
<b>7. Elektronit jaksollisessa potentiaalissa</b> ..	25
7.1. Vapaista atomeista kiteisiin .....	25
7.2. Energiarako eli kielletty energia-alue .....	25
7.3. Brillouin-vyöhykkeet ja johtavuus .....	27
7.4. Kaksidimensioiset hilat .....	29
7.5. Kolmidimensioiset hilat .....	30
7.6. Blochin teoreema .....	31
7.7. Yksinkertaisten metallien kaistarakenne .....	34
7.8. Atomiorbitaalien hybridisaatio .....	34
7.9. Transitiometallien d-kaistat .....	35
7.10. Kolikkometallit Cu, Ag ja Au .....	35
7.11. Harvinaiset maametallit .....	35

<b>8. Metallien koheesio</b> .....	36
8.1. Yksinkertaisimmat metallit .....	36
8.2. Transitiometallit .....	37
8.3. Muut metallit .....	37
<b>9. Metallien ominaisuuksia</b> .....	38
9.1. De Haas–van Alphen-ilmiö .....	38
9.2. Termisiä ominaisuuksia .....	41
9.3. Magneettinen susceptiivisuus .....	42
9.4. Spektroskopiaa .....	42
9.5. Lejeerinkien elektronirakenteesta .....	44
9.6. Resistanssi .....	45
9.6.1. Elektronien efektiivinen massa .....	49
9.6.2. Lejeerinkien resistiivisyys .....	52
9.7. Aukot varauksenkuljettajina .....	52
<b>10. Puolijohteista</b> .....	55
10.1. Itseispuolijohde .....	56
10.2. Puolijohteiden kaistarakenne .....	61
10.3. Seostepuolijohteet .....	65
10.4. Seostuksen vaikutus Fermi-tasoon .....	67
10.5. Varauksenkuljettajien liikkuvuus puolijohteessa .....	69
10.6. Yhdistepuolijohteet .....	70
10.7. Amorfiset puolijohteet .....	72
10.8. Uusia puolijohdemateriaaleja .....	72
10.9. pn-liitos .....	73
Diodi .....	74
Valoa emittoiva diodi, LED .....	74
10.10. Puolijohdelaser .....	75
<b>12. Eristeet</b> .....	77
12.1. Vapaa atomi .....	77
12.2. Lokaali Lorentz-kenttä .....	79
12.3. Clausius–Mossotti-yhtälö .....	80
12.4. Permittiivisyyden taajuusriippuvuus .....	82
12.4.1. Elektroninen polarisoituvuus .....	82
12.4.2. Ionipolarisoituvuus .....	84

# "VÄLIKOEISTA /TENTISTÄ"

## Valmistautuminen

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

## Tentti

- 4/5 tehtävää, 2/3 h
- tehtävät vaihtelevia:  
*ainakin*
  - 1 helppo — 1 "vaikea"
  - 1 ns. teorialteht. — 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