

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาและในปัจจุบันได้มีการศึกษาการเกี่ยวกับการชนกันของไอออนหนักและได้ทำการสังเกตและศึกษาพฤติกรรมการไหลของอนุภาคในการชนกันของไอออนหนักเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางนิวเคลียร์ของสสารและสมการสถานะนิวเคลียร์ ซึ่งในหลายงานวิจัยที่มีการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงสมการสถานะที่มีผลต่อรูปแบบการปลดปล่อยของอนุภาคในสสารนิวเคลียร์ และสำหรับงานวิจัยของเราได้ทำการศึกษาการไหลเชิงตรง (v_1) และค่าการไหลเชิงวงรี (v_2) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของแรพิดิตีศูนย์กลางในการชนกันของ $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm ($0 < b < 4.3245$), 4.3245 ถึง 5.9804 fm ($4.3245 < b < 5.9804$) และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm ($5.9804 < b < 7.3089$) โดยใช้แบบจำลอง QMD โดยผลการคำนวณเทียบกับ [37] เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของสมการสถานะในสสารนิวเคลียร์ และดูผลของการไหลของโปรตอนทีพารามิเตอร์ตกกระทบสามช่วง ซึ่งค่าพารามิเตอร์ตกกระทบนั้นจะบ่งบอกถึงขนาดของพื้นที่ที่เกิดปฏิกิริยาในการชนกันของ $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$ โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

1. จำลองการชนของอนุภาคหนักจากการชนของปฏิกิริยา $^{197}\text{Au}+^{197}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบ เท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm ($0 < b < 4.3245$), 4.3245 ถึง 5.9804 fm ($4.3245 < b < 5.9804$) และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm ($5.9804 < b < 7.3089$) โดยใช้แบบจำลอง QMD และเลือกใช้สมการสถานะแบบอ่อน และสมการสถานะแบบแข็ง ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีการกำหนดเหล่านี้จะถูกใส่ในไฟล์ข้อมูลสำหรับการจำลองการชน

```

a 235523 1000 1
197 79 197 79
500 c 0.2 500.
b 0150. 4.3245 5.9804
1 1 d 1 0 1 0 1
0 0 0 1
1 1 1 1
5
*****
*****
      read (5,*) iseed, nruns, icro
      read (5,*) nta, nzta, npr, nzpr
      read (5,*) nt, dt, wrtime
      read (5,*) epp, x00min, x00max
      read (5,*) iflag1, iflag2, iflag3, iflag4, iflag5, iflag6,
iflagpi
      read (5,*) iflagr, iflagc, iflagpo, iflagpc
      read (5,*) iflagka, iflagks, iflagkc, iflagkp
      read (5,*) nkru

```

ภาพ 4 ตัวอย่างการใส่ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดสำหรับการจำลองการชนของทองคำกับทองคำที่ตำแหน่ง a เป็นค่ามวลและเลขอะตอมของทอง b เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการชน c ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบ d ค่ากำหนดการใช้สมการสถานะแบบแข็งหรือแบบอ่อน

2. คำนวณค่าความเร็วใน 4 มิติ (u) ที่ระดับของโมเมนตัมตามขวาง ($u_{\perp 0}$) ซึ่งในทางฟิสิกส์นั้นรายละเอียดของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและสัมพัทธภาพทั่วไป ความเร็วใน 4 มิติ คือ เวกเตอร์ใน 4 มิติ ที่ชี้แทนที่ด้วยความเร็ว แมกนิจูดของความเร็วใน 4 มิติของอนุภาคหรือวัตถุนั้น เท่ากับความเร็วของแสงเสมอ สำหรับวัตถุอื่นความเร็วใน 4 มิติของมันจะอยู่ในทิศทางของพิกัดของเวลา ซึ่งสำหรับงานวิจัยมีการคำนวณและเลือกช่วงที่ $u_{\perp 0}$ มีค่ามากกว่า 0.8 ตามการทดลองจริงของ FOPI ซึ่งหลักการคำนวณสามารถหาได้ในสมการที่ 34

3. คำนวณการไหลเชิงตรง (v_1) (โดยหลักการคำนวณจากสมการที่ 29) และ ค่าการไหลเชิงวงรี (v_2) (โดยหลักการคำนวณจากสมการที่ 31) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของแรพิดิตีศูนย์กลางในการชนของ $^{197}_{97}\text{Au} + ^{197}_{97}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm ($0 < b < 4.3245$), 4.3245 ถึง 5.9804 fm ($4.3245 < b < 5.9804$) และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm ($5.9804 < b < 7.3089$) เปรียบเทียบผลจากการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ FOPI [37]

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณโมเมนต์ที่ได้จากการชนกันของทองคำกับทอง โดย
 ใช้แบบจำลองพลศาสตร์ควอนตัมเชิงโมเลกุล จากการชนของปฏิกิริยา
 $^{197}_{97}\text{Au} + ^{197}_{97}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบเท่ากับ 4.3245
 ถึง 5.9804 fm

p_x	p_y	p_z
-0.5929	-0.0857	0.1859
0.0828	-0.0935	-0.3717
0.1918	0.0243	-0.256
0.0328	-0.0114	-0.3025
0.1426	-0.1913	-0.2992
-0.1725	0.1715	0.0657
0.2095	0.2995	-0.4911
0.1851	0.0673	-0.3086
-0.2064	0.0279	-0.0761
0.0374	0.1816	-0.2576
0.1201	0.1346	0.2317
-0.1643	0.2953	0.0593
-0.0951	0.0509	-0.3001
0.0695	-0.0146	-0.3145
-0.1143	-0.1150	-0.0202
-0.2145	0.2601	0.1864

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณการไหลเชิงวงรีที่ได้จากการชนกันของทองคำกับทอง
โดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ควอนตัมเชิงโมเลกุลจากการชนของปฏิกิริยา
 $^{197}_{97}\text{Au} + ^{197}_{97}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบเท่ากับ 4.3245 ถึง
5.9804 fm

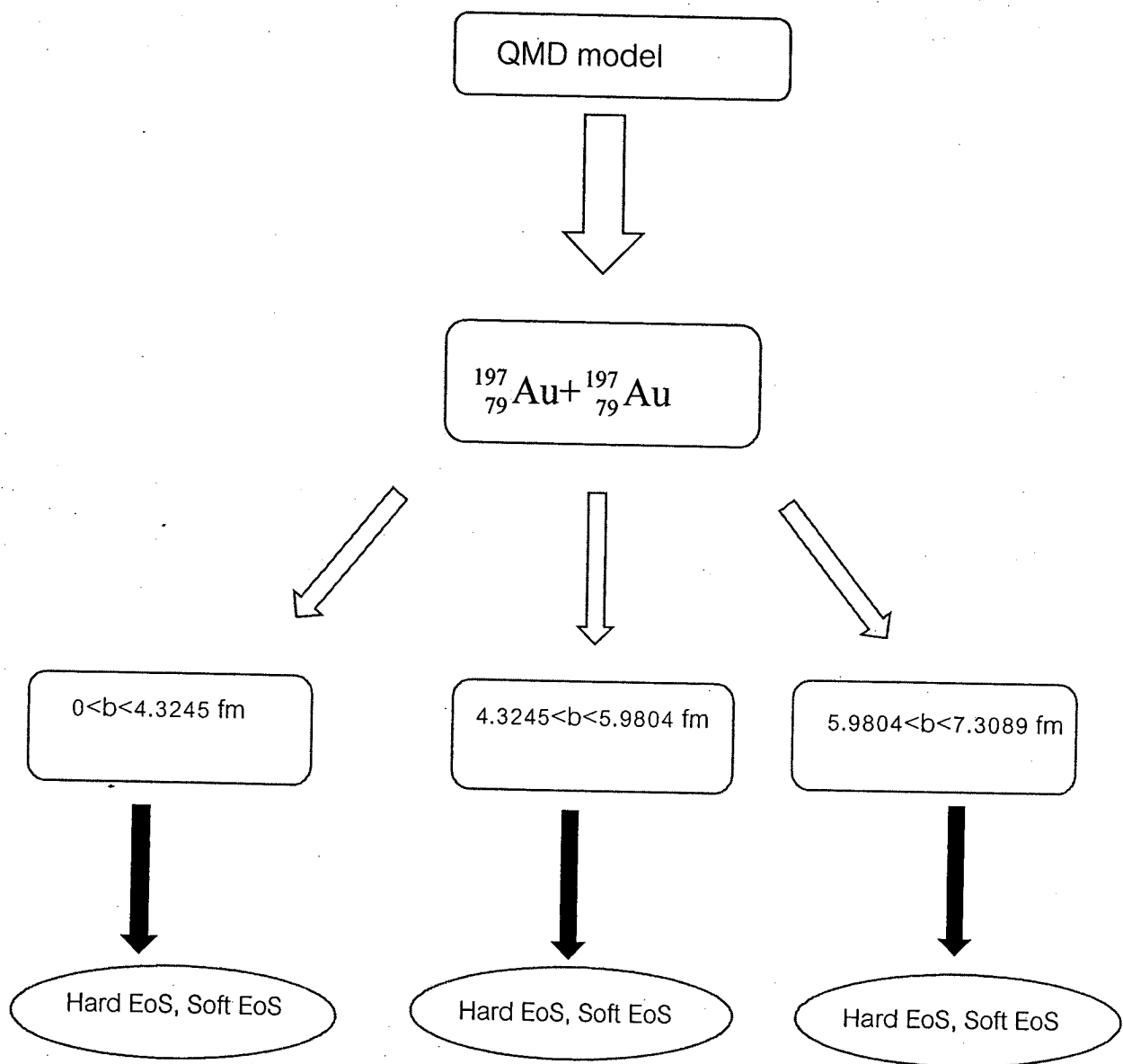
แรพิดิตี	การไหลเชิงวงรี
-1.25	-2.62E-02
-1.15	-1.84E-02
-1.05	-1.10E-02
-0.95	-1.69E-02
-0.85	-1.27E-02
-0.75	-5.40E-03
-0.65	-5.03E-03
-0.55	3.88E-03
-0.45	2.22E-03
-0.35	1.11E-02
-0.25	-1.53E-04
-0.15	1.10E-02
-0.05	4.42E-03
0.05	4.23E-03
0.15	1.10E-02
0.25	-1.53E-04
0.35	1.11E-02
0.45	2.22E-03
0.55	3.88E-03
0.65	-5.03E-03
0.75	-5.40E-03
0.85	-1.27E-02

ตาราง 3 (ต่อ)

แรพิดิตี	การไหลเชิงวงรี
0.95	-1.69E-02
1.05	-1.10E-02
1.15	-1.84E-02
1.25	-2.38E-02

ตาราง 4 แสดงตัวอย่างผลการคำนวณการไหลเชิงตรงที่ได้จากการชนกันของทองคำกับทอง
โดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ควอนตัมเชิงโมเลกุลจากการชนของปฏิกิริยา
 $^{197}_{97}\text{Au} + ^{197}_{97}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV ค่าพารามิเตอร์ตกกระทบเท่ากับ 4.3245 ถึง
5.9804 fm

แรพิดิตี	การไหลเชิงวงตรง
0.00E+00	-2.99E-02
1.20E-01	5.95E-02
2.40E-01	1.28E-01
3.60E-01	1.77E-01
4.80E-01	2.18E-01
6.00E-01	2.47E-01
7.20E-01	2.62E-01
8.40E-01	2.78E-01
9.60E-01	2.96E-01
1.08E+00	2.98E-01
1.20E+00	3.08E-01



ภาพ 5 แผนผังการจำลองการชนของแบบจำลองพลศาสตร์ควอนตัมเชิงโมเลกุล (QMD model)