หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

1 ปรีชา การสุทธิ์ และคณะ "วิทยาศาสตร์กับสังคม" เอกสารการสอนชุดวิชา วิทยาศาสตร์กับสังคม เล่มที่ 1 หน่วยที่ 1 - 4 พิมพ์ครั้งที่ 8 สำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2528

2 นิภาวรรณ ปรมาธิกุล "การพัฒนากระบวนการโซล-เจล โดยวิธีอินเทอร์นอลเจเลชัน เพื่อผลิตเม็ดเชื้อเพลิงยูเรเนียม ไดออกไซด์ ไมโครสเฟียร์" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528

3 ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ และ คณะ "Chemistry in Nuclear Technology" เอกสารประกอบการสอนวิชา 172 - 165 ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526

4 วรรณา ศรีชวนชื่นสกุล "การพัฒนากระบวนการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงยูเรเนียม ไดออกไซด์ โดยผ่านแอมโมเนียม ยูเรนิล คาร์บอเนต" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528

5 Westinghouse Electric Corporation, Nuclear Fuel Division. Nuclear Fuel Westing Electric Corporation, Pittsburg , 1977

6 Glasstone, S. and Sesonske, A. Nuclear Reactor Engineering New York : D. Van Nostrand Co., 1967

7 Hogerton, J.F Atomic Fuel United States Atomic Energy Commission, Division of Technical Information , 1976

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8 Patterson, W.C Nuclear Power Penguin Books Ltd., Harmonsworth Middlesex England 1976.

9 Belle, J. Uranium dioxide : Properties and nuclear applications Naval Reactors, Division of Reactor Development United States Atomic Energy Commission 1961.

10 Anderson, E.C., etal. Nucleonics Handbook of Nuclear Technology New York : McGraw Hill Book Co., 1958.

11 Cordfunke, E.H.P The Chemistry of Uranium Amsterdam : Elsvier Publishing Co., 1969.

12 Yemelyanov,v.s and Yevstyukhin The metallurgy of Nuclear fuel Oxford : Pergamon Press 1969.

13 Smith, Charles.O Nuclear Reactor Materials Massachusettes : Addison-Wesley Publishing Co., 1967.

14 Janov, J ; Alfredson P.G and Vilkaitis, V.K Pilot plant development of process for the production of ammonium diuranate. ISBN 0642996695, Australian Atomic Energy Commission 1975.

15 Hausner, Menry M. and Schumer, James F. Nuclear Fuel Elements New York : Reinhold Publishing Corporation 1959.

16 Hausner, Henry H. Powder Metallurgy in Nuclear Engineering Ohio : American society for metals 1958.

17 Dhar, P.R <u>Powder Metallurgy and material strengthening</u> New York : Chemical Publishing Co., 1970.

18 Kingery, W.D ; Bowen, H.K and Whelmann, D.R <u>Introduction to ceramics</u> 2nd. ed., A Wiley-interscience Publication New York : John Wiley and sons , 1976

19 Conolly, Thomas J. <u>Foundations of Nuclear Engineering</u> New York : John Wiley and sons 1978

20 Clement and Rodden <u>Selected Measured Method for Pu and U in the Nuclear Fuel Cycle</u> Office of Information Services, U.S Atomic Energy Commission, 1972

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การหาความหนาแน่น (Density) ของผง ADU, UO_3, UO_2

1. <u>อุปกรณ์</u> ดูในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.7 และรูปที่ 3.7

2. <u>วิธีการหา</u>

2.1 <u>หาความหนาแน่นของ Ethylene glycol</u>

2.1.1 ชั่งขวดพิกโนมิเตอร์ (Pycnometer) เปล่าขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมจุก สมมุติว่าหนัก C กรัม

2.1.2 ใส่ Ethylene glycol ให้เต็มขวดพิกโนมิเตอร์ แล้วปิดจุก เช็ดข้างขวดให้แห้ง แล้วนำไปชั่ง สมมุติว่าหนัก y กรัม

2.1.3 หาความหนาแน่นของ Ethylene glycol ได้ดังนี้คือ

จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร}}{\text{ปริมาตรของสาร}}$$

นั่นคือ

$$\text{ความหนาแน่นของ Ethylene glycol} = \frac{\text{น้ำหนักของ Ethylene glycol}}{\text{ปริมาตรของ Ethylene glycol}}$$

$$= \frac{(y - C)}{5}$$

$$= F \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 <u>หาความหนาแน่นของสารที่เป็นผง</u>

2.2.1 ชั่ง Al foil เปล่า ขนาดพอประมาณ สมมุติว่าหนัก A กรัม

2.2.2 ใส่สาร (ผง ADU, UO_3, UO_2) ลงใน Al foil พอประมาณ แล้วนำไปชั่ง สมมุติว่าหนัก B กรัม

2.2.3 ชั่งขวดพิกโนมิเตอร์เปล่าพร้อมจุก ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร สมมุติว่าหนัก C กรัม

2.2.4 นำสารที่ชั่งได้ในข้อ 2.2.2 ใส่ลงในขวดพิกโนมิเตอร์ในข้อ 2.2.3 เติมด้วย Ethylene glycol จนเต็ม นำไปอุ่นในน้ำ 60 องศาเซลเซียส (เพื่อไล่ฟองอากาศ) แล้วปิดจุก เช็ดข้างขวดให้แห้ง จึงนำไปชั่ง สมมุติว่าหนัก E กรัม

2.2.5 หาความหนาแน่นของสารที่เป็นผง (ADU, UO_3, UO_2) ได้ดังนี้คือ

จากสูตร ความหนาแน่นของสาร = $\frac{\text{น้ำหนักของสารนั้น}}{\text{ปริมาตรของสารนั้น}}$

นั่นคือ

$$D_{\text{สาร}} = \frac{B - A}{5 - \frac{(E-C-B+A)}{F}}$$

เมื่อกำหนดให้ $D_{\text{สาร}}$ = ความหนาแน่นของสาร (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

A = น้ำหนักของ Al foil (กรัม)

B = น้ำหนักของ Al foil + น้ำหนักของสาร (กรัม)

C = น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์เปล่า (กรัม)

E = น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ + น้ำหนักของสาร + น้ำหนักของ Ethylene glycol (กรัม)

F = ความหนาแน่นของ Ethylene glycol (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

5 = ปริมาตรของขวดพิกโนมิเตอร์ = 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เช่น ตัวอย่างที่ 1 การหาความหนาแน่นของ Ethylene glycolได้ข้อมูลดังนี้

(1) น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมจุก = 6.33241 กรัม

(2) น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ + น้ำหนักของ Ethylene glycol = 12.49614 กรัม

ดังนั้นความหนาแน่นของ Ethylene glycol = $\frac{12.49614 - 6.33241}{5}$

= 1.232746 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (F)

ตัวอย่างที่ 2 การหาความหนาแน่นของสารที่เป็นผง (ADU, UO_3, UO_2)

(ในที่นี้ขอยกตัวอย่างจาก ADU ตัวอย่างหมายเลข 1 80 กรัมยูเรเนียม/ลิตร ของ UNH + 27% NH_4OH pH = 7.5 15 นาที) มีข้อมูลดังนี้คือ

(1) น้ำหนักของ Al foil เปล่า = 0.19403 กรัม (A)

(2) น้ำหนักของ Al foil + ผง ADU = 0.51255 กรัม (B)

(3) น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์เปล่าพร้อมจุก ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร = 6.33241 กรัม (C)

(4) น้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ + น้ำหนักของผง ADU + น้ำหนักของ Ethylene glycol = 12.70764 กรัม (E)

ดังนั้น ความหนาแน่นของผง ADU

$$= \frac{0.51255 - 0.19403}{5 - \frac{(12.70764-6.33241-0.51255+0.19403)}{1.232746}}$$

$$= 3.668980168$$

$$= 3.67 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การหาอัตราส่วนของ O/U ใน UO_{2+x}

1. <u>อุปกรณ์</u> ดูในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.8 และรูปที่ 3.8

2. <u>วิธีการหา</u>

2.1 <u>หาอัตราส่วนของ O/U ใน UO_{2+x}</u> ได้จากสูตรดังนี้คือ

Atomic ratio of O/U = mol-atom of O / mol-atom of U

$$= \frac{\text{น้ำหนักของ O ใน } UO_{2+x}}{\text{น้ำหนักอะตอมของ O}} \Bigg/ \frac{\text{น้ำหนักของ U ใน } UO_{2+x}}{\text{น้ำหนักอะตอมของ U}} \quad \text{———(1)}$$

2.2 <u>หาน้ำหนักของ O และ U ใน UO_{2+x}</u>

2.2.1 ชั่งน้ำหนักของ UO_{2+x} จำนวนหนึ่ง สมมุติว่าหนัก a กรัม

2.2.2 นำเอา UO_{2+x} ที่ชั่งแล้วใน 2.2.1 เทลงในหลอดควอร์ตซ์ (Quartz) ซึ่งวางอยู่บน Ceramic boatแล้วนำไปเผาให้รวมกับ O_2 ในเตาเผา (Furnace) เพื่อให้กลายเป็น U_3O_8 ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง (นานจนกระทั่งน้ำหนักของสารคงที่ กล่าวคือ ให้ UO_{2+x} เปลี่ยนเป็น U_3O_8 ให้หมด) แล้วจึงนำมาชั่ง สมมุติว่าหนัก b กรัม

2.2.3 <u>หาน้ำหนักของ U ใน UO_{2+x}</u> ได้ดังนี้คือ

จาก U_3O_8 มีน้ำหนักโมเลกุล = (3 × 238) + (8 × 16) = 842 กรัม

นั่นคือ ใน U_3O_8 842 กรัม จะมี U = 714 กรัม

ดังนั้น ถ้ามี U_3O_8 b กรัม จะมี U = $\frac{714 \times b}{842}$ กรัม

ใน U_3O_8 b กรัม จะมี U = $\frac{714 \times b}{842}$ กรัม

และจากสมการเคมี $3UO_{2+x} + \frac{(2-3x)}{2} O_2 \longrightarrow U_3O_8$ เมื่อ $x \leqslant 0.667$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นจะเห็นจากสมการเคมีแล้วว่า U ใน UO_{2+x} จะถูกเปลี่ยนไปเป็น U ใน U_3O_8 หมดพอดี

นั่นคือ น้ำหนักของ U ใน UO_{2+x} จะมีค่า = น้ำหนักของ U ใน U_3O_8

$$= \frac{714 \times b}{842} \text{ กรัม} \quad \text{——} (2)$$

2.2.4 <u>หาน้ำหนักของ O ใน UO_{2+x}</u> ได้ดังนี้คือ

น้ำหนักของ O ใน UO_{2+x} = น้ำหนักของ UO_{2+x} - น้ำหนักของ U ใน UO_{2+x}

$$= \left(a - \frac{714 \times b}{842}\right) \text{ กรัม} \quad \text{——} (3)$$

2.2.5 <u>หาอัตราส่วนของ O/U ใน UO_{2+x}</u> ได้ดังนี้คือ

ให้นำเอาค่าของน้ำหนักของ U ใน (2) และค่าของน้ำหนักของ O ใน (3) แทนลงใน (1) จะได้ดังนี้คือ

$$\text{Atomic ratio of O/U} = \frac{a - \frac{714 \times b}{842}}{16} \Bigg/ \frac{\frac{714 \times b}{842}}{238}$$

$$= \left(\frac{17.5417a}{b} - 14.875\right) / 1$$

$$= \frac{17.5417a}{b} - 14.875$$

เมื่อ a = น้ำหนักของสารก่อนเผา (กรัม)

b = น้ำหนักของสารหลังเผา (กรัม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นตัวอย่าง (ในที่นี้ขอยกตัวอย่างจาก UO_{2+x} ตัวอย่างหมายเลข 17.2)

มีข้อมูลดังนี้คือ

(1) น้ำหนักของสารผง UO_{2+x} ก่อนเผา = 0.14598 กรัม (a)

(2) น้ำหนักของผง UO_{2+x} หลังเผา = 0.15112 กรัม (b)

$$\text{ดังนั้นอัตราส่วนของ O/U} = \frac{17.5417 \times 0.14598}{0.15112} - 14.875$$

$$= 2.07$$

ภาคผนวก ค.

การหาขนาดของอนุภาค (Particle size) ของผงของ ADU, UO_3, UO_2

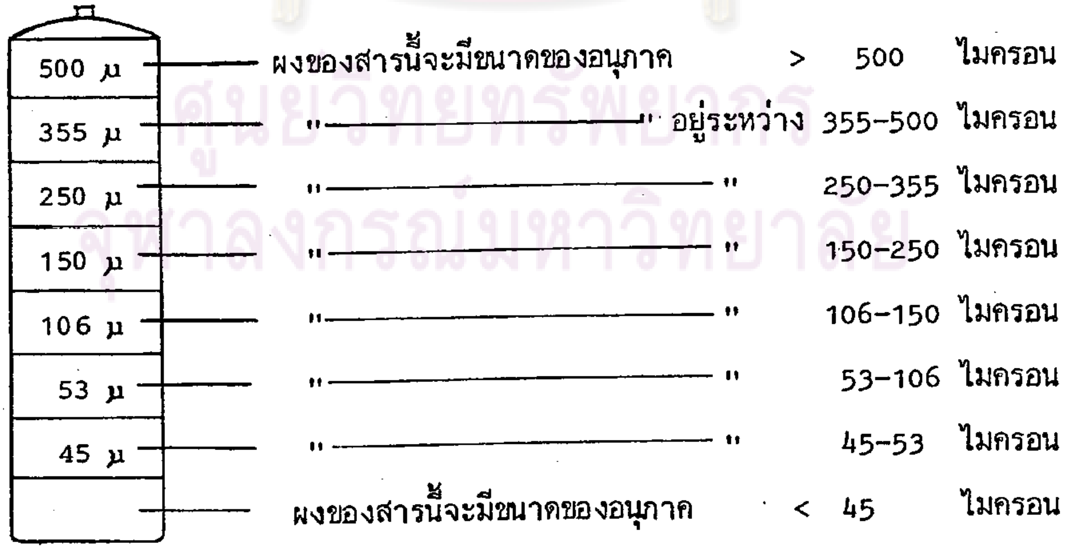
1. <u>อุปกรณ์</u> ดูในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.9 และรูปที่ 3.9

2. <u>วิธีการหา</u>

2.1 ชั่งน้ำหนักของผงของสาร (ADU, UO_3, UO_2) พอประมาณ สมมุติว่าหนัก x กรัม

2.2 นำเอาผงของสาร (ADU, UO_3, UO_2) ที่ชั่งแล้วในข้อ 2.1 ใส่ลงในตะแกรงร่อนมาตรฐาน ตะแกรงร่อนตัวบนจะมีขนาดของช่องตะแกรงห่าง ส่วนตะแกรงร่อนตัวล่างลงมานั้นจะมีขนาดของช่องตะแกรงถี่มากขึ้นเป็นลำดับ) แล้วเขย่าให้ผงของสารค่อย ๆ ผ่านช่องของตะแกรงลงมาเป็นลำดับ จนไม่ผ่านอีก

2.3 แล้วนำเอาผงของสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนแต่ละตัวไปชั่งหาน้ำหนัก โดยมีหลักว่า ผงของสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนตัวใดจะมีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่างตะแกรงร่อนตัวล่างกับตะแกรงร่อนตัวบนเสมอ เช่น ในที่นี้ ผงของสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อน 500 ไมครอน จะมีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 355 - 500 ไมครอน เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมุติว่า เมื่อชั่งผงของสารที่อยู่บนตะแกรงร่อนหมายเลข 45 ไมครอน (จะมีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 45-53 ไมครอน) นี้หนัก y กรัม

2.4 <u>หาร้อยละของขนาดของอนุภาคแต่ละช่วงของขนาด</u> ได้ดังนี้คือ

เนื่องจากน้ำหนักของผงของสารที่ใช้ทั้งหมด x กรัม คิดเป็น 100%

ดังนั้น น้ำหนักของผงของสารแต่ละช่วงของขนาด y กรัม คิดเป็น $\frac{y \times 100}{x}$ %

นั่นคือ ร้อยละของขนาดของอนุภาคแต่ละช่วงของขนาด = $\frac{\text{น้ำหนักของผงของสารแต่ละช่วงของขนาด} \times 100}{\text{น้ำหนักของผงของสารที่ใช้ทั้งหมด}}$

เช่น ตัวอย่าง (ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง ผงของ ADU ตัวอย่างหมายเลข 5)

โดยมีข้อมูลและวิธีการหาดังตารางต่อไปนี้คือ

ขนาดของตะแกรงร่อน (ไมครอน)	น้ำหนักของสาร (กรัม)	ร้อยละของขนาดของอนุภาค*
-45	0.99826	79.0
45 - 53	0.07582	6.0
53 - 106	0.08845	7.0
106 - 150	0.07961	6.3
150 - 250	0.01390	1.1
250 - 355	0.00505	0.4
355 - 500	0.00253	0.2
500+	-	-
น้ำหนักรวมของสาร =	1.26362	

*ร้อยละของขนาดของอนุภาคแต่ละช่วง = $\frac{\text{น้ำหนักของผงของสารแต่ละช่วงของขนาด} \times 100}{\text{น้ำหนักของผงของสารที่ใช้ทั้งหมด}}$

เช่น ร้อยละของขนาดของอนุภาคขนาด -45μ = $\frac{0.99826 \times 100}{1.26362}$

= 79.0

2.5 การหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาค (Mean Particle Size)

จากการกระจายของขนาดของอนุภาค ทำให้สามารถหาขนาด ค่าเฉลี่ยของอนุภาคได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (จากข้อมูลข้างต้น)

1 ขนาดของตะแกรงร่อน (ไมครอน)	2 เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (ไมครอน)	3 ร้อยละของขนาดของอนุภาค	4 * ผลรวมความถี่
-45	22.5	79.0	1777.5
45 - 53	49.0	6.0	294.0
53 - 106	79.5	7.0	556.5
106 - 150	128.0	6.3	806.4
150 - 250	200.0	1.1	220.0
250 - 355	302.5	0.4	121.0
355 - 500	427.7	0.2	85.5
500+	-	-	-
		รวม	3860.9

4* เกิดจากการนำเอาตัวเลขในคอลัมน์ 2 คูณตัวเลขในแถวเดียวกันในคอลัมน์ 3

$$\text{ดังนั้น ขนาดเฉลี่ยของอนุภาค} = \frac{\text{ผลรวมความถี่ทั้งหมด}}{100}$$

$$= \frac{3860.9}{100}$$

$$= 38.6$$

$$\approx 39 \quad \text{ไมครอน}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การหาความหนาแน่นของเม็ด UO_2 (ก่อนและหลังเผาประสาน)

1. <u>อุปกรณ์</u> ดูในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.10 และรูปที่ 3.10

2. <u>วิธีการหา</u>

2.1 ชั่งน้ำหนักของเม็ด UO_2 (ก่อนและหลังเผาประสาน) สมมุติว่าหนัก x กรัม

2.2 ใช้ไมโครมิเตอร์วัด เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ด UO_2 (ก่อนและหลังเผาประสาน) สมมุติว่าวัดได้ y เซนติเมตร และวัดส่วนสูงเฉลี่ยของเม็ด UO_2 (ก่อนและหลังเผาประสาน) สมมุติว่าวัดได้ z เซนติเมตร

2.3 หาความหนาแน่นของเม็ด UO_2 (ก่อนและหลังเผาประสาน) ได้โดยใช้สูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร}}{\text{ปริมาตรของสาร}}$$

$$\text{นั่นคือ ความหนาแน่นของเม็ด } UO_2 = \frac{\text{น้ำหนักของเม็ด } UO_2}{\text{ปริมาตรของเม็ด } UO_2}$$

$$= \frac{x}{\pi (y/2)^2 \ (z)} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

เช่นตัวอย่าง (ในที่นี้ขอยกตัวอย่างจากเม็ด UO_2 (หลังเผาประสาน) จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.4) มีข้อมูลดังนี้คือ

(1) น้ำหนักของเม็ด UO_2 = 5.10956 กรัม (x)

(2) ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ด UO_2 = 0.846 เซนติเมตร (y)

(3) ความสูงเฉลี่ยของเม็ด UO_2 = 0.921 เซนติเมตร (z)

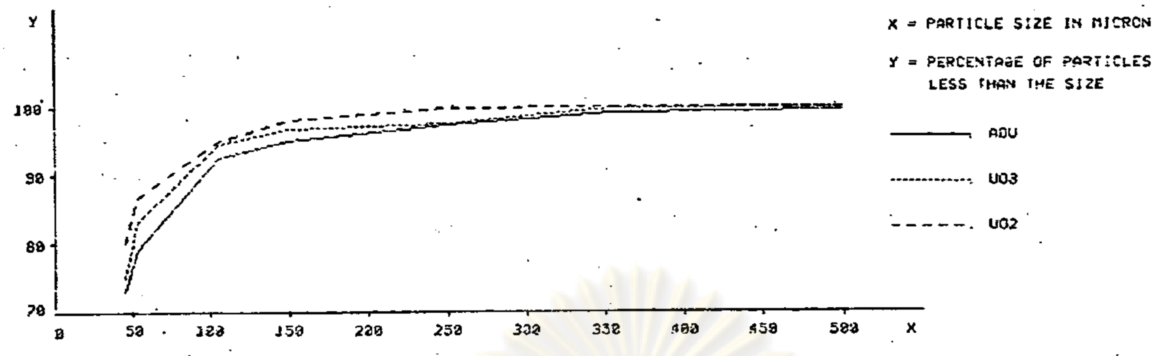
$$\text{ดังนั้น ความหนาแน่นของเม็ด } UO_2 \text{ (หลังเผาประสาน)} = \frac{5.10956}{\frac{22}{7}\left(\frac{0.846}{2}\right)^2 (0.921)}$$

$$= 9.87 \text{ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

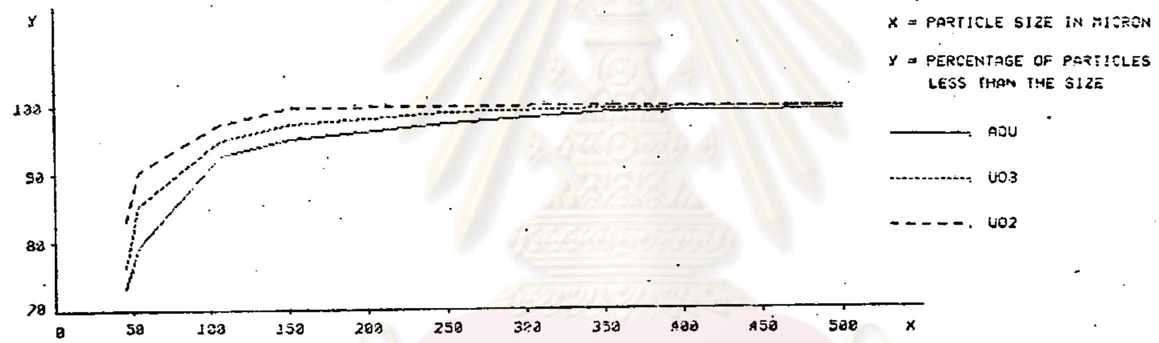
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

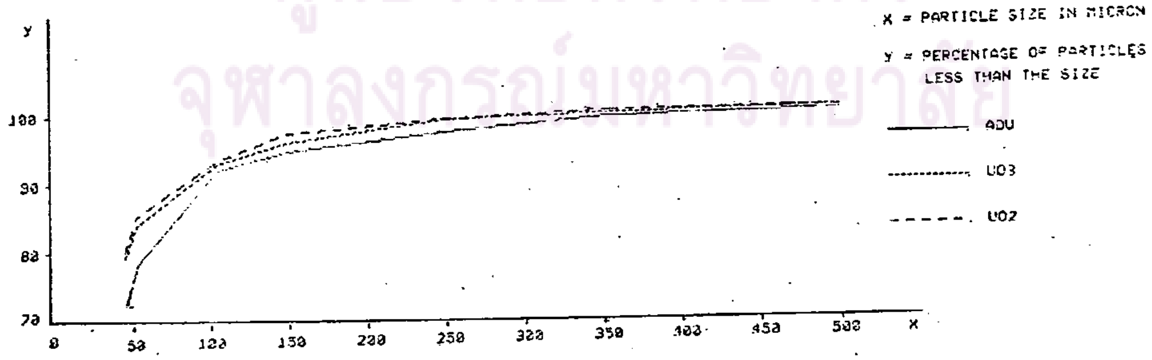
กราฟแสดงการกระจายของขนาดอนุภาคของ ADU, UO_3, UO_2



SAMPLE NUMBER (1), (1.1), (1.1)

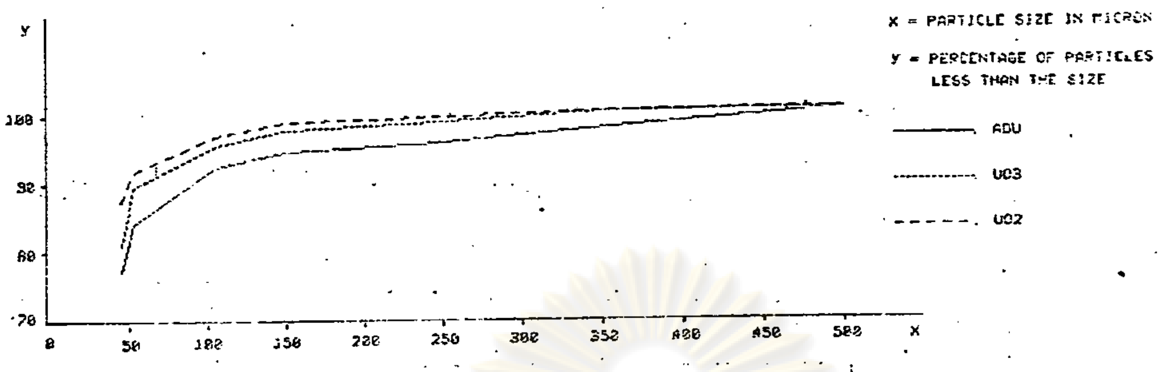


SAMPLE NUMBER (1), (1.2), (1.2)

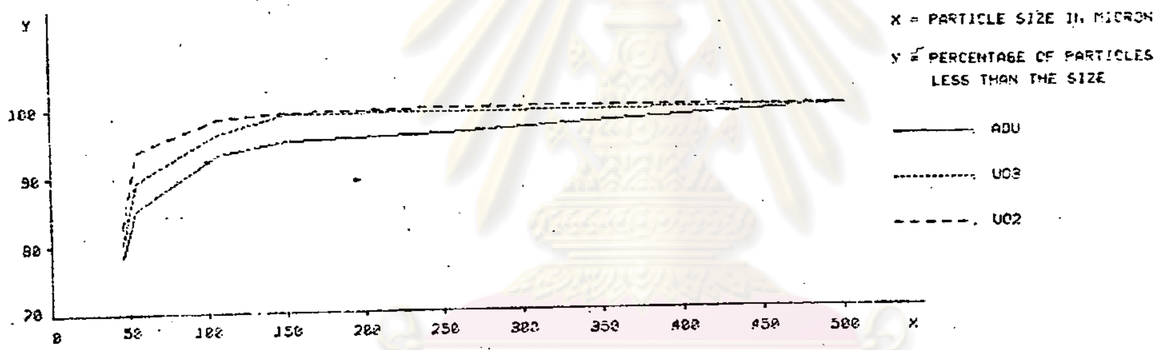


SAMPLE NUMBER (1), (1.3), (1.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

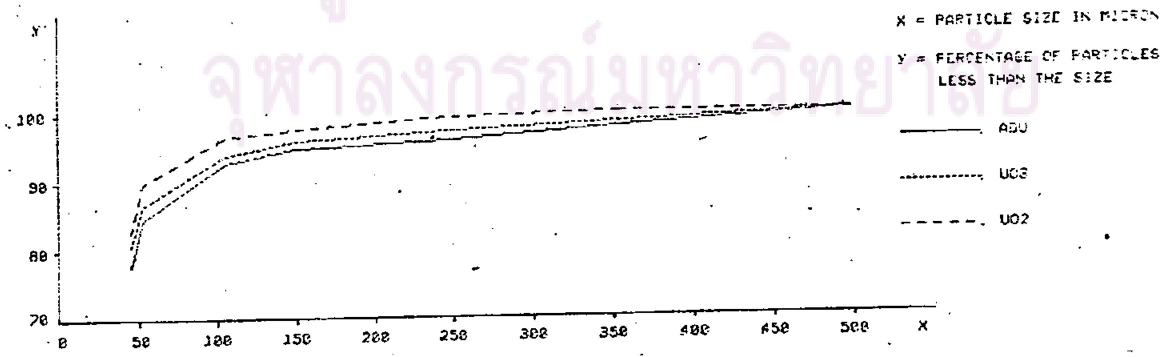


SAMPLE NUMBER (2), (2.1), (2.1)

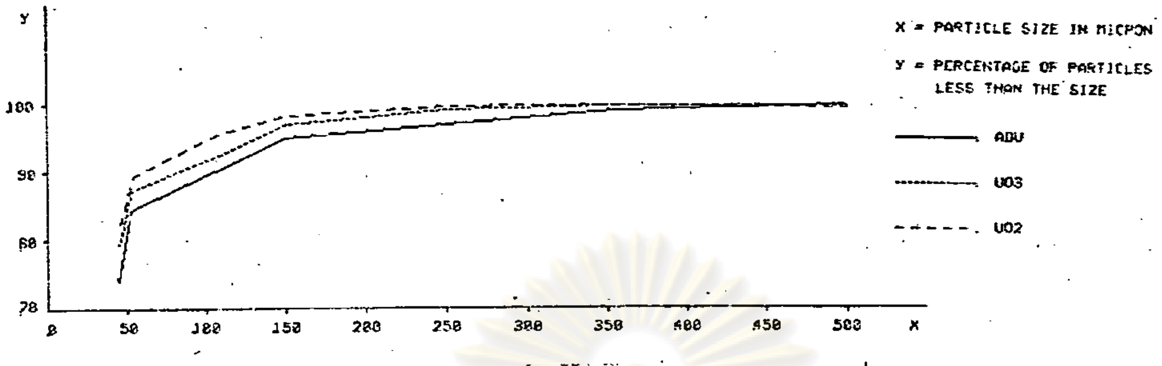


SAMPLE NUMBER (2), (2.2), (2.2)

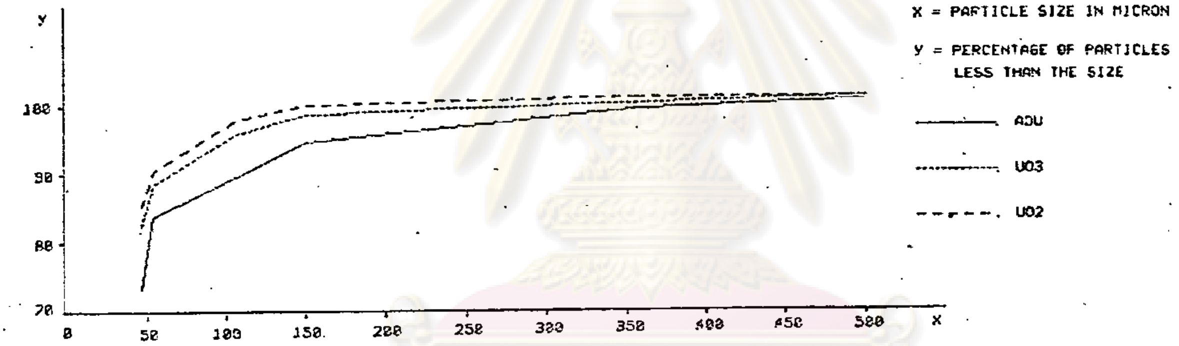
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (2), (2.3), (2.3)

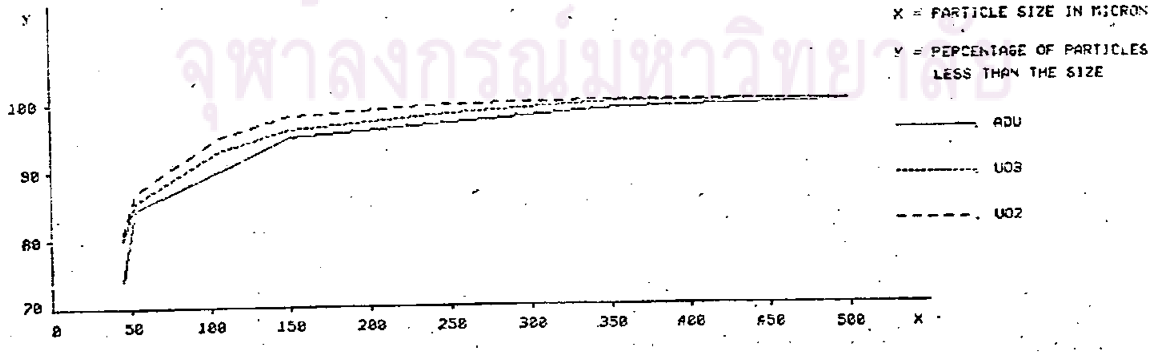


SAMPLE NUMBER (3), (3.1), (3.1)

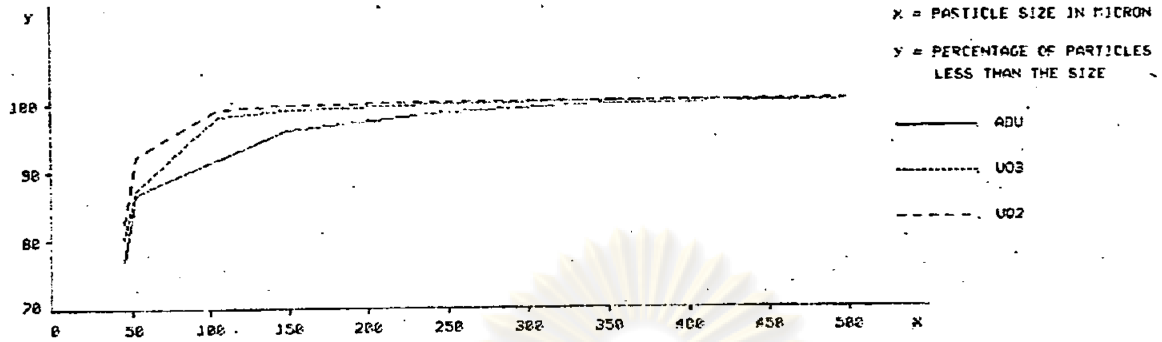


SAMPLE NUMBER (3), (3.2), (3.2)

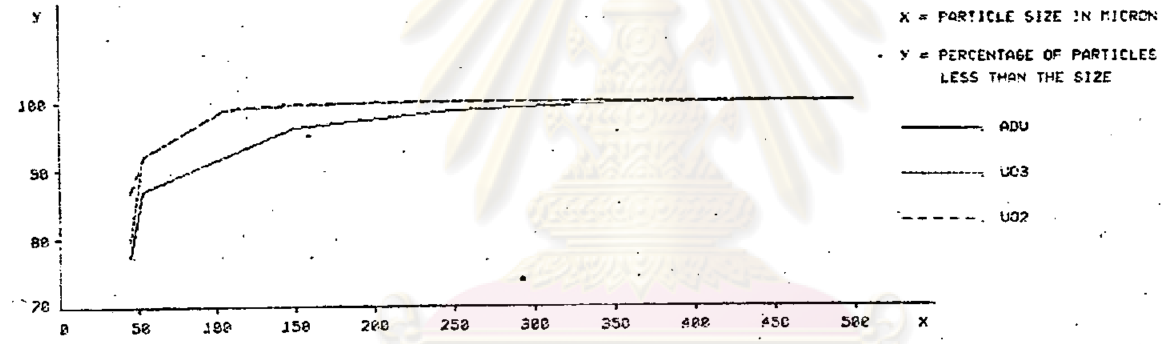
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



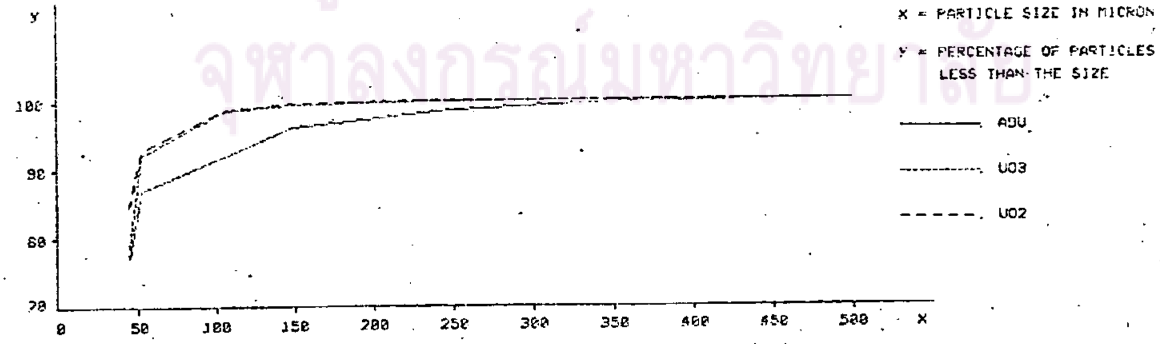
SAMPLE NUMBER (3), (3.3), (3.3)



SAMPLE NUMBER (4), (4.1), (4.1)

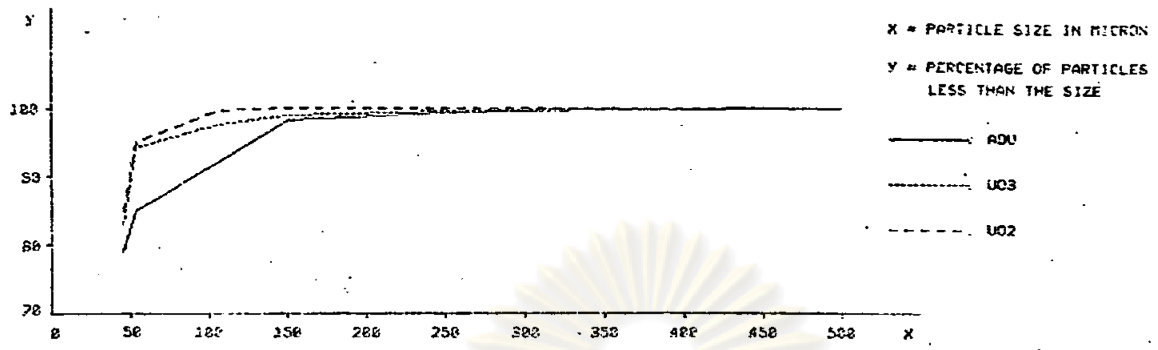


SAMPLE NUMBER (4), (4.2), (4.2)

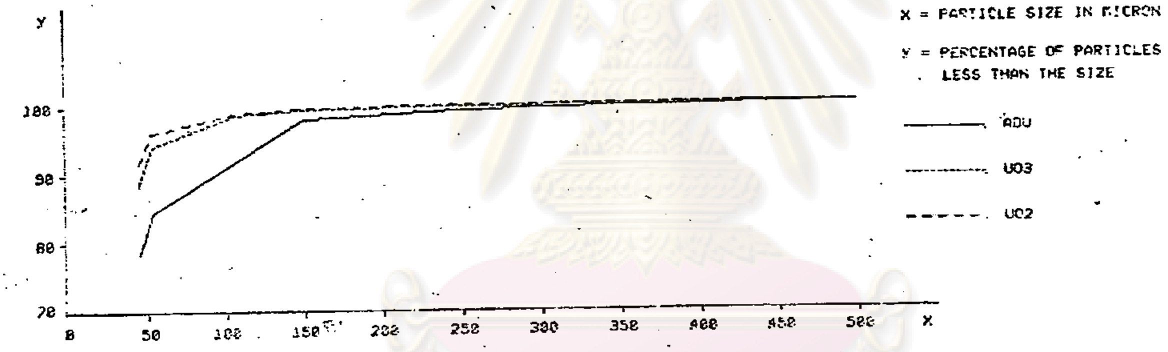


SAMPLE NUMBER (4), (4.3), (4.3)

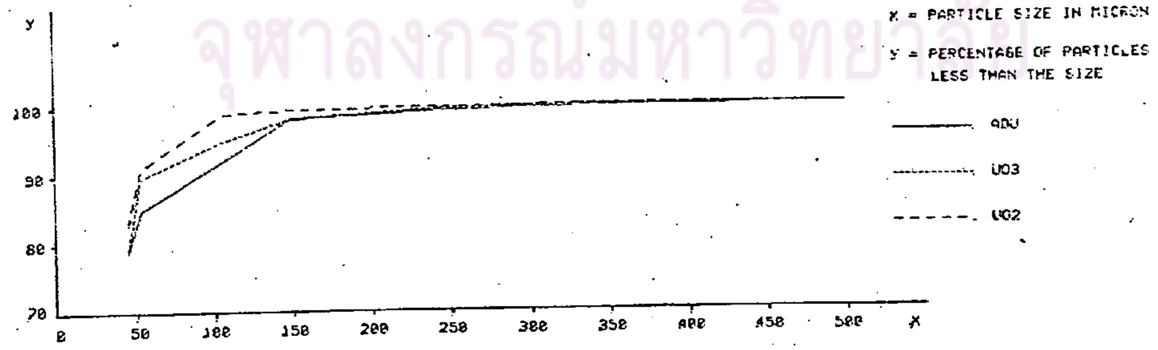
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (5), (5.1), (5.1)

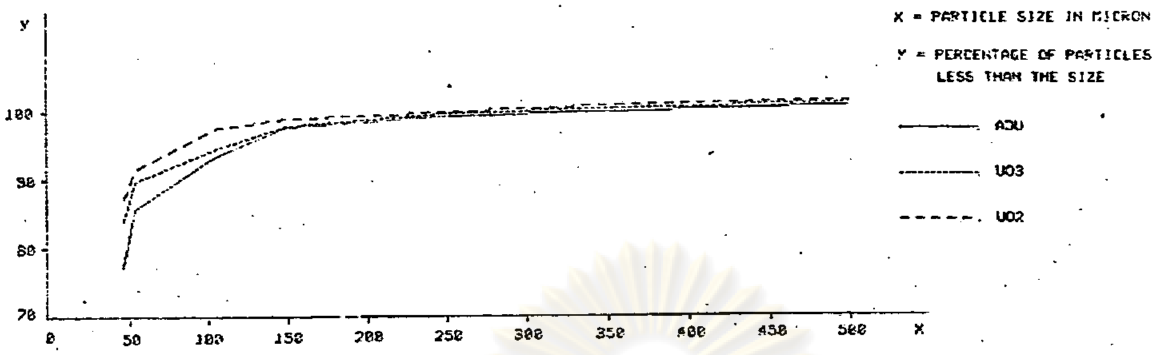


SAMPLE NUMBER (5), (5.2), (5.2)

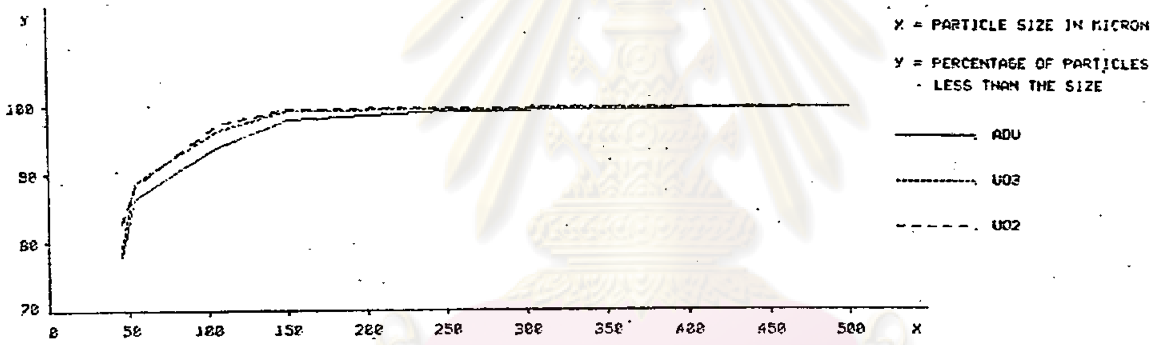


SAMPLE NUMBER (5), (5.3), (5.3)

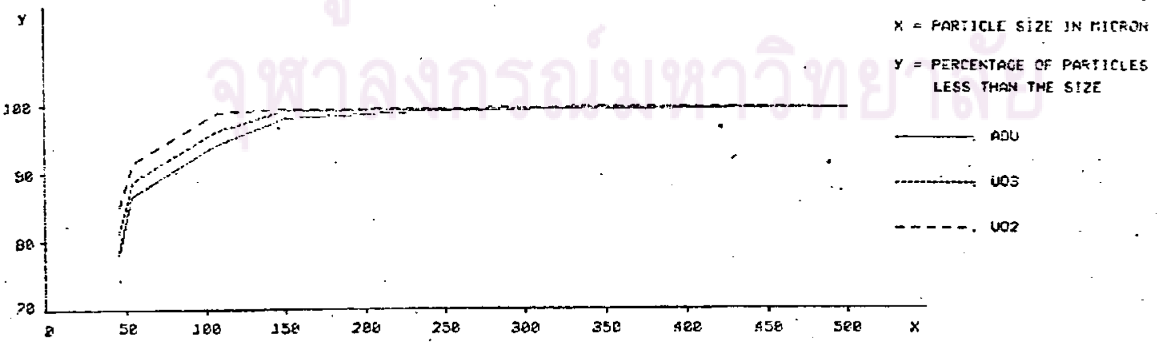
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (6), (6.1), (6.1)



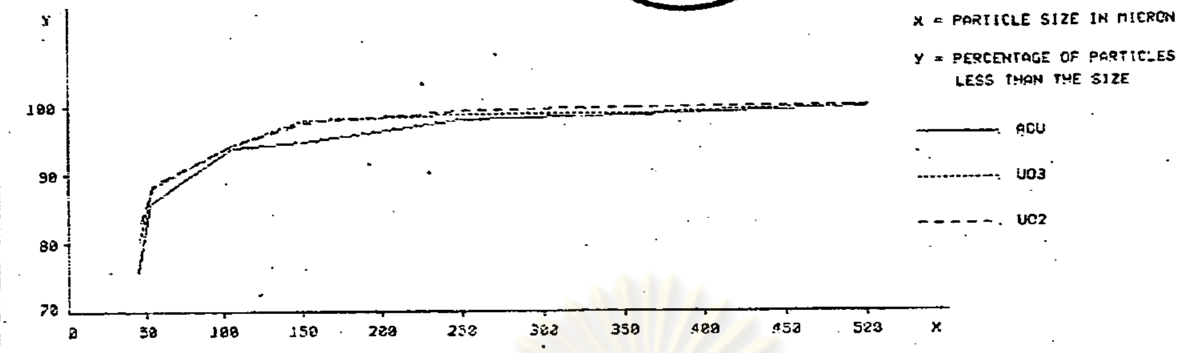
SAMPLE NUMBER (6), (6.2), (6.2)



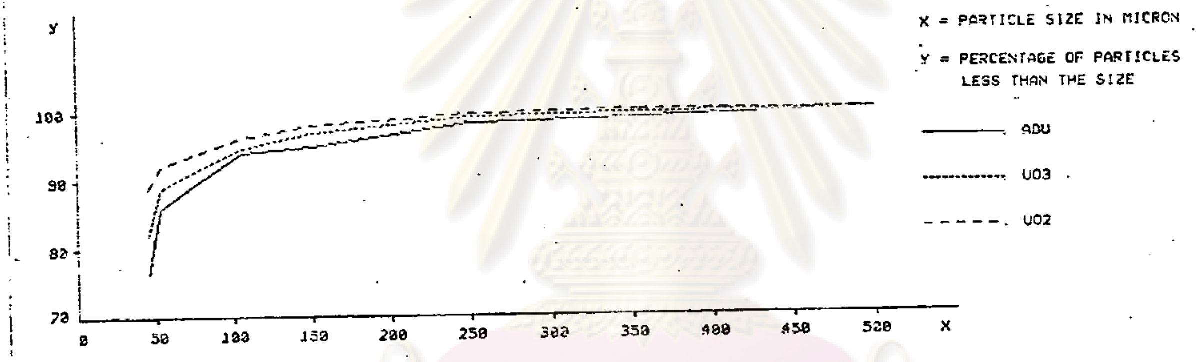
SAMPLE NUMBER (6), (6.3), (6.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

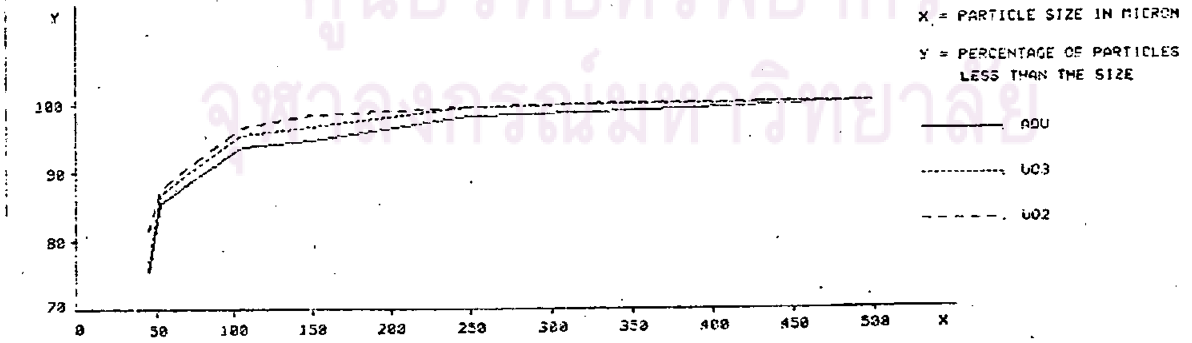
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



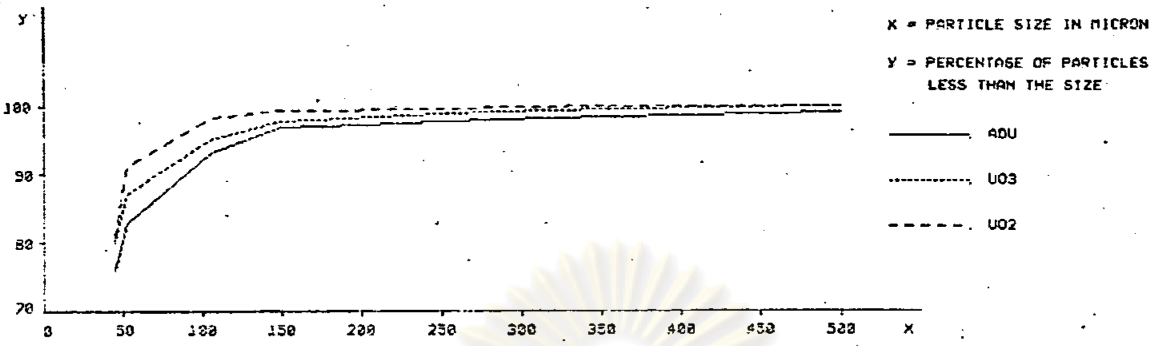
SAMPLE NUMBER (7), (7.1), (7.1)



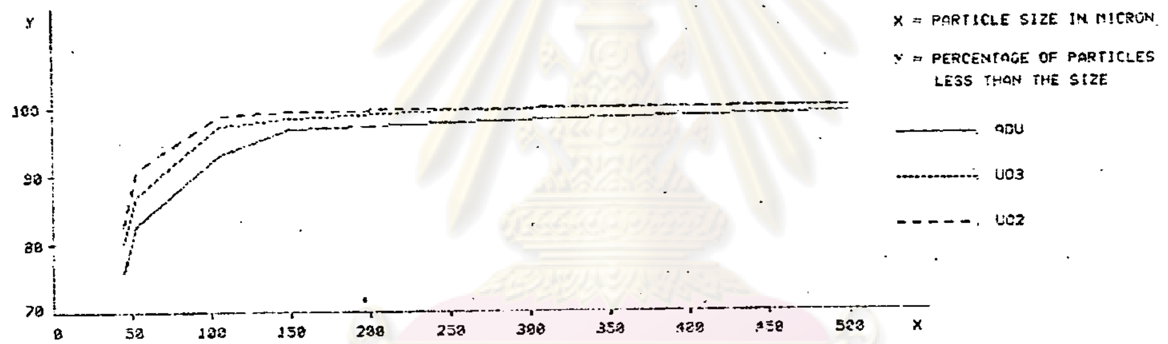
SAMPLE NUMBER (7), (7.2), (7.2)



SAMPLE NUMBER (7), (7.3), (7.3)

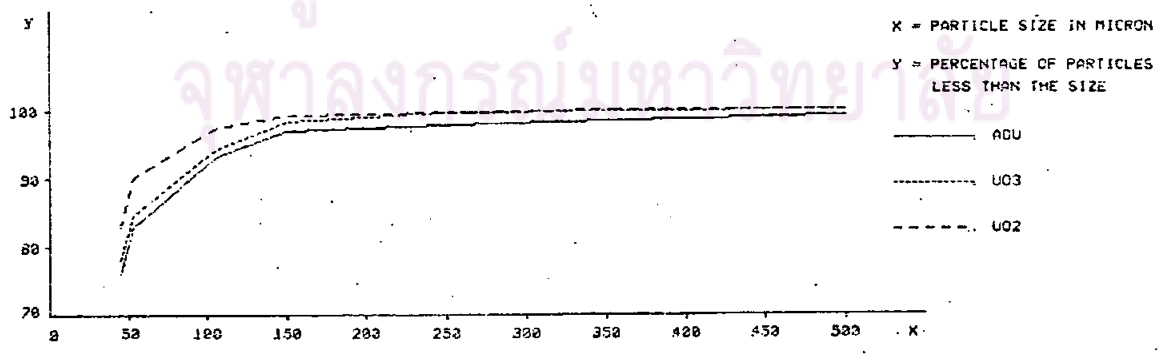


SAMPLE NUMBER (8), (8.1), (8.1)

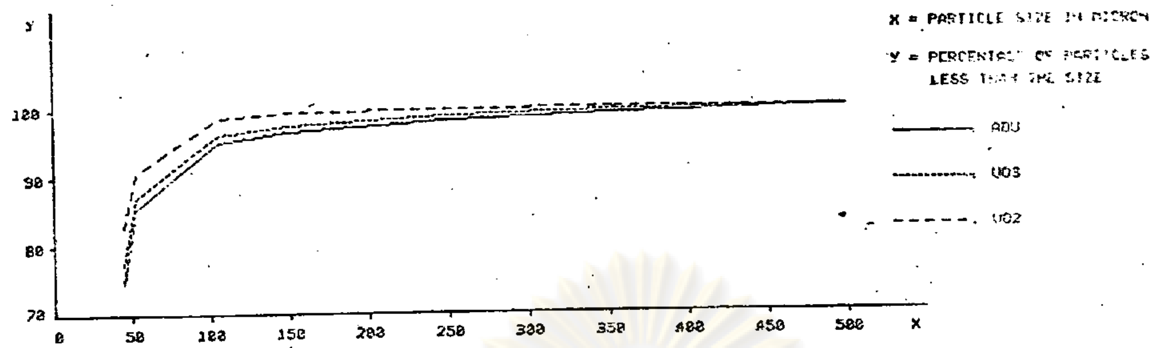


SAMPLE NUMBER (8), (8.2), (8.2)

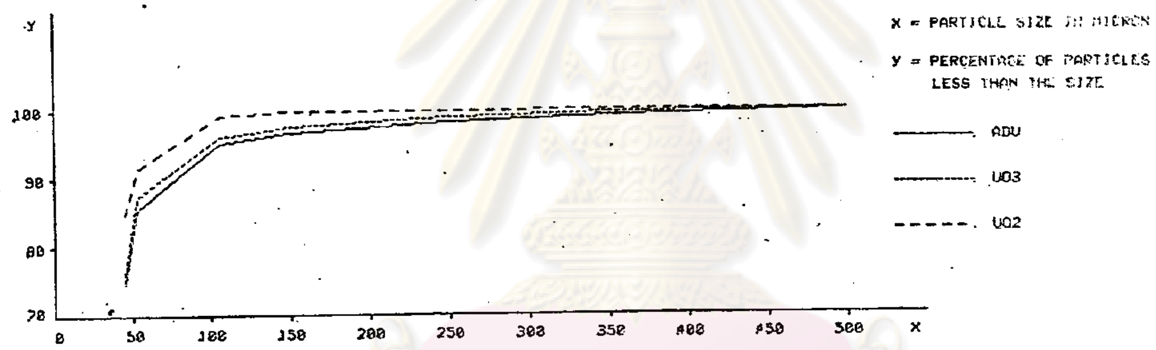
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



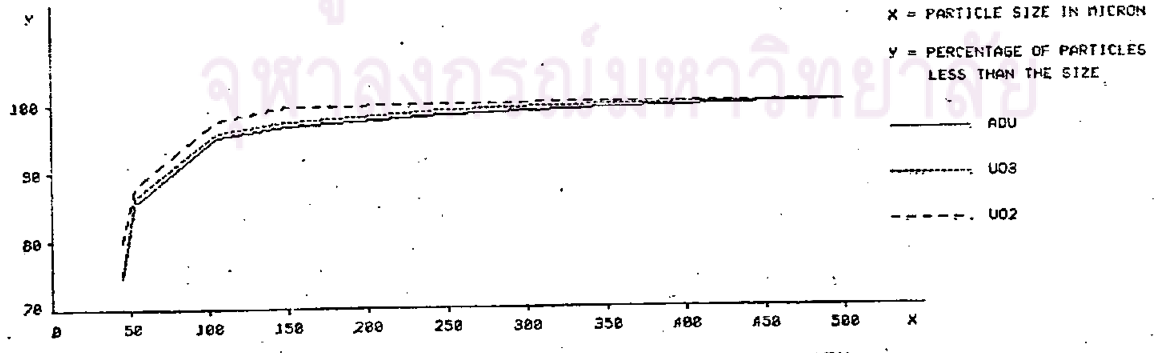
SAMPLE NUMBER (8), (8.3), (8.3)



SAMPLE NUMBER (9), (9.1), (9.1)

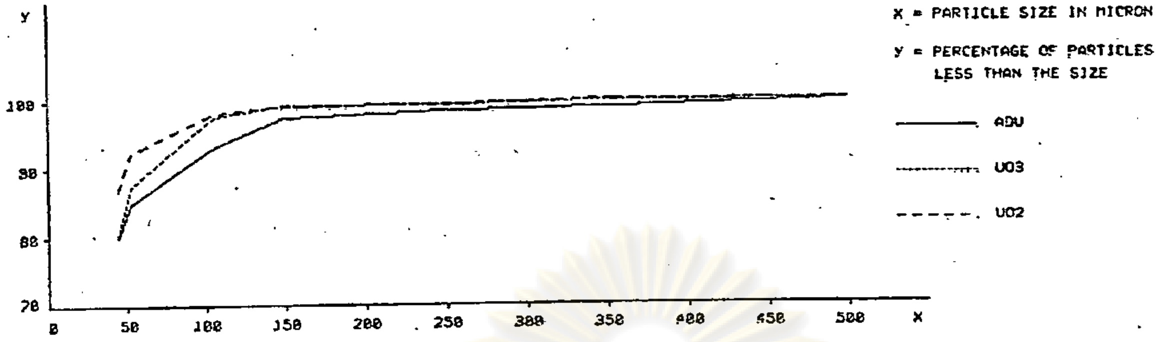


SAMPLE NUMBER (9), (9.2), (9.2)

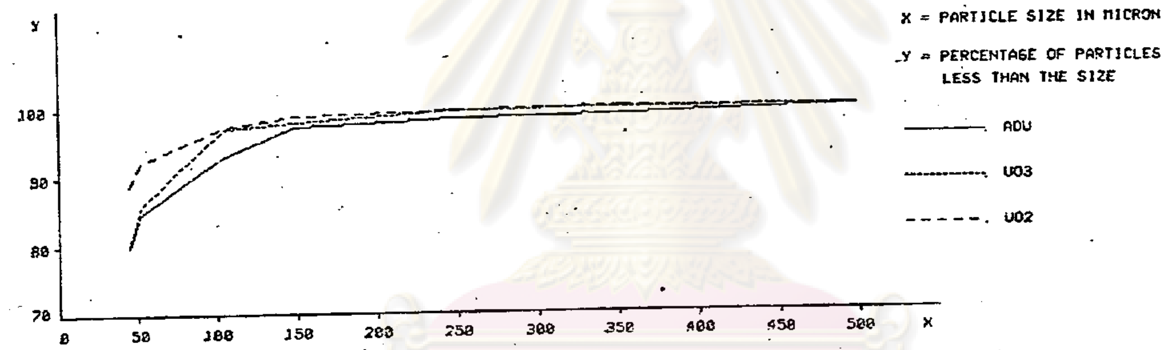


SAMPLE NUMBER (9), (9.3), (9.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

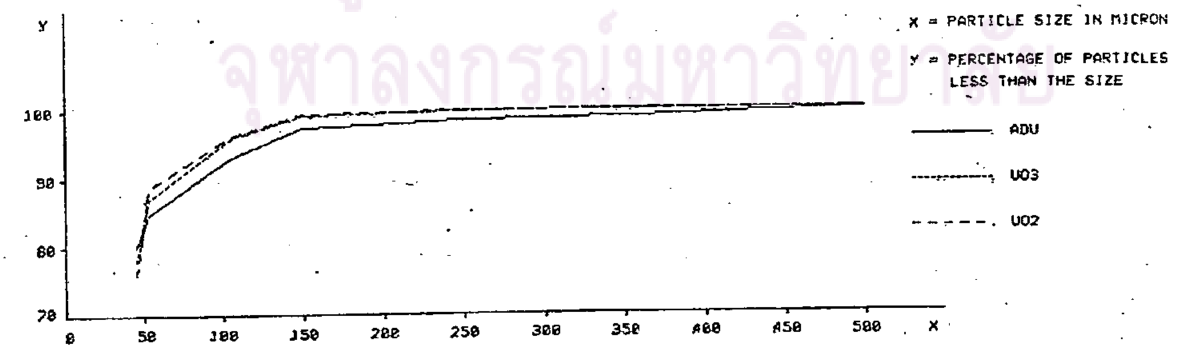


SAMPLE NUMBER (10), (10.1), (10.1)

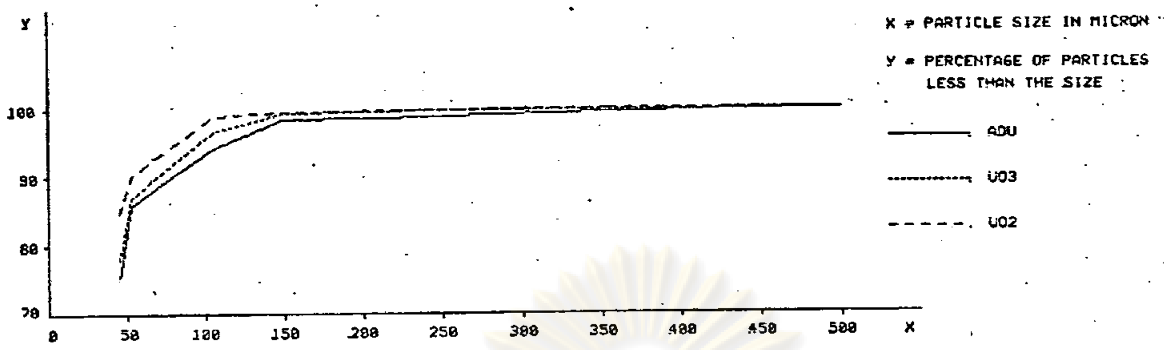


SAMPLE NUMBER (10), (10.2), (10.2)

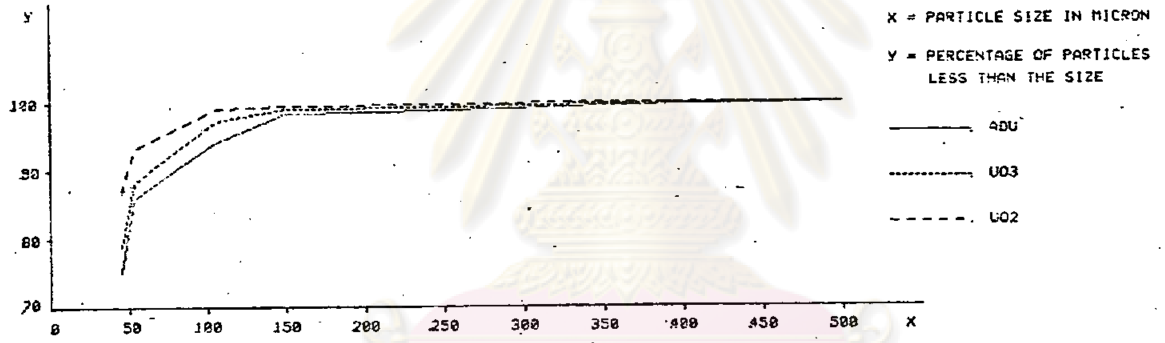
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (10), (10.3), (10.3)

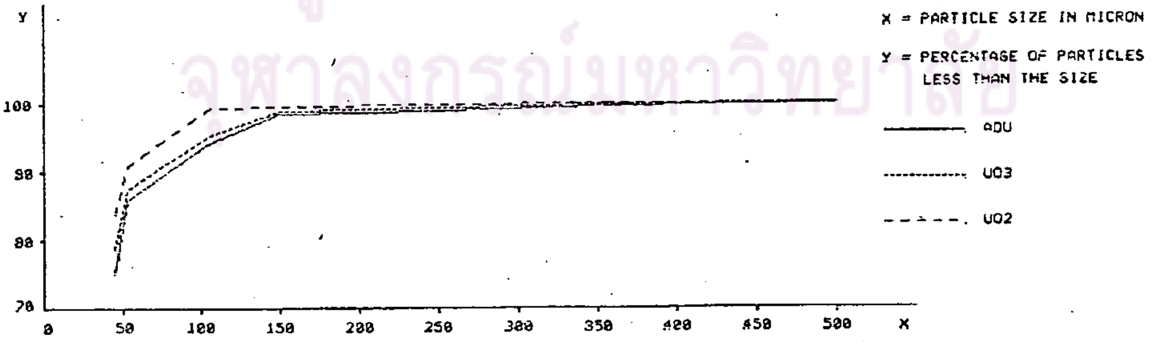


SAMPLE NUMBER (11),(11.1),(11.1)

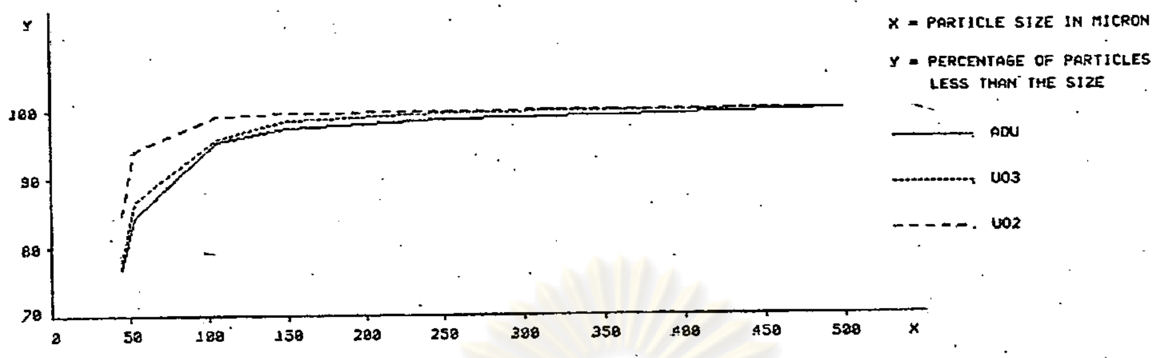


SAMPLE NUMBER (11),(11.2),(11.2)

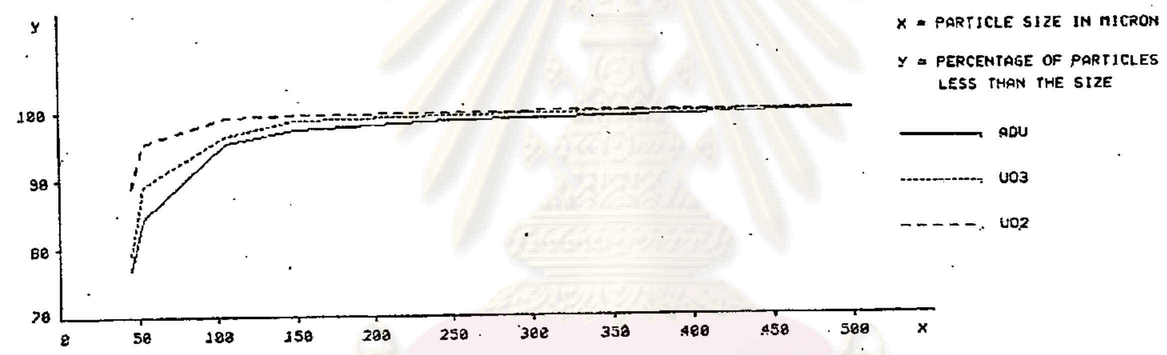
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (11),(11.3),(11.3)

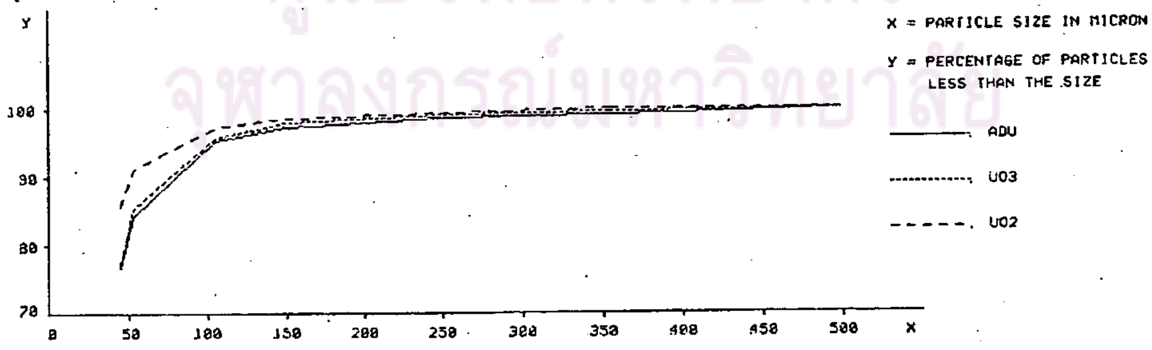


SAMPLE NUMBER (12),(12.1),(12.1)

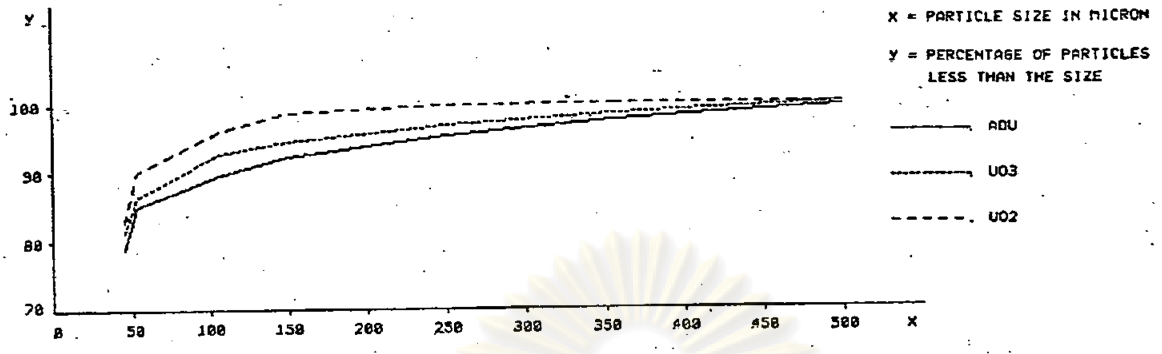


SAMPLE NUMBER (12),(12.2),(12.2)

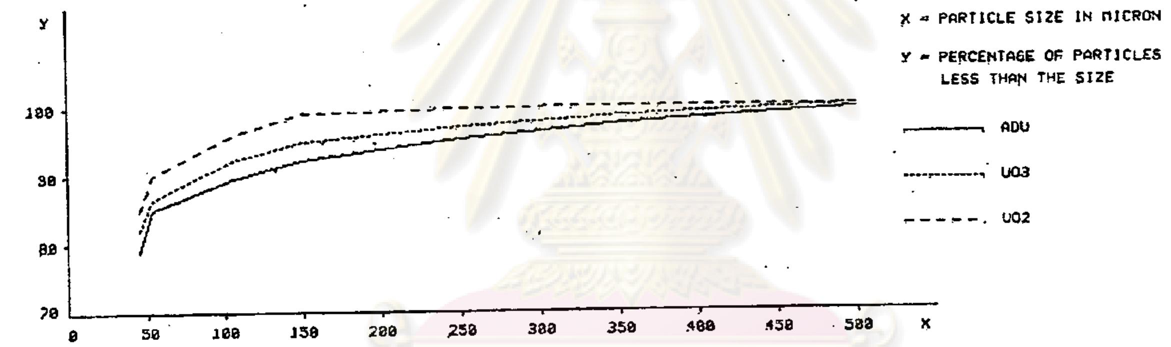
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (12),(12.3),(12.3)

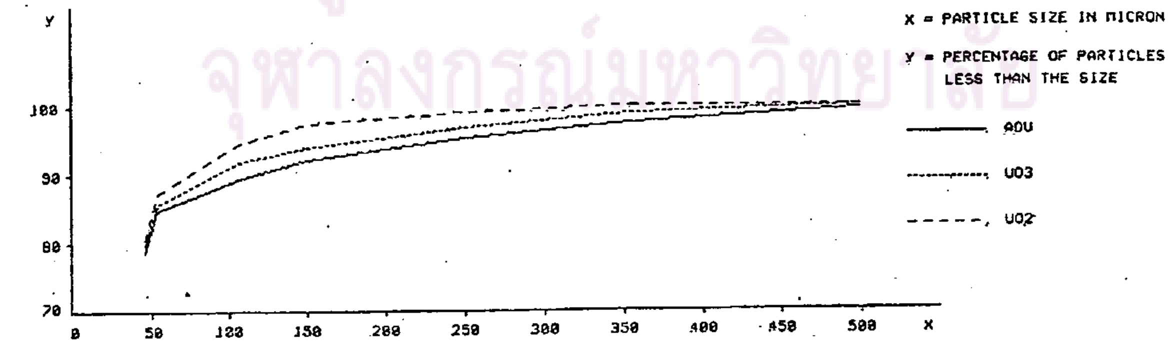


SAMPLE NUMBER (13), (13.1), (13.1)

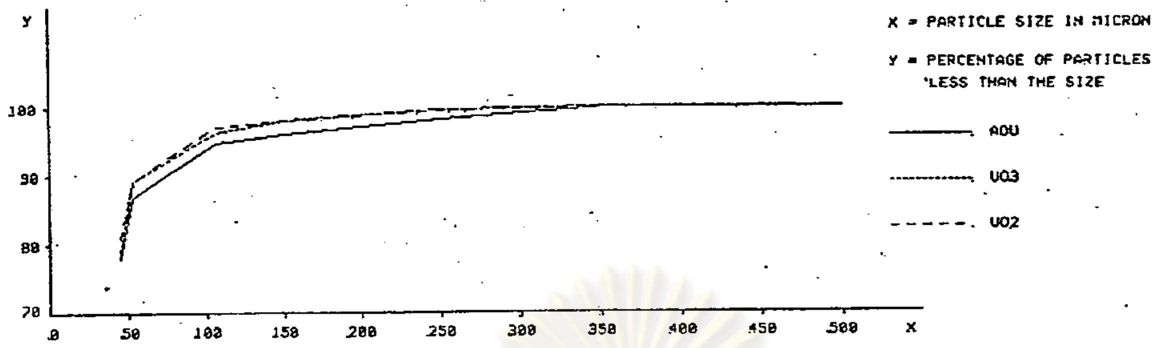


SAMPLE NUMBER (13), (13.2), (13.2)

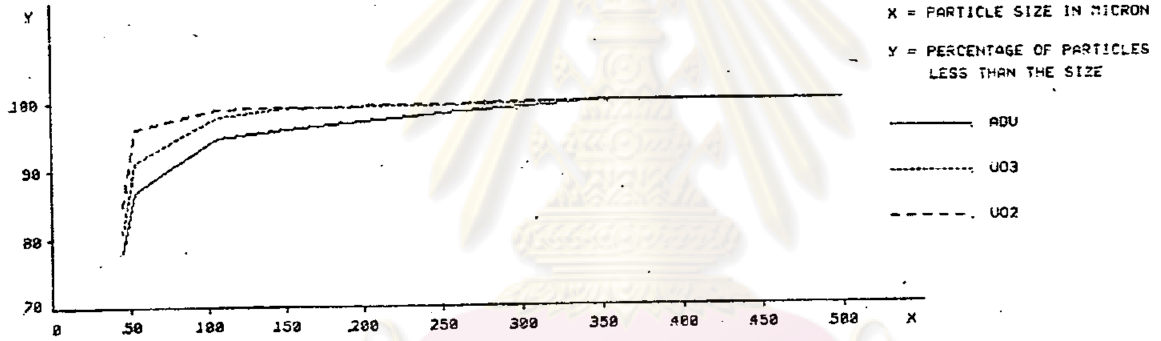
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



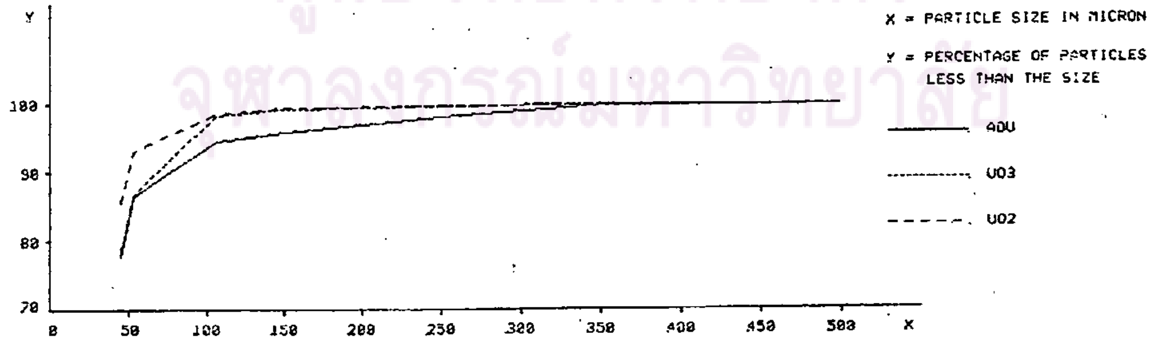
SAMPLE NUMBER (13), (13.3), (13.3)



SAMPLE NUMBER (14),(14.1),(14.1)

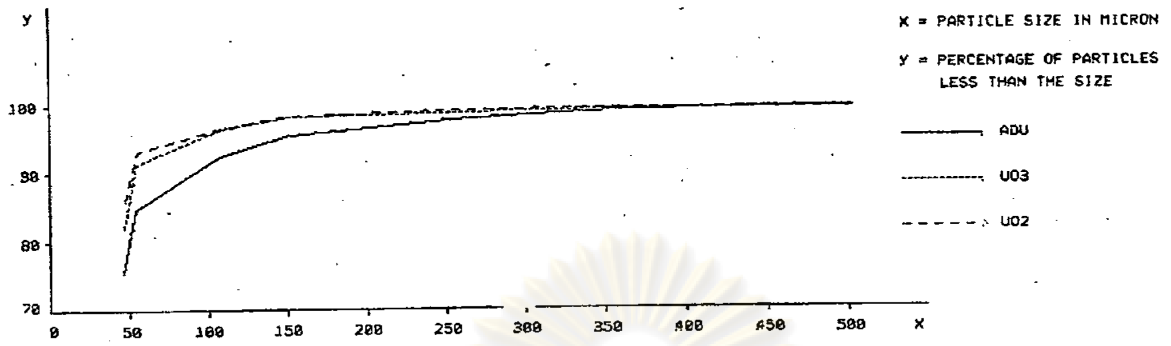


SAMPLE NUMBER (14),(14.2),(14.2)

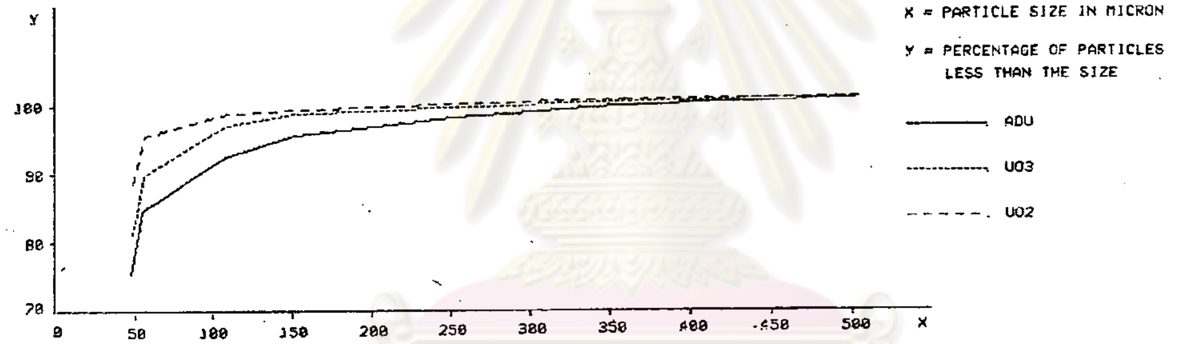


SAMPLE NUMBER (14),(14.3),(14.3)

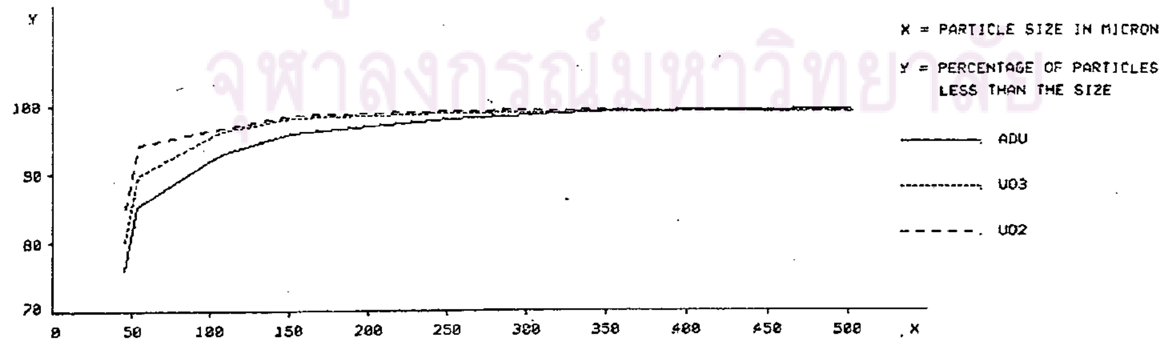
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (15), (15.1), (15.1)

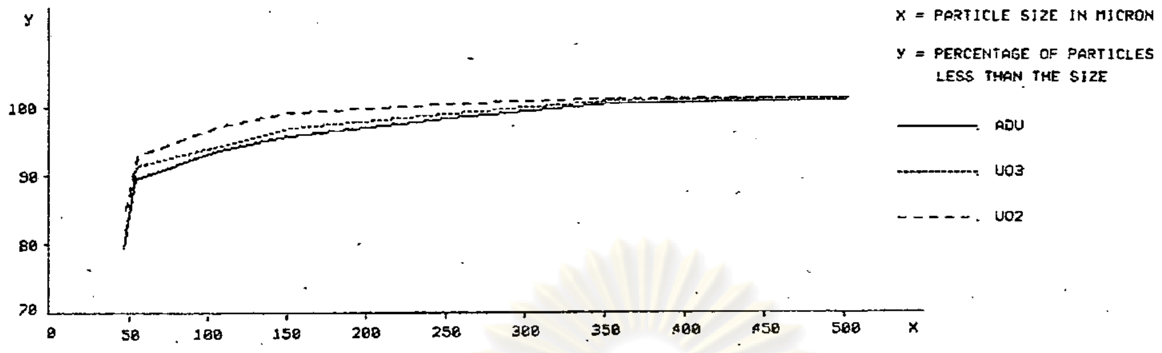


SAMPLE NUMBER (15), (15.2), (15.2)

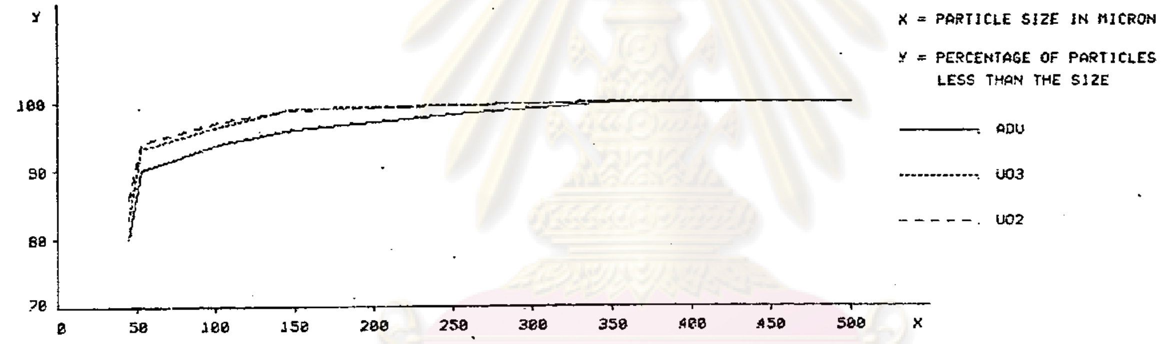


SAMPLE NUMBER (15), (15.3), (15.3)

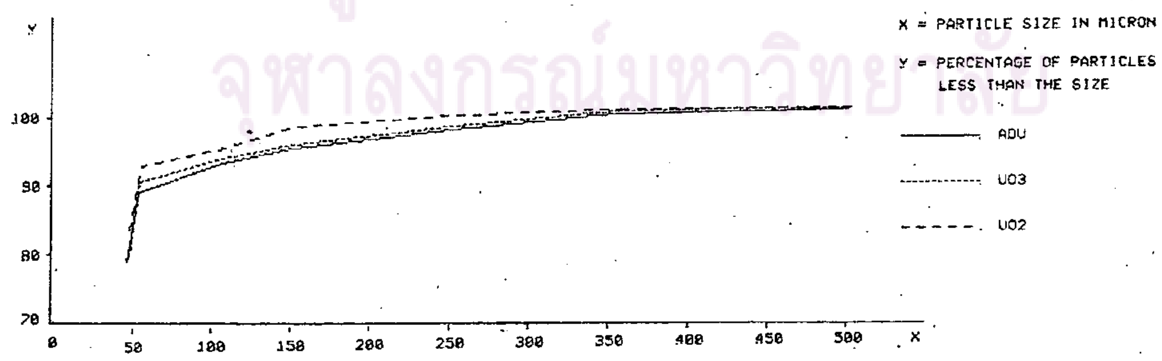
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (16), (16.1), (16.1)

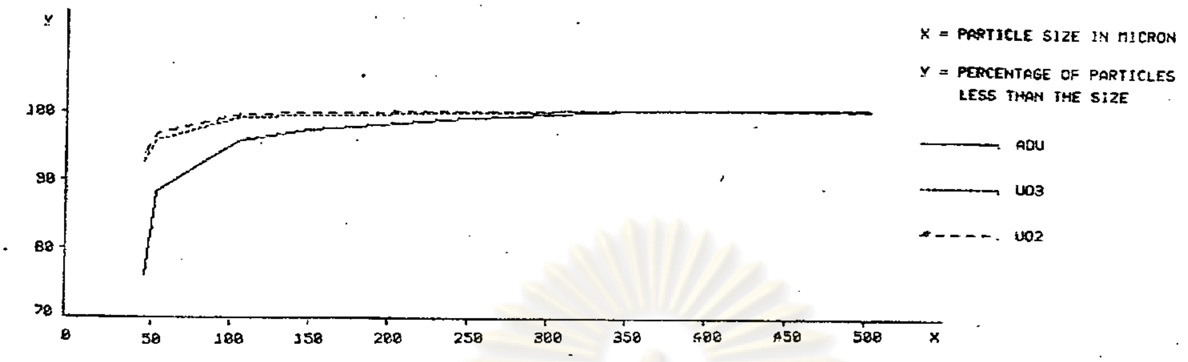


SAMPLE NUMBER (16), (16.2), (16.2)

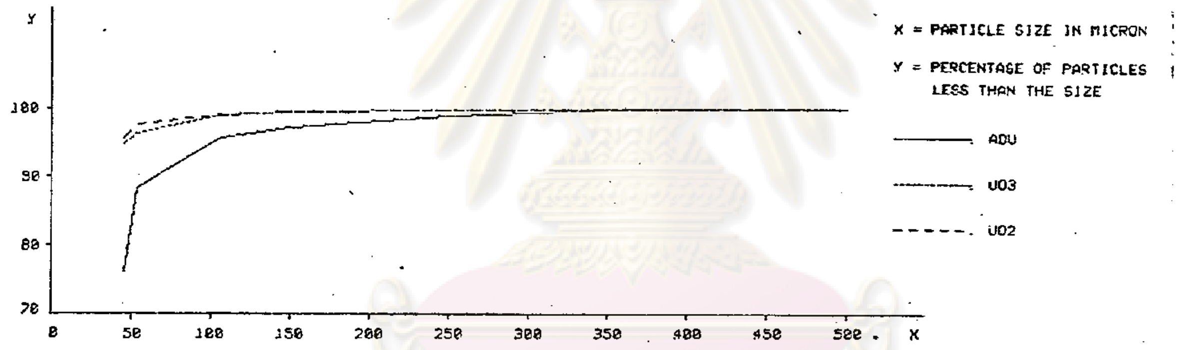


SAMPLE NUMBER (16), (16.3), (16.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

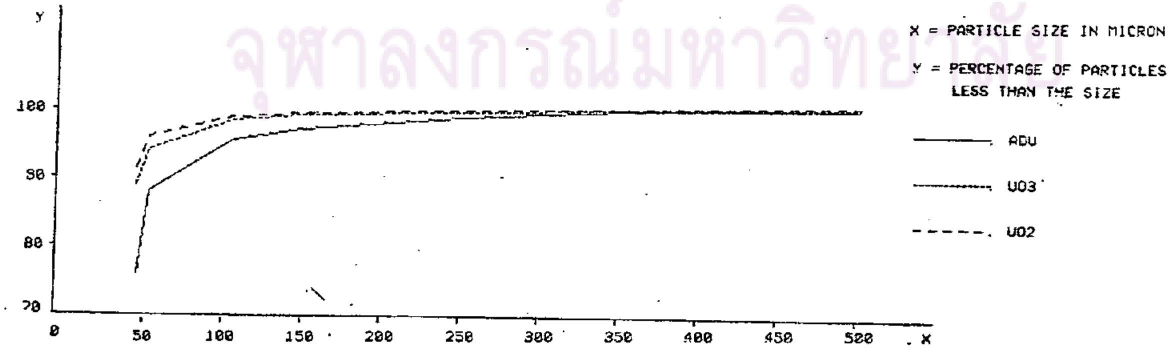


SAMPLE NUMBER (17), (17.1), (17.1)

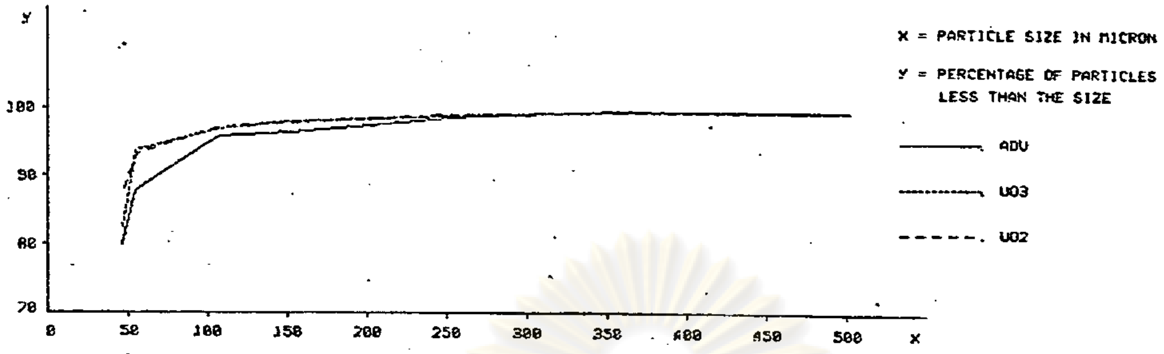


SAMPLE NUMBER (17), (17.2), (17.2)

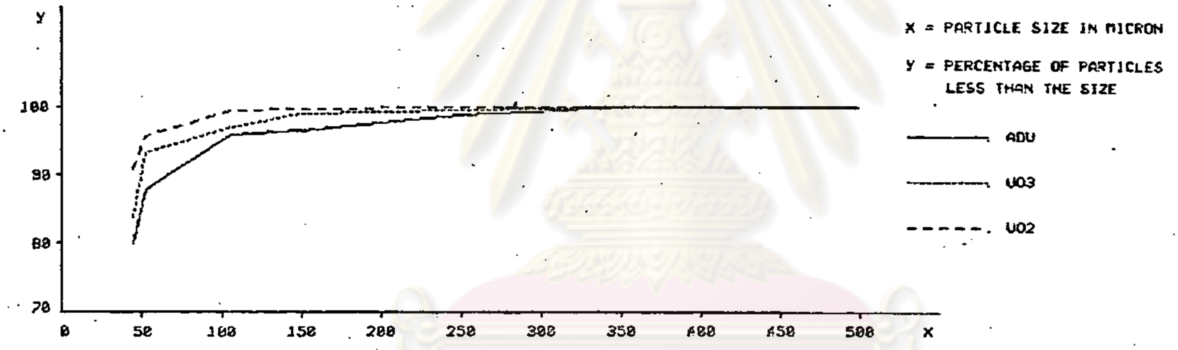
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (17), (17.3), (17.3)

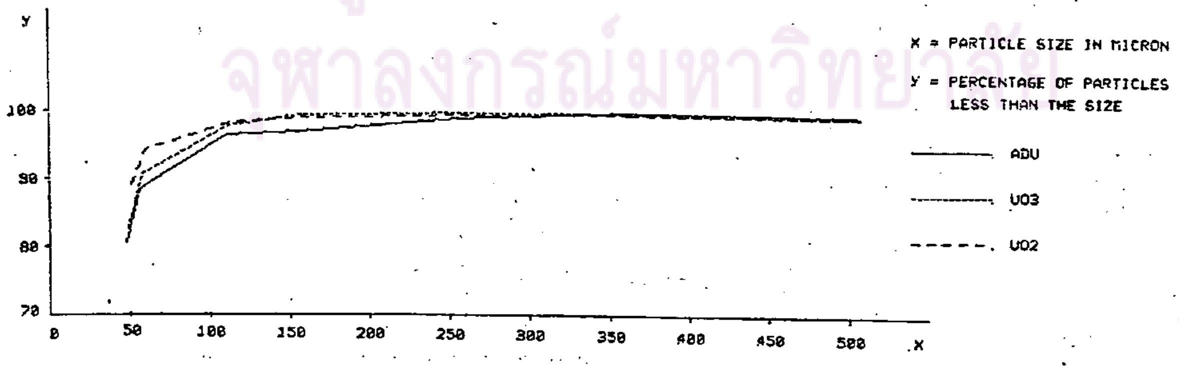


SAMPLE NUMBER (18), (18.1), (18.1)

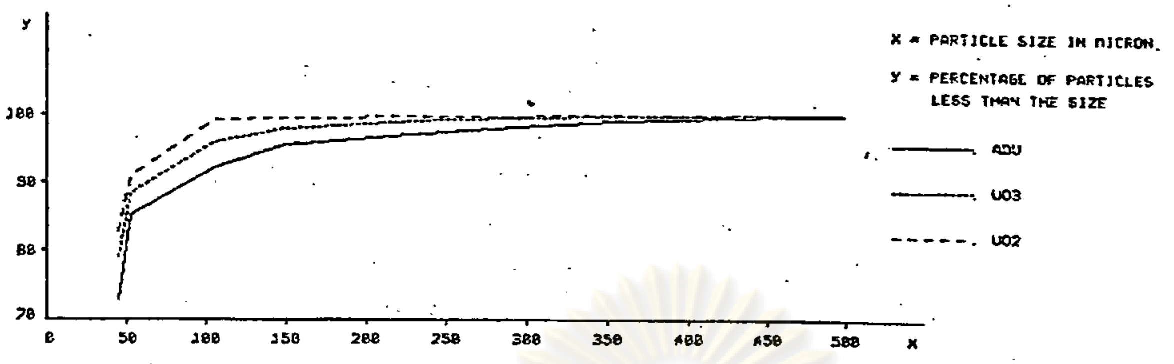


SAMPLE NUMBER (18), (18.2), (18.2)

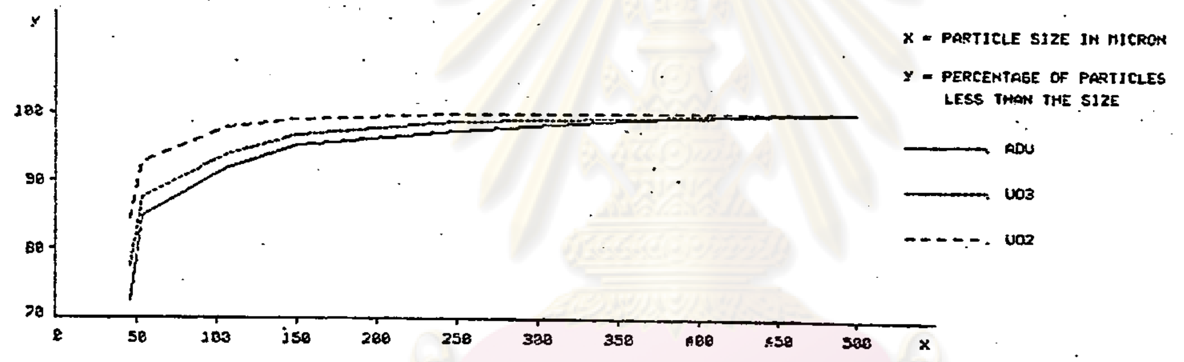
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



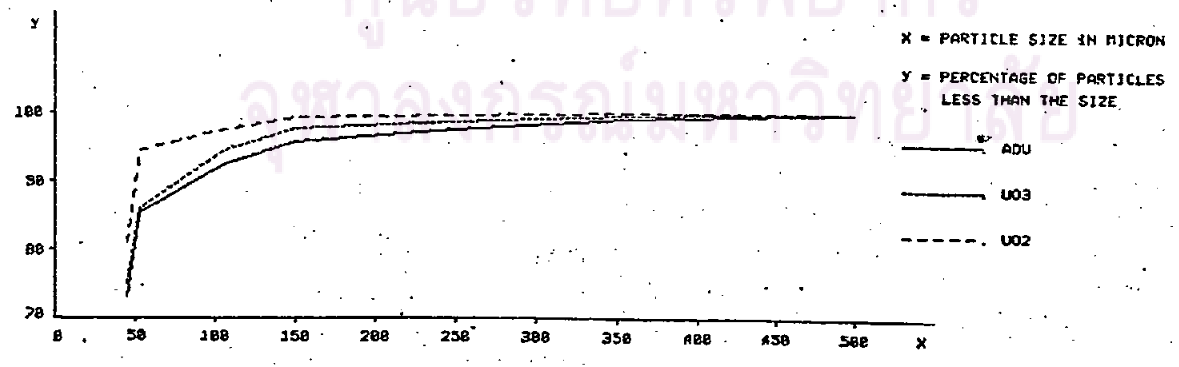
SAMPLE NUMBER (18), (18.3), (18.3)



SAMPLE NUMBER (19), (19.1), (19.1)

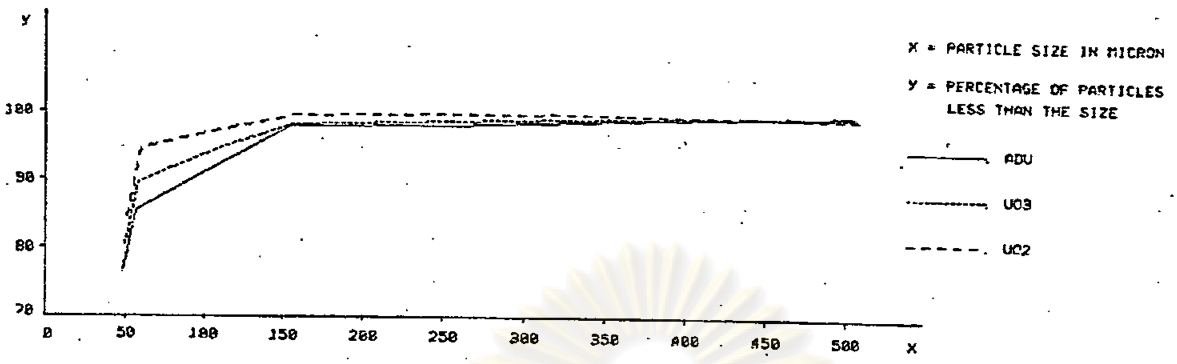


SAMPLE NUMBER (19), (19.2), (19.2)

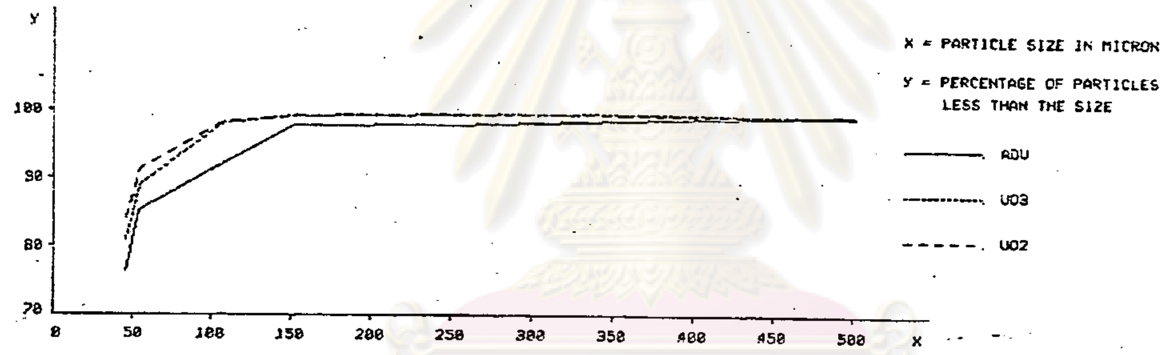


SAMPLE NUMBER (19), (19.3), (19.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

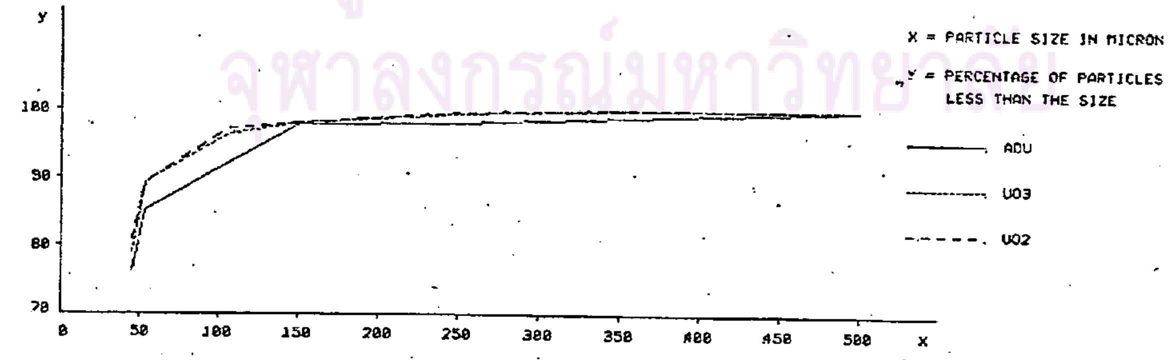


SAMPLE NUMBER (20), (20.1), (20.1)

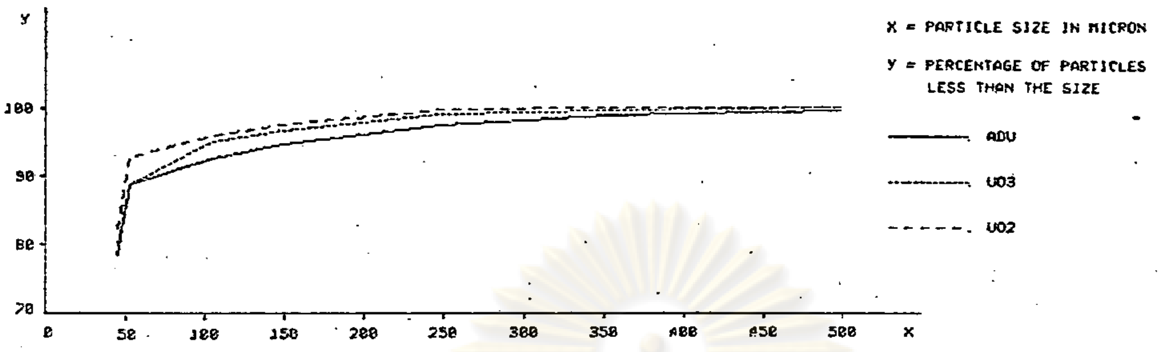


SAMPLE NUMBER (20), (20.2), (20.2)

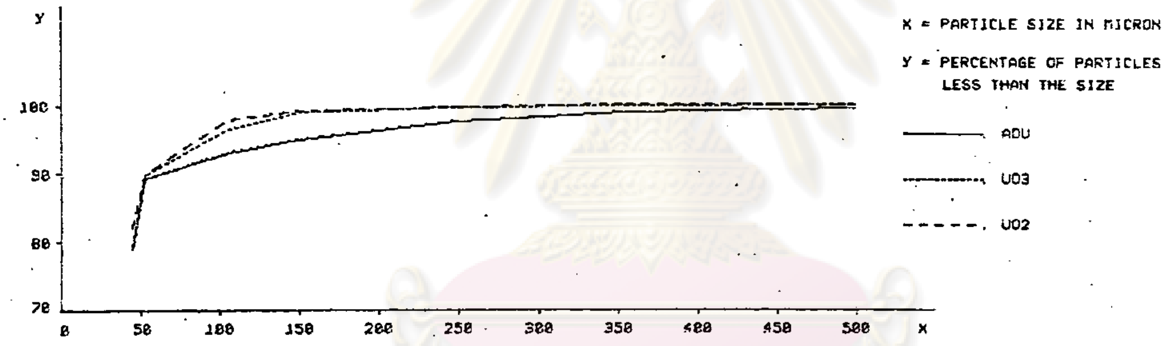
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (20), (20.3), (20.3)

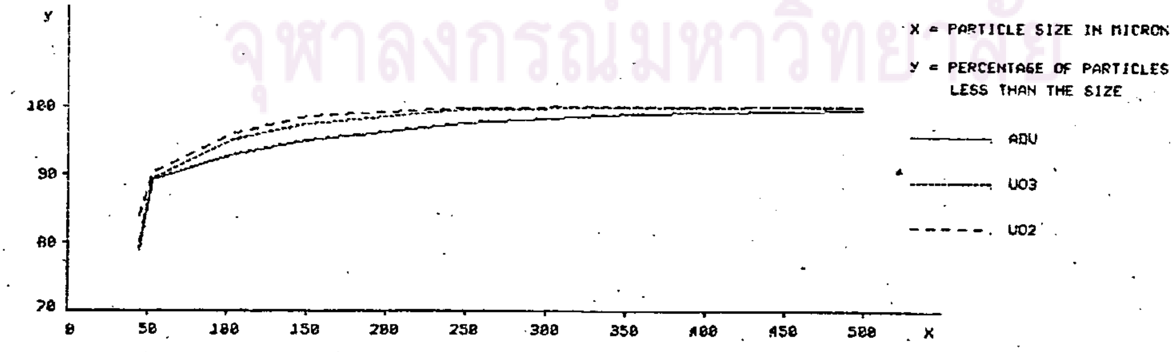


SAMPLE NUMBER (21), (21.1), (21.1)

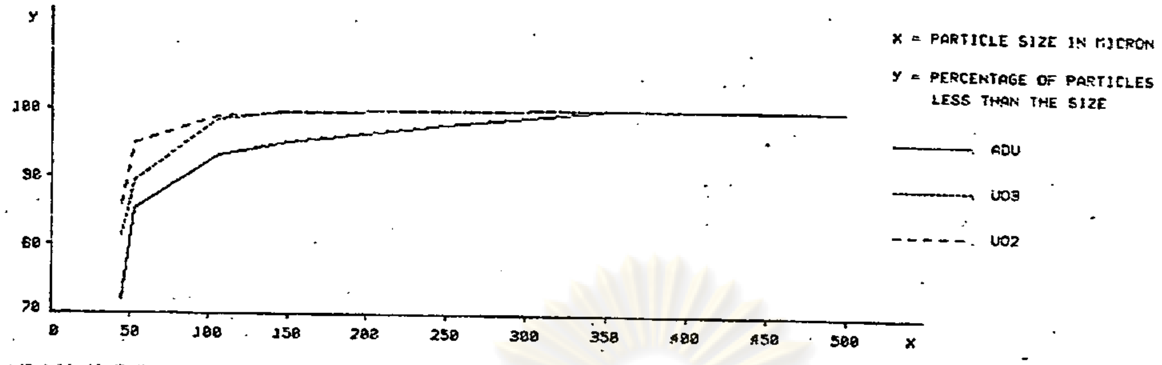


SAMPLE NUMBER (21), (21.2), (21.2)

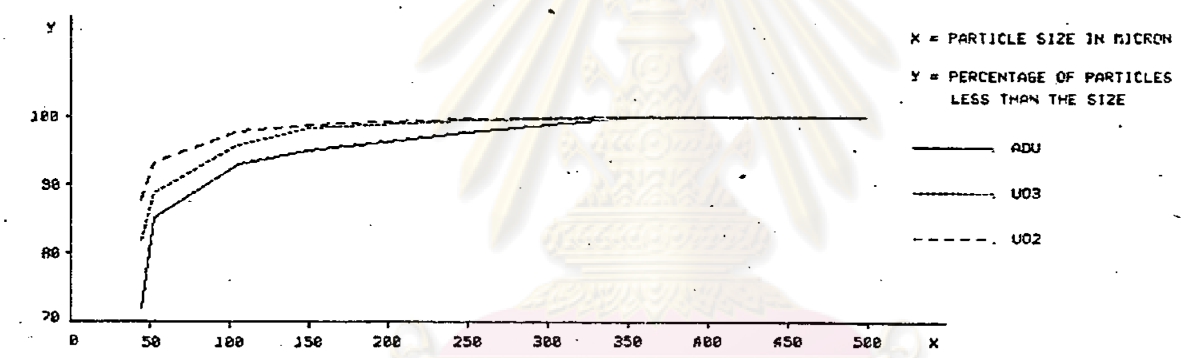
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



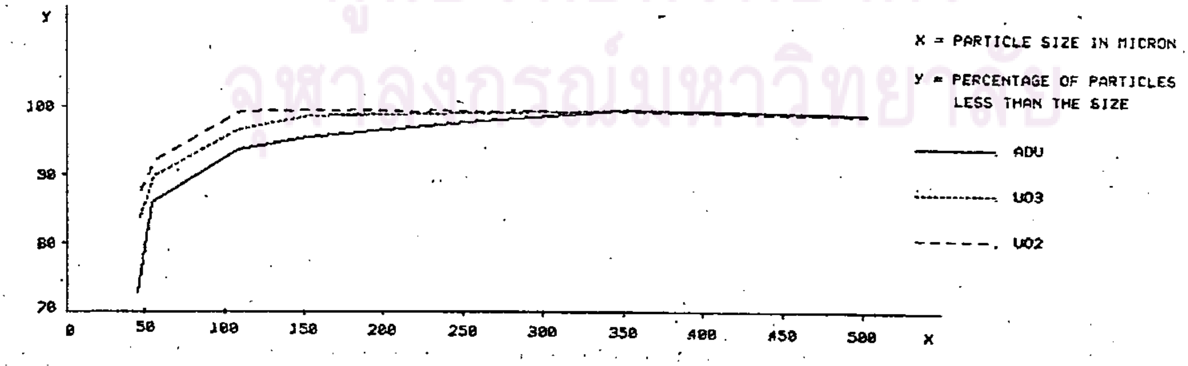
SAMPLE NUMBER (21), (21.3), (21.3)



SAMPLE NUMBER (22), (22.1), (22.1)

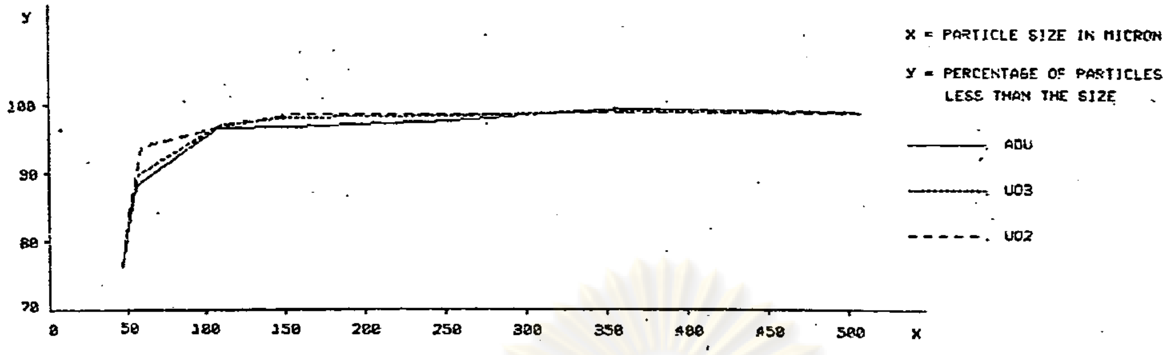


SAMPLE NUMBER (22), (22.2), (22.2)

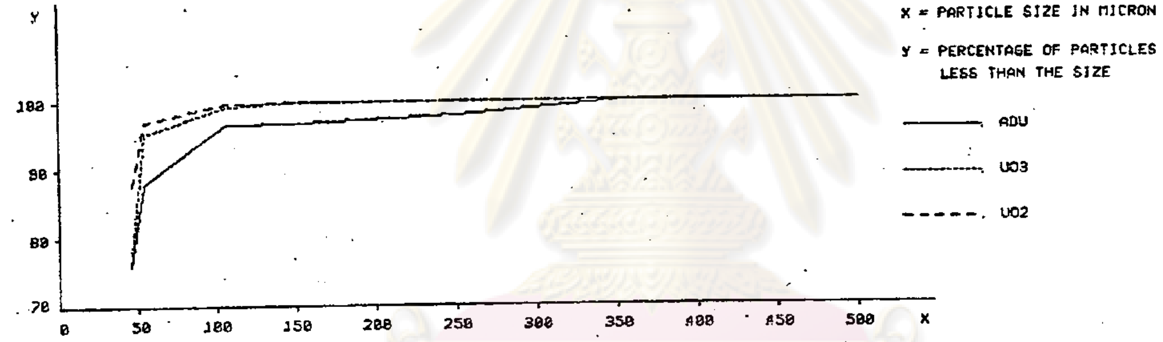


SAMPLE NUMBER (22), (22.3), (22.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

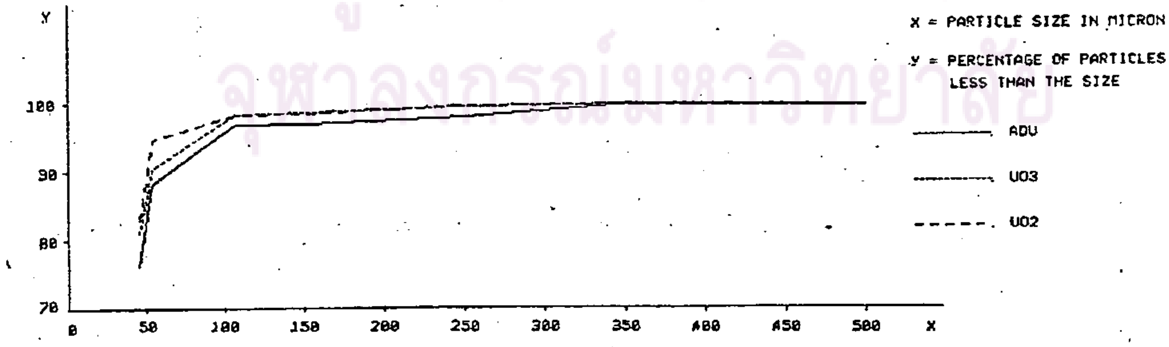


SAMPLE NUMBER (23), (23.1), (23.1)

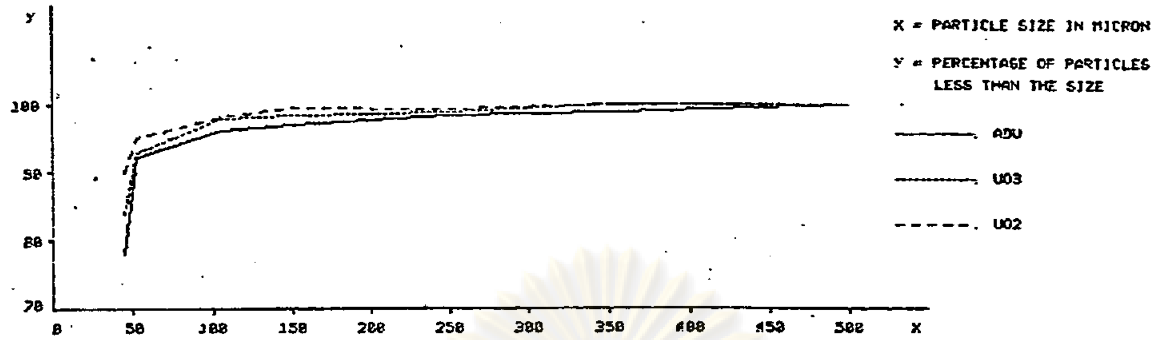


SAMPLE NUMBER (23), (23.2), (23.2)

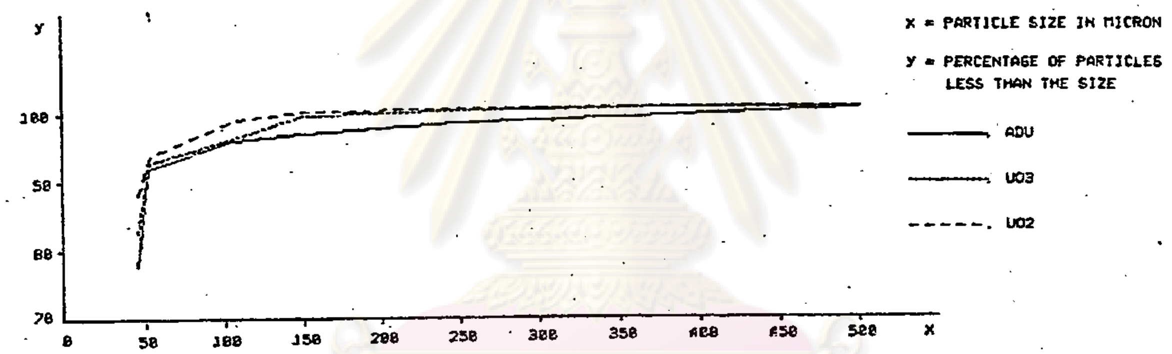
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (23), (23.3), (23.3)

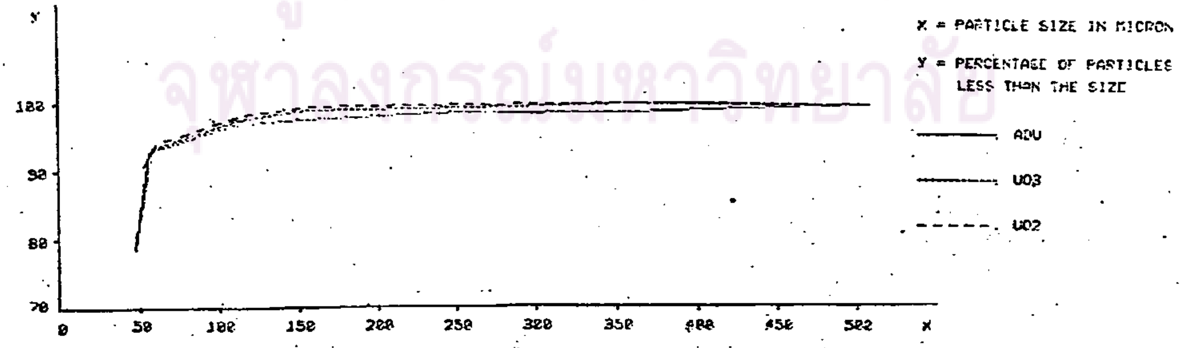


SAMPLE NUMBER (24), (24.1), (24.1)



SAMPLE NUMBER (24), (24.2), (24.2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SAMPLE NUMBER (24), (24.3), (24.3)

ประวัติผู้เขียน

นาย อาคม สันติรณรงค์ เกิดเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2497 สำเร็จการศึกษาขั้นอุดมศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2521 ประกาศนียบัตรชั้นสูง สาขา นิวเคลียร์เทคโนโลยี จากภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใน ปีพ.ศ.2524 ปัจจุบันรับราชการที่โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย