เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (2513) และฉบับที่ 11 (2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน 2512

Atomic Absorption Instructional Manual, Perkin Elmer Model MAS-50, Coleman Instruments, Illinois (1974).

Azad, H.S. Industrial Waste Water Management Hand book. Mc Graw-Hill Book Co., New York (1976).

Bidstrup, P.L., Toxicity of Mercury and Its Compounds, Amsterdam, Elsevier (1964).

Cheevaparanapivat, V., Menasveta, P., "Total and Organic Mercury in Marine Fish of the Upper Gulf of Thailand." Bull. Environm. Contam. Toxicol, 23: 291 - 299 (1979).

Diaphragm cells for Chlorine Production, Symposium held at the City University, London, 16-17 June 1976, The Society of Chemistry Industry, London (1977): 8-9, 103 - 115.

D'Itri, P.A., D'Itri, F.M. Mercury Contamination, A. Wiley Inter Science Publication, Canada (1977).

Hardie, D.W. Electrolytic Manufacture of Chemicals from Salt, The Chlorine Institute, Inc., New York (1975).

Hatch, W.R., and Ott, W.L. Analytical Chemistry, 40, (1968).

Horwitz, W., Senzel, A., and Reynolds, H. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 12th ed, Washington D.C. (1975).

Luckey, T.D., Venugopal, B., and Hutcheson, D., Heavy Metal Toxicity, Safety and Hormonology, New York, Academic Press (1975).

Menasveta, P., Phayomyem, C., and Sawangwong, P., "Distribution of Heavy Metals, DDT, PCB and certain water pollution parameters in the Chao Phraya river estuary." The Institute of Environmental Research, Chulalongkorn University, RR-12-S-7-W-78, Bangkok (1979).

Pecora, W.T. "Mercury in the Environment." Geological Survey Professional Paper 713, United States Government Printing Office. Washington D.C. (1970):1 - 4.

Perrin, D.D. Organic Complexing Reagent, Interscience Publishers, a division of John Wiley and Sons. New York (1964).

Perry, R. "Mercury Recovery From Contaminated Waste Water and Sludges." Environmental Protection Technology Series, U.S. Government Printing Office. Washington D.C. (1974):26 - 38.

Rubeska, I., and Moldan, B. Atomic Absorption Spectrophotometry, SNTL-Publishers of Technical Literature, Prague. Iliffe Books Ltd., London (1969).

Schroeder, H.A., The Poisons Around Us, Bloomington, Indiana, University Press (1974).

Shoemaker, D.P., and Garland, G.W. Experiments in Physical Chemistry, Mc Graw-Hill Book Co., New York (1962).

Sitting M., Toxic Metals Pollution Control and Worker Protection. Noyes Data Corporation, New Jersey (1976).

Suchcharoen, S., and Nuorteva, P. "Alarming Signs of Mercury Pollution in a Fresh Water Area of Thailand." Ambio, 7(3):113 - 116 (1978).

Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual, The International Technical Information Institute, Tokyo (1975):312 - 315.

Uthe, J.F., Armstrong, F.A.J., and Stainton, M.P. "Mercury Determination in Fish Samples by Wet Digestion and Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry." Journal of Fisheries Research Board of Canada. 27:805 - 811 (1970).

ภาคผนวก ก.

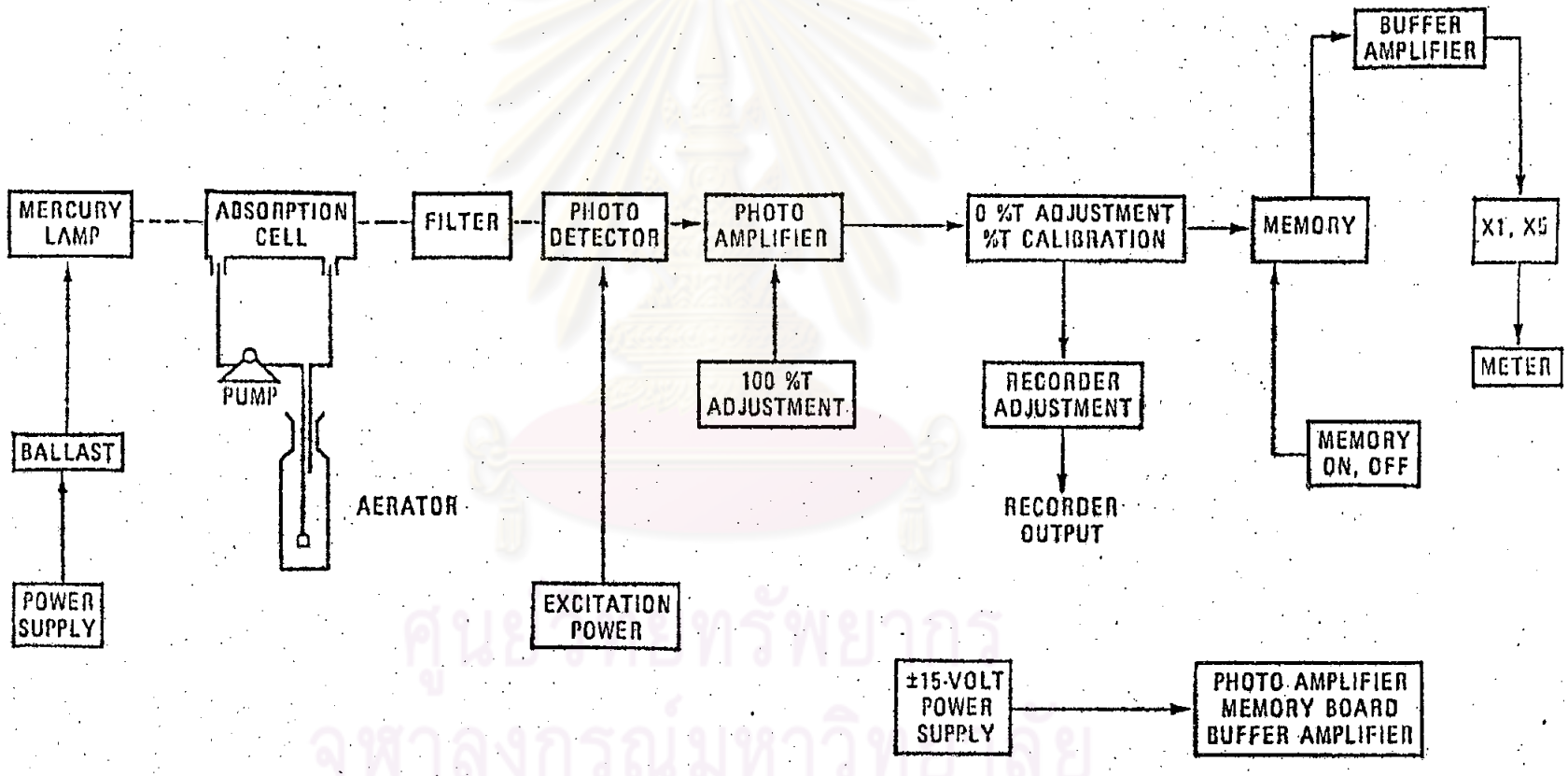
แสดงแผนภูมิของ Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer

หลักการของ Atomic Absorption Spectrophotometry

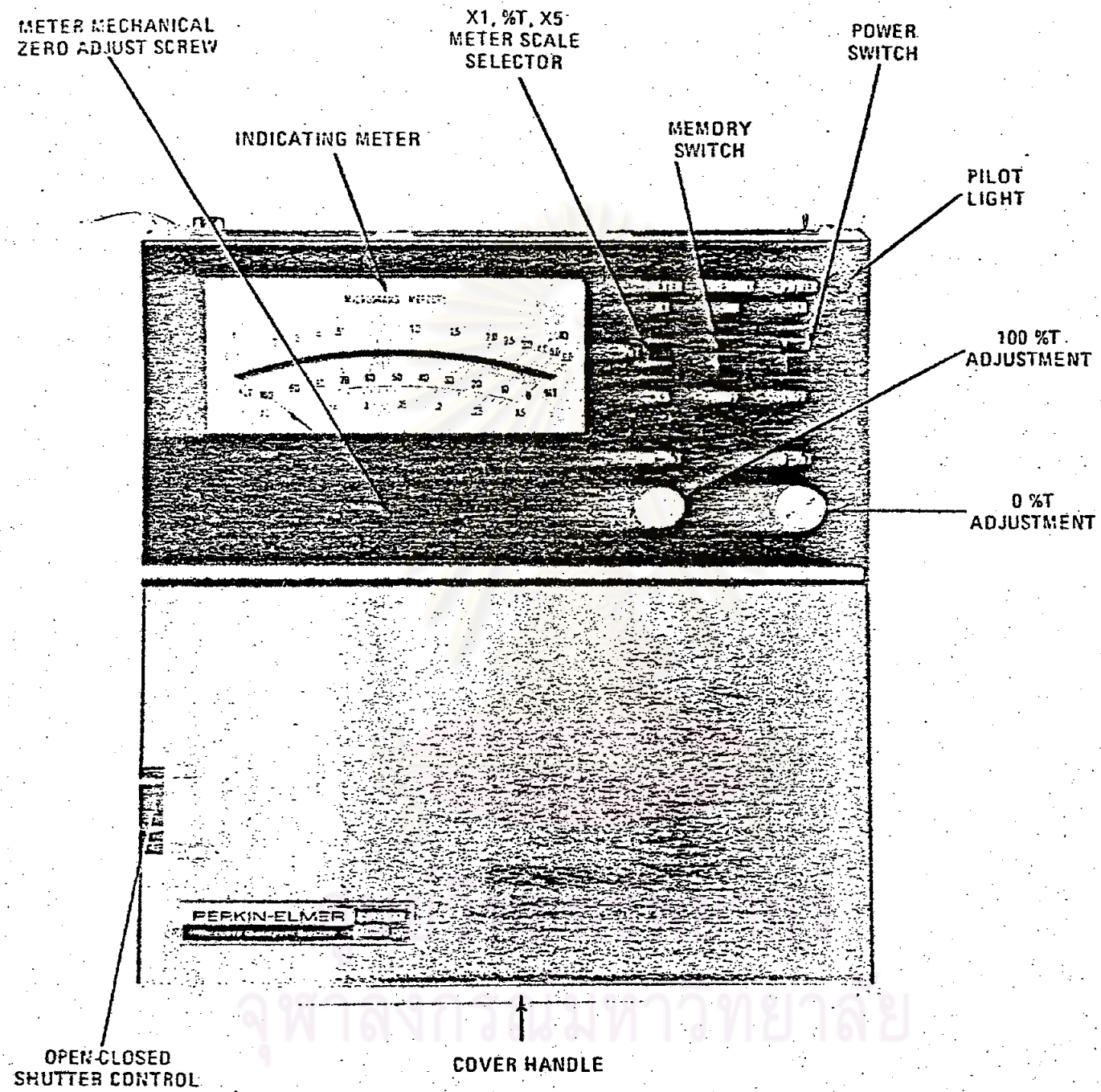
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1

MODEL MAS-50 MERCURY ANALYZER SYSTEM
BLOCK DIAGRAM

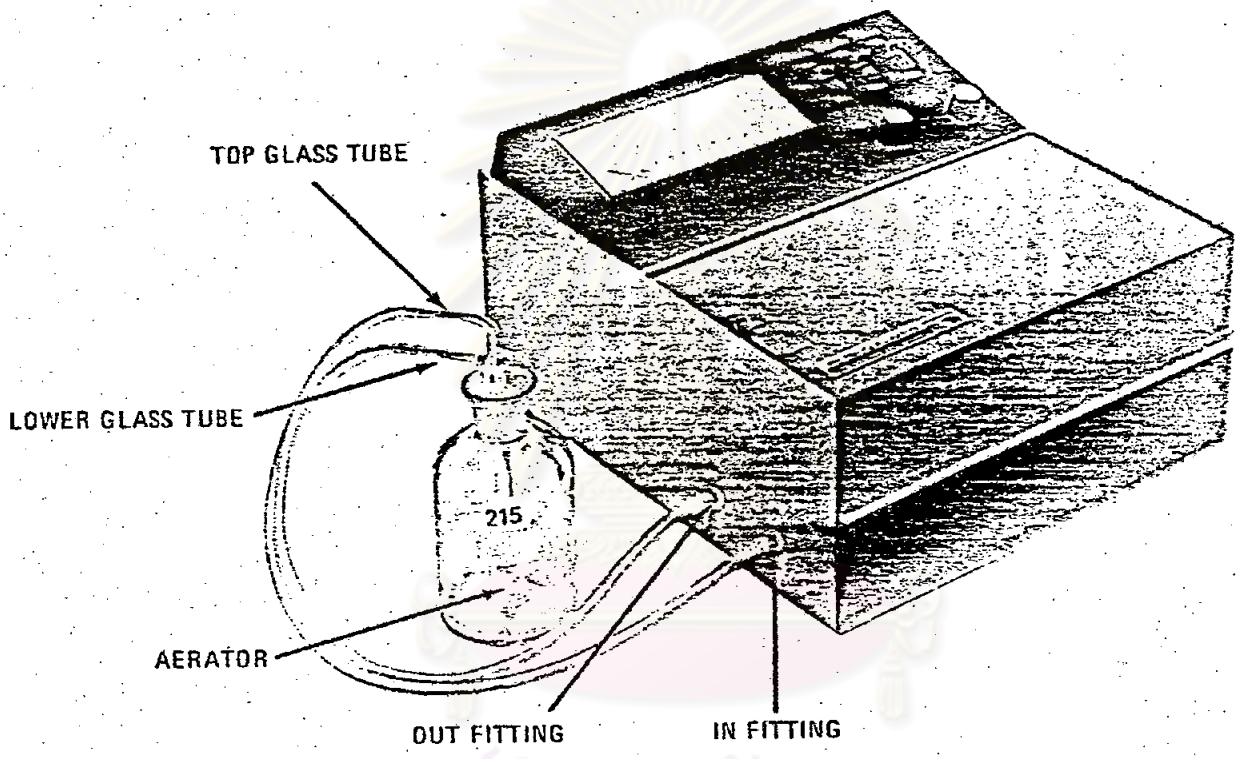


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2

Front Controls



รูปที่ 3. Aerator Connections

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อะคอมมิค แอบซอพชัน สเปคโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry)

การวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะบางชนิด ใช้หลักการดูดกลืนแสงโดยอะคอมของโลหะ โดยให้อะคอมของโลหะนั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงทาง Electronic energy level จาก ground state ไปยัง excitation state เนื่องจากอะคอมของแต่ละธาตุมีลักษณะในการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เพราะเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละธาตุ ดังนั้นอะคอมของธาตุนั้น ๆ หลังจากดูดกลืนแสงแล้วจะมีระดับพลังงานของอะคอมสูงขึ้น ระดับของพลังงานของ excitation จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความถี่ของแสง (Freguency) หรือเป็นปฏิภาคกลับกับความยาวของช่วงคลื่น (Wave length) ดังสมการ

$$E_j - E_i = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

c = ความเร็วของแสง

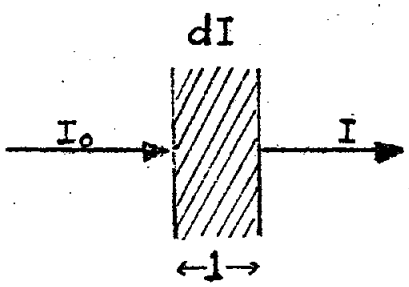
λ = ความยาวของช่วงคลื่น

ν = ความถี่ของแสง

E = ระดับของพลังงาน

h = Planck's constant

การวัดปริมาณของอะคอมที่ถูก excited จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของแสงที่ถูกดูดเข้าไป Io - I ดังนั้นกฎของ Beer-Lambert ก็ใช้ได้กับการวัดปริมาณของสารทั้งวิธี Atomic Absorption Spectrometry กับวิธี Colorimetric Dithizone Method (UV-visible Spectrophotometry) แต่ลักษณะการวัดทั้ง 2 วิธีต่างกัน



$$-dI = I \varepsilon' l dc$$

$$\int_{Io}^{I} \frac{-dI}{I} = \int_{o}^{c} \varepsilon' l dc$$

$$-\ln I \Big|_{Io}^{I} = \varepsilon' l c \Big|_{o}^{c}$$

$$\ln \frac{Io}{I} = \varepsilon' l c$$

$$A = \log \frac{Io}{I} = \frac{\varepsilon' l c}{2.303} = \varepsilon l c$$

$$\%T = 100 \frac{I}{Io}$$

$A = 0 \qquad \% T = 100$

$A = \infty \qquad \% T = 0$

หมายเหตุ ε' = Proportional constant

l = path length

I = Intensity ของแสง

c = ความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์

ε = absorptivity หรือ extinction coefficient

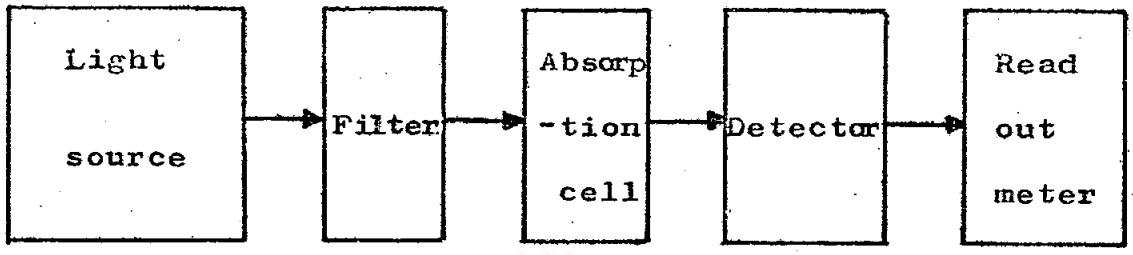
= $\varepsilon' / 2.303$

ภาคผนวก ข.

แสดงแผนภูมิของ Spectrophotometer

ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดปริมาณปรอทโดย Colorimetric Dethizone method

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิของสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ แบบ Unicam SP.600 Series 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดปริมาณปรอทโดยวิธีไดไธโซน (Colorimetric Dithizone Method)

Absorption wavelength ของ Mercury complex 485 nm. การดูดกลืนแสง monochromatic light เกิดขึ้นได้โดย 3 วิธี ของ transition จึงเกิดในช่วงของ Ultraviolet และ Visible spectra คือ

1. เกิดการ excited ในโลหะ transition มีการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า d-d transition ของ electrons หรือ f-f transition ของ electrons ในโลหะพวก rare earth

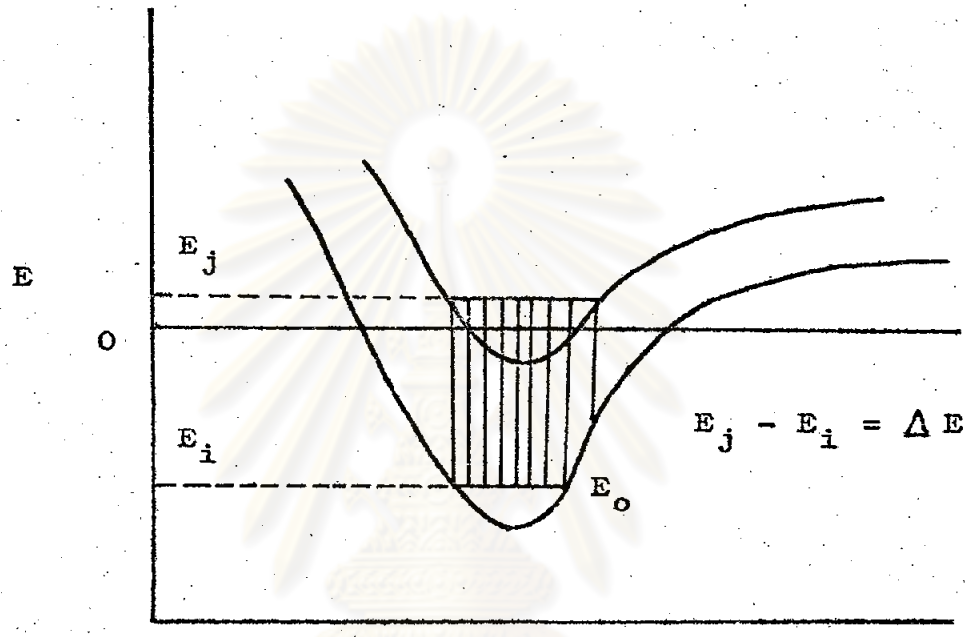
2. Excitation ของ legand ใน π- electrons

3. Charge transfer transition ระหว่าง legand และ metal

การดูดกลืนแสงจะอธิบายได้โดยสมการของ

$$E_j - E_i = \Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ถ้าจะเขียนการ excitationของ electrons จาก ground state ไปยัง excitation state โดยทฤษฎีของ anhamonic motion ของ Morse equation ของ Dissociation ของ metal legand molecule complex



รูปที่ 2 แสดงการ excitation ของ electrons จาก ground state ไปยัง exitaton state

ดังนั้นการดูดกลืนของแต่ละ Wave length ขึ้นกับคุณลักษณะเฉพาะของ Metal-Legand complex นั้น ๆ เช่น $Hg^{(II)}$ Dithizone Complex จะมี maximum absorption wave length 485 nm.

การหาปริมาณปรอทโดยวิธี Colorimetric Dithizone Method

สารเคมีที่ใช้ (Reagents)

1. 20% Hydroxylammonium chloride solution (W/V)
2. Dilute dishizone solution ใน CCl_4 (10 mg/l
3. 0.1 N Hydrochloric acid
4. 5% Sodium nitrite solution (W/V)
5. 10% Urea solution (W/V)
6. 2.5% EDTA solution (W/V)
7. 4N Acetic acid solution
8. Carbon tetrachloride
9. Standard mercury stock solution (1 ml.= 0.1 µg ของ Hg)

วิธีวิเคราะห์ (Procedure)

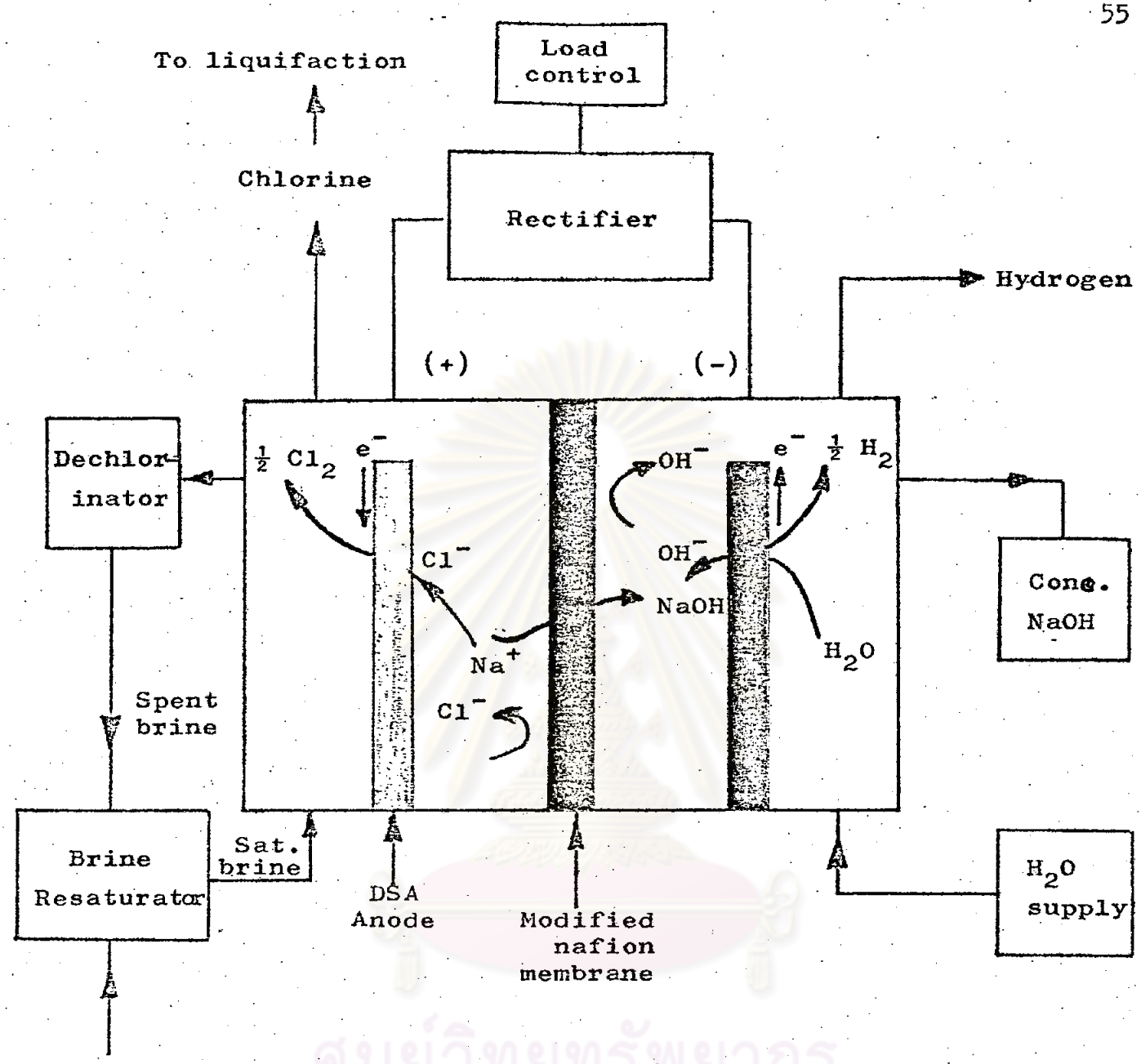
เอาตัวอย่างน้ำทำให้เป็นกรด (ใช้ 1 ml. ของตัวอย่างเติม HCl (Conc) 0.1 ml) ใส่ในseparating funnal 100 cc.แล้ว extract ด้วย dilute dithizone solution ครั้งละ 10ml. จน dithizone ไม่เปลี่ยนสี ไข dithizone เก็บไว้ใน separating funnel ใบที่ 2 เติม 10ml. ของ 0.1N HCl และ 1 ml.Sodium nitriteเขย่าประมาณ 1 นาที ไขเอาชั้นล่างออกทิ้งไป (ชั้น CCl_4), เติม 1 ml. ของ hydroxylammonium chloride solution ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เขย่าเป็นบางครั้ง เติม 1 ml. ของ Urea solution และ 1ml. ของ EDTA solution เขย่าด้วย 0.1 ml. dilute dithizone solutionแล้วถ่ายลงใน separating funnel ใบที่ 3 ซึ่งมี 4 N acetic acid อยู่ 10 ml. เพื่อเก็บ dithizone ที่ extract ได้ไม่ให้เปลี่ยนสี ไข dithizone ออกมา ทำเป็น 10 ml.ด้วย CCl_4 แล้วรีบเอาไปอ่าน spectrophotometerแบบ Unicam Sp.600 Seriesที่ 485 mµ โดยใช้ CCl_4 เป็น blank ตั้งที่ 100% T

ภาคผนวก ค.

แสดงแผนภาพของ Diaphragm cell

การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Diaphragm cell กับ Mercury cell

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 แสดงแผนภาพของไดอะแฟรมเซลล์ (Diaphragm Cell)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Diaphragm cell กับ Mercury cell

1. Hydrogen ที่ได้จากวิธี Diaphragm cell บริสุทธิ์มาก ส่วนวิธี Mercury cell จะมีปรอทปนอยู่

2. โซดาไฟจากวิธี Diaphragm cell มีเกลือแกงปนอยู่ด้วย ส่วนวิธี Mercury cell โซดาไฟจะมีปรอทปนอยู่ด้วย

3. D.C. power ที่ใช้ใน Diaphragm cell น้อยกว่าใช้ใน Mercury cell

4. การดำเนินงานของ Diaphragm cell ง่ายกว่า Mercury cell

5. ในขบวนการผลิตที่ใช้ Diaphragm cell ไม่มีการแพร่กระจายของปรอท ส่วน Mercury cell มีการแพร่กระจายของปรอท

6. ขบวนการต่อเนื่อง (Continuity of process) ของ Mercury cell ควบคุมได้ง่ายกว่า Diaphragm cell

7. ความเข้มข้นของโซดาไฟใน Mercury cell สูงกว่า ใน Diaphragm cell

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

แสดงตารางพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 ของกระทรวงอุตสาหกรรม เกี่ยวกับระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน

แสดงตาราง EPA Mercury Discharge Regulation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 กระทรวงอุตสาหกรรม เกี่ยวกับระบายน้ำทิ้งจากโรงงานดังนี้

BOD (5 วัน 20 °ซ.)	ไม่เกิน	20-60 ppm.
Suspended solids	"	30 ppm.
Dissolved solids	"	2,000 ppm.
pH value	ระหว่าง	5-9
Permanganate value	ไม่เกิน	60 ppm.
Sulfide (as H_2S)	"	1 ppm.
Cyanide (as HCN)	"	0.2 ppm.
Oil, grease and Tar		ไม่มี
Formaldehyde	ไม่เกิน	1 ppm.
Phenol and cresols	"	1 ppm.
Free chlorine	"	1 ppm.
Zinc	"	5 ppm.
Chromium	"	0.5 ppm.
Arsenic	"	0.25 ppm.
Copper	"	1 ppm.
Mercury	"	0.005 ppm.
Cadmium	"	0.03 ppm.
Barium	"	1 ppm.
Selenium	"	0.02 ppm.
Lead	"	0.2 ppm.
Nickel	"	0.2 ppm.
Manganese	"	5 ppm.
Insecticide	"	ไม่มี
Radioactive matorial	"	ไม่มี
Tempuature	"	40 °ซ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2. EPA MERCURY DISCHARGE REGULATIONS

Federal Register	Date	Applicable to	Standard
38 FR 8820*	4/06/73	Mercury ore processing facilities and chlor-alkali plants	2,300 gm/24-hour period
38 FR 35388 (proposed) (39 FR 10603 amendment)	12/27/73	Paper and allied products; oil and gas extraction; industrial organic or inorganic chemical; alkalis and chlorine; ferrous metal production; nonferrous metal smelting and rerefining; lumber and wood products; bituminous coal and lignite mining; storage or primary battery manufacturing; or metal mining facility discharging into navigable water	(1) Into streams, lakes, or estuaries with flow less than 10 cfs or lakes less than 500 acres --no discharges; (2) other streams and lakes--20 µg/ℓ per discharge or 1/10th this concentration when low flow is less than 10 times the waste flow; (3) other estuaries and all coastal waters-- 100 µg/ℓ per discharge or 1/10th this concentration where low flow is less than 10 times the waste flow; (4) stream--not to exceed 0.000162 times flow in cfs (or) 1.62 lbs/day; (5) lake--not to exceed 0.000135 times flow in cfs (or) 1.35 lbs/day; (6) estuary--not to exceed 0.00027 times flow in cfs (or) 2.70 lbs/day; (7) coastal water--not to exceed 0.000324 times flow in cfs (or) 3.24 lbs/day
38 FR 28610	10/15/73	Ocean dumping	No mercury except as trace contaminants
39 FR 38064	10/25/74	Wastewater treatment plant sludge incinerators	3,200 gm/24-hour period

*38 FR 8820 = Vol. 38, *Federal Register*, page 8820.

Note: This table does not include regulations dealing with pesticides. There have been and continue to be many such regulations, all involving either cancellation or suspension of pesticide use; however, limitations of time and space have precluded listing them here.

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณปรอทในสิ่งที่มีชีวิตตามมาตรฐาน EPA* กำหนด

	Livestock	Aquatic life	Wild life	Public supply
Hg Inorganic	1.0 µg/l	0.2 µg/l total conc. 0.05 µg/l avg. conc. 0.5 µg/g Body burden conc. tot. Hg.	0.5 µg/g in fish	0.002 µg/l total
Hg Organic		0.2 µg/l total conc. 0.05 µg/l avg. conc. 0.5 µg/g Body burden conc. tot. Hg.		

หมายเหตุ * US Environmental Protection Agency; "Proposed Criteria for Water Quality" Vol.I October, 1973

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายศัพท์ย่อและหน่วยที่ใช้

คำย่อ	คำเต็ม
ACGIH	The American Conference of Government Industrial Hygienists
EPA	The Environmental Protection Agency
FDA	The Food and Drug Administration
g	gram
kg	kilogram
l	litre
m	metre
mg	milligram
ml	millilitre
ng	nanogram
nm	nanometre
ppb	part per billion
ppm	part per million
N	Normality
µg	microgram

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นายสุรพันธ์ บริสุทธิ์

วุฒิการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2508

สถานที่ทำงาน กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย