รายการอ้างอิง

1 Arthur R Foster. Basic neuclear engineering. Third edition. Massachusetts : Allyn & Bacon, Inc, 1977.

2. L.F. Curtiss. Introduction to neutron physics. New york: D Van Nostrand Company, Inc, 1959.

3. Knoll,G.F. Radiation detection and measurement.2nd ed.New York:John Wiley & son, 1976.

4. Newport catalog. Newport Product Supplement. Newport Co, California,1996

5. Oriel Corporation. Oriel fiber optics catalog.VOL II .C.A.:USA,1994.

6. มงคล วรรณประภา. การพัฒนาระบบสแกนด้วยรังสีแกมมาเพื่อคำนวณการสร้างภาพโทโมกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

7. ศศิพันธ์ ณ สงขลา. การพัฒนาฉากสังกะสีซัลไฟด์ (เงิน) เพื่อการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

8. Masahiko Maeda and Naotochi Watanabe.Scintillation. Converter for Neutron Radiography. Japan , Showa Denko Kabushiki Kaisha (1986):1-16

9. Chizuo MORI ., and others. "Simple and Quick Measurement of Neutron Flux Distribution by Using an Optical Fiber with Scintillator, " Journal of Nuclear Science and Technology " (March 1994) :248 - 249

10. N.Wada " Measurement of thermal neutron flux by activation foils " A Thermal Neutron Howitzers for 5 Ci ^{241}Am/ Be , 1989

11. International Atomic Energy Agency . Atomic Energy Review . VOL.15(2), 1997.

ภาคผนวก

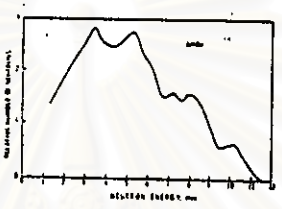
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

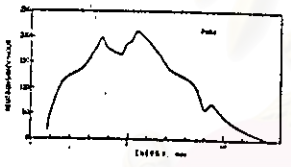
แสดงรายละเอียดของต้นกำเนิดนิวตรอน ^{238}Pu-Be ที่ใช้ในงานวิจัย

Po-210, Am-241, and Pu-238 Neutron Sources Model 2720

The Model 2720 series of neutron sources encompasses eight sizes of capsules which use Po-210, Am-241, or Pu-238 as the alpha emitter. Several target elements are available; the highest neutron-yielding target element is beryllium.



	PoBe	AmBe	Pu8Be
Half-life	138.4 d	458 y	87.4 y
Form of alpha emitter	metal	oxide	oxide
Yield, n x 10⁶/sec/Ci	2.4	2.2	2.2
Calibration	±3%	±3%	±3%
Maximum source strength, Ci	450	40	200
Internal volume requirements, cm³/Ci	0.03	1.5	0.5
Gamma Radiation, mr/hr/Ci-m	0.12	10	0.01



Neutron sources are commonly produced by double encapsulation in 304 stainless steel. However, other metals such as steel, nickel, tantalum, or aluminum may be substituted. Where sources will be subjected to extreme conditions (in an atomic reactor) modifications in design are required to meet specifications for welding. Therefore, butt weld designs may be replaced by step (circumferential) welds. Welded plugs may be used instead of solid bottoms. Lengths and diameters may also be altered without changing other specifications.

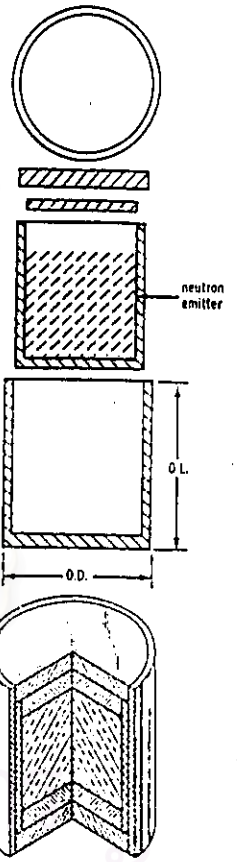
Approximate Neutron Yield for Alternate Targets

	Neutrons x 10⁶/sec/Ci		
Isotope	B (metal)	F(CaF_2)	Li (Li_2O)
Po-210	0.8	0.2	0.04
Am-241	0.7	0.1	0.03
Pu-238	0.5	0.1	0.02

The average reported[1] neutron energies for (α, n) reactions with these alternate targets are:

Boron	3 MeV
Fluorine	1.5 MeV
Lithium	0.4 MeV

(1) Ref: J. B. Marion and J. L. Fowler, "Fast Neutron Physics," Part I, Interscience Publishers, Inc., N.Y., 1960.



Testing—Standard neutron sources have been tested and classified by ANSI procedures. Leak testing is by 7-day wipe test and pressure bubble or hot water bubble test. Optional tests are mass spectrometer leak test, dye penetrant, and X-radiography.

Maximum Curie Content

Am-241	Pu-238	Po-210	OD (in.)	OL (in.)
0.1	0.4	4	0.50	0.50
0.25	1	12	0.50	0.70
1	6	60	0.75	0.87
4	20	200	1.00	1.12
6	30	300	1.00	1.50
10	50	450	1.00	2.00
25	125	—	1.50	2.50
40	200	—	1.50	3.50

ภาคผนวก ข

การวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์โดยวิธี Foils Activation

แผ่นฟอล์ยที่ใช้ในการวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ ควรมีคุณสมบัติ คือ

1. เป็นธาตุที่มีค่าภาคตัดขวางสำหรับเทอร์มัลนิวตรอนสูง เพื่อสะดวกต่อการวัดรังสี ทำให้มีความแม่นยำขึ้น
2. มีค่าครึ่งชีวิตที่เหมาะสม ที่จะนับได้อย่างถูกต้อง และใช้เวลาไม่มากนักในการอาบ เพื่อให้ได้ความแรงสูงสุด
3. อัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นต้องไม่เร็วหรือช้าเกินไป คือ เมื่อนำออกมาจากการอาบเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์แล้วจะไม่สลายเร็วเกินไป
4. แผ่นฟอล์ยที่ใช้ควรมีความหนาน้อย ๆ เพื่อให้เทอร์มัลนิวตรอนผ่านได้อย่างสม่ำเสมอ และควรอาบรังสีเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดสภาวะคงตัว (Steady state)

ในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นอินเดียมเป็นตัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ เพื่อใช้เป็นค่าปรับเทียบกับหัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำแผ่นอินเดียมไปอาบรังสีในต้นกำเนิดนิวตรอนในบริเวณที่ต้องการทราบค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างแผ่นอินเดียมและเทอร์มัลนิวตรอนแบบ (n,γ) ดังสมการ

$$^{115}_{49}\mathrm{In} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{116}_{49}\mathrm{In} + \gamma$$

อัตราการเกิดปฏิกิริยาดูดกลืนนิวตรอนที่ทุกพลังงาน $= N\sigma_a\phi = A_0$

ดังนั้น $$\phi = \frac{A_0}{N\sigma_{act}} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ N = จำนวนอะตอมทั้งหมดของแผ่นอินเดียมที่ทำปฏิกิริยากับนิวตรอน แล้วเกิดเป็นธาตุกัมมันตรังสี

σ_{act} = ภาคตัดขวางจุลภาคของการดูดกลืนมีหน่วยเป็นบาร์น

ϕ = นิวตรอนฟลักซ์มีหน่วยเป็น neutron/cm^2/sec

เมื่อนำแผ่นอินเดียมไปอาบรังสีเป็นเวลานานเพียงพอจะเกิดสภาวะคงที่ คือ อัตราการเกิดและการสลายมีค่าเท่ากัน ในสภาวะนี้ เรียกว่า ความแรงรังสีอิ่มตัว (saturation activity) เป็นความแรงรังสีสูงสุด

ดังนั้น อัตราการแผ่รังสีของอินเดียมที่อาบรังสีในเวลา T ดังสมการ

$$A_T = A_0 (1 - e^{-\lambda T})$$

เมื่อ A_0 = อัตราการแผ่รังสีของอินเดียมเมื่ออาบรังสีจนอิ่มตัว

T = เวลาที่ใช้ในการอาบรังสี มีหน่วยเป็นวินาที

λ = ค่าคงที่การสลายตัวของอินเดียม

เมื่อนำแผ่นอินเดียมที่อาบรังสีแล้วออกมาจากนิวตรอนฟลักซ์ แล้วนำเข้าระบบวัดในเวลา t ต่อมา รังสีบางส่วนจะสลายตัวไป ดังนั้นค่าที่วัดได้จะน้อยกว่าที่เป็นจริง จึงแก้ด้วยเทอม $e^{-\lambda t}$

$$A_T = A_0 (1 - e^{-\lambda T}) e^{-\lambda t} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ t = เวลาในระหว่างนำแผ่นอินเดียมออกจากการอาบนิวตรอนมายังเครื่องวัด มีหน่วยเป็น วินาที

จากสมการ $$\phi = \frac{A_0}{N\sigma_{act}}$$

ดังนั้น $$\phi = \frac{A_T}{N\sigma_a (1 - e^{-\lambda T}) e^{-\lambda t}} \quad \text{.....(3)}$$

ในกรณีที่ใช้เวลาในการอาบรังสีนานมาก ค่า $e^{-\lambda T}$ จะมีค่าน้อยลงจนใกล้ศูนย์ เนื่องจากไม่มีการสลายอีกต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิวตรอนฟลักซ์ที่เกิดปฏิกิริยากับแผ่นอินเดียมจะมีค่าไม่เท่ากับเทอร์มัลนิวตรอน ฟลักซ์ที่มีอยู่จริงในต้นกำเนิดเมื่อไม่มีแผ่นตรวจวัด เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องมือและค่า self - shielding factor ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ค่าดังกล่าว

ประสิทธิภาพของเครื่องมือ ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมา ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดกับหัววัด รูปร่างของต้นกำเนิดรังสีชนิด และขนาดของหัววัด

$$E = \frac{cps \times 100}{dps} \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพของเครื่องมือ

cps = net area มีหน่วยเป็น count / sec

dps = ความแรงของต้นกำเนิดรังสี ณ เวลาทำการวัด มีหน่วยเป็น disintegration per second

shelf shielding factor (f_{th}) ขึ้นอยู่กับ ความหนาของแผ่นฟอล์ย

$$\phi = f_{th}\,\phi$$

f_{th} สามารถนิยามได้ตามสมการของ Nisle

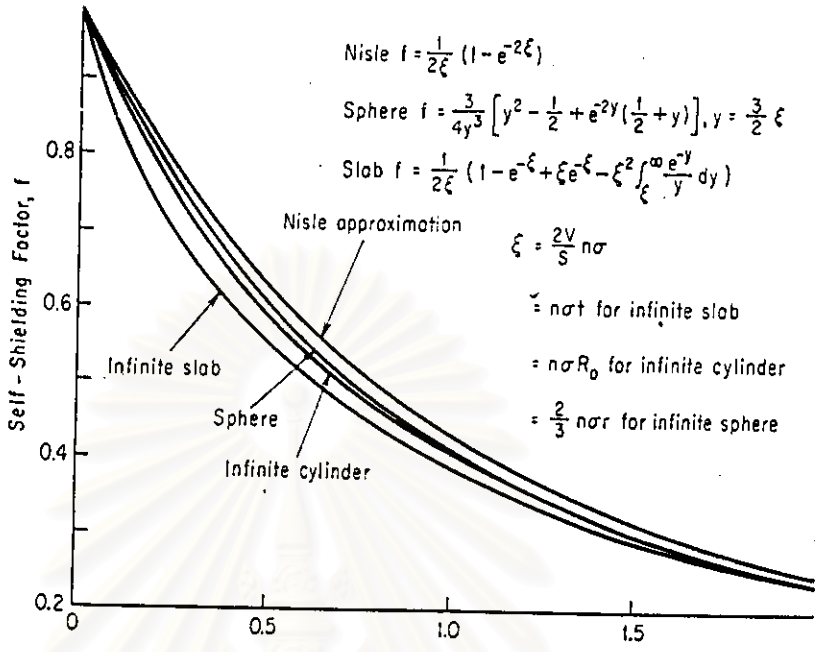
$$f_{th} = \frac{1}{2\xi}(1 - e^{-2\xi}) \qquad \text{.....(5)}$$

โดยที่ $\xi = (\frac{2V}{S})\Sigma_a$

เมื่อ V = ปริมาตรของแผ่นฟอล์ย

S = พื้นที่ผิวของแผ่นฟอล์ย

Σ_a = ภาคตัดขวางมหาภาคของการดูดกลืน



รูปที่ ข.1 แสดงค่า Self-Shielding Factors ตามสมการของ Nisle และสมการสำหรับ Slab, cylinder และ sphere

*** ในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นอินเดียมเป็นแบบ slab**

การคำนวณประสิทธิภาพหัววัด

ทำการคำนวณโดยใช้พื้นที่ใต้กราฟได้จาก Co-60 ผลิตเมื่อวันที่ 1 เมษายน 1988 มีความแรงรังสี 0.967 μCi ได้ทำการวัดเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 1997 โดยใช้หัววัด NaI(Tl) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว มีระยะห่างจากหัววัดประมาณ 1 cm ทำวัดเป็นเวลา 2,000 วินาที

เมื่อ t เป็นเวลาที่ทำให้รังสีบางส่วนจากต้นกำเนิดรังสีสลายตัว ตั้งแต่วันที่ผลิตจนถึงวันที่ทำการวัด

$$t = 1 + (6 \times 30) + (9 \times 365) = 3{,}466 \text{ วัน}$$

$$= 3466 \times 24 \times 3600 = 2.994 \times 10^{8} \text{ วินาที}$$

เมื่อ $A_0 = 0.967 \times 10^{-6} \times 3.7 \times 10^{10} = 35{,}779$ dps

$T_{1/2}$ ของ C0 - 60 เท่ากับ 5.27 ปี

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{(5.27 \times 365 \times 24 \times 3600)} = 4.169 \times 10^{-9} \text{ วินาที}^{-1}$$

จะได้ความแรงรังสี ดังนี้

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 35{,}779 \times e^{(-4.169 \times 10^{-9} \times 2.9946 \times 10^{8})}$$

$$= 35{,}779 \times 0.28702$$

$$= 10{,}269.337 \text{ dps}$$

เมื่อ % abundance ของ Co - 60 = 99.99%

ดังนั้น $A = \frac{10269.337 \times 99.99}{100} = 10{,}268.310$

ดังนั้น การหาค่าประสิทธิภาพของหัววัด โดยใช้ Co-60 ที่พลังงาน 1.17 MeV และ 1.33 MeV เป็นดังนี้

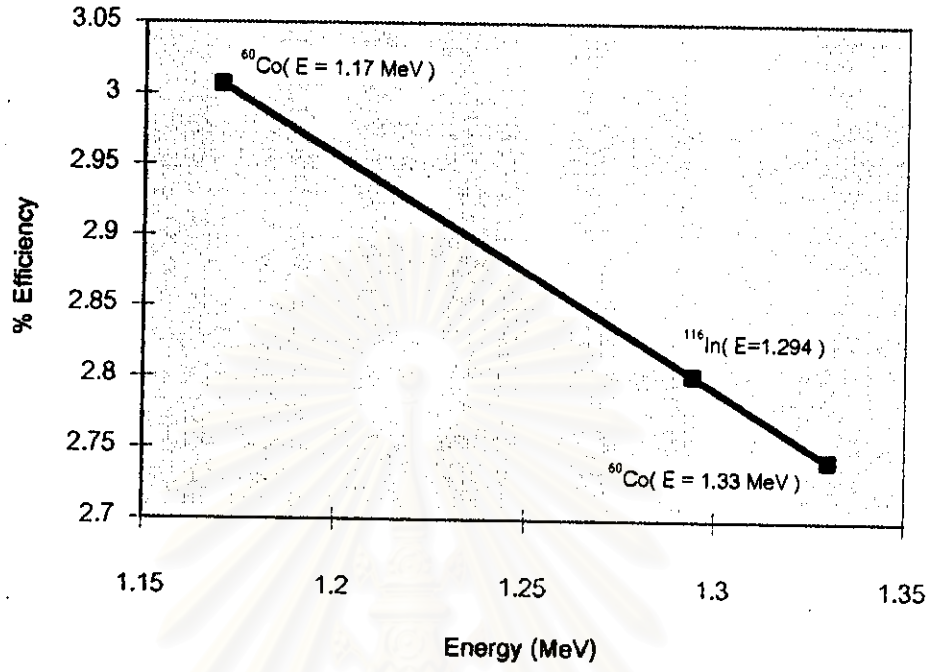
1. ที่พลังงาน 1.17 MeV มีค่า Area = 617,528/2000 sec = 308.764

$$\% \text{ Efficiency} = \frac{\text{cps} \times 100}{\text{dps}} = \frac{308.764 \times 100}{10{,}268.310} = 3.00\ \%$$

2. ที่พลังงาน 1.33 MeV มีค่า Area = 563,207/2000 sec = 281.6035

$$\% \text{ Efficiency} = \frac{\text{cps} \times 100}{\text{dps}} = \frac{281.6035 \times 100}{10{,}268.310} = 2.74\ \%$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.2 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องมือที่พลังงานของรังสีแกมมาต่าง ๆ

จากรูปที่ ข.2 พลังงานของ In - 116 ที่พลังงาน 1.294 MeV จะมีค่า Efficiency = 2.80%

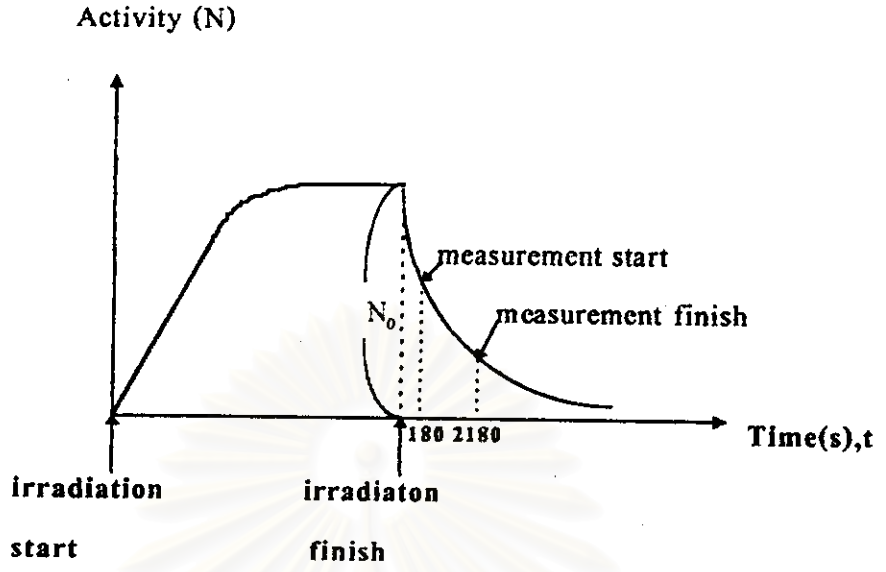
วิธีการคำนวณหาเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์โดยใช้วิธี Foils Activation

ตัวอย่าง การคำนวณหาเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะในแนวระดับ 7 cm และแนวดิ่งตรงกับตำแหน่งกึ่งกลางต้นกำเนิดนิวตรอน โดยนำแผ่นอินเดียมฟอล์ยไปอาบนิวตรอนที่ต้นกำเนิดนิวตรอน ^{238}Pu / Be ที่บรรจุอยู่ในถังน้ำ ขนาดความแรง 5 Ci

น้ำหนักของแผ่นอินเดียมฟอล์ย = 0.09628 กรัม

ขนาดแผ่นอินเดียม กว้าง x ยาว = 1 x 1 เซ็นติเมตร

ทำการอาบนิวตรอนเมื่อวันที่ 30 ก.ย. 2540 และทำการวัดเมื่อวันที่ 2 ต.ค. 2540 ทำการวัดที่พลังงาน 1.294 MeV (มีจำนวนของรังสีแกมมาต่อการสลายตัวสูงสุดเท่ากับ 84%)



รูปที่ ข.3 แสดงถึงความแรงรังสีกับเวลาที่อาบรังสีจนอิ่มตัวและปล่อยให้รังสีสลายตัว

เมื่ออาบอินเดียมฟอล์ยจนมีความแรงอิ่มตัว แล้วปล่อยให้รังสีสลายตัว 3 นาที หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการวัดนาน 2,000 วินาที

Peak Count (Area) ที่พลังงาน 1.294 MeV จะมีค่าเท่ากับ 82,518 counts / 2000 sec

$$N_{180\sim2180} = \int_{180}^{2180} N_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{-N_0}{\lambda}[e^{-\lambda t}]_{180}^{2180}$$

$$= \frac{-54.2\times60N_0}{0.693}[e^{-\frac{0.693\times2,180}{54.2\times60}} - e^{-\frac{0.693\times180}{54.2\times60}}]$$

$$= \frac{-N_0}{2.13\times10^{-4}}[0.6284 - 0.9623]$$

$$= 1.567\times10^{3} N_0$$

ดังนั้น $$N_0 = \frac{N_{180\sim2180}}{1.567\times10^{3}} = \frac{82,518}{1.567\times10^{3}} = 52.6598 \text{ cps}$$

จากสมการที่ 4 $$\text{dps} = \frac{\text{cps}}{\gamma(\%)\times E(\%)} = \frac{52.6598}{0.84\times0.028} = 2238.9396$$

เมื่อ γ = branching ratio

E = counting efficiency

เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ (ϕ_{th}) ;

$$\phi_{th} = \frac{A \times M}{W \times k \times N_A \times \sigma_{act} \times (1 - e^{-\lambda t})}$$

$$= \frac{2{,}238.9396 \times 114.8}{0.09628 \times 0.957 \times 6.02 \times 10^{23} \times 1.62 \times 10^{-27} \times 1}$$

$$= 28{,}603.8664 \ \text{n/cm}^2\text{/sec}$$

เมื่อ A = Activity (dps)

k = % abundance of In - 115

การคำนวณแก้ค่า Self - shielding factor

ความหนาของ In-foil (t) หาจาก

$$t = \frac{m}{A \times \rho} = \frac{g}{cm^2 \times (\frac{g}{cm^3})} = cm$$

$$= \frac{0.09628}{1 \times 7.28} = 0.01322 \ cm$$

เมื่อ m = มวลของอินเดียมฟอล์ยมีหน่วยเป็น g

A = พื้นที่หน้าตัดของอินเดียม มีหน่วยเป็น cm^2

ρ = ความหนาแน่นของอินเดียม มีหน่วยเป็น g/cm^3

สำหรับ $\xi = \frac{2V}{S} n\sigma$

$= n\sigma t$ for infinite slab

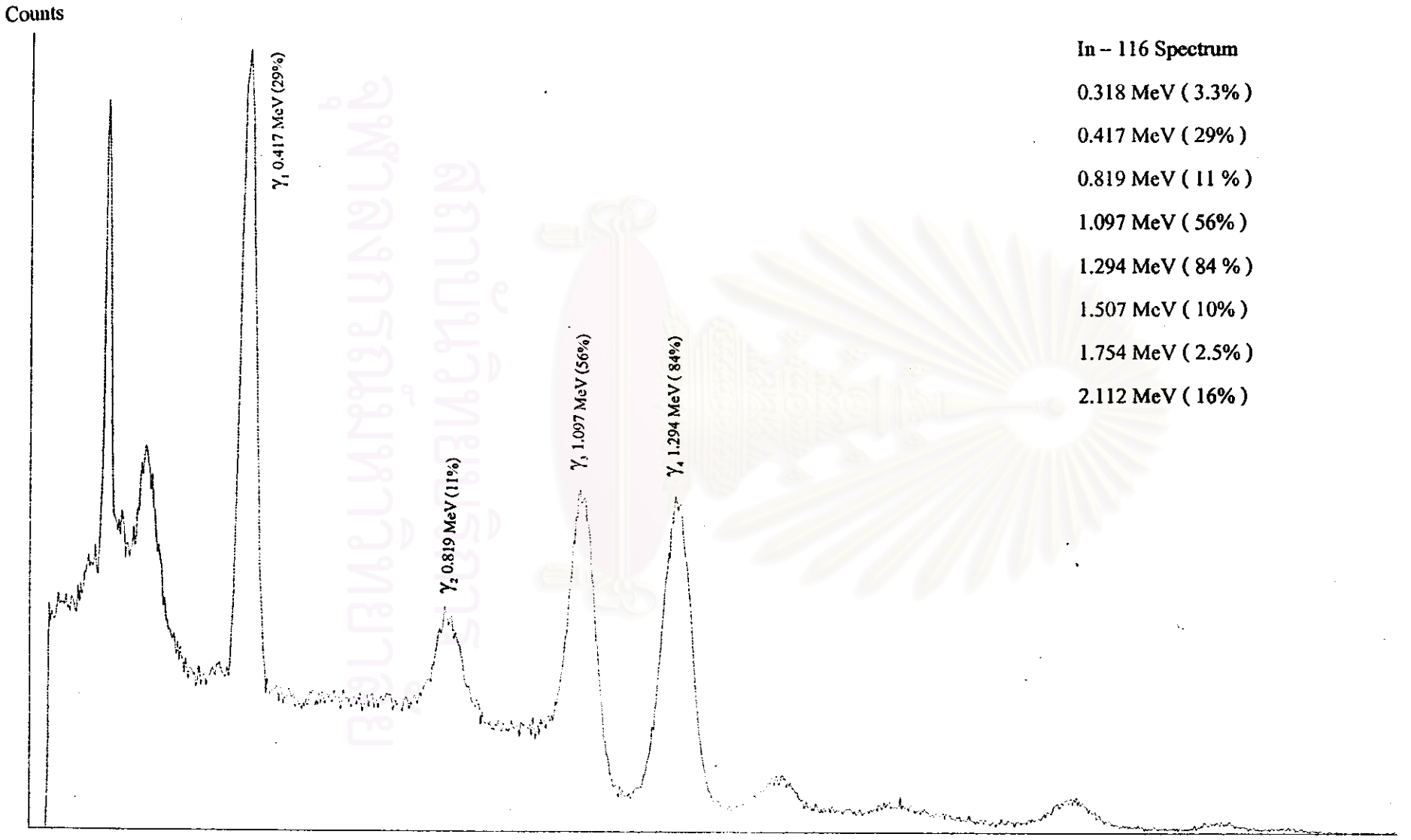
$= \sum_a t = 7.75 \times 0.01322 = 0.10249$

แทนค่า ξ ลงในสมการที่ $f = \frac{1}{2\xi}(1 - e^{-2\xi})$

$= 0.9041$

ดังนั้น ค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จะเท่ากับ

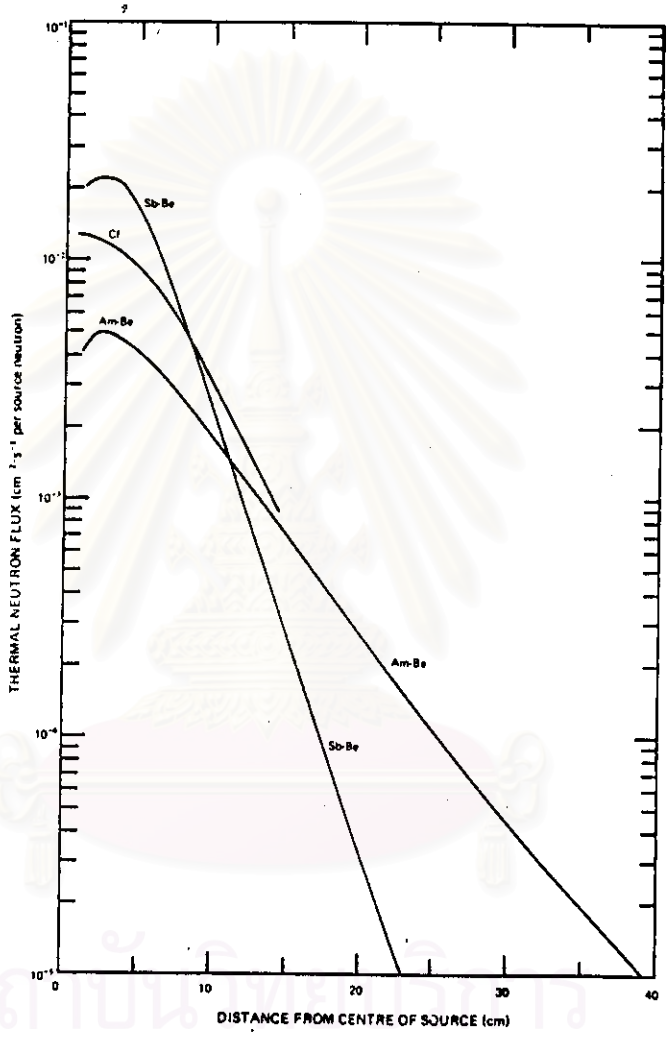
$$\phi_{th} = \frac{28{,}603.8664}{0.9041} = 31{,}637.9453 \ \text{n/cm}^2\text{/sec}$$



รูปที่ ข.4 แสดงสเปคตรัมของไอโซโทปกัมมันตรังสีอินเดียมที่ได้ทำการลบแบกกราวด์แล้ว เมื่อตรวจวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัด NaI(Tl)

ภาคผนวก ค

การหาค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ จากหนังสือการทดลองของ IAEA



รูปที่ ค.1 แสดงการกระจายของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จากการทดลองสำหรับต้นกำเนิดนิวตรอน[11]

ในน้ำ

เนื่องจากต้นกำเนิดนิวตรอน ^{238}Pu / Be ที่ใช้ในงานวิจัย มีพลังงานเฉลี่ยของนิวตรอนใกล้เคียงกับต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am / Be และให้จำนวนนิวตรอนออกมา (neutron yield) เท่ากันประมาณ 2.2×10^{6} นิวตรอน / วินาที / คูรี ดังนั้น การคำนวณหาเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะต่าง ๆ เป็นดังนี้

จากรูปที่ ค.1 เป็นต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am / Be 1 Ci แต่ในงานวิจัยใช้ต้นกำเนิดนิวตรอน ^{238}Pu / Be ที่มีความแรงรังสี 5 Ci ดังนั้นจึงต้องคำนวณเทียบความแรงรังสีเป็น 5 Ci ดังนี้

1 Ci ^{241}Am/ Be จะปลดปล่อยนิวตรอน 2.2×10^{6} n / sec / Ci

5 Ci ^{238}Pu/Be จะปลดปล่อยนิวตรอน $5\times2.2\times10^{6}$ n / sec / Ci

ดังนั้น เมื่ออ่านค่า เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ได้จากกราฟแล้วจะต้องนำ 1.1×10^{7} n / sec / Ci ไปคูณด้วย เช่น ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิด 7 cm ค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จากกราฟเท่ากับ 3×10^{-3} เมื่อคูณด้วย 1.1×10^{7} จะได้ค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์เท่ากับ 3.467×10^{4} n / cm^{2} / sec

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ระบบขับเคลื่อนทางกล

ง.1 แสดงภาพรวมของระบบขับเคลื่อนทางกล (THERMAL NEUTRON FLUX SCANNING SYSTEM)

ง.2 แสดงส่วนประกอบของระบบหลัก (MAIN FRAME)

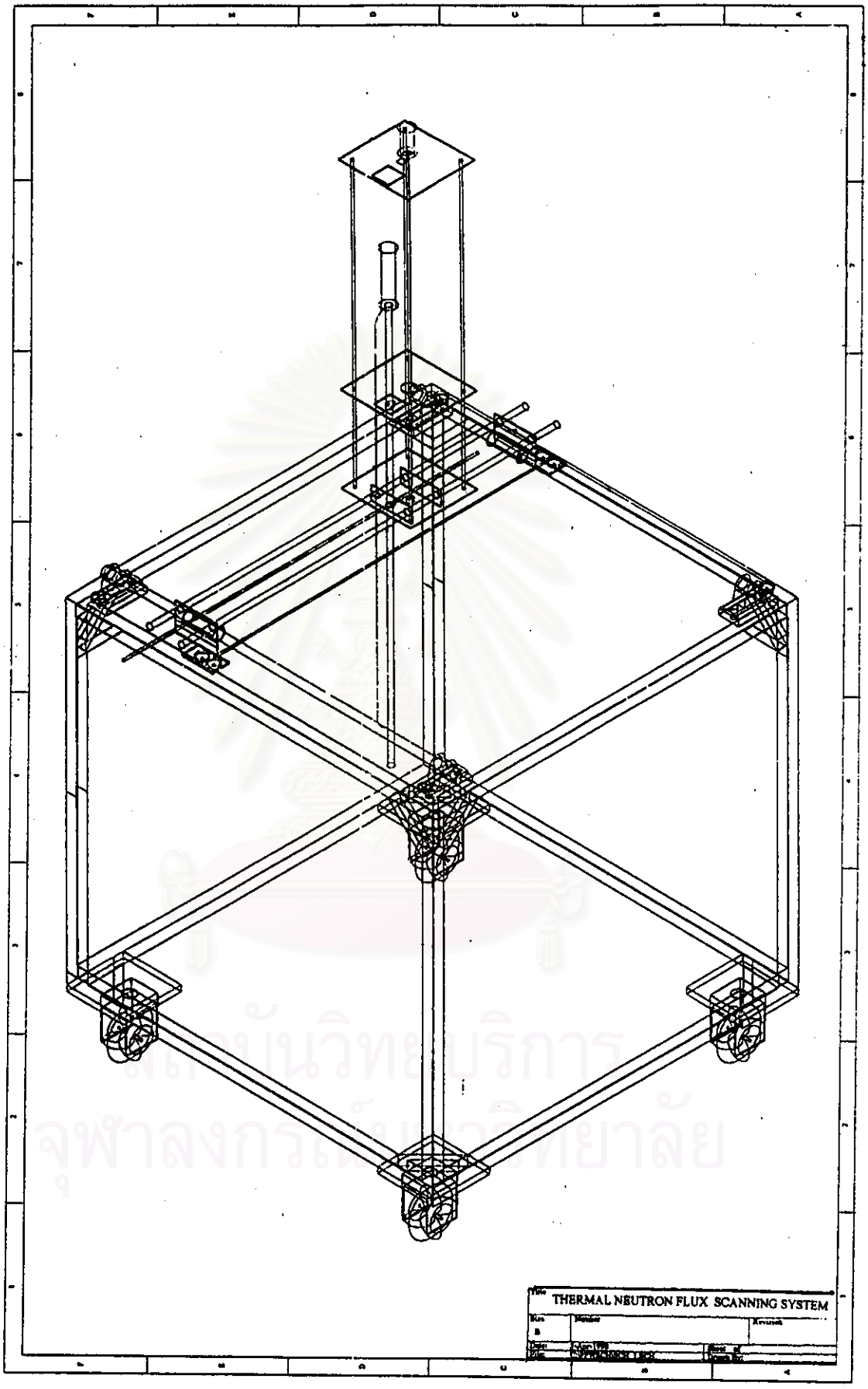
ง.3 แสดงระบบขับเคลื่อนหัววัด (DETECTOR DRIVER DETAILS)

ง.4-6 แสดงระบบขับเคลื่อนในแนวระดับ (HORIZONTAL DRIVER DETAILS)

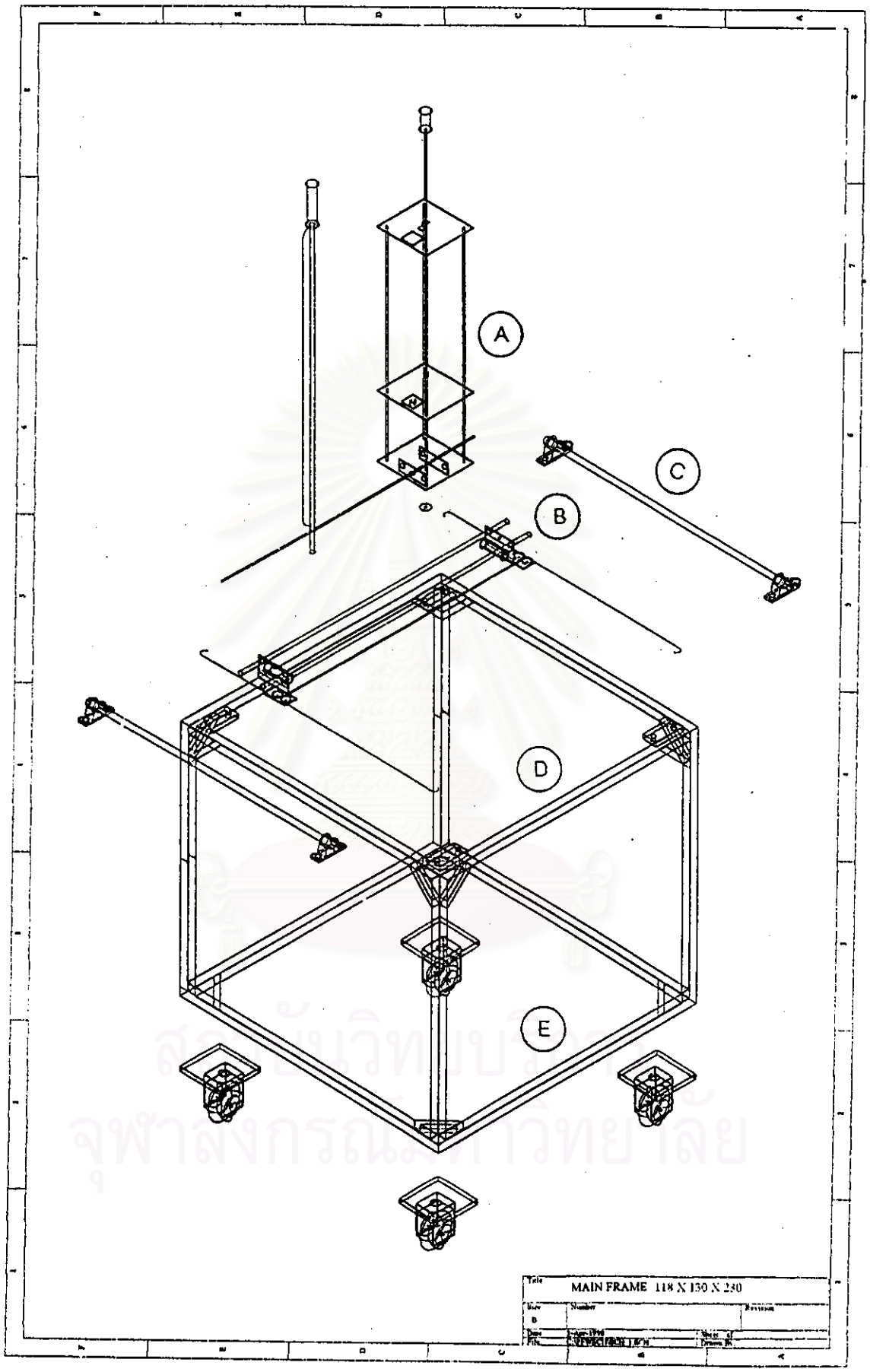
ง.7 แสดงรายละเอียดส่วนฐานของระบบกล (ด้านข้าง) [(MECHANICAL SYSTEM BASE (SIDE VIEW)]

ง.8 แสดงรายละเอียดส่วนฐานของระบบกล (ด้านบน) [(MECHANICAL SYSTEM BASE (TOP VIEW)]

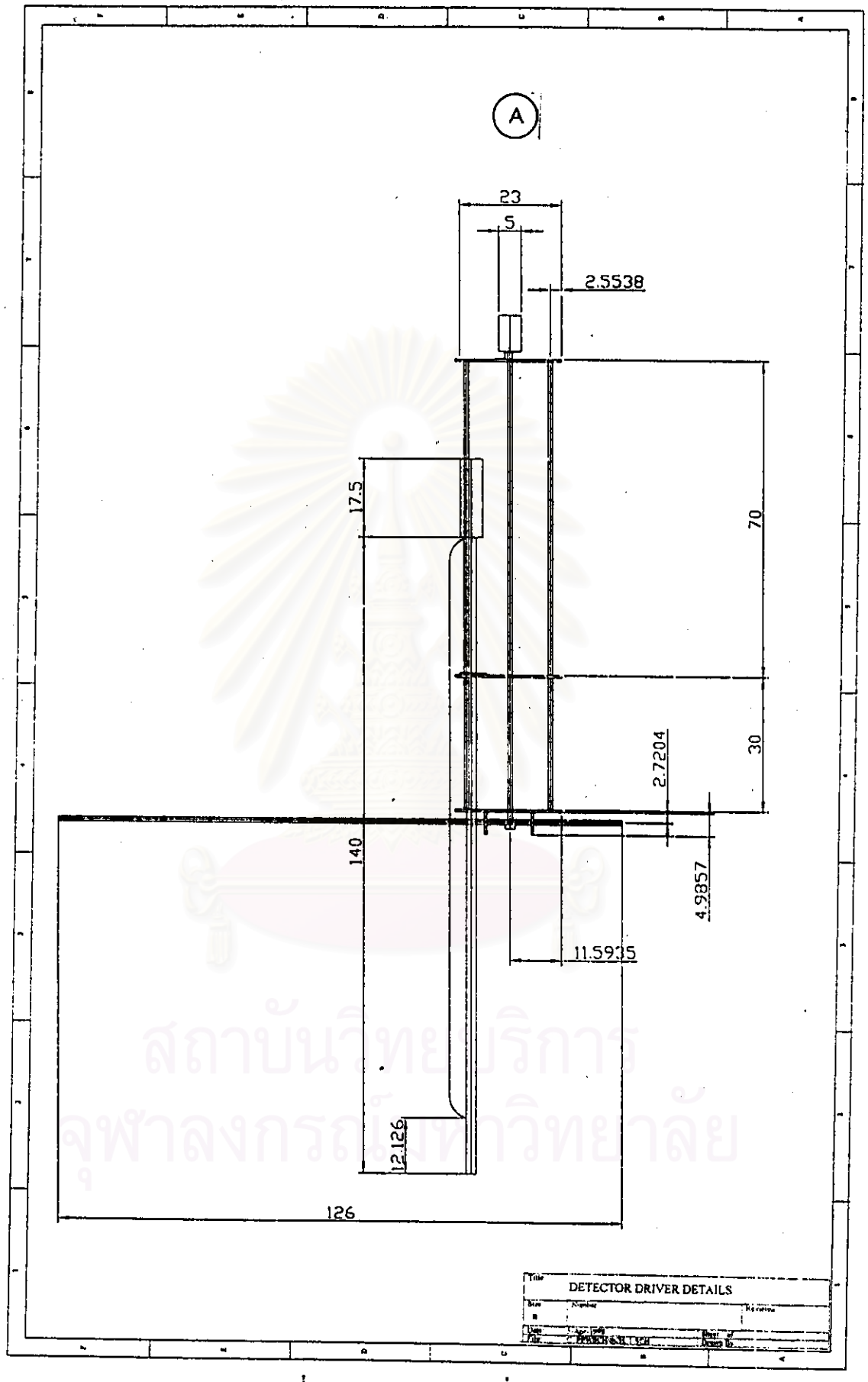
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.1 แสดงภาพรวมของระบบขับเคลื่อนทางกล

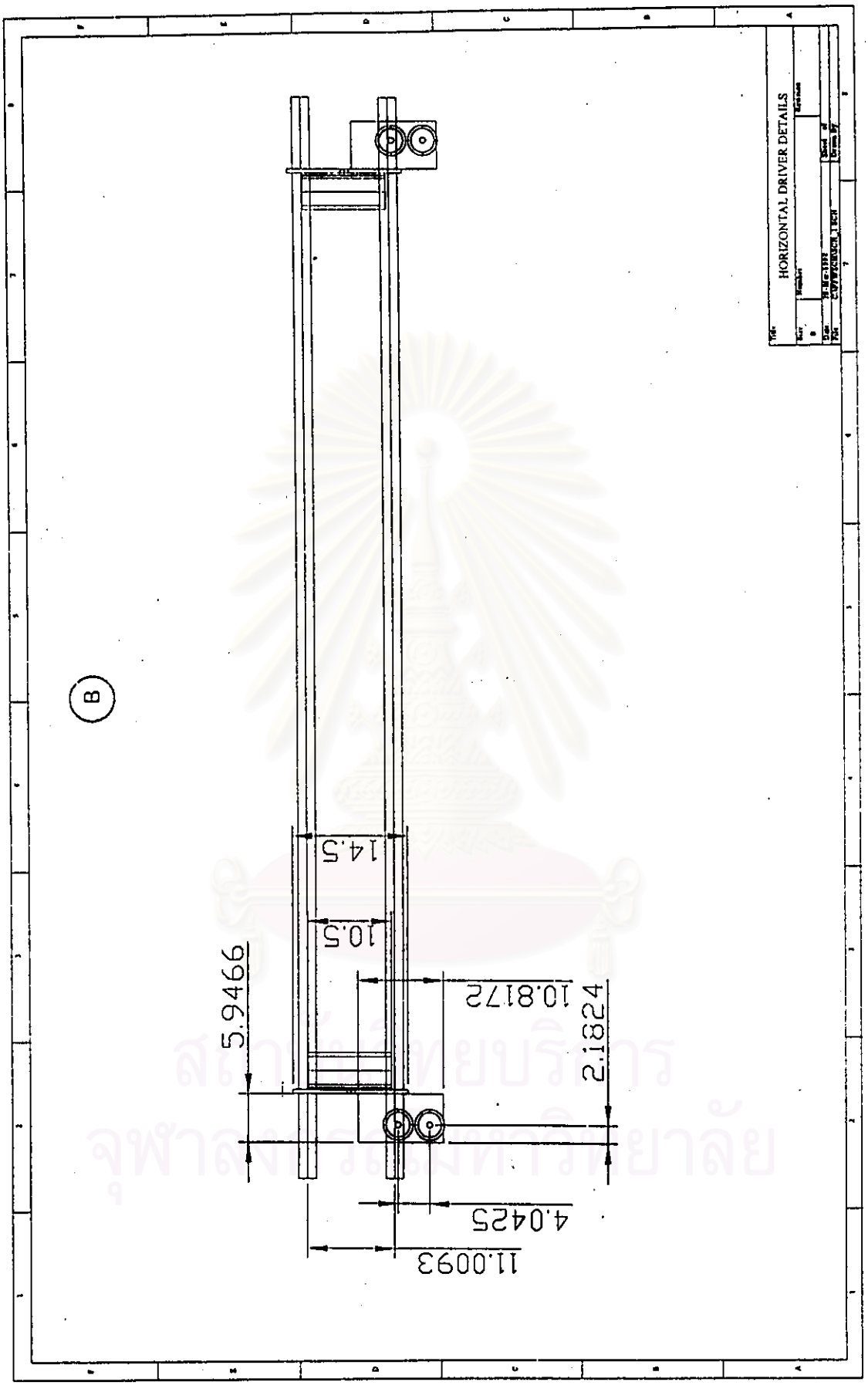


รูปที่ ง.2 แสดงส่วนประกอบของระบบหลัก

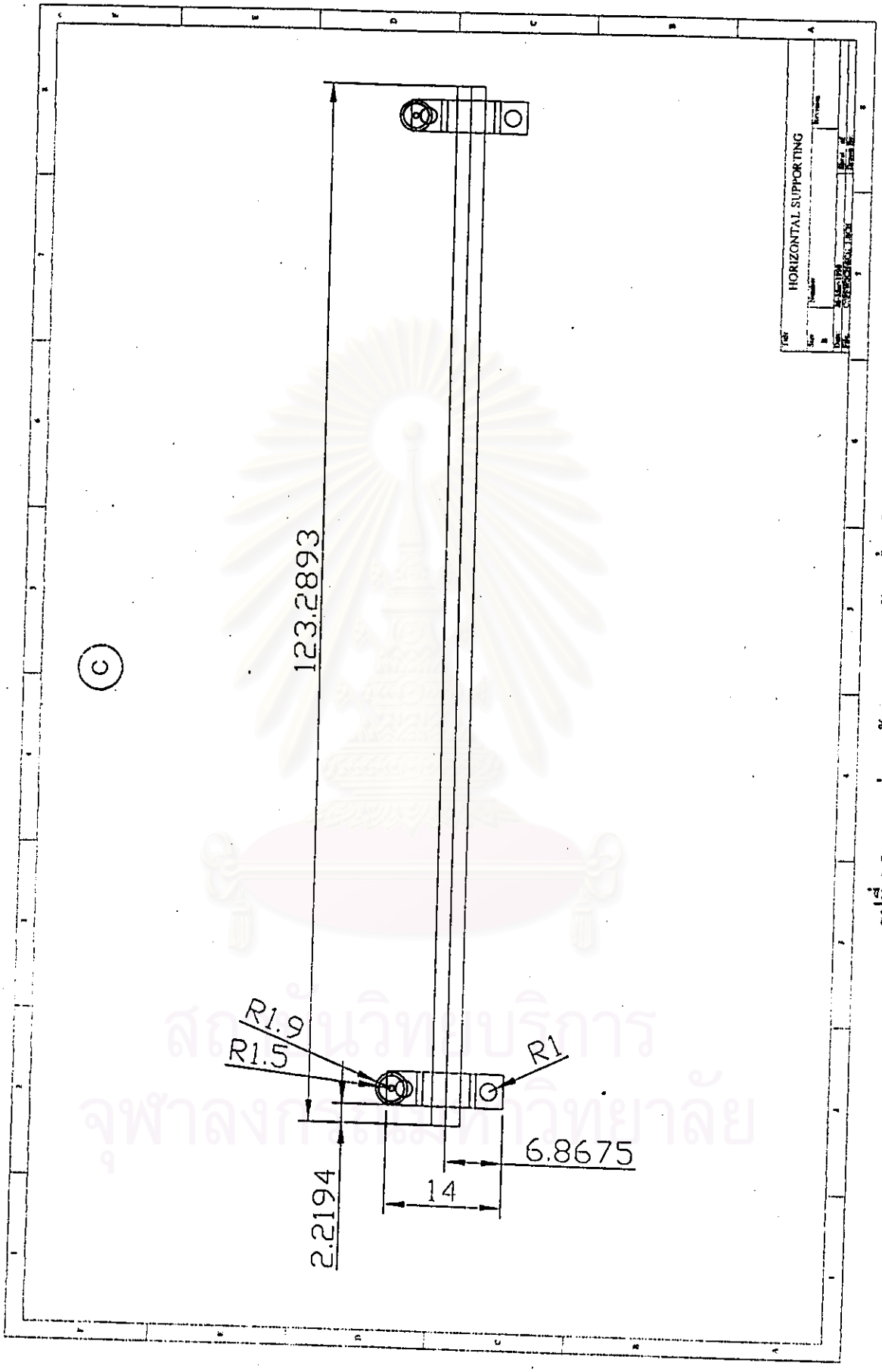


รูปที่ ง.3 แสดงระบบขับเคลื่อนหัววัด

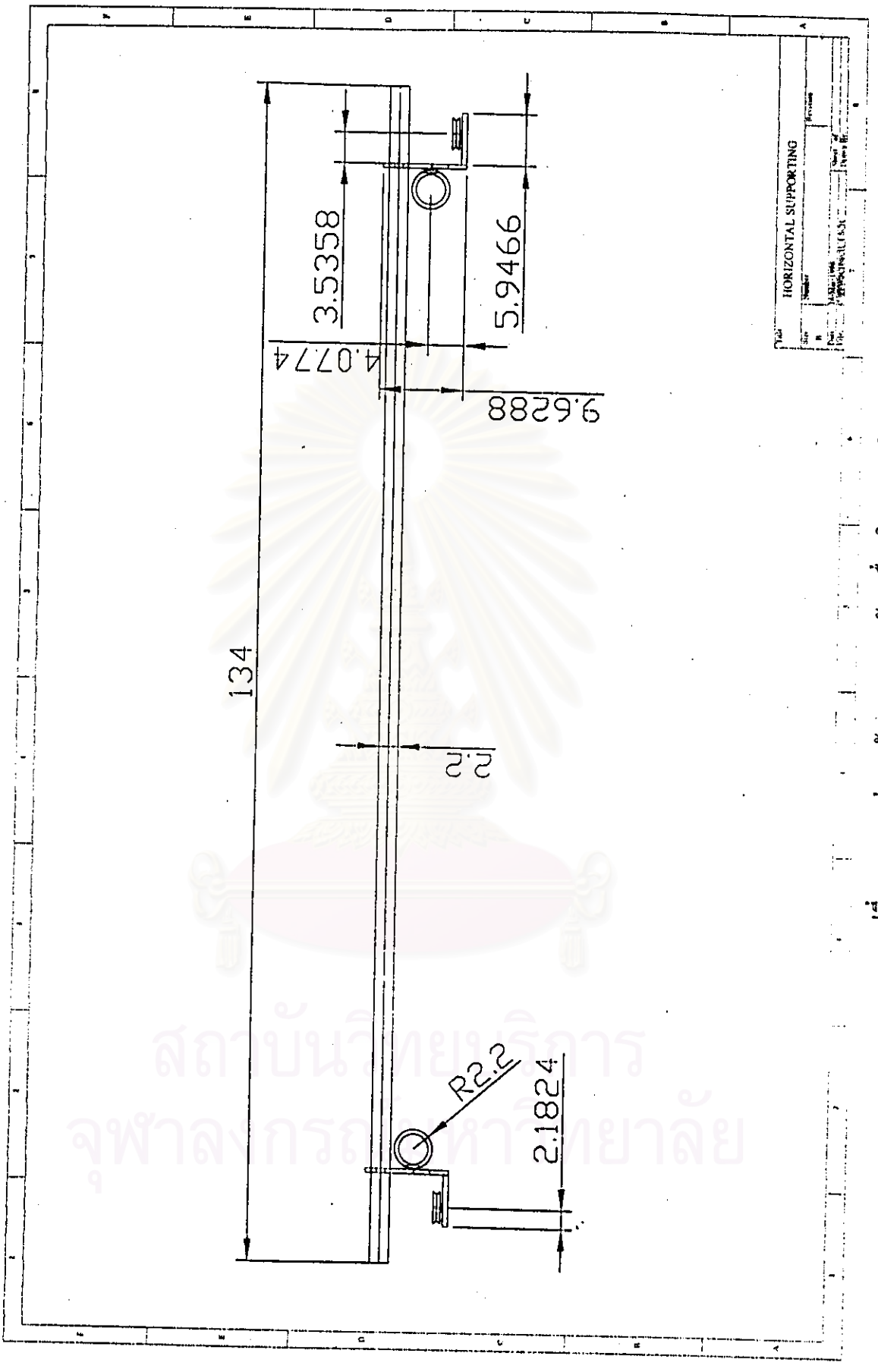
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



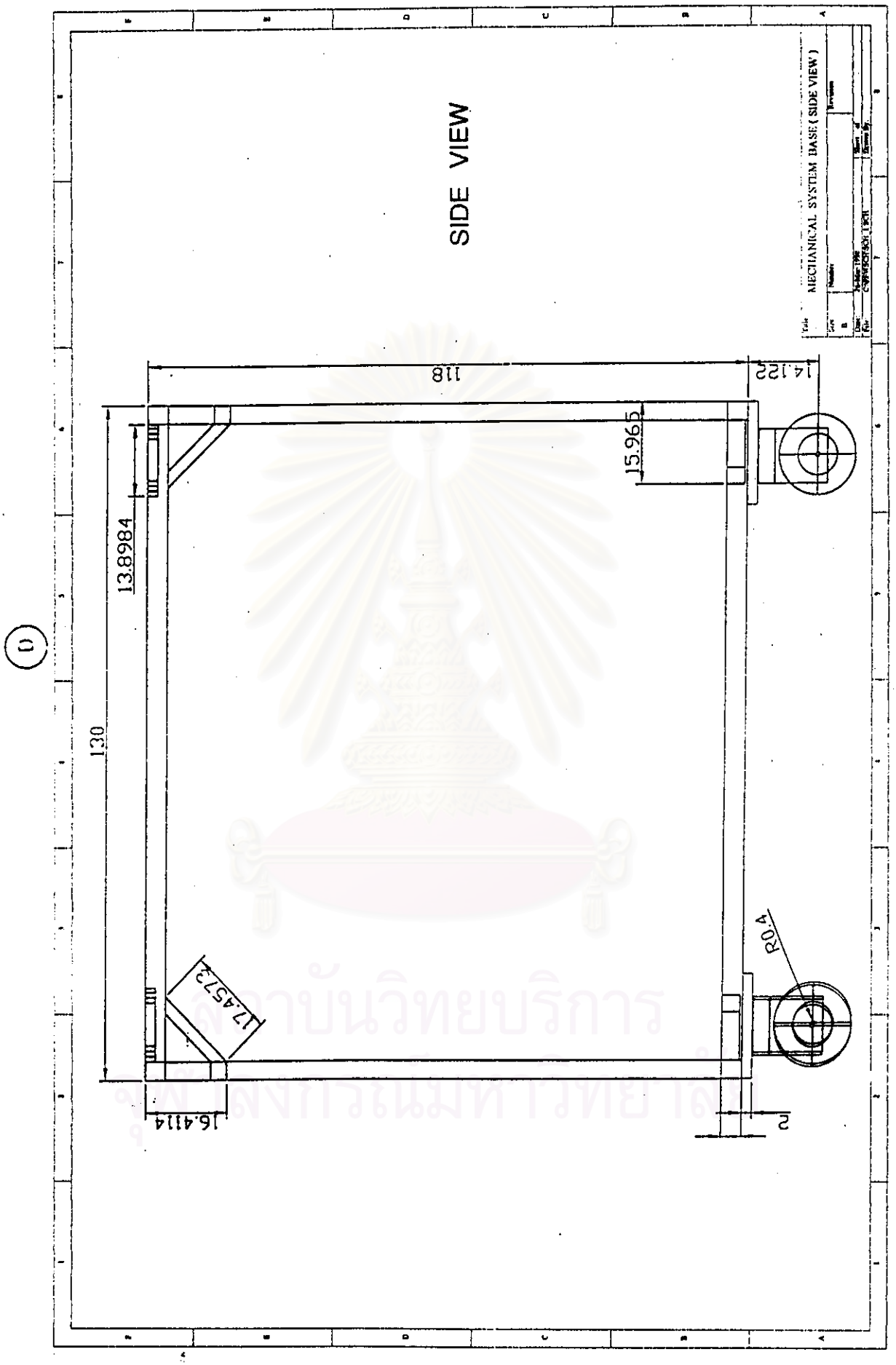
รูปที่ ง.4 แสดงระบบขับเคลื่อนในแนวระดับ



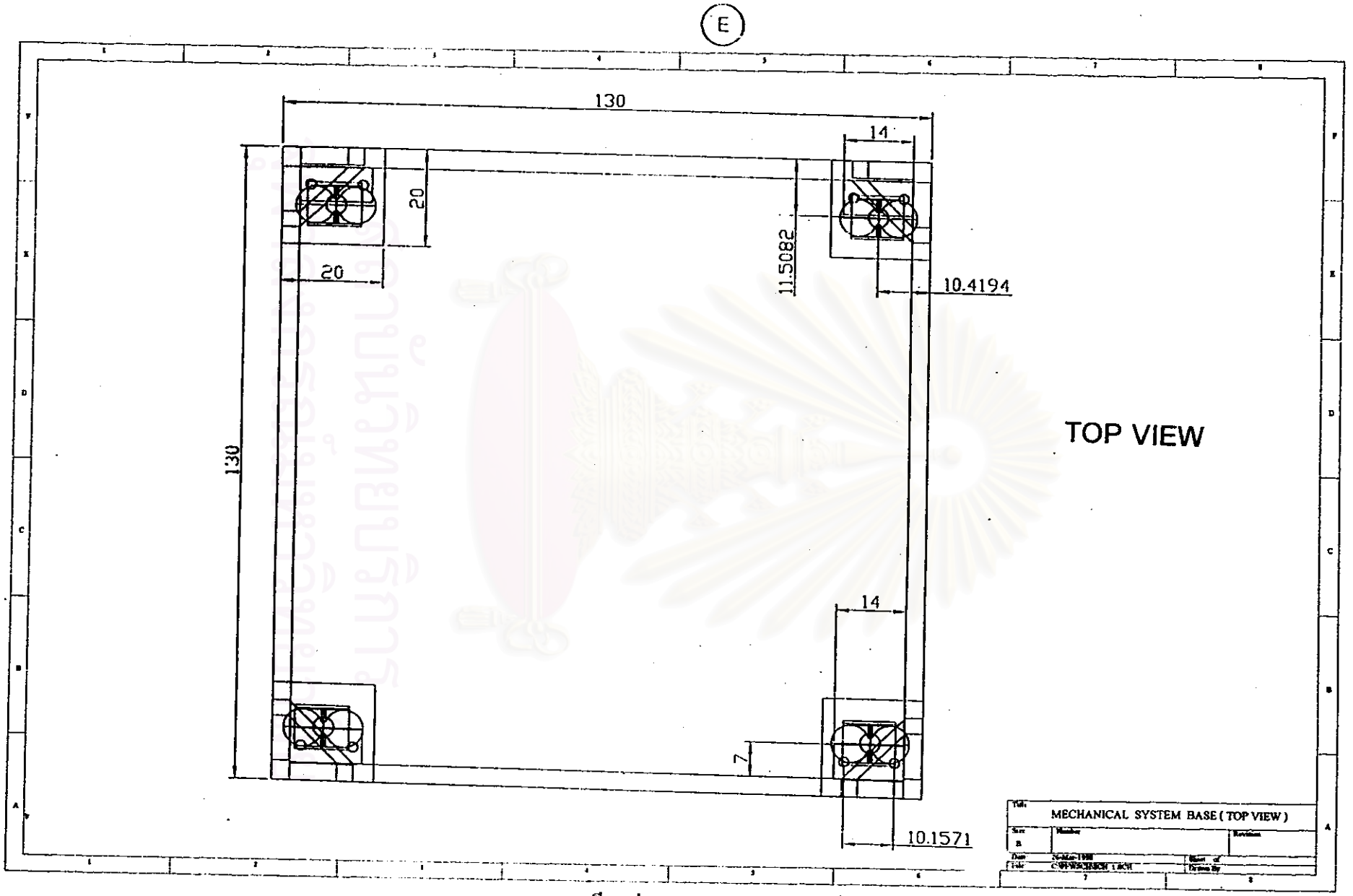
รูปที่ ข.5 แสดงส่วนสนับสนุนระบบขับเคลื่อนในแนวระดับ



รูปที่ ง.6 แสดงส่วนของชั้นรองรับชั้นกลางในแนวระดับ



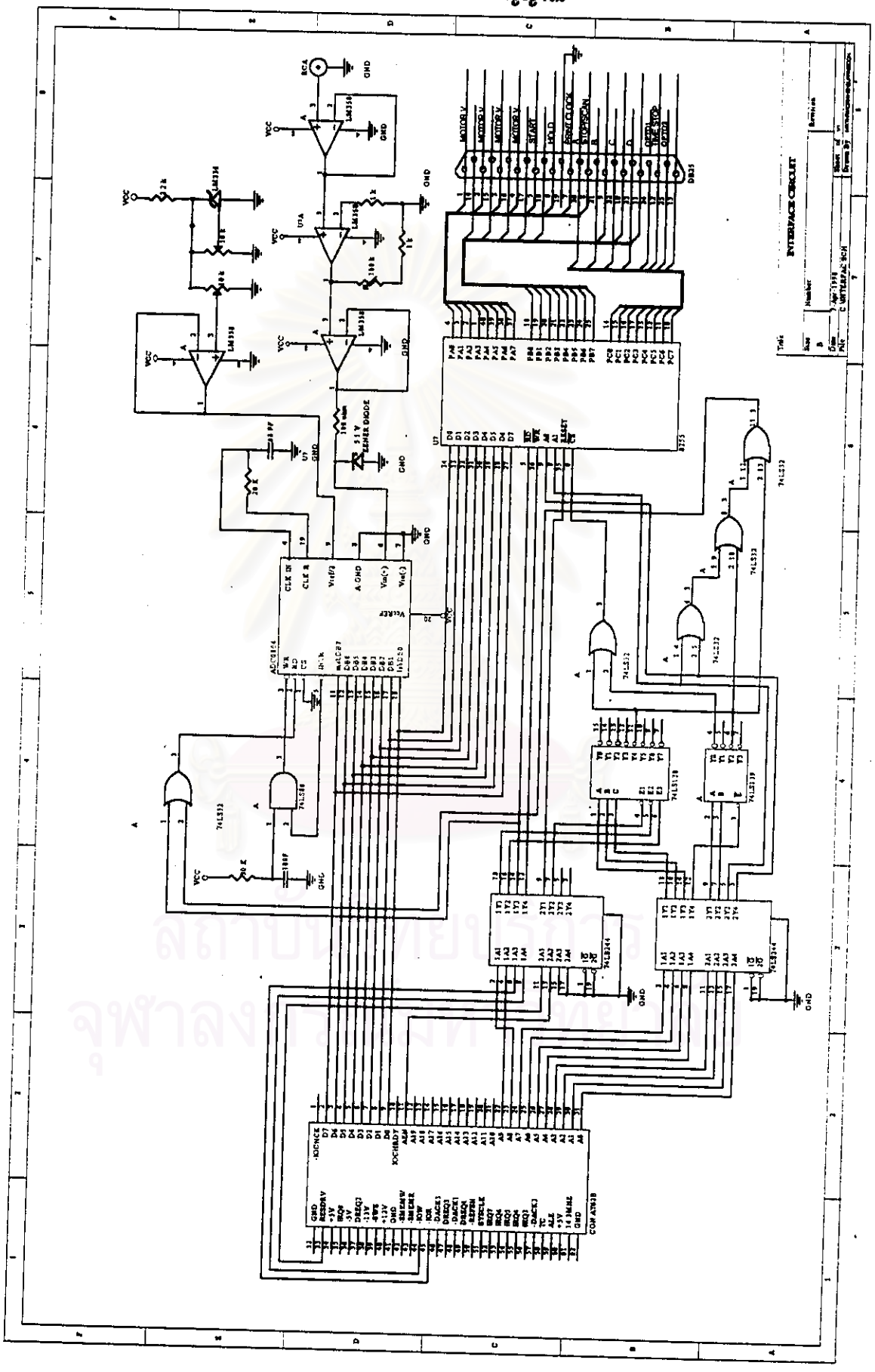
รูปที่ 3.7 แสดงรายละเอียดส่วนฐานของระบบกล (ด้านข้าง)



ง.8 แสดงรายละเอียดส่วนฐานของระบบกล (ด้านบน)

ภาคผนวก จ

วงจรเชื่อมโยงสัญญาณ



ภาคผนวก ฉ

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์

โปรแกรมการทำงานของระบบสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์เขียนด้วยภาษาเบสิก ประกอบด้วย

- โปรแกรมเมนูหลัก (Main Menu)
- โปรแกรมสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ (New Scan Profile)
- โปรแกรมแสดงค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่เก็บบันทึกไว้บนจอภาพไมโครคอมพิวเตอร์ (Open Profile)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
'$INCLUDE: 'QB.BI'
'$DYNAMIC
DECLARE SUB flux ()
DECLARE SUB drawgraph ()
DECLARE FUNCTION BoxMenu% (X1%, Y1%, Handle%,
MaxItem%, head$, foot$, item$())
DECLARE FUNCTION FindBarMenuPos% ()
DECLARE FUNCTION KeyCode% ()
DECLARE FUNCTION PopUpMenu% (X1%, Y1%, Handle%,
head$, foot$, item$())
DECLARE FUNCTION PullDownMenu% (X1%, Y1%, X2%,
Y2%)
DECLARE SUB BarMenu (Handle%)
DECLARE SUB DefinedMenu (X1%, Y1%, X2%, Y2%,
Menuflag%)
DECLARE SUB DrawBox1 (X1%, Y1%, X2%, Y2%)
DECLARE SUB DrawBox2 (X1%, Y1%, X2%, Y2%)
DECLARE SUB GetBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%)
DECLARE SUB PrintMenu (X1%, Y1%, First%, MaxItem%,
item$())
DECLARE SUB PutBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%)
DECLARE SUB ScrollBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Lines%,
Attb%)
COLOR 1, 7
CONST wndfrg = 5, wndbkg = 3
CONST HEADFRG = 1, HEADBKG = 2
CONST FOOTFRG = 2, FOOTBKG = 3
CONST enter = 13, ESC = 27
CONST LEFTARW = 19200, RIGHTARW = 19712
CONST DOWNARW = 20480, UPARW = 18432
CONST HOMEARW = 18176, ENDARW = 20224
CONST PGUPARW = 18688, PGDNARW = 20736
CONST INSERT = 20992, DELETE = 21248
CONST MAXHANDLE = 16
CONST MAXCOLUMN = 80
CONST MAXROW = 25
DIM SHARED Menu$(3)
DIM SHARED Vertptr%
DIM V(7) AS INTEGER

'************** Main Menu************************
dd:
SCREEN 0
CLS
COLOR wndfrg, wndbkg
PRINT STRING$(2000, 177);
head$ = "   Main Menu   "
DefinedMenu X1%, Y1%, X2%, Y2%, 1
j% = PopUpMenu%(30, 8, 12, head$, foot$, Menu$())
LOCATE 24, 1: PRINT " You select choice number"; j%;
SPACE$(81 - POS(0));
IF j% < 1 > 3 THEN BEEP: GOTO dd
IF j% = 1 THEN CLS : GOTO a1
IF j% = 2 THEN CLS : GOTO a2
IF j% = 3 THEN SCREEN 0: END
GOTO dd
a1:
   CALL flux
   SLEEP
   GOTO dd
a2:
   SCREEN 9
   CALL drawgraph
   SLEEP
   SCREEN 0
   GOTO dd
   COLOR 2, 5
END
DIM Reg AS RegType
   FOR i% = Y1% TO Y2%
         FOR j% = X1% TO X2%
          LOCATE i%, j%
          Reg.ax = &H800
         NEXT j%
   NEXT i%

'******************* Define Menu ******************
REM $STATIC
' FUNCTION:    Defines each items of menu.
' PARAME\ERS:  X1%, Y1'  Upper left x, y coordinate.
'              X2%, Y2%   Lower right x, y coordinate.
               'Menuflag%  Menu number.
SUB DefinedMenu (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Menuflag%) STATIC
   REDIM Menu$(1 TO 3)
   Menu$(1) = " New Scan Profile "
   Menu$(2) = " Open Profile     "
   Menu$(3) = " Exit             "
   X1% = 2: X2% = X1% + LEN(Menu$(1)) + 1
   Y1% = 2: Y2% = Y1% + UBOUND(Menu$) + 1
END SUB

'*************** Draws single-line box.**************
REM $DYNAMIC
' FUNCTION:    Draws single-line box.
' PARAMETERS:  X1%, Y1%   Upper left x, y coordinate.
'              X2%, Y2%   Lower right x, y coordinate.
SUB DrawBox1 (X1%, Y1%, X2%, Y2%) STATIC
```

```
  LOCATE Y1%, X1%: PRINT CHR$(218); STRING$(X2% -
  X1% - 1, 196); CHR$(191);
    FOR i% = Y1% + 1 TO Y2% - 1
      LOCATE i%, X1%: PRINT CHR$(179);
      LOCATE i%, X2%: PRINT CHR$(179);
    NEXT i%
  LOCATE Y2%, X1%: PRINT CHR$(192); STRING$(X2% -
  X1% - 1, 196); CHR$(217);
  END SUB

  '*************** Draws double-linesbox*****************
  ' FUNCTION:    Draws double-lines box.
  ' PARAMETERS:  X1%, Y1'  Upper left x, y coordinate.
  '              X2%, Y2%   Lower right x, y coordinate.
  SUB DrawBox2 (X1%, Y1%, X2%, Y2%) STATIC
  LOCATE Y1%, X1%: PRINT CHR$(201); STRING$(X2% -
  X1% - 1, 205); CHR$(187);
  FOR i% = Y1% + 1 TO Y2% - 1
    LOCATE i%, X1%: PRINT CHR$(186);
    LOCATE , X2%: PRINT CHR$(186);
  NEXT i%
  LOCATE Y2%, X1%: PRINT CHR$(200); STRING$(X2% -
X1% - 1, 205); CHR$(188);
END SUB
REM $STATIC


'************ Open Profile *****************
SUB drawgraph
CLS
SCREEN 9
DIM i(20)
'>>>>>>>>>>>>>>> >>SQUAR<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
AA:
  CLS
  SCREEN 9
  LINE (0, 0)-(0, 330), 3
  LINE (0, 0)-(630, 0), 3
  LINE (630, 0)-(630, 330), 3
  LINE (630, 330)-(0, 330), 3
'>>>>>>>>>>>>>>>  X-Y LINE <<<<<<<<<<<<<<<<<
  LINE (55, 25)-(55, 320), 2
  LINE (55, 170)-(520, 170), 2
  LOCATE 2, 5: PRINT "Distance(cm)"
  LOCATE 2, 22: PRINT "Thermal Neutron Flux Using
  Liquid Light  Guide "
  LOCATE 12, 59: PRINT "Thermal neutron flux"
  LOCATE 14, 62: PRINT "neutron/cm^2-sec"

  '>>>>>>>>>>>>>>>>> Y-SCAL <<<<<<<<<<<<<<<<<
  FOR S = 1 TO 6
  LINE (53, 170 + (S * 20))-(57, 170 + (S * 20))
  LINE (53, 170 - (S * 20))-(57, 170 - (S * 20))
  NEXT S
  LINE (55, 25)-(60, 30)
  LINE (55, 25)-(50, 30)
  LINE (55, 320)-(60, 315)
  LINE (55, 320)-(50, 315)
  ' >>>>>>>>>>>>>>>>>>> X-SCAL<<<<<<<<<<<<<<<
  FOR t = 1 TO 8
  LINE (55 + (t * 50), 170)-(55 + (t * 50), 173)
  NEXT t
  LINE (520, 170)-(510, 165)
  LINE (520, 170)-(510, 175)
  '>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Text-X <<<<<<<<<<<<<<<<<
  LOCATE 14, 11: PRINT 4000
  LOCATE 14, 17: PRINT 8000
  LOCATE 14, 23: PRINT 12000
  LOCATE 14, 30: PRINT 16000
  LOCATE 14, 36: PRINT 20000
  LOCATE 14, 42: PRINT 24000
  LOCATE 14, 49: PRINT 28000
  LOCATE 14, 55: PRINT 32000
  '>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Text-Y<<<<<<<<<<<<<<<
  LOCATE 13, 4: PRINT 0
  LOCATE 15, 3: PRINT -10
  LOCATE 18, 3: PRINT -20
  LOCATE 21, 3: PRINT -30
  LOCATE 10, 3: PRINT 10
  LOCATE 7, 3: PRINT 20
  LOCATE 4, 3: PRINT 30
  '>>>>>>>>>>>>>>>>>> View- profile <<<<<<<<<<<<<
  VIEW:
  LOCATE 3, 28: INPUT "file name  : ", flux$
  OPEN  flux$ FOR INPUT AS #1
        FOR j = 1 TO 9
        INPUT #1, i(j)
        A = 55 + (.05 * (i(j) / 4))
        CIRCLE (A, 70 + (j * 20)), 2, 3
        NEXT j
  CLOSE #1
END
END SUB
```

```
'********** New Scan Profile **************
SUB flux
CLS
LOCATE 13, 33: INPUT "ENTER FILE NAME :"; NAME1$
OPEN NAME1$ FOR OUTPUT AS #1
DIM j(20)
  OUT 771, &H89
  W = 1
  '>>>>>>>>>>>>>>> SQUAR<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
  CLS
  SCREEN 9
  LINE (0, 0)-(0, 330), 3
  LINE (0, 0)-(630, 0), 3
  LINE (630, 0)-(630, 330), 3
  LINE (630, 330)-(0, 330), 3
  '>>>>>>>>>>>>>>>> X-Y LINE <<<<<<<<<<<<<<<<<
  LINE (55, 25)-(55, 320), 2
  LINE (55, 170)-(520, 170), 2
  LOCATE 2, 5: PRINT "Distance(cm)"
  LOCATE 2, 22: PRINT "Thermal Neutron Flux Using
  Liquid Light Guide "
  LOCATE 12, 59: PRINT "neutron/cm^2-sec"
  LOCATE 14, 62: PRINT "neutron/cm^2-sec"
  '>>>>>>>>>>>>>>> Y-SCAL <<<<<<<<<<<<<<<<<<
  FOR S = 1 TO 6
  LINE (53, 170 + (S * 20))-(57, 170 + (S * 20))
  LINE (53, 170 - (S * 20))-(57, 170 - (S * 20))
  NEXT S
  LINE (55, 25)-(60, 30)
  LINE (55, 25)-(50, 30)
  LINE (55, 320)-(60, 315)
  LINE (55, 320)-(50, 315)
  '>>>>>>>>>>>>>>> X-SCAL<<<<<<<<<<<<<<<<
  FOR t = 1 TO 8
  LINE (55 + (t * 50), 170)-(55 + (t * 50), 173)
  NEXT t
  LINE (520, 170)-(510, 165)
  LINE (520, 170)-(510, 175)
'>>>>>>>>>>>>>>> Text-X <<<<<<<<<<<<<<<<<<
  LOCATE 14, 11: PRINT 4000
  LOCATE 14, 17: PRINT 8000
  LOCATE 14, 23: PRINT 12000
  LOCATE 14, 30: PRINT 16000
  LOCATE 14, 36: PRINT 20000
  LOCATE 14, 42: PRINT 24000
  LOCATE 14, 49: PRINT 28000
  LOCATE 14, 55: PRINT 32000
'>>>>>>>>>>>>>>>Text-Y <<<<<<<<<<<<<<<<<<
  LOCATE 13, 4: PRINT 0
  LOCATE 15, 3: PRINT -10
  LOCATE 18, 3: PRINT -20
  LOCATE 21, 3: PRINT -30
  LOCATE 10, 3: PRINT 10
  LOCATE 7, 3: PRINT 20
  LOCATE 4, 3: PRINT 30
  '>>>>>>>>>> OPTO-UP/STEPUP <<<<<<<<<<<<
  STEPUP:
  FOR i = 1 TO 10000 * 3.5: delay = 40
  OUT &H300, 3: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
  A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 16 THEN i = 40000
  OUT &H300, 6: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
  A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 16 THEN i = 40000
  OUT &H300, 12: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
  A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 16 THEN i = 40000
  OUT &H300, 9: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
  A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 16 THEN i = 40000
    NEXT i
'>>>>>>>>>>>>>>>> SCAN DOWN 10 cm <<<<<<<<<<<<<<<<<<
  SCANSTART:
  delay = 30: lp = 3280
    FOR i = 1 TO lp
          OUT &H300, 9: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
          OUT &H300, 12: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
          OUT &H300, 6: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
          OUT &H300, 3: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
    NEXT i
'>>>>>>>>>>> Flux Measurement and Process <<<<<<<<<<<<<<<<
  EE:
  DO
     FOR K = 1 TO 5
       GOSUB digitin
       FOR i = 1 TO 100: NEXT i
       X(K) = COUNTS
     NEXT K
        b = (X(1) + X(2) + X(3) + X(4) + X(5)) / 5
        F = ((.5492 * b) - 57.156)
        PRINT #1, F
        LOCATE 3, 40: PRINT F: FOR A = 1 TO 100:
  NEXT A
        A = 55 + (.05 * (F / 4))
        PSET (A, 30 + (W * 20))
        FOR i = 1 TO 1000: NEXT i
        W = W + 1
        GOTO xx
        IF W = 12 THEN EXIT DO
  LOOP
```

```
            OUT &H300, 0
        CLOSE #1
'>>> OPTO-DOWN / STEPDOWN / READ COUNT <<<<
xx:
STEPDOWN:
FOR i = 1 TO 1700: delay = 40
    OUT &H300, 9: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
    A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 32
    THEN W = 12: GOTO EE
    OUT &H300, 12: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
    A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 32
    THEN W = 12: GOTO EE
    OUT &H300, 6: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
    A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 32
    THEN  W = 12: GOTO EE
    OUT &H300, 3: FOR t = 1 TO delay: NEXT t
   A = 0: A = (INP(&H302) AND &H30): IF A = 32
   THEN W = 12: GOTO EE
NEXT i
   FOR i = 1 TO 10000: NEXT i: GOTO EE
'>>>>>>>>> OPERATING - COUNTER <<<<<<<<<<<<
digitin:
   X1 = (INP(768) AND 15)
   OUT 768, (160 OR X1)
   FOR i = 1 TO 10: NEXT i
   OUT 768, (176 OR X1)
TIMEST:
   TS = (INP(770) AND 64)
   IF TS = 0 THEN OUT 768, (144 OR X1): GOTO DIGIT
   GOTO TIMEST
DIGIT:
   FOR NN = 1 TO 7
   OUT 768, (208 OR X1): OUT 768, (144 OR X1)
   d(NN) = (INP(770) AND 15)
   FOR i = 1 TO 20: NEXT i
   NEXT NN
   COUNTS = 0
   COUNTS = d(1) * 100000 + d(2) * 10000 + d(3) * 1000
          + d(4) * 100 + d(5) * 10 + d(6)
   OUT 768, (176 OR X1)
   OUT 768, 0
RETURN
END SUB
'*******************. Get Box *********************
SUB GetBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%) STATIC
END SUB
REM $DYNAMIC
' FUNCTION:    Returns a unique integer for any key pressed.
'FUNCTION KeyCode% STATIC
  DO
    P$ = INKEY$
  LOOP UNTIL P$ <> ""
  KeyCode% = CVI(P$ + CHR$(0))
  END FUNCTION
'***************** Popup Menu ********************
' FUNCTION:    Single page popup menu driver.
' PARAMETERS:  X1%, Y1% Upper left x, y coordinate.
'          Handle%  Window number.
'          head$   Header of menu.
'          foot$   Footer of menu.
'          item$() String containing list of word representing  choices.
  FUNCTION PopUpMenu% (X1%, Y1%, Handle%, head$,
  foot$,  item$()) STATIC
  Arnum% = UBOUND(item$)
  HeadLen% = LEN(head$)
  FootLen% = LEN(foot$)
  IF HeadLen% THEN
  FirstRow% = Y1% + 2
  IF FootLen% THEN
          Y2% = Y1% + Arnum% + 3
   ELSE
          Y2% = Y1% + Arnum% + 2
   END IF
 ELSE
   FirstRow% = Y1% + 1
   IF FootLen% THEN
          Y2% = Y1% + Arnum% + 2
   ELSE
          Y2% = Y1% + Arnum% + 1
   END IF
 END IF
 X2% = X1% + LEN(item$(1)) + 1
'****************** Get Box ********************
 GetBox X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%
 COLOR wndfrg, wndbkg
 DrawBox2 X1%, Y1%, X2%, Y2%
 PrintMenu X1% + 1, FirstRow%, 1, Arnum%, item$()
 COLOR HEADFRG, HEADBKG
 LOCATE Y1% + 1, (X1% + X2% - HeadLen% + 1) \ 2:
 PRINT head$;
 COLOR FOOTFRG, FOOTBKG
 LOCATE Y2% - 1, (X1% + X2% - FootLen% + 1) \ 2:
 PRINT foot$;
 Ptr% = 1
 DO
   COLOR wndbkg, wndfrg
   LOCATE FirstRow% + Ptr% - 1, X1% + 1: PRINT
          Menu$(Ptr%);
```

```
            K% = KeyCode%
        COLOR wndfrg, wndbkg
        LOCATE FirstRow% + Ptr% - 1, X1% + 1: PRINT
        Menu$(Ptr%)
        SELECT CASE K%
        CASE ESC
                PopUpMenu% = 0
        CASE enter
                PopUpMenu% = Ptr%
        CASE HOMEARW, PGUPARW
                Ptr% = 1
        CASE ENDARW, PGDNARW
                Ptr% = Arnum%
        CASE UPARW
                IF Ptr% > 1 THEN
                 Ptr% = Ptr% - 1
                ELSE
                 Ptr% = Arnum%
                END IF
        CASE DOWNARW
                IF Ptr% < Arnum% THEN
                 Ptr% = Ptr% + 1
                ELSE
                 Ptr% = 1
                END IF
        CASE ELSE
                SOUND 900, 1
                SOUND 700, 1
        END SELECT

    LOOP UNTIL K% = enter OR K% = ESC
    PutBox X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%
    END FUNCTION
'****************** Print Menu **********************
'FUNCTION:    Prints one page menu.
'PARAMETERS:  X1%, Y1% Upper left x, y coordinate.
'First%   Number of choice to print.
'         MaxItem% Number of choices per menu list.
'         item$() Strng containing list of word representing
choices.
SUB PrintMenu (X1%, Y1%, First%, MaxItem%, item$())
STATIC
COLOR wndfrg, wndbkg
FOR i% = 0 TO MaxItem% - 1
 LOCATE Y1% + i%, X1%: PRINT item$(First% + i%);
NEXT i%
END SUB
```

```
'****************** Put Box **********************
'FUNCTION:    Put window at a specified place.
'PARAMETERS:  X1%, Y1%   Upper left x, y coordinate.
'  X2%, Y2%   Lower right x, y coordinate.
'  Handle%    Window number.
SUB PutBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Handle%) STATIC
   DIM Reg AS RegType
   Reg.cx = 1
 FOR i% = Y1% TO Y2%
   FOR j% = X1% TO X2%
   LOCATE i%, j%
   NEXT j%
 NEXT i%
 END SUB
'****************** Scoll Box ******************
'FUNCTION:    Initializes a specified window.
'PARAMETERS:  X1%, Y1%   Upper lgft x, y coordinate.
'         X2%, Y2%   Lower right x, y coordinaje.
'         Lines%     Number of lines to scroll.
'         Attb%      Attribute to be used for blanked area.
SUB ScrollBox (X1%, Y1%, X2%, Y2%, Lines%, Attb%) STATIC
DIM Reg AS RegType
IF Lines% > 0 THEN
  Reg.ax = &H600 + Lines% MOD 256
ELSE
  Reg.ax = &H700 + ABS(Lines%) MOD 276
END IF
Reg.bx = (Attb% * 256&) AND &HFF00
Reg.cx = (Y1% - 1) * 256 + X1% - 1
Reg.dx = (Y2% - 1) * 256 + X2% - 1
END SUB
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอุรณัตร กิตติกุล เกิดเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ที่อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2536 แล้วเข้าศึกษาต่อที่ ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2537 และระหว่างการศึกษาได้เข้าทำงานที่องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ในตำแหน่ง นักวิชาการ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย