ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

เลขอะตอมของสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปของแก้ว แบเรียม บิสมัท และตะกั่ว

ตารางที่ ก แสดงเลขอะตอมของสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วทั้ง 3 ชนิด

ชนิดของธาตุ	**เลขอะตอม**
ออกซิเจน (O)	15.9900
ซิลิกอน (Si)	28.0850
โบรอน (B)	10.8110
อะลูมิเนียม (Al)	26.9815
แคลเซียม (Ca)	40.0780
โซเดียม (Na)	22.9898
แบเรียม (Ba)	137.3270
บิสมัท (Bi)	208.9804
ตะกั่ว (Pb)	207.2000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การคำนวณมวลโมเลกุลของสารเคมีที่ใช้ในการขึ้นรูปของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัทและตะกั่ว

จากสูตรทางเคมีของแก้วทั้ง 3 ชนิด คือ

$(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : xBaO$

$(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : xBi_2O_3$

$(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : xPbO$

สูตร การคำนวณหามวลโมเลกุล (Molecular Weight; MW)

$$\text{Molecular Weight} = \frac{\text{Wt.fraction of element} \times \text{No. of Atomic weight of element}}{\text{Molecular weight of oxide}}$$

<u>ตัวอย่างเช่น</u> $(50\text{-}x)\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : xPbO$

กำหนดให้ x= 5% mol จะได้เป็น $(50\text{-}5)\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : 5PbO = 45\ SiO_2 : 15B_2O_3 : 2Al_2O_3 : 10CaO : 23Na_2O : 5PbO$

คำนวณหามวลโมเลกุลของสาร ดังนี้

$45\ SiO_2$ ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{45\ SiO_2}{100} = 0.45\ SiO_2$

มวลอะตอมของ Si = 28.087 มวลโมเลกุลของ O = 2 × (15.99)

Molecular Weight = 0.45× (1×28.087) + (2× 15.99) = 27.0295

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

15 B_2O_3 ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{15\ B_2O_3}{100} = 0.15\ B_2O_3$

มวลโมเลกุลของ B = 2× (10.811) มวลโมเลกุลของ O = 3 × (15.99)

Molecular Weight = 0.15× (2×10.811) + (3× 15.99) =10.483

2 Al_2O_3 ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{2\ Al_2O_3}{100} = 0.02\ Al_2O_3$

มวลโมเลกุลของ Al = 2x (26.9815) มวลโมเลกุลของ O = 3 x (15.99

Molecular Weight = 0.02× (12×26.9815) + (3× 15.99) = 2.0387

10 CaO ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{10\ CaO}{100} = 0.10\ CaO$

มวลอะตอมของ Ca = 40.078 มวลโมเลกุลของ O = 2 x (15.99)

Molecular Weight = 0.45× (1×40.087) + (2× 15.99) = 5.6068

23 Na_2O ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{23\ Na_2O}{100} = 0.23\ Na_2O$

มวลโมเลกุลของ Na = 2x (22.9898) มวลโมเลกุลของ O = 1 x (15.99)

Molecular Weight = 0.15× (1×10.811) + (1× 15.99) = 14.2503

5 PbO ทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำปริมาตร จะได้ $\frac{5PbO}{100} = 0.05\ PbO$

มวลอะตอมของ Pb = 207.2 มวลโมเลกุลของ O = 1 x (15.99)

Molecular Weight = 0.05× (1×207.2) + (1× 15.99) = 11.1595

∴ ผลรวมของ Molecular Weight = (27.0295 + 10.4833 + 2.0387+ 5.6068 + 14. 2503 + 11.1595)

= 70.5260

สามารถคำนวณมวลโมเลกุลของแก้วชนิดต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ข.1 คำนวณมวลโมเลกุลแบเรียมที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์โมล	ชนิดของสารประกอบ						
(% mol)	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	BaO	Total MW
0	30.0325	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	0.0000	62.3698
0.05	27.0293	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	7.6659	67.0324
0.10	24.0260	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	15.3317	71.6950
0.15	21.0228	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	22.9976	76.3576
0.20	18.0195	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	30.6634	81.0202

ตารางที่ ข. 2 คำนวณมวลโมเลกุลของบิสมัทที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์โมล	ชนิดของสารประกอบ						
(% mol)	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	Bi_2O_3	Total MW
0	30.0325	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	0.0000	62.3698
0.05	27.0293	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	23.2965	82.6631
0.10	24.0260	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	46.5931	102.9563
0.15	21.0228	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	69.8896	123.2496
0.20	18.0195	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	93.1862	143.5429

ตารางที่ ข. 3 คำนวณมวลโมเลกุลของตะกั่วที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์โมล	ชนิดของสารประกอบ						
(% mol)	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	PbO	Total MW
0	30.0325	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	0.0000	62.3698
0.05	27.0293	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	11.1595	70.5260
0.10	24.0260	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	22.319	78.6823
0.15	21.0228	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	33.4785	86.8385
0.20	18.0195	10.4388	2.0387	5.6068	14.2530	44.638	94.9948

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การคำนวณเศษส่วนโมลของสารเคมีที่ใช้ในการขึ้นรูปของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัทและตะกั่ว

จากสูตรทางเคมีของแก้วทั้ง 3 ชนิด คือ

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xBaO

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xBi_2O_3

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xPbO

สูตร การคำนวณหาเศษส่วนโมล (Weight Fraction)

$$\text{เศษส่วนโมล} = \frac{\text{โมลของสาร}}{\text{จำนวนโมลรวม}} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของสาร}}{\text{มวลโมเลกุลรวม}}$$

<u>ตัวอย่างเช่น</u> (50-x) SiO_2: $15B_2O$:$2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xPbO

กำหนดให้ x= 5% mol จะได้เป็น (50-5) SiO_2 : $15B_2O$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: 5PbO = 45 SiO_2: $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: 5PbO

โมเลกุลของสารแต่ละชนิด มีดังนี้

45 SiO_2 = 27.0295

$15B_2O_3$ = 10.4833

$2Al_2O_3$ = 2.0387

10CaO = 5.6068

$23Na_2O$ = 14.2503

5PbO = 11.1595

จำนวนโมเลกุลรวม = 70.5260

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Weight fraction of } SiO_2 = \frac{27.0295}{70.5260} = 0.3833$$

$$\text{Weight fraction of } B_2O_3 = \frac{10.4833}{70.5260} = 0.1480$$

$$\text{Weight fraction of } Al_2O_3 = \frac{2.0387}{70.5260} = 0.0289$$

$$\text{Weight fraction of CaO} = \frac{5.6068}{70.5260} = 0.0795$$

$$\text{Weight fraction of } Na_2O = \frac{14.2503}{70.5260} = 0.2021$$

$$\text{Weight fraction of PbO} = \frac{11.1595}{70.5260} = 0.1582$$

สามารถคำนวณเศษส่วนโมลของแก้วชนิดต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ค. 1 คำนวณเศษส่วนโมลของแบเรียมที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (% mol)	ชนิดของสารประกอบ						
	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	BaO	ผลรวมเศษส่วนโมล
0	0.4815	0.1674	0.0327	0.0899	0.2285	0.0000	1.0000
5	0.4032	0.1557	0.0304	0.0836	0.2126	0.1144	1.0000
10	0.3351	0.1456	0.0284	0.0782	0.1988	0.2138	1.0000
15	0.2753	0.1367	0.0267	0.0734	0.1867	0.3012	1.0000
20	0.2224	0.1288	0.0252	0.0692	0.1759	0.3785	1.0000

ตารางที่ ค. 2 คำนวณเศษส่วนโมลของบิสมัทที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (% mol)	ชนิดของสารประกอบ						
	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	Bi_2O_3	ผลรวมเศษส่วนโมล
0	0.4815	0.1674	0.0327	0.0899	0.2285	0.0000	1.0000
5	0.3270	0.1263	0.0247	0.0678	0.1724	0.2818	1.0000
10	0.2334	0.1014	0.0198	0.0545	0.1384	0.4526	1.0000
15	0.1706	0.0847	0.0165	0.0455	0.1156	0.5671	1.0000
20	0.1255	0.0727	0.0142	0.0391	0.0993	0.6492	1.0000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค. 3 คำนวณเศษส่วนโมลของตะกั่วที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (% mol)	ชนิดของสารประกอบ						
	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	Na_2O	PbO	ผลรวมเศษส่วนโมล
0	0.4815	0.1674	0.0327	0.0899	0.2285	0.0000	1.0000
5	0.3833	0.1480	0.0289	0.0795	0.2021	0.1582	1.0000
10	0.3054	0.1327	0.0259	0.0713	0.1811	0.2837	1.0000
15	0.2421	0.1202	0.0235	0.0646	0.1641	0.3855	1.0000
20	0.1897	0.1099	0.0215	0.0590	0.1500	0.4699	1.0000

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การคำนวณการชั่งน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการขึ้นรูปของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัทและตะกั่ว

จากสูตรทางเคมีของแก้วทั้ง 3 ชนิด คือ

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xBaO

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xBi_2O_3

(50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xPbO

จากงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ขึ้นรูปแก้วสำหรับเป็นแบบเพื่อนำไปพัฒนาให้สามารถใช้งานได้จริงในอนาคต จึงได้ทำขึ้นรูปแก้ว ที่มีขนาด 1x 1.5x 3 mm. จะใช้เนื้อสารทั้งสิ้น 30 กรัม สามารถคำนวณสารที่จะใช้ในงานวิจัยได้ดังนี้

<u>ตัวอย่างเช่น</u> (50-x) SiO_2 : $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: xPbO

กำหนดให้ x = 5% mol จะได้เป็น (50-5) SiO_2: $15B_2O_3$:$2Al_2O_3$: 10CaO: $23Na_2O$: 5PbO

= 45 SiO_2: $15B_2O_3$: $2Al_2O_3$: 10CaO : $23Na_2O$: 5PbO ต้องการสารทั้งสิ้น 30 กรัม

$$\text{Weight fraction of } SiO_2 = \frac{27.0295}{70.5260} = 0.3833$$

$$\text{Weight fraction of } B_2O_3 = \frac{10.4833}{70.5260} = 0.1480$$

$$\text{Weight fraction of } Al_2O_3 = \frac{2.0387}{70.5260} = 0.0289$$

$$\text{Weight fraction of CaO} = \frac{5.6068}{70.5260} = 0.0795$$

$$\text{Weight fraction of } Na_2O = \frac{14.2503}{70.5260} = 0.2021$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Weight fraction of PbO $= \frac{11.1595}{70.5260} = 0.1582$

สารที่ต้องชั่งน้ำหนักมีปริมาตร ดังนี้

$45\ SiO_2 = 0.3833 \times 30 = 11.4976$

$15B_2O_3 = 0.1480 \times 30 = 4.4404$

$2Al_2O_3 = 0.0289 \times 30 = 0.8672$

$10CaO = 0.0795 \times 30 = 2.3850$

$23Na_2O = 0.2021 \times 30 = 6.0630$

$5PbO = 0.1582 \times 30 = 4.7470$

เนื่องมาจากว่าสารประกอบบางชนิดมีราคาสูงและหาได้ยาก ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สารบางตัวที่สามารถเปลี่ยนรูปของสารประกอบออกไซด์เป็นสารที่ต้องการได้ มีดังนี้

B_2O_3 จะใช้ H_3BO_3 แทน Na_2O จะใช้ Na_2CO_3แทน

- คำนวณ H_3BO_3ที่จะต้องใช้ดังนี้

$$\frac{H_3BO_3}{B_2O_3} = \frac{(3\times1) + (1\times10.0811) + (3\times 15.99)}{(2\times10.811) + (3\times15.99)} = \frac{61.781}{69.592} = 0.8878$$

จาก $15B_2O_3 = 0.1480 \times 30 = 4.4404$

∴ จะต้องชั่ง H_3BO_3 ทั้งสิ้น $= 4.4404 \times 0.8878$

$= 3.9420$ g.

- คำนวณ Na_2CO_3ที่จะต้องใช้ดังนี้

$$\frac{Na_2CO_3}{Na_2O} = \frac{(2\times22.9898) + (1\times12.0107) + (3\times15.99)}{(2\times22.9898) + (1\times15.99)} = \frac{105.9603}{61.9696} = 1.7099$$

จาก $23Na_2O = 0.2021 \times 30 = 6.0629$

∴ จะต้องชั่ง Na_2CO_3 ทั้งสิ้น $= 6.063 \times 1.7099$

$= 10.3670$ g.

ปริมาตรของสารที่ต้องชั่งทั้งหมด $= (11.4976 + 3.9420 + 0.8672 + 2.3850 + 10.3670 + 4.7470)$

$= 33.8058$ g.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **ง. 1** แสดงปริมาตรของสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วที่เติมแบเรียม

เปอร์เซ็นต์โมล (%mol)	ปริมาตรของสารประกอบ (g)						
	SiO_2	H_3BO_3	Al_2O_3	CaO	Na_2CO_3	BaO	Total
0	14.4457	4.4575	0.9806	2.6969	11.7224	0.0000	34.3031
5	12.0968	3.9420	0.8672	2.3850	10.3668	3.4308	33.0886
10	10.0534	3.5334	0.7773	2.1378	9.2921	6.4154	32.2094
15	8.2596	3.2015	0.7043	1.9370	8.4194	9.0355	31.5572
20	6.6722	2.9266	0.6438	1.7707	7.6965	11.3540	31.0638

ตารางที่ **ง.2** แสดงปริมาตรของสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วที่เติมบิสมัท

เปอร์เซ็นต์โมล (%mol)	ปริมาตรของสารประกอบ (g)						
	SiO_2	H_3BO_3	Al_2O_3	CaO	Na_2CO_3	Bi_2O_3O	Total
0	14.4457	4.4575	0.9806	2.6969	11.7224	0.0000	34.3031
5	9.8094	3.9420	0.8672	2.3850	10.3668	8.4548	35.8251
10	7.0008	3.5334	0.7773	2.1378	9.2921	13.5766	36.3180
15	5.1171	3.2015	0.7043	1.9370	8.4194	17.0117	36.3910
20	3.7660	2.9266	0.6438	1.7707	7.6965	19.4756	36.2792

ตารางที่ **ง. 3** แสดงปริมาตรของสารประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วที่เติมตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์โมล (%mol)	ปริมาตรของสารประกอบ (g)						
	SiO_2	H_3BO_3	Al_2O_3	CaO	Na_2CO_3	PbO	Total
0	14.4457	4.4575	0.9806	2.6969	11.7224	0.0000	34.3031
5	11.4976	3.9420	0.8672	2.3850	10.3668	4.7470	33.8055
10	9.1606	3.5334	0.7773	2.1378	9.2921	8.5098	33.4110
15	7.2627	3.2015	0.7043	1.9370	8.4194	11.5658	33.0906
20	5.6907	2.9266	0.6438	1.7707	7.6965	14.0970	32.8253

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

การวัดค่าความหนาแน่นของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัท ตะกั่ว และ กระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ จ.1 แสดงค่าน้ำหนักและความหนาแน่นของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	น้ำหนักชั่งในอากาศ M_1 (g)	น้ำหนักชั่งในน้ำ M_2 (g)	ผลต่าง $M_1 - M_2$ (g)	ความหนาแน่น (g/Cm^3)	ความหนาแน่นเฉลี่ย ($D_{average}$)	ค่าเบี่ยงเบน (SD)	SD Error
0%	1	16.7057	10.2195	6.4862	2.5756	2.5754	0.0002	0.00
	2	16.7062	10.2188	6.4874	2.5752			
	3	16.7051	10.2185	6.4866	2.5753			
5%	1	20.3969	13.0188	7.3781	2.7645	2.7646	0.0002	0.00
	2	20.2963	13.0195	7.3768	2.7649			
	3	20.3964	13.0184	7.378	2.7645			
10%	1	21.6268	14.2427	7.3841	2.9288	2.9288	0.00003	0.00
	2	21.6272	14.2429	7.3843	2.9288			
	3	21.6269	14.2426	7.3843	2.9288			
15%	1	19.8760	13.3000	6.576	3.0225	3.0222	0.0003	0.00
	2	19.8760	13.2991	6.5769	3.0221			
	3	19.8762	13.2990	6.5772	3.0220			
20%	1	14.0331	9.5241	4.509	3.1122	3.1123	0.0005	0.00
	2	14.0320	9.5242	4.5078	3.1128			
	3	14.0330	9.5236	4.5094	3.1119			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ.2 แสดงค่าน้ำหนักและความหนาแน่นของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	น้ำหนักชั่ง ในอากาศ M_1 (g)	น้ำหนักชั่งในน้ำ M_2 (g)	ผลต่าง $M_1 - M_2$ (g)	ความหนาแน่น (g/Cm^3)	ความหนาแน่นเฉลี่ย ($D_{average}$)	ค่าเบี่ยงเบน (SD)	SD Error
0%	1	16.7057	10.2195	6.4862	2.5756	2.5754	0.0002	0.00
	2	16.7062	10.2188	6.4874	2.5752			
	3	16.7051	10.2185	6.4866	2.5753			
5%	1	23.9227	16.1861	7.7366	3.0921	3.0918	0.0005	0.00
	2	23.9230	16.1862	7.7368	3.0921			
	3	23.9245	16.1850	7.7395	3.0912			
10%	1	26.3358	18.9530	7.3828	3.5672	3.5674	0.0002	0.00
	2	26.3363	18.9539	7.3824	3.5674			
	3	26.3372	18.9548	7.3824	3.5676			
15%	1	25.0582	18.5372	6.5210	3.8427	3.8426	0.0001	0.00
	2	25.0588	18.5373	6.5215	3.8425			
	3	25.0584	18.5372	6.5212	3.8426			
20%	1	26.2741	19.8278	6.4463	4.0758	4.0762	0.0007	0.00
	2	26.2742	19.8277	6.4465	4.0757			
	3	26.2712	19.8273	6.4439	4.0769			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ จ.3 แสดงค่าน้ำหนักและความหนาแน่นของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	น้ำหนักชั่ง ในอากาศ	น้ำหนักชั่งในน้ำ	ผลต่าง	ความหนาแน่น (g/Cm^3)	ความหนาแน่นเฉลี่ย ($D_{average}$)	ค่าเบี่ยงเบน (SD)	SD Error
		M_1 (g)	M_2 (g)	$M_1 - M_2$ (g)				
0%	1	16.7057	10.2195	6.4862	2.5756			0.00
	2	16.7062	10.2188	6.4874	2.5752	2.5754	0.0002	
	3	16.7051	10.2185	6.4866	2.5753			
5%	1	21.4750	14.0446	7.4304	2.8902			0.00
	2	21.4753	14.0456	7.4297	2.8905	2.8903	0.0002	
	3	21.4751	14.0452	7.4299	2.8904			
10%	1	23.4402	16.2566	7.1836	3.2630			0.00
	2	23.4408	16.2568	7.1840	3.2629	3.2629	0.0001	
	3	23.4409	16.2565	7.1844	3.2627			
15%	1	24.4854	17.0979	7.3875	3.3144			0.00
	2	24.4859	17.0981	7.3878	3.3144	3.3142	0.0004	
	3	24.4869	17.0975	7.3894	3.3138			
20%	1	27.5671	19.6841	7.8830	3.4970			0.00
	2	27.5661	19.6858	7.8803	3.4981	3.4975	0.0005	
	3	27.5678	19.6854	7.8824	3.4974			

ตารางที่ จ.4 แสดงค่าน้ำหนักและความหนาแน่นของกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	น้ำหนักชั่งในอากาศ	น้ำหนักชั่งในน้ำ	ผลต่าง	ความหนาแน่น (g/Cm^3)	ความหนาแน่นเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	SD Error
		M_1 (g)	M_2 (g)	$M_1 - M_2$ (g)		$D_{average}$	SD	
	1	12.3581	8.5560	3.8021	3.2503			
	2	12.3588	8.5562	3.8026	3.2501	3.2510	0.00	0.00
	3	12.3555	8.5567	3.7988	3.2525			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฉ

การวัดค่าความแข็งของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัท ตะกั่ว และ กระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ ฉ. 1 ผลการวัดค่าความแข็งของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	ค่าความแข็ง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	513.7	517.2	3.68	0.01
	2	522.4			
	3	514.8			
	4	519.5			
	5	515.2			
5%	1	563.7	564.24	1.61	0.00
	2	566.1			
	3	565.3			
	4	564.2			
	5	561.9			
10%	1	523.7	526.36	2.71	0.01
	2	524.7			
	3	528.7			
	4	524.9			
	5	529.8			
15%	1	579.9	577.02	3.11	0.01
	2	575.3			
	3	572.4			
	4	578.7			
	5	578.8			
20%	1	657.1	656.42	2.49	0.00
	2	652.8			
	3	659.5			
	4	655.4			
	5	657.3			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ฉ. 2 ผลการวัดค่าความแข็งของแก้วที่มีส่วนผสมของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	ค่าความแข็ง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	513.7	517.12	3.68	0.01
	2	522.4			
	3	514.8			
	4	519.5			
	5	515.2			
5%	1	577.8	577.34	2.80	0.00
	2	578.8			
	3	572.4			
	4	578.9			
	5	578.8			
10%	1	598.8	595.46	3.10	0.01
	2	598.7			
	3	592.5			
	4	594.5			
	5	592.8			
15%	1	693.8	694.4	2.62	0.00
	2	691.7			
	3	692.4			
	4	696.1			
	5	698.0			
20%	1	619.6	616.82	3.42	0.01
	2	612.5			
	3	620.8			
	4	616.5			
	5	614.7			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ฉ. 3 ผลการวัดค่าความแข็งของแก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	ค่าความแข็ง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	513.7	517.12	3.68	0.01
	2	522.4			
	3	514.8			
	4	519.5			
	5	515.2			
5%	1	575.4	579.14	4.10	0.01
	2	585.3			
	3	575.6			
	4	580.7			
	5	578.7			
10%	1	598.7	597.56	2.93	0.00
	2	597.8			
	3	599.9			
	4	592.5			
	5	598.9			
15%	1	578.8	578.82	1.61	0.00
	2	579.9			
	3	576.1			
	4	579.2			
	5	580.1			
20%	1	592.7	588.06	3.97	0.01
	2	587.7			
	3	582.4			
	4	586.7			
	5	590.8			

ตารางที่ ฉ. 4 ผลการวัดค่าความแข็งของแก้วที่มีส่วนผสมของกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%)	ครั้งที่	ค่าความแข็ง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
	1	437.0	433.18	7.3863	0.02
	2	420.5			
	3	432.8			
	4	437.7			
	5	437.9			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ช

การวัดค่าความเข้มของรังสีแกมมาของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัท ตะกั่ว และกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ ช .1 ผลการวัดค่าความเข้มของรังสีของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี				ความหนา	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
ไม่มีแก้วกันรังสี	1671168	1671138	1671228	1671178	-	
0%	157752	157754	157756	1577562	0.3	0.1922
5%	1579538	1570556	1570535	1570543	0.3	0.2070
10%	156400	1563975	1564025	1564000	0.3	0.2209
15%	1559809	1559838	1559810	1559819	0.3	0.2299
20%	1555259	1555261	1555233	1555251	0.3	0.2396

ตารางที่ ช.2 ผลการวัดค่าความเข้มของรังสีของแก้วที่มีส่วนผสมของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี				ความหนา	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
ไม่มีแก้วกันรังสี	1671168	1671138	1671228	1671178	-	
0%	157752	157754	157756	1577562	0.3	0.1922
5%	1544220	1544249	1544249	1544239	0.3	0.2633
10%	1515135	1515130	1515350	1515345	0.3	0.3263
15%	1499300	1499284	1499303	1499246	0.3	0.3618
20%	1482732	1482748	1482755	1482745	0.3	0.3988

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ช.3 ผลการวัดค่าความเข้มของรังสีของแก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี				ความหนา	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
ไม่มีแก้วกันรังสี	1671168	1671138	1671228	1671178	-	
0%	157752	157754	157756	1577562	0.3	0.1972
5%	1560132	1560138	1560138	1560138	0.3	0.2292
10%	1536838	15368355	156877	1536850	0.3	0.2793
15%	1529980	1529972	1530012	1529988	0.3	0.2942
20%	1520123	1520103	152100	1520199	0.3	0.3158

ตารางที่ ช.4 ผลการวัดค่าความเข้มของรังสีของแก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี				ความหนา	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		
ไม่มีแก้วกันรังสี	1671168	1671138	1671228	1671178	-	
กระจกตะกั่ว	1542875	1542900	1542851	1542875	0.3	0.2663

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ซ

การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp 100 mA 2 sec ของแก้วที่มีส่วนผสมของ แบเรียม บิสมัท ตะกั่ว และ กระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ ซ.1 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp 100 mA 2 sec ของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	10291	9890	9897	10026
0%	9817	9715	9715	9749
5%	9253	9392	9494	9380
10%	9072	9098	9052	9074
15%	9038	8898	8877	8938
20%	8873	8774	8870	8839

ตารางที่ ซ.2 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp 100 mA 2 sec ของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	10291	9890	9897	10026
0%	9817	9715	9715	9749
5%	8593	8579	8546	8573
10%	7897	7917	7897	7904
15%	7642	7642	7400	7561
20%	7087	7155	7060	7101

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ซ.3 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp 100 mA 2 sec ของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	10291	9890	9897	10026
0%	9817	9715	9715	9749
5%	8735	8678	8690	8701
10%	8347	8260	8277	8295
15%	8236	8236	8120	8197
20%	8105	7950	8186	8080

ตารางที่ ซ.4 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp 100 mA 2 sec ของกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	10291	9890	9897	10026
กระจกตะกั่ว	8532	8411	8487	8477

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฌ

การวัดค่าความเข้มของสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 kvp 100 mA 2 sec ของแก้วที่มีส่วนผสมของ แบเรียม บิสมัท ตะกั่ว และ กระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ ฌ.1 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 kVp 100 mA 2 sec ของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	2020	2020	2113	2051
0%	1935	1916	1935	1929
5%	1854	1877	1854	1862
10%	1769	1781	1781	1777
15%	1699	1688	1601	1663
20%	1551	1551	1577	1560

ตารางที่ ฌ.2 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 kVp 100 mA 2 sec ของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	2020	2020	2113	2051
0%	1935	1916	1935	1929
5%	1359	1377	1305	1347
10%	1047	1047	1030	1041
15%	849	896	849	865
20%	714	545	444	568

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ฌ.3 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 kVp 100 mA 2 sec ของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	2020	2020	2113	2051
0%	1935	1916	1935	1929
5%	1466	1465	1431	1454
10%	1240	1223	1229	1231
15%	1175	1186	1167	1176
20%	1148	1093	1093	1111

ตารางที่ ฌ.4 การวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 kVp 100 mA 2 sec ของกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์เข้มข้นเป็นโมล (% mol)	ความเข้มของรังสี			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ไม่มีแก้วกันรังสี	2020	2020	2113	2051
กระจกตะกั่ว	1416	1407	1406	1410

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ญ

การวัดค่าดรรชนีหักเหแสงของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม, บิสมัท,ตะกั่ว และ กระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

ตารางที่ ญ. 1 ผลการวัดค่าดรรชนีหักเหแสงของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)	ครั้งที่	ค่าดรรชนีหักเหแสง (RI)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	1.5362	1.5365	0.0004	0.00
	2	1.5370			
	3	1.5364			
5%	1	1.5548	1.5547	0.0001	0.00
	2	1.5548			
	3	1.5546			
10%	1	1.5652	1.5656	0.0004	0.00
	2	1.5656			
	3	1.5660			
15%	1	1.5724	1.5730	0.0005	0.00
	2	1.5732			
	3	1.5734			
20%	1	1.5786	1.5789	0.0003	0.00
	2	1.5792			
	3	1.5790			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ญ. 2 ผลการวัดค่าดรรชนีหักเหแสงของแก้วที่มีส่วนผสมของบิสมัท

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)	ครั้งที่	ค่าดรรชนีหักเหแสง (RI)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	1.5362	1.5365	0.0004	0.00
	2	1.5370			
	3	1.5364			
5%	1	1.6050	1.6049	0.0001	0.00
	2	1.6048			
	3	1.6050			
10%	1	1.6506	1.6507	0.0001	0.00
	2	1.6508			
	3	1.6508			
15%	1	NA	NA	NA	
	2	NA			
	3	NA			
20%	1	NA	NA	NA	
	2	NA			
	3	NA			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ญ. 3 ผลการวัดค่าดรรชนีหักเหแสงของแก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)	ครั้งที่	ค่าดรรชนีหักเหแสง (RI)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	SD Error
0%	1	1.5362	1.5365	0.0004	0.00
	2	1.5370			
	3	1.5364			
5%	1	1.5362	1.5365	0.0004	0.00
	2	1.5370			
	3	1.5364			
10%	1	1.5678	1.5674	0.0003	0.00
	2	1.5672			
	3	1.5672			
15%	1	1.5982	1.5980	0.0002	0.00
	2	1.5978			
	3	1.5980			
20%	1	1.6200	1.6193	0.0012	0.00
	2	1.6200			
	3	1.6180			

ตารางที่ ญ. 4 ผลการวัดค่าดรรชนีหักเหแสงของแก้วที่มีส่วนผสมของกระจกตะกั่วที่ใช้ในแผนกรังสีวิทยา

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)	ครั้งที่	ค่าดรรชนีหักเหแสง (RI)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	1.5654	1.5653	0.00
	2	1.5652		
	3	1.5654		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฎ

การคำนวณราคาสารเคมีของแก้วที่มีส่วนผสมของแบเรียม บิสมัท และตะกั่ว

ตารางที่ ฎ. 1 แสดงค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์แก้วที่เติมแบเรียมที่มีขนาด 15×15×0.7 เซนติเมตร

ชนิดของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)				
	0%	5%	10%	15%	20%
- เบ้าหลอมทำจากอลูมินา (Alumina crucibles) สาร 512.0325 กรัม ใช้ Alumina crucibles ทั้งสิ้น 10 ใบ	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100
ราคาสารเคมี*					
1. $BaCo_3$	0	21.48	40.17	56.58	71.09
2. Bi_2O_3	-	-	-	-	-
3. PbO	-	-	-	-	-
4. ทรายแก้ว	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
5. Al_2O_3	2.68	2.49	2.33	2.19	2.06
6. CaO	8.29	7.71	7.21	6.77	6.38
7. Na_2CO_3	25.72	23.93	22.38	21.01	19.80
8. H_3BO_3	38.89	36.18	33.83	29.93	29.93
รวมค่าสารเคมี (ต่อ 1 แผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	75.66	91.87	105.97	118.35	129.31
แก้วที่เติมบิสมัท	-	-	-	-	-
แก้วที่เติม ตะกั่ว	-	-	-	-	-
ค่าไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 26.4 หน่วย คิดค่าไฟ 15 หน่วยแรก ในอัตรา 1.8632 บาท = (15×1.8632) = 27.9480 บาท	56.83	56.83	56.83	56.83	56.83

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.5026 บาท (10×2.5026) =25.0260 บาท คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.7549 บาท (1.4×2.7549) = 3.8569 บาท ∴ ใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 27.9480 + 25.0260 + 3.8569 = **56.8309**					
ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง คิดเป็น 0.01% ของราคาเครื่อง เตาเผาราคา 40,000 บาท ∴ ค่าเสื่อมราคา = $\frac{0.01 \times 40,000}{100}$ = **4 บาท**					
ราคารวม(ต่อแผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	100 + 75.66 + 56.83 + 4 = **236.49**	100 + 91.87 + 56.83 + 4 = **252.70**	100 + 105.97 + 56.83 + 4 = **266.80**	100 + 118.35 + 56.83 + 4 = **279.18**	100 + 129.31 + 56.83 + 4 = **290.14**
แก้วที่เติมบิสมัท	-	-	-	-	-
แก้วที่เติม ตะกั่ว	-	-	-	-	-
*หมายเหตุ ราคาสารเคมี $BaCo_3$ 100 g. = 30 บาท CaO 250 g. = 45 บาท Na_2CO_3 350 g. = 45 บาท H_3BO_3 450 g. = 230 บาท Bi_2O_3 500 g. = 2470 บาท PbO 250 g. = 2865 บาท ทรายแก้ว 1000 kg. = 350 บาท Al_2O_3 500 g. = 80 บาท					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ภ. 2 แสดงค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์แก้วที่เติมแบเรียมที่มีขนาด 15×15×0.7 เซนติเมตร

ชนิดของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)				
	0%	5%	10%	15%	20%
- เบ้าหลอมทำจากอลูมินา (Alumina crucibles) สาร 512.0325 กรัม ใช้ Alumina crucibles ทั้งสิ้น 10 ใบ	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100
ราคาสารเคมี*					
9. $BaCo_3$	0	-	-	-	-
10. Bi_2O_3	0	712.86	1144.70	1434.34	1642.08
11. PbO	0	-	-	-	-
12. ทรายแก้ว	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
13. Al_2O_3	2.68	2.02	1.62	1.36	1.16
14. CaO	8.29	6.25	5.02	4.19	3.60
15. Na_2CO_3	25.72	19.41	15.58	13.02	11.18
16. H_3BO_3	38.89	29.34	23.56	19.68	16.90
รวมค่าสารเคมี (ต่อ 1 แผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	-	-	-	-	-
แก้วที่เติมบิสมัท	75.66	769.94	1190.53	1472.61	1674.94
แก้วที่เติม ตะกั่ว	-	-	-	-	-
ค่าไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 26.4 หน่วย คิดค่าไฟ 15 หน่วยแรก ในอัตรา 1.8632 บาท = (15×1.8632) = 27.9480 บาท คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.5026 บาท (10×2.5026) =25.0260 บาท คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.7549 บาท (1.4×2.7549) = 3.8569 บาท ∴ ใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 27.9480 + 25.0260 + 3.8569 =	56.83	56.83	56.83	56.83	56.83

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

56.8309					
ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง คิดเป็น 0.01% ของราคาเครื่อง เตาเผาราคา 40,000 บาท ∴ ค่าเสื่อมราคา = $\frac{0.01 \times 40,000}{100}$ = **4 บาท**					
ราคารวม(ต่อแผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	-	-	-	-	-
แก้วที่เติมบิสมัท	100 + 75.66 + 56.83 + 4 = **236.49**	100 + 769.94 + 56.83 + 4 = **930.77**	100 + 1190.53 + 56.83 + 4 = **1351.36**	100 + 1472.61+ 56.83 + 4 = **1633.44**	100 + 1674.94 + 56.83 + 4 = **1835.77**
แก้วที่เติม ตะกั่ว	-	-	-	-	-
*หมายเหตุ ราคาสารเคมี $BaCo_3$ 100 g. = 30 บาท CaO 250 g. = 45 บาท Na_2CO_3 350 g. = 45 บาท H_3BO_3 450 g. = 230 บาท Bi_2O_3 500 g. = 2470 บาท PbO 250 g. = 2865 บาท ทรายแก้ว 1000 kg. = 350 บาท Al_2O_3 500 g. = 80 บาท					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ฎ.3 แสดงค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์แก้วที่เติมตะกั่วที่มีขนาด 15×15×0.7 เซนติเมตร

ชนิดของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น (%mol)				
	0%	5%	10%	15%	20%
- เบ้าหลอมทำจากอลูมินา (Alumina crucibles) สาร 512.0325 กรัม ใช้ Alumina crucibles ทั้งสิ้น 10 ใบ	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100	10×10= 100
ราคาสารเคมี*					
17. $BaCo_3$	0	-	-	-	-
18. Bi_2O_3	0	-	-	-	-
19. PbO	0	928.49	1664.49	2262.22	2757.32
20. ทรายแก้ว	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
21. Al_2O_3	2.68	2.37	2.12	1.92	1.76
22. CaO	8.29	7.33	6.57	5.95	5.44
23. Na_2CO_3	25.72	22.75	20.39	18.48	16.89
24. H_3BO_3	38.89	34.39	30.82	27.93	25.53
รวมค่าสารเคมี (ต่อ 1 แผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	-	-	-	-	-
แก้วที่เติมบิสมัท	-	-	-	-	-
แก้วที่เติม ตะกั่ว	76.55	995.39	1724.44	2316.55	2806.97
ค่าไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 26.4 หน่วย คิดค่าไฟ 15 หน่วยแรก ในอัตรา 1.8632 บาท = (15×1.8632) = 27.9480 บาท คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.5026 บาท (10×2.5026) =25.0260 บาท คิดค่าไฟ 10 หน่วยถัดไป ในอัตรา 2.7549 บาท	56.83	56.83	56.83	56.83	56.83

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1.4×2.7549) = 3.8569 บาท ∴ ใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 27.9480 + 25.0260 + 3.8569 = **56.8309**					
ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง คิดเป็น 0.01% ของราคาเครื่อง เตาเผาราคา 40,000 บาท ∴ ค่าเสื่อมราคา = $\frac{0.01 \times 40,000}{100}$ = **4 บาท**					
ราคารวม(ต่อแผ่น)					
แก้วที่เติมแบเรียม	-	-	-	-	-
แก้วที่เติมบิสมัท	-	-	-	-	-
แก้วที่เติม ตะกั่ว	100 + 75.66 + 56.83 + 4 = **236.49**	100 + 995.39 + 56.83 + 4 = **1156.22**	100 + 1724.44 + 56.83 + 4 = **1885.27**	100 + 2316.55+ 56.83 + 4 = **2477.38**	100 + 2757.32 + 56.83 + 4 = **2967.80**
*หมายเหตุ ราคาสารเคมี $BaCo_3$ 100 g. = 30 บาท CaO 250 g. = 45 บาท Na_2CO_3 350 g. = 45 บาท H_3BO_3 450 g. = 230 บาท Bi_2O_3 500 g. = 2470 บาท PbO 250 g. = 2865 บาท ทรายแก้ว 1000 kg. = 350 บาท Al_2O_3 500 g. = 80 บาท					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาว ศิริประภา แก้วแจ้ง

วัน เดือน ปีเกิด 14 ธันวาคม 2528

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนธีรธาดา จังหวัดพิษณุโลก

ปีการศึกษา 2543

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก

ปีการศึกษา 2546

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขารังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved