

## PŘEDMLUVA

Skriptum „Fyzika II.“ je druhá část dvoudílného skriptu „Fyzika“ určeného pro studenty všech druhů studia na VŠSE v Plzni. Prvně bylo vydáno v roce 1971. Vzhledem k tomu, že v poslední době došlo k úpravě počtu vyučovacích hodin a také bylo nutné doplnit některé nové poznatky, bylo skriptum přepracováno. Každá kapitola je napsána jako samostatná část a je jí možno číst s minimálními znalostmi z kvantové mechaniky. Zároveň do skriptu nebyly zahrnuty příklady, které nyní tvoří samostatné skriptum.

V Plzni 1. února 1989

M. Benda

## OBSAH

### ZÁKLADY KVANTOVÉ MECHANIKY

1.	ÚVOD	
1.1.	Klasická fyzika .....	6
1.2.	Počátky kvantové teorie, korpuskulární popis záření .....	6
1.3.	Bohrova teorie atomu .....	8
2.	FORMÁLNÍ STAVBA KVANTOVÉ MECHANIKY	
2.1.	Operátory .....	8
2.2.	Rovnice pro vlastní hodnoty .....	8
3.	SCHRÖDINGEROVA ROVNICE	
3.1.	Časová Schrödingerova rovnice .....	10
3.2.	Fyzikální smysl vlnové funkce, hustota pravděpodobnosti .....	11
3.3.	Stacionární Schrödingerova rovnice .....	11
4.	VOLNÁ ČÁSTICE	
4.1.	Volná částice s určitou hodnotou energie .....	12
4.2.	Pohyb vlnového klubka .....	14
5.	LINEÁRNÍ HARMONICKÝ OSCILÁTOR .....	16
6.	POTENCIÁLOVÁ JÁMA, POTENCIÁLOVÝ VAL	
6.1.	Pravouhlá potenciálová jáma .....	18
6.2.	Průchod částice potenciálovým valem .....	20
7.	RELACE NEURČITOSTI, STŘEDNÍ HODNOTY ..	21
8.	ATOM VODÍKŮ .....	24
9.	SPIN ELEKTRONU	
9.1.	Stern - Gerlachův pokus .....	27
9.2.	Operátor spinu. Spinová funkce .....	28
10.	PRINCIP IDENTITY MIKROČÁSTIC .....	29
11.	BOSEOVY A FERMIHO ČÁSTICE PAULIHO PRINCIP .....	29
12.	PERIODICKÁ SOUSTAVA .....	30
13.	VODÍKOVÁ MOLEKULA .....	32
14.	ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY KVANTOVÉ MECHANIKY .....	35

1. Úvod .....	36
2. Fázový prostor. Termodynamická pravděpodobnost. Rozdělovací funkce ....	36
3. Maxwellova-Boltzmannova rozdělovací funkce .....	37
4. Výpočet středních hodnot. Ekvipartiční teorém.....	42
5. Kvantová statistika .....	46
6. Statistika fotonového a elektronového plynu .....	48

## ATOMOVÉ JÁDRO

1. ÚVOD .....	53
2. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI ATOMOVÝCH JADER .....	53
2.1. Nukleonové a protonové číslo .....	53
2.2. Vazbová energie jádra .....	53
2.3. Poloměr jádra .....	54
2.4. Spin a magnetický moment jádra .....	54
2.5. Elektrický kvadrupólový moment jádra .....	55
3. MODEL Y ATOMOVÝCH JADER .....	56
3.1. Kapkový model jádra .....	56
3.2. Slupkový model jádra .....	57
3.3. Zobecněný model jádra .....	59
4. RADIOAKTIVITA JADER .....	59
4.1. Zákon rozpadu .....	59
4.2. Rozpad alfa .....	59
4.3. Rozpad beta .....	61
4.4. Vyzařování gama záření z jader .....	64
4.5. Mössbauerův jev .....	67
5. JADERNÁ ENERGIE .....	69
5.1. Elementární teorie štěpení jader .....	69
5.2. Štěpná řetězová reakce. Jaderný reaktor .....	70
5.3. Termojaderná reakce .....	71
5.4. Lawsonovo kritérium .....	71
5.5. Termojaderný reaktor. Tokamak. ....	73
5.6. Termojaderná reakce vyvolaná svazky laserových paprsků, relativistických elektronů a mionů .....	75
6. ČÁSTICE A REZONANCE .....	76
6.1. Elementární částice .....	76
6.2. Antičástice a antijádra .....	76
6.3. Vazistabilní částice .....	79
6.4. Kvarky .....	79
7. SYMETRIE A ZÁKONY ZACHOVÁNÍ JADERNÝCH REAKCÍ .....	82
7.1. Prostorová symetrie. Náboje .....	82
7.2. Podivnost a párah .....	82
7.3. Izospin .....	84
7.4. Parita. Nábojové sdružení. Spontánní narušení symetrie .....	85
8. SILOVÉ PŮSOBENÍ MEZI ČÁSTICEMI .....	86
8.1. Feynmannovy diagramy .....	88
8.2. Gravitační interakce .....	88
8.3. Elektromagnetické interakce .....	89
8.4. Slabé interakce .....	90
8.5. Silné interakce .....	91
9. DOSIMETRICKÉ JEDNOTKY JADERNÉHO ZÁŘENÍ .....	92

	ÚVOD DO FYZIKY PEVNÝCH LÁTEK .....	94
7.1.	Krystalický stav pevných látek .....	94
7.2.	Difrakce vlnění na krystalech .....	96
7.2.1.	Laueho rovnice .....	96
7.2.2.	Reciproká mřížka .....	98
7.2.3.	Braggův zákon .....	98
7.2.4.	Ewaldova konstrukce .....	101
7.3.	Experimentální metody kuržení struktury krystalu .....	101
7.4.	Přehled hlavních typů krystalové vazby .....	102
7.4.1.	Van der Waalsovy krystaly .....	103
7.4.2.	Iontové krystaly .....	104
7.4.3.	Valeční krystaly .....	106
7.4.4.1.	Potenciální energie elektronového plynu .....	108
7.4.4.2.	Kinetická energie elektronového plynu .....	108
7.4.4.3.	Celková energie elektronového plynu .....	109
7.4.4.4.	Kovový vodík .....	110
7.4.4.5.	Kovový sodík .....	110
7.4.4.6.	Výpočet mřížkové konstanty krystalu sodíku .....	111
7.4.4.7.	Vazebná energie kovového sodíku .....	111
7.5.	Kmity krystalické mřížky .....	112
7.5.1.	Akustické kmity .....	112
7.5.2.	Optické kmity .....	114
7.5.3.	Fonony .....	115
7.6.	Měrné teplo .....	117
7.6.1.	Debyeova teorie molekulového tepla .....	117
7.7.	Poruchy krystalové mřížky .....	119
7.7.1.	Schottkyho a Frenkelovy poruchy .....	119
7.7.2.	Dislokace .....	121
7.7.2.1.	Plastická deformace .....	121
7.7.2.2.	Hranová a šroubová dislokace v prosté krychlové mřížce .....	122
7.7.2.3.	Model dislokace podle Frenkela-Kontorové .....	124
7.7.2.4.	Rovnoměrný pohyb dislokace .....	126
7.7.2.5.	Energie dislokace a Peierlsův - Nabarrův model .....	127
7.7.2.6.	Frankův - Readův zdroj .....	128
7.7.2.7.	Některé experimentální metody při studiu dislokací .....	129
7.8.	Dielektrické vlastnosti látek .....	130
7.8.1.	Základní veličiny .....	130
7.8.2.	Vnitřní elektrické pole působící na částice .....	132
7.8.3.	Pole částic uvnitř kulové oblasti .....	133
7.8.4.	Dielektrická polarizace .....	134
7.8.4.1.	Elektronová polarizace .....	135
7.8.4.2.	Iontová polarizace .....	136
7.8.4.3.	Orientační polarizace .....	136
7.8.5.	Dielektrikum ve střídavém poli .....	137
7.8.6.	Neisotropní dielektrika .....	139

7.9.	Teorie volných elektronů v kovech ..	140
7.9.1.	Obsazení energetických stavů v kovu .....	141
7.9.2.	Elektronové měrné teplo .....	142
7.9.3.	Termoelektronová emise .....	143
7.9.4.	Kontaktní potenciál .....	144
7.10.	Pásová teorie .....	145
7.10.1.	Jednoelektronová aproximace .....	145
7.10.2.	Kronigova-Penneyova metoda .....	146
7.10.3.	Brillouinovy zóny .....	148
7.10.4.	Elektron v trojrozměrné mřížce .....	149
7.10.5.	Metoda těsné vazby .....	150
7.10.6.	Efektivní hmotnost elektronů .....	152
7.10.7.	Pojem klodných děr v téměř úplně obsazeném valenčním pásu .....	153
7.10.8.	Rozdíl mezi kovy, polovodiči a izolátory podle pásové teorie .....	155
7.11.	Izolantu a polovodiče .....	156
7.11.1.	Hustota elektronů a děr v izolantu a ve vlastním polovodiči .....	156
7.11.2.	Hustota elektronů a děr v příměsovém polovodiči .....	158
7.11.3.	Termoemise z polovodičů .....	159
7.12.	Pohyb elektronů v reálném krystalu .....	
7.12.1.	Relaxační děj .....	160
7.12.2.	Sommerfeldova teorie elektrické vodivosti .....	161
7.12.3.	Střední volná dráha a střední volná doba pohybu elektronů .....	163
7.12.4.	Rozptyl vodivostních elektronů (děr) .....	164
7.12.4.1.	Rozptyl na tepelných kmitcích mřížky .....	164
7.12.4.2.	Rozptyl na ionizovaných a neionizovaných příměsích .....	164
7.12.4.3.	Celkový rozptyl .....	165
7.13.	Usměrňovací vlastnosti styku polo- vodiče a kovu a p-n přechodu .....	165
7.13.1.	Usměrňovací vlastnosti styku polovodiče a kovu .....	165
7.13.2.	Usměrňovací vlastnosti přechodu p-n .....	167
7.13.2.1.	Ohmické a difúzní proudy v polovodičích .....	167
7.13.2.2.	Rovnice kontinuity .....	168
7.13.2.3.	Přechod p-n .....	169
7.13.2.4.	Voltampérové charakteristiky ideálního p-n přechodu .....	171
7.14.	Magnetické vlastnosti látek .....	173
7.14.1.	Základní veličiny .....	173
7.14.2.	Vztah mezi magnetickým momentem a momentem hybnosti .....	175
7.14.3.	Diamagnetismus .....	176
7.14.4.	Larmorova precese .....	177
7.14.5.	Paramagnetismus .....	179
7.14.6.	Feromagnetismus .....	180
7.14.6.1.	Weissovo molekulární pole a spontánní magnetisace .....	180
7.14.6.2.	Curie-Weissův zákon .....	182
7.14.6.3.	Doménová struktura .....	183
7.14.6.4.	Kvantová teorie feromagnetismu .....	186
	Seznam literatury .....	189