

話題 (その II)

**IAEA Consultant's Meeting on Neutron
Source Properties**

(Debrecen, Hungary, 17-21 March/1980)

日本大学・原子力研究所 塚 田 甲子男

§1 会議の行われたDebrecen はBudapest の西約200km, 車で約3時間. 人口19万のハンガリー第3の都市である。会場はKoussuth Rajos 大学で, 町の北端にあり, 大学は町の重要な部分を占めている。

この会議は世界各国から27名の参加の下に開かれた。ソ連, 東欧からの積極的参加を求めるため特にハンガリーで開催されたとの事である。国別参加者の一覧表を表1に示す。会議では大学の学長のあいさつのあと, 議長にANLのA.B.Smithを選出した。彼の意見で会議は次のように区分された。

グループ1. Radioactive Neutron Source

Chairman: K.W. Geiger

グループ2. Accelerator-based White Source (Filtered Beamsを含む)

Chairman: C.D.Bowman

グループ3. Monoenergetic Neutron Source

Chairman: W.G.Alberts

表 1

オーストリア	1名	日本	1名
ブルガリア	1名	ポーランド	1名
カナダ	2名	スウェーデン	1名
チェッコ	2名	ソ連	1名
フランス	2名	英国	2名
東独	2名	IAEA	2名
西独	3名	計	27名
ハンガリー	2名	(中国は論文参加)	

会議は各人の発表が終ってから Working group を編成して、夫々のグループで議論して報告をまとめた。このあと特に Prof. Csikai の要請で 14 MeV 強力中性子源に関する討論会が開かれ、Koussuth Rojos 大学より彼等の計画について発表があり、意見の交換がなされた。また、会議の途中 ATOMKI (Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Science 所員 200 名内研究者 65 名) を見学した。なかなか立派な研究所であった。主力は 5MV Van de Graaff 加速器で自力でつくったが、ベルトは米国 HVEC 製の事である。

グループ 1.

Be(α , n), Photoneutron Source についてカナダの K.W. Geiger (ガイガー計数管の発見者の息子) のレビューのあと、4 編の発表があった。

(α , n) 中性子源のエネルギー・スペクトルが約 10 MeV 以下に広がり、微細構造をもっている事を私は昔から知っていたが、そのスペクトルの形が測定と計算とで見事に一致しているのにはいささか驚いた。中性子強度についてもかなり良い一致を示している。計算値と測定データ間のずれは 5~10%, 勿論、Be の grain size によって中性子収量は数 10% 変化する。

これに対して Be(γ , n) 中性子源は平均エネルギーも中性子収量も、計算値と測定データ間で 10~20% の差がみられる。これは主に (γ , n) 反応断面積の精度による。

自発核分裂中性子源についてはソ連の M.V. Blinov (V.G. Khlopin Radium Inst., Leningrad) のレビューのあと 8 編の発表、特に中国北京原子力研究所から 2 編の論文の寄与があった。主として ^{252}Cf に討論が集中した。著者等によって多少の差はあるが、そのエネルギー・スペクトルはマックスウエル分布 ($T = 1.42 \text{ MeV}$) をしている。但し、1 MeV 以下では数 10% の誤差がある。

working group のまとめによると、Radioactive Neutron Source は低価格で入手が容易であり、中性子標準、dosemeter の較正源、地下資源の開発などに用いられる。特に ^{252}Cf は放射化分析、ラジオグラフィ、治療などにも用いられる。W.G. の recommendation としては Be(α , n), (γ , n) 中性子源について 1.2 MeV 以下のスペクトルを特にしっかりと測定する事、(α , n) 中性子源についてもっと正確な (γ , n) 反応断面積データをそろえる事、など。 ^{252}Cf 中性子源について、

- (1) エネルギー・スペクトルの再評価を最近のデータでやりなおす事。
- (2) マックスウエル分布よりもっと精度の高いスペクトル形で表わす努力をする事。
- (3) スペクトル測定の誤差を小さくする事。

0.2 to 0.8 MeV $\pm 3\%$

0.001 MeV and 15 MeV $\pm 10\%$

- (4) $\bar{\nu}$ (核分裂の際放出される中性子数の平均)およびエネルギー・スペクトル測定時の標準として ^{252}Cf を使用することを recommend する。

グループ 2.

Accelerator-based White Neutron Source について西ドイツの S. Cierjacks, Pulsed-white Neutron Source について米国の C. D. Bowman のレビューのあと 3 編の論文発表と 1 編の論文提出があった。Cierjacks は German Project Plan の説明を主にし, Bowman は $10^{-2}\text{eV}-20\text{MeV}$ の範囲にわたる中性子検出器について説明し(図1), 特に pinhole camera geometry の開発について説明した。これは FMIT 用に照射場における中性子輸送の研究に対して中性子源の様子を調べるため NBS が現在開発しているものである(図2)。この他, 彼は 10-12 MeV 範囲の小型電子リニアックによる白色中性子源の効用を提案した(表2)。Working Group のまとめの中でも表2のような加速器の分類をして, この 10-12 MeV の電子リニアックの有効性を強調している。

また, イギリスの A. J. Mill が Reactor and Accelerator-based Filtered Beams および西ドイツの W. G. Alberts の Thermal and Epithermal Reactor Beams and Fields というレビューがあり, 他に 1 編の発表があった。filtered beams は非常に有効に使用されており, その window エネルギーは表3に示す通り非常に変化に富んでおり, この組合せの使用も考えられる。この応用としては, 断面積の測定, (n, γ) スペクトロメトリー, 遮蔽の研究, 検出器の較正, 生物学医学への応用, 中性子ラジオグラフィなどである。

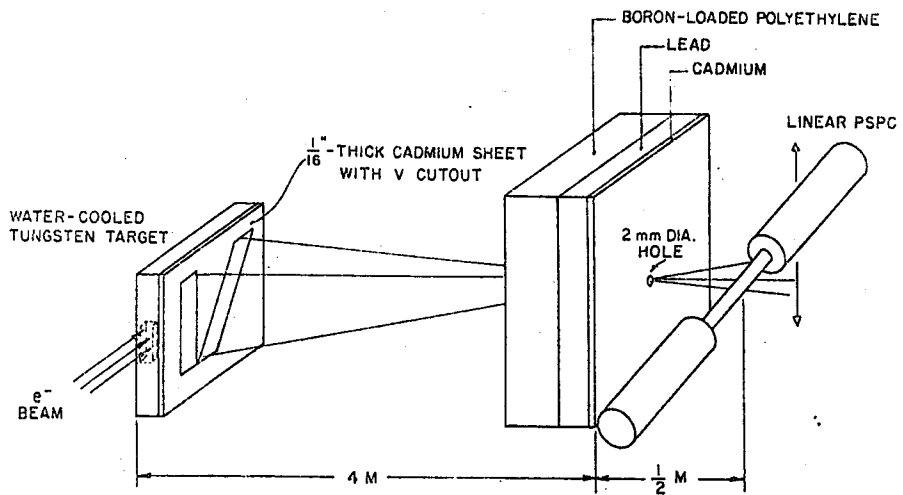
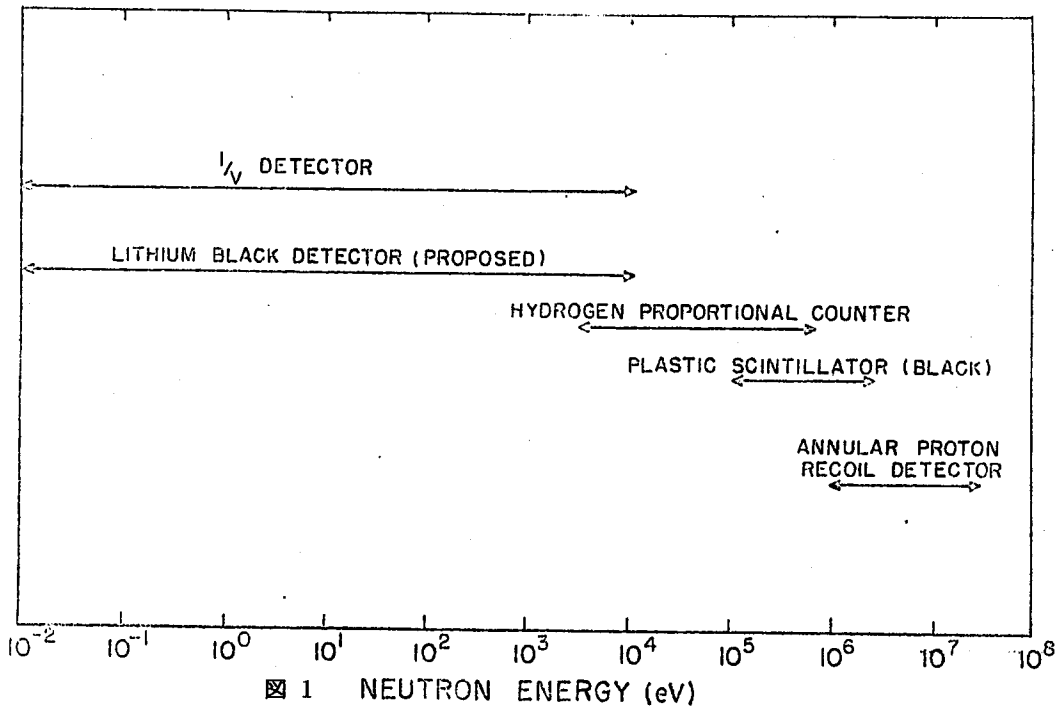


Figure 2 Pinhole Camera Geometry. The source is viewed through a "pinhole" which projects an inverted image on the detector. The detector is either a one-dimensional position-sensitive detector which is moved across the image plane to produce the 2-D image or it could be the 2-D position sensitive detector for eV and MeV neutrons now under development at the NBS.

表 2 Accelerator-based White Neutron Sources

	Solid State Physics	Nuclear Physics	Medium Energy Physics	Neutron Physics	Applied Nuclear Data	Biological Research	Isotope Production	Activation Analysis	Neutron Radiography	Cancer Therapy	Radiation Damage Research
Spallation Source >200MeV	Excellent Neutron Scattering	Modest	Excellent	Excellent	Good	Excellent	Good (n, γ)	Excellent	Excellent	Modest	
Electron Linac 30-150MeV	Excellent	Excellent			Excellent	Modest	Good (γ , n)	Excellent	Good		
Ion Acc. <200MeV No Storage Ring	Excellent	Modest		Excellent	Modest	Excellent	Good (n, γ)	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
Electron Linac 10-12MeV	Excellent	Modest			Excellent	Excellent	Good (n, γ)	Excellent	Excellent		
Electrostatic Acc. Thick Target		Good			Excellent	Modest			Good		

表 3

material	window energy	cross section	material	window energy	cross section
Sc	2keV	$\sigma_{\min} \sim 0.056$	Al	25keV	$\sigma_{\min} = 0.546$
	24keV			400keV	
	40keV		Si	54.5keV	$\sigma_{\min} = 0.426$
	76keV			147keV	
Fe	245keV	$\sigma_{\min} = 0.436$	U	186 eV	$\sigma_{\min} \sim ?$
	82keV		liq·O ₂	2.35MeV	$\sigma_{\min} = 0.136$
	129keV		S	70keV	$\sigma_{\min} = 0.16$
	138keV		Ne	400keV	$\sigma_{\min} = 0.26$
	168keV		N	0.97MeV 4.8 MeV	$\sigma_{\min} \sim 0.96$

グループ 3

LASL/U. Vienna の M. Drosch が Monoenergetic Neutron Source from Charged Particle Reaction, Source Properties, Experimental Technique and Limitation of Data および Properties of Monoenergetic Neutron Sources from Proton Reaction with Nuclei Other than Triton というレビュー, また地元の Prof. Csikai が Special Aspects of C-W Facilities for Production of 14 MeV Neutrons というレビューをし, 他に5編の論文が発表され, 中国からは2編の論文の寄与があった。これらの中にはガス・ターゲットの論文がいくつかあったが, 特に目新しいものはなく, むしろトリチウム・ガス・ターゲット中で有機物を使用するなどおそまつなものもかなりあった。私はこの中で Neutron Sources for the Medical Uses という論文を発表したが, レビューにすべきであるとの意見が多く出た。

Working Group の recommendation としては,

- (1) 30keV-60MeV の単色中性子源としては表4のようになる。
- (2) 14-MeV強力中性子源は放射線損傷, 医療, 基礎的な核物理研究にとって特に興味がある。その開発が recommend された。
- (3) 中性子検出効率を計算するコードの開発が recommend された。

表 4

Reaction	Neutron Energy Range at 0°	Remarks
Sc(p,n)	55 keV - 53 keV	low intensity
⁷ Li(p,n)	150 keV - 5 MeV	monoenergetic up to 700 keV
¹¹ B(p,n)	90 keV - 2.39 MeV	low intensity
T(p,n)	0.5 MeV - 14(60) MeV	
D(d,n)	5 MeV - 14 MeV	background problems for E _n >10 MeV
T(d,n)	15 MeV - 30 MeV	background problems for E _n >20 MeV
T(p,n)		
⁷ Li(p,n)	25 MeV - 60 MeV	accelerator energies of 25-60 MeV required
⁹ Be(p,n)		

まとめとして、将来の中性子源開発の目的としては大きく分けて三つ考えられる。核融合関連、物性研究および医学利用である。今回は特に核融合関連ははずされた。

なお、核融合反応に関連する反応で入射エネルギー10keV程度までの断面積測定をIAEAが支持すべきであると私は提案してきたが、会議のChairman A. B. Smithはこの提案を支持していた。また、ヨーロッパではどこかでgas jet型ターゲットをもつ強力中性子源を開発しているところがあるかとの私の質問に対して、どこからもやっているという返答はなかった。

§2 帰途、ウィーンのIAEA本部に立寄り、恒花事務局次長およびNuclear Data SectionのDr. J. J. Schmidtおよび岡本氏に面会した。恒花次長とは中国問題などについて懇談した。

Schmidt氏等とは中性子源の将来、および日本の核データ活動などについて意見の交換を行った。彼の話しでは中国へは必ずしも全部のデータは公開できないが、ENDF/B-V(米国の評価ファイル、最近ENDF/B-Vが出来た)の全データを極く最近北京原子力研究所の核データセンターに送ったとの事であり、米国の政策の変化について多少注意深く見守る必要がある事を感じた。

中性子源については、特に14-MeV中性子発生装置について、IAEAは低開発国に向って15台の援助をしているため特に関心が深いようであった。

§3 スイス原子核研究所(SIM)では医療用パイ中間子照射装置についてDr.G.Vécsey(ベッチェンと発音、核融合LCTプロジェクトの一員)と、またspallation neutron sourceについてDr.W.Fischerと懇談した。

医療用パイ中間子照射装置については、図3のような構造のものである。コイルは超臨界ヘリウム強制冷却である。これについてはSINは我々より一歩先じた技術をもっており、(図4)冷却パイプの接続法など細かい技術のノーハウに至るまで大変参考になった。核融合炉プロジェクトでも参考になろう。現状は冷却システムは完成しているが、パイ中間子を使用しての実験は6月になるとの事である。

もう一つの問題点は中性子バックグラウンドである。これはSINは少し甘く見すぎていたようで、昨年私がSINを訪問した際も注意しておいたが、パイ中間子チャンネルを通しての速中性子ストリーミングの効果を見落していたらしい。図4でコリメータをその後追加したが、患者の位置で6rem/hとの事であった。これについては改良の余地がある。590 MeV 20 μ Aの陽子ビームがビーム・ダンプで発生する中性子バックグラウンドは莫大なものである。中性子等(電子も含む)によるコイルのradiation heatingは55Wと見積られ、コイルの冷却能力は150Wで充分まかなえるとの事である。なお、照射損傷によるコイルの寿命は照射量が 10^9 radが限界で、8~9年の寿命であるという。

ターゲット(長さ3~5 cm, 5mm ϕ のBe或いはMo)の冷却は15barのヘリウムガスを使用しているが、これに対して我々はどうするのかという質問があったが、Hgを使用すれば充分であると答えておいた。

spallation neutron sourceについて今秋日本で行われる第4回ICANS(International Coraboration on Advanced Neutron Sources)についての注文をDr.Fisherに聞いた。(私は組織委員会、およびプログラム委員会の一員)彼はユーリッヒ-カールスルーエ・プロジェクトに協力していると共にSIN自体の計画の責任者である。彼自身は多分出席出来ないが、SINからはsafetyについて、またドイツのプロジェクトではNeutron Flux Distribution in Water ModeratorについてMock-up Experimentsの論文を提出する事になろう。訪問数日前にドイツのプロジェクトは回転型ターゲット(図5)を採用する事にしたとのことである。SINの計画では液体金属を使用することになっており、現在の予備実験では図6のような結果が得られているとの事である。

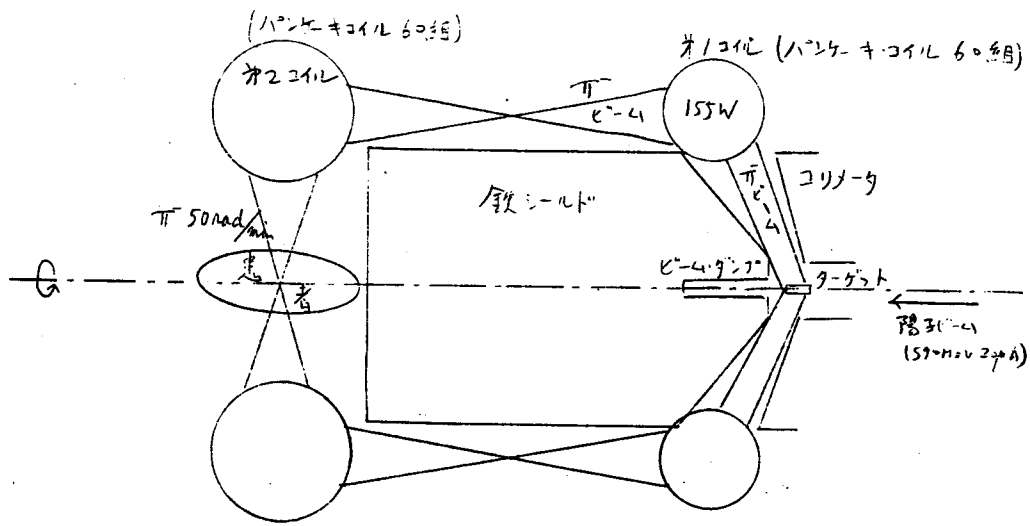


図3 パイ中間子照射装置

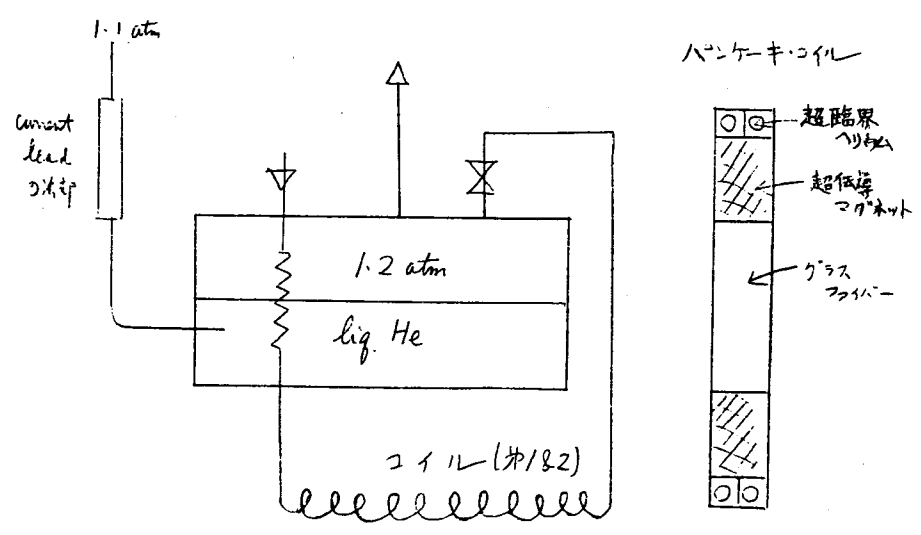


図4 超臨界ヘリウム強制冷凍システム

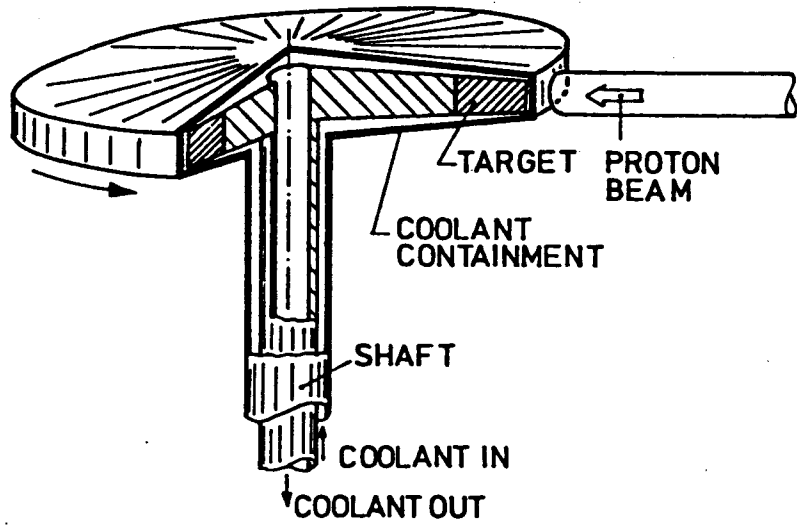
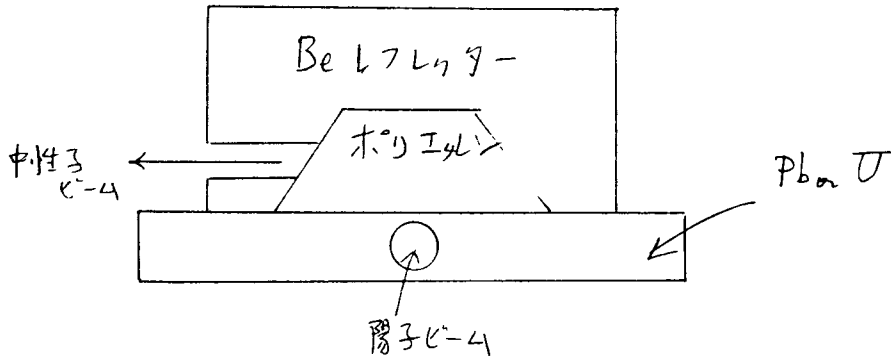


図5 Schematic representation of a rotating target arrangement in the German Project



中性子収量

Be レフレクター付

~ 2.22 x (Be 有し) Pb ターゲット

~ 1.66 x (") U ターゲット

図6 SIN の実験

IAEA Consultants' Meeting on Neutron Source Properties

Debrecen, Hungary, 17-21 March 1980

PRELIMINARY PROGRAMME (revised)

Monday, 17 March

Morning: (10:00) Opening
Election of Chairman
Adoption of Agenda
Introductory Address

Session I: Radioactive Neutron Sources - Be(α ,n) Sources and (γ ,n) Sources

[Review Talk]

1. Be(α ,n) Sources and (γ ,n) Sources:
K.M. Geiger (NRC, Ottawa)

[Contributed Papers]

2. Emission rate measurements and neutron spectrum consideration for Be(α ,n) sources:
W.G. Alberts (PTB, Braunschweig)
3. (γ ,n) sources (provis. title):
G.F. Knoll (U. Michigan, Michigan)
4. Radioactive Neutron Source Measurements at NPL:
A.G. Bardell (NPL, Teddington)
5. Properties and applications of radioactive photo neutron sources:
F. Bensch (Atominst., Vienna)

Discussions

Afternoon:

Session II: Spontaneous Fission Sources (with emphasis on Cf-252)

[Review Talks]

1. Energy Spectra of Spontaneous Fission Neutron Sources:
M.V. Blinov (R.I.V.G. Khlopina, Leningrad)
2. Spontaneous Fission Sources (provis. title):
L. Jéki (KFKI, Budapest)

[Contributed Papers]

3. Absolute calibration of Cf-252 sources and effective half-life:
W.G. Alberts (PTB, Braunschweig)

4. Measurement of the neutron activity of a Cf-252 source relative to $\bar{\nu}$ for the spontaneous fission:
J. Frehaut (CEN, Bruyères-le-Châtel)
5. Recent issues of Cf-252 source strength calibrations and related international comparisons (provis. title):
V. Spiegel (NBS, Washington)
6. Measurement problems associated with the diverse applications of the Cf-252 Fission Neutron Irradiation Facility (provis. title):
V. Spiegel (NBS, Washington)
7. The fast neutron emission spectrum of ^{252}Cf :
F. Bensch (Atominst., Vienna)
8. Note on the prompt-fission-neutron spectra of U-233, U-235, Pu-239 and Pu-240 relative to that of Cf-252:
A.B. Smith (ANL, Illinois)
- 9.* The Measurement of the average number of prompt neutrons and the distribution of prompt neutron numbers for Cf-252 spontaneous fission:
Zhang Huan-Riao and Liu Zu-Hua (Inst. Atomic Energy, Peking)
- 10.* Measurement of prompt neutron energy spectrum for spontaneous fission of Cf-252:
Mou Jiang-shen, Bai Xi-Xiang, (Inst. Atomic Energy, Peking)
Zhang Bai-shen, Huang Sheng-nian

Discussions

Tuesday, 18 March

Morning:

Session III: Accelerator-based White Neutron Sources:

[Review Talks]

1. Accelerated-based White Neutron Sources:
S. Cierjacks (KFK, Karlsruhe)
2. Pulsed-White Neutron Sources (provis. title):
C.D. Bowman (NBS, Washington)

[Contributed Papers]

3. Current status of accelerator produced neutron flux standards at NPL:
A.G. Bardell (NPL, Teddington)
4. The GELINA Neutron Sources and some of its properties:
K.H. Böckhoff (BCMNI, Geel)
5. Neutron yields from proton, deuteron and alpha bombardment of Beryllium:
M.A. Lone (AECL, Chalk River)

* contributed paper but not for presentation

- 6.* Some examples of theoretical and experimental determinations of yields (α, n) reaction on the light elements:
J. Legrand and A. Capgras (LMRI CEA, Saclay)
- 7.** Measurements of neutron spectra from 35 Mev deuterons on thick lithium of the FMIT facility:
D.L. Johnson et al. (Hanford Eng. Develop. Lab., Richland)
(to be published in the proceed. of Int. Conf. on Nucl.
Cross Sections for Technology, Knoxville, 22-26 Oct. 1979)
- 8.** Measurements and calculations of neutron spectra from 35 Mev deuterons on thick lithium for the FMIT facility
D.L. Johnson et al. (Hanford Eng. Develop. Lab., Richland)
Journal of Nucl. Materials 85/86 (1979) 467

Discussions

Afternoon:

Session IV: Monoenergetic Neutron Sources from Charged Particle Reactions

[Review Talks]

1. Production of Fast Monoenergetic Neutrons by Charged Particle Reactions among the Hydrogen Isotopes. Source Properties, Experimental Technique and Limitation of Data:
M. Drosz (LASL/U. Vienna)
2. Properties of Monoenergetic Neutron Sources from Proton Reactions with Nuclei other than Triton:
M. Drosz (LASL/U. Vienna)
3. Special aspect of C-W facilities for production of 14 Mev neutrons (provis. title):
J. Csikai (Atomki, Debrecen)

Wednesday, 19 March

Morning:

[Contributed Papers]

4. Production of monoenergetic neutron fluxes with energies comprised between a few hundred Kev and 40 Mev:
G. Haouat (CEN, Bruyères-le-Châtel)
5. Monoenergetic Neutron production at the ZFK Rossendorf Tandem Accelerator:
D. Seeliger (TU, Dresden)
6. Monoenergetic Neutron Sources in the energy range from 10 Kev to 20 Mev for Dosimetry experiment
H. Klein (PTB, Braunschweig)

* contributed paper but not for presentation

** for the use of reviewers only

7. Neutron sources for the medical use:
K. Tsukada (JAERI/Nihon U. Tokyo)
8. Neutron source investigations in support of the cross-section programme at the Argonne Fast-Neutron Generator:
J.W. Meadows and D.L. Smith (ANL, Illinois)
presented by A.B. Smith
- 9.* Limit of the neutron spectrometry by recoil proton method due to difficulties of knowledge of the resonance matrix and spectrum shape:
J. Legrand and A. Capgras (LMRI CEA, Saclay)
- 10.** Performance of gas target using D(d,n) reactions as a fast neutron source:
Lian Tun-Chi, Ye Jne-ping, Sa Dren (Inst. Atomic Energy, Peking)

Discussions

Afternoon:

Session V: Reactor- and Accelerator-based Filtered Beams

[Review Talk]

1. Reactor- and accelerator-based filtered beams:
A.J. Mill (CEGB, Berkeley Gloucestershire)

[Contributed Papers]

2. Flux density measurement at the FWRM filtered neutron beams
W.G. Alberts (PTB, Braunschweig)

Discussions

Session VI: Thermal and Epi-Thermal Reactor Beams and Fields

[Introductory Remark]

1. Thermal and epi-thermal reactor beams and fields:
W.G. Alberts (PTB, Braunschweig)

[Contributed Papers]

Discussions

Thursday, 20 March

Morning & Afternoon

Session VII: Working Group Sessions

Preparation of conclusions and recommendations

* contributed paper but not for presentation

** for the use of reviewers only

Friday, 21 March

Session VII: Working Group Sessions (continued)

Summary of conclusions and recommendations

(Final Summary by A.B. Smith, ANL Illinois)

Closing Remarks: A.B. Smith (ANL, Illinois)

(Note: Approx. time allotments: about 25 min. for Review Talk

10~15 min. for presentation of contributed
paper)

N.B.

Some papers are marked as **"Not to be quoted"**

Contributed Papers

(General List)

○ : Abstract Only

● : Full Paper

- 1) Emission rate measurements and neutron spectrum considerations for Be(α ,n) sources: H. Kluge, H.W. Zill.
- 2) Absolute Calibration of Cf-252 Sources and Effective Half-Life: W.G. Alberts, W. Mannhart, M. Matzke.
- 3) Monoenergetic neutron sources in the energy range from 10 keV to 20 MeV for dosimetry experiments: M. Cosack, S. Guldbakke, H. Klein
- 4) Flux density measurement at the FMRD⁷⁸ filtered neutron beams: W.G. Alberts, K. Knauf, H. Lesiecki.
- 5) Production of monoenergetic neutron fluxes with energies comprised between a few hundreds Kev and 40 Mev: G. Haouat, M. Cance.
- 6) Measurement of the neutron activity of a Cf-252 source relative to \bar{v} for the spontaneous fission: J. Frehaut, M. Beau.
- 7) *²³⁵U cavity fission field calibration via the ²⁵²Cf spontaneous fission neutron field : V. Spiegel, C.M. Eisenhower, D.M. Gilliam, J.A. Gaundl, E.D. McGarry, I.G. Schröder, W.E. Slater, R.S. Schwartz*
- 8) *Radioactive neutron source : G.F. Knoll*
- 9) Neutron Yields from proton, deuteron, and alpha bombardment of Beryllium: M.A. Lone, B.C. Robertson.
- 10) Properties and applications of radioactive photoneutron sources: F. Bensch

- ① 11) The fast neutron emission spectrum of ^{252}Cf : F. Bensch
- ① 12) Limits of application of the method of recoil protons in neutron spectrometry using a NE 213 organic scintillator: A. Capgras
- ① 13) Some examples of theoretical and experimental determinations of yields (α, n) reaction on the light elements: A. Capgras
- ① 14) Radioactive neutron source measurements at NPL: A.G. Bardell.
- ① 15) Current status of accelerator produced neutron flux standards at NPL: A.G. Bardell.
- ① 16) Neutron source investigations in support of the cross section programme at the Argonne Fast-neutron Generator: James W. Meadows and Donald L. Smith.
- ① 17) *Multipurpose intense 14 Mev neutron source at Bratisla, Design Concept : J. Pivard, et al.*
- ① 18) Performance of gas target using $\text{D}(d, n)$ reactions as a fast neutron source: Lian Tun-chi, Ye Jins-ping, Sa Dren

- 19) The measurement of the average number of prompt neutrons and the distribution of prompt neutron numbers for Cf-252 spontaneous fission: Zhang Huan-iao, Liu Zu-Hua
- 20) Measurement of prompt neutron energy spectrum for spontaneous fission of Cf-252: Mon Jiang-shen, Bai Xi-Xiang, Zhang Bai-shen, Hwang Sheng-nian
- 21) The CELINA neutron source and some of its properties: K.H. Böckhoff
- 22) Note on the prompt-fission-neutron spectra of U-233, U-235, Pu-239 and Pu-240 relative to that of Cf-252: A.B. Smith et al
- 23) #23-1, Measurements and calculations of neutron spectra from 35 MeV deuterons on thick lithium for the FMIT facility: D.L. Johnson and F.M. Mann
- 23-2, Measurements of neutron spectra from 35 MeV deuterons on thick lithium for the FMIT facility: D.L. Johnson et al
- 24) Neutron Production in the Energy Range 7 to 12 MeV using a Gas-Target: S. Mittag, W. Pila, D. Schmidt, D. Seeliger, T. Steil
- 25) Neutron Sources for the Medical Use: K. Tsukada

[#]Not as contributed paper but only for working group.

Review Papers

○ : Abstract Only

● : Full Paper

- 1) Introductory remark on thermal and epi-thermal neutron beams and fields: W.G.Alberts (Session VI)
- 2) Production of fast monoenergetic neutrons by charged particle reactions among the hydrogen isotopes; Source properties, Experimental technique and Limitation of data: M.Drosg (Session IV)
- 3)[#] Note; Comparison of data on ${}^7\text{Li}(p,n_0){}^7\text{Be}$ and ${}^7\text{Li}(p,n_1){}^7\text{Be}^*$ since 1975: H.Liskien (prepared by C.A.Uttley) (Session IV)
- 4)[#] Résumé neutron yields from alpha particle bombardment of light elements: K.W.Geiger (Session III)
- 5)[#] Radioactive neutron source spectra from ${}^9\text{Be}(\alpha,n)$ cross section data: K.W.Geiger and L.van der Zwan, Nucl.Instr.& Methods 131(1975)315 (Session I)
- 6) Radioactive $\text{Be}(\alpha,n)$ and $\text{Be}(\gamma,n)$ neutron sources : K.W.Geiger (Session I)
- 7) Properties of monoenergetic Neutron Sources from proton reactions with Nuclei other than Tritons: M.Drosg (Session IV)
- 8) Reactor - and accelerator - based filtered beams : A.J.Mill, J.R.Harvey (Session V)
- 9) Production of 14MeV neutrons by low voltage accelerator: J.Csikai (Session IV)
- 10) Thermal and epi thermal reactor neutron beams and fields.: W.G. Alberta (Session VI)
- 11) Neutron energy spectra of spontaneous fission sources: M.V.Blinov (Session II)
- 12) White source use in a Neutron Standards Laboratory : C.D.Bowman et al (Session III)

[#] for the use of reviewers only