

NEUTRONEN-  
PHYSIKALISCHES  
PRAKTIKUM

ERSTER BAND

*Physik und Technik der Aktivierungs-  
sonden*

FRIEDRICH BENSCH und CARL M. FLECK

Atominstitut der österreichischen Hochschulen, Wien



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM  
HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

## INHALT

1. <i>Einleitung</i> . . . . .	13
2. <i>Der Neutronennachweis mit Aktivierungssonden (B)</i> . . . . .	14
3. <i>Grundbegriffe</i> . . . . .	17
3.1 Neutronenfeld (B). . . . .	17
3.2 Wirkungsquerschnitt (F). . . . .	20
4. <i>Zeitabhängigkeit der Sondenaktivität</i> . . . . .	27
4.1 Aktivität und Sättigungsaktivität (B). . . . .	27
4.2 Korrekturfaktoren (B). . . . .	29
5. <i>Theoretische Behandlung einiger Spezialfälle</i> . . . . .	32
5.1 Übliche Voraussetzungen (B). . . . .	32
5.2 Ideal dünne Sonde im monoenergetischen Neutronenfluß (B). . . . .	33
5.3 Ideal dünne Sonde im thermischen Neutronenfluß (B) . . . . .	35
5.4 Ideal dünne $1/\nu$ -Sonde im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	39
5.5 Ideal dünne Resonanzsonde im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	42
5.6 Ideal dünne Schwellensonde im schnellen Neutronenfluß (F). . . . .	44
5.7 Sonde beliebiger Dicke im monoenergetischen Neutronenfluß (B). . . . .	46
5.8 Sonde beliebiger Dicke im thermischen Neutronenfluß (B). . . . .	52
5.9 $1/\nu$ -Sonde beliebiger Dicke im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	62
5.10 Resonanzsonde beliebiger Dicke im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	67
5.11 Selbstindikation; Sondenpaket im monoenergetischen Neutronenfluß (B). . . . .	79
5.12 Selbstindikation; Sondenpaket im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	85
5.13 Gegenindikation; Sondenpaket im epithermischen Neutronenfluß (B). . . . .	97

5.14	Selbstabschirmungsmethode; Sondenpaket im epithermischen Neutronenfluß (B).	100
5.15	Fremdabschirmungsmethode; Sondenpaket im epithermischen Neutronenfluß (F).	110
5.16	Berücksichtigung des Doppler-Effektes.	117
5.16.1	Einniveauformel von Breit und Wigner (F)	117
5.16.2	Doppler-Effekt (F).	120
5.16.3	Berücksichtigung der chemischen Bindung des Targetatoms (F).	123
5.16.4	Maximaler Wirkungsquerschnitt der Doppler-verbreiterten Resonanz (F).	126
5.16.5	Halbwertsbreite der Doppler-verbreiterten Resonanz (F).	130
5.16.6	Temperaturmodifizierte Breit-Wigner-Formel(F).	133
5.17	Selbstindikation mit der temperaturmodifizierten Breit-Wigner-Formel.	136
5.17.1	Formeln für die Aktivierung beliebig vieler Folien beliebiger Dicke (F).	136
5.17.2	Gleichung der Selbstindikation für einen Absorber und einen Detektor (F).	139
5.18	Aktivierung zweier dünner Resonanzfolien im kollimierten Neutronenbündel.	142
5.18.1	Ableitung der Aktivierungsformel (F)	144
5.18.2	Aktivierung zweier dünner Resonanzfolien verschiedenen Materials - Gegenindikation (F)	146
5.18.3	Aktivierung zweier dünner Resonanzfolien gleichen Materials - Selbstindikation (F)	150
5.18.4	Bestimmung der Resonanzparameter aus der Gegenindikation (F).	151
5.18.5	Bestimmung der Resonanzparameter aus der Selbstindikation mittels einer Temperaturvariation (F).	154
5.19	Aktivierung von drei dünnen Resonanzfolien gleichen Materials im kollimierten Neutronenbündel.	157
5.19.1	Aktivierung von $m$ Folien (F).	158
5.19.2	Aktivierung von drei Folien (F).	159
5.19.3	Verkleinerung des statistischen Fehlers in der Selbstindikation durch einen zweiten zusätzlichen Absorber (F).	161
5.19.4	Bestimmung der Resonanzparameter (F)	161

5.19.5 Dreifolienmethode (F).	.163
5.19.6 Differenzenmethode (F).	.164
5.19.7 Genauere Formel der Zweifolienmethode (F).	.166
6. Messungen im Bereich der thermischen und epithermischen Neutronen	167
6.1 Thermische und epithermische Aktivierung unter einfachen Annahmen (B).	.167
6.2 Die Anschlußfunktion (B).	.173
6.3 Die Westcott-Schreibweise (B).	.179
6.4 Einige andere Verfahren zur Bestimmung von Spektralparametern.	.183
6.4.1 Die Nisle-Schreibweise (B).	.183
6.4.2 Mathematische Methoden (B).	.183
6.5 Die Verwendung dicker Sonden (B).	.184
7. Messungen im Bereich der schnellen Neutronen	189
7.1 Methode der effektiven Schwellenenergie (F).	.195
7.2 Halbempirische Methoden (F).	.202
7.3 Mathematische Methoden (F).	.210
Anhang	217
Exponentialintegrale.	.217
Tafel einiger wichtiger Funktionen.	.220
Die Funktion $Y_{iso}(X_r)$ ; $1,00 < X_r < 20,0$ .	.221
Tafel der Funktion $[phi]_3(zeta)$	.222
Zur Berechnung der epithermischen Grenzenergie (effektiven Anschlußenergie) $E_{ET} = [pi]kT$ .	.225
Literaturverzeichnis.	.226

Die durch (B) gekennzeichneten Abschnitte wurden von Friedrich Bensch, die durch (F) gekennzeichneten von Carl M.Fleck verfaßt.

NEUTRONEN-  
PHYSIKALISCHES  
PRAKTIKUM

ZWEITER BAND

*Ausgewählte Versuche und ihre Grundlagen*

FRIEDRICH BENSCH und CARL M. FLECK

Atominstitut der österreichischen Hochschulen, Wien



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM  
HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

# INHALTSVERZEICHNIS

## des 2. Bandes

8.	<i>Bestimmung der Sondenaktivität.</i>	241
8.1	Grundlagen (F).	241
8.2	Die Selbstabsorption der $\beta$ -Strahlung in Sonden (B)	243
8.3	Der Glockenzähler (F).	245
8.4	Der $2\pi$ -Zähler (F)	245
8.5	Der $4\pi$ -Zähler (F)	246
8.6	Der $\gamma$ -Szintillationszähler (F).	247
8.7	Der $\beta$ - $\gamma$ -Koinzidenzzähler (F).	249
9.	<i>Experimentelle Hilfsmittel.</i>	251
9.1	Radioaktive Neutronenquellen (B).	251
9.2	Streumedium (B).	255
9.3	Sondenmaterialien (B).	261
9.4	Der Kernreaktor als Neutronenquelle (F).	264
10.	<i>Ausgewählte Versuche und ihre Grundlagen.</i>	271
10.1	Quellenstärke einer radioaktiven Neutronenquelle; räumliche Verteilung der thermischen und der epithermischen Neutronen um eine Quelle schneller Neutronen	271
10.1.1	Die Quellenstärke und ihre Bestimmung nach Methoden der totalen Absorption (B)	271
10.1.2	Die Wasserbad-Goldsonden-Methode (B)	273
10.1.3	Die Mangansulfatbad-Methode (B).	275
10.1.4	Die räumliche Verteilung der thermischen und der epithermischen Neutronen um eine Quelle schneller Neutronen (B).	276
10.2	Neutronentemperatur	283
10.2.1	Messung der Neutronentemperatur mit einem $1/\nu$ -Absorber (F).	287
10.2.2	Messung der Neutronentemperatur mit Lute- tium (B).	301
10.3	Albedo und thermische Flußdepression (B).	305
10.4	Diffusionslänge (F).	316
10.5	Bestimmung der Resonanzenergie nach der Bor- Absorptionsmethode (B).	325

10.6	Bestimmung der Resonanzparameter nach integralen Methoden . . . . .	329
10.6.1	Grundlagen (B). . . . .	329
10.6.2	Selbstindikation und Gegenindikation (F) . . . . .	332
10.6.3	Abschätzung für einen optimalen Partner in der Gegenindikation (F). . . . .	334
10.6.4	Korrektur des Entwicklungsfehlers (F) . . . . .	346
10.6.5	Resonanzflankenkorrektur bei der Selbstindikation (F). . . . .	349
10.6.6	Resonanzflankenkorrektur bei der Gegenindikation (F). . . . .	352
10.6.7	Beitrag der Nebenresonanzen zur Aktivierung einer dünnen Sonde (F). . . . .	353
10.6.8	Statistischer Fehler bei der Ausmessung zweier gleichzeitig bestrahlter Sonden (F). . . . .	356
10.7	Resonanzintegral, epithermischer Neutronenfluß, Energieverteilung des epithermischen Neutronenflusses (B). . . . .	360
10.8	Neutronenalter (F). . . . .	363
10.9	Energieverteilung des schnellen Neutronenflusses (F)	373

### Anhang

Der Einfluß geometrischer Faktoren auf Probleme der Messung in Strahlungsfeldern . . . . .	382
<i>Bezugsquellenverzeichnis.</i> . . . . .	387
<i>Literaturverzeichnis.</i> . . . . .	388
<i>Symbolverzeichnis.</i> . . . . .	400
<i>Sachverzeichnis.</i> . . . . .	413