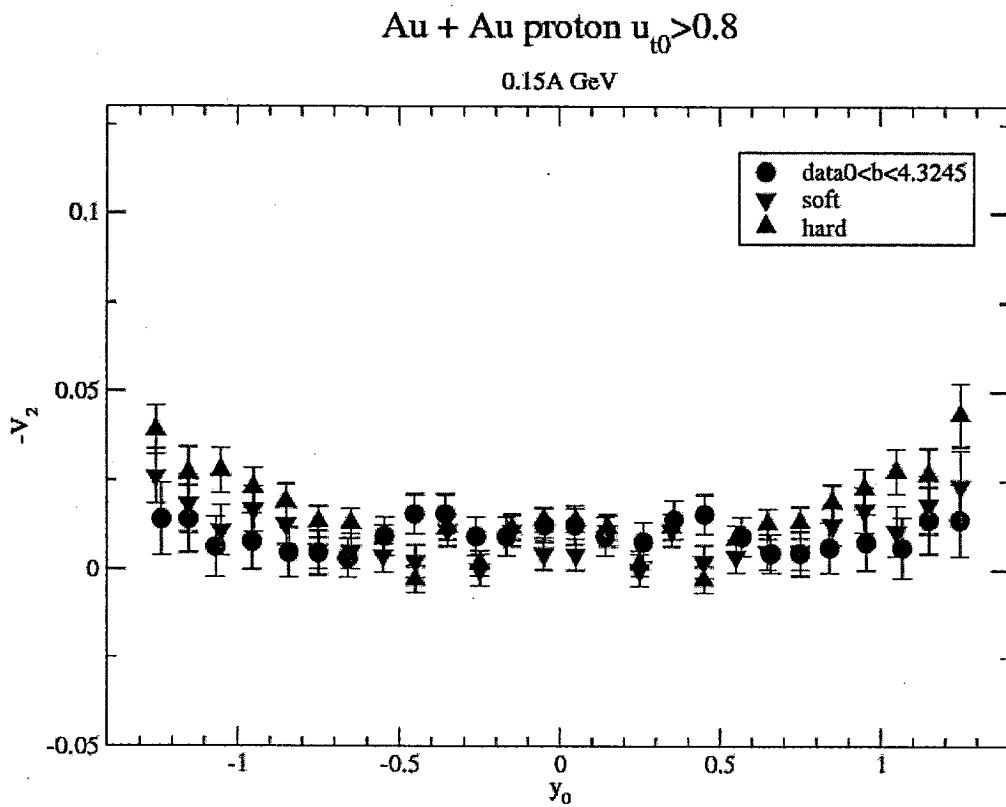


บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาการไหหลเชิงตรงและการไหหลเชิงวีของprotoonซึ่งเป็นพังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่อกับ 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 ($5.9804 < b < 7.3089$) โดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ความต้มเขิงไมเลกุล (QMD) ซึ่งเป็นทฤษฎี N-body ใช้จำลองปฏิกิริยาการชนของไอออนหนัก และเปรียบเทียบผลการทดลองกับห้องปฏิบัติการ FOPI

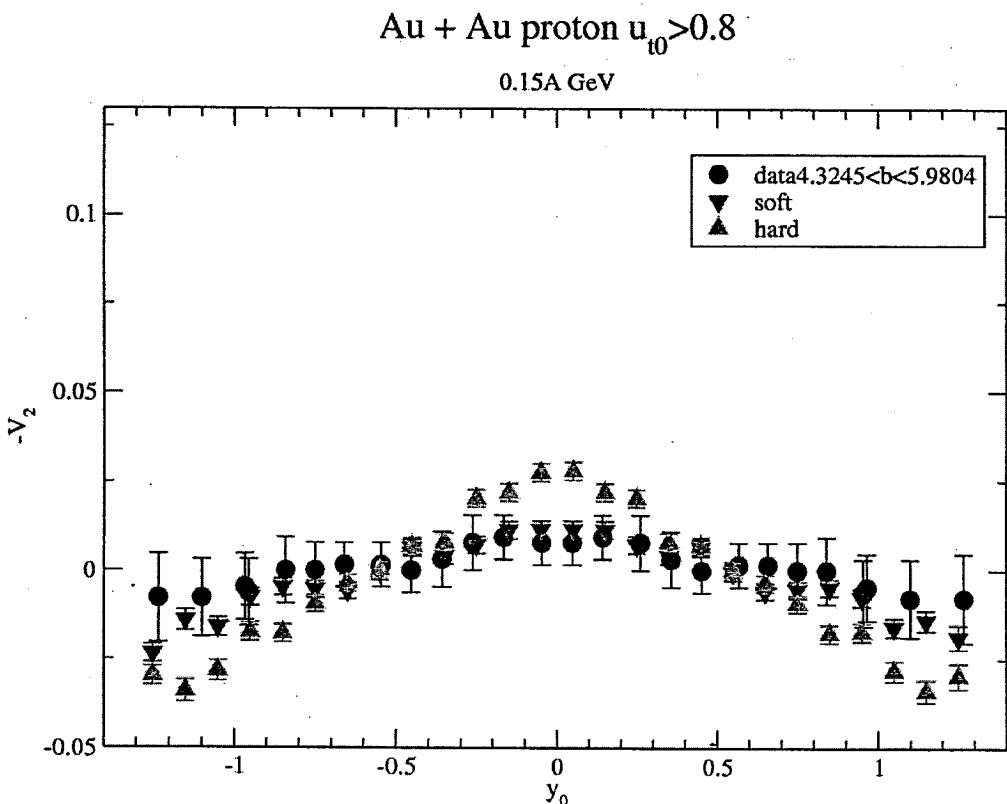
ภาพ 6 แสดงผลการคำนวณการไหหลเชิงวีของprotoonซึ่งเป็นพังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่อกับ 0 ถึง 4.3245 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อการรูปแบบการไหหลเชิงวีของprotoon และผลการทดลองนั้นแสดงคุณสมบัติของสมการสถานะแบบอ่อนซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ FOPI และค่าการไหหลเชิงวีมีค่าเป็นศูนย์ หรือเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากค่าไมemenต้มในแนวแกน x และ แกน y มีค่าเท่ากัน หรือที่มุม ϕ มีค่าเท่ากับ $-45^\circ, -135^\circ, +45^\circ, +135^\circ$ จึงทำให้การไหหลเชิงวีของprotoonมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่ง พฤติกรรมการไหจะเป็นแบบในระบบปฏิกิริยาซึ่งค่าการไหหลเชิงวีมีค่ามากกว่าศูนย์ และที่แรพิดิตี้เป็นศูนย์ เนื่องจากค่าไมemenต้มในแนวแกน z เป็นศูนย์



ภาพ 6 การให้ผลเชิงวิธีของป्रอตอนซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้'แรพิดิตี้' ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะบเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 วงกลมทึบสีดำแสดงผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ FOPI สำหรับ สามเหลี่ยมหัวตั้ง และ สามเหลี่ยมหัวกลับแสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 7 แสดงผลการคำนวณการให้ผลเชิงวิธีของป्रอตอนซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้'แรพิดิตี้' ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะบเท่ากับ 4.3245 ถึง 5.9804 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อการรูปแบบการให้ผลเชิงวิธีของป्रอตอน และผลการทดลองนั้นแสดงคุณสมบัติของสมการสถานะแบบอ่อนซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ FOPI และค่าการให้ผลเชิงวิธีมีค่าเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากค่าไมemen ต้มในแนวแกน x และ แกน y มีค่าเท่ากัน หรือที่มุม ϕ มีค่าเท่า $-45^\circ, -135^\circ, +45^\circ, +135^\circ$ จึงทำให้การให้ผลเชิงวิธีของป्रอตอนมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่ง พฤติกรรมการให้ผลจะมีทั้งในและนอกระบบปฏิกริยาโดยที่ค่าการให้ผลเชิงวิธีมีค่ามากกว่าศูนย์จะ เป็นแบบในระบบปฏิกริยา และที่ค่าการให้ผลเชิงวิธีมีค่าน้อยกว่าศูนย์จะเป็นแบบนอกระบบ

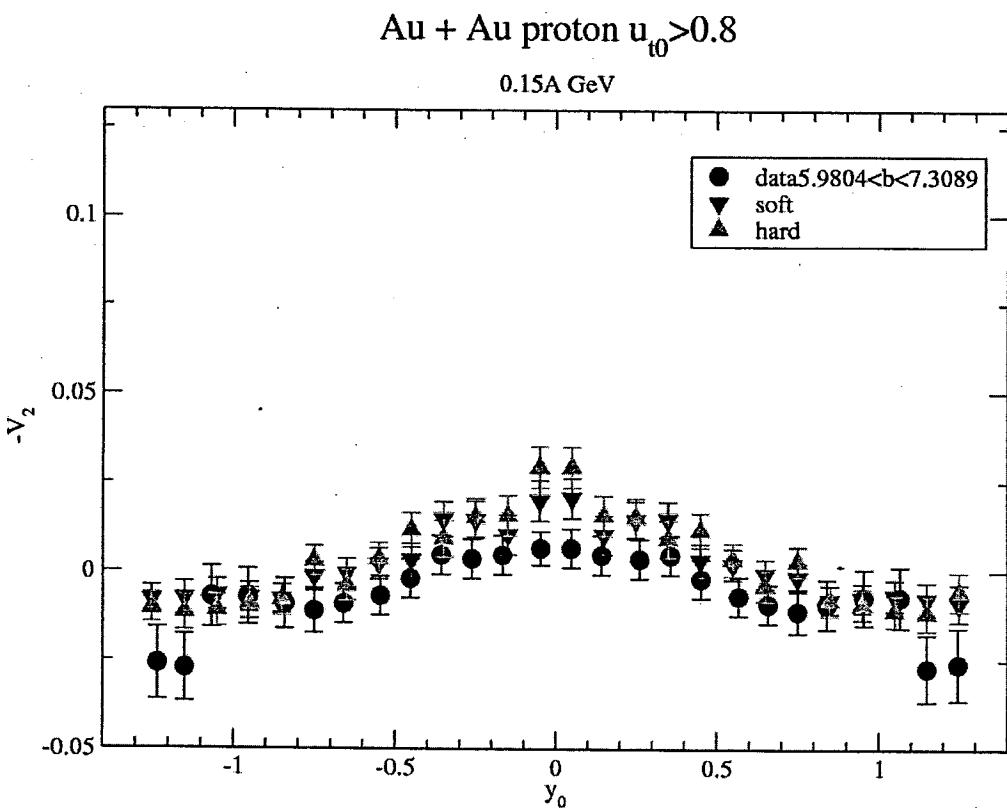
ปฏิกิริยา และมีค่าการไอล์มากที่สุดซึ่งกล่าวแรพิดิตี้หรือที่แรพิดิตี้เป็นศูนย์ เนื่องจากค่าไมเมนตัมในแนวแกน z เป็นศูนย์



ภาพ 7 การไอล์เชิงรีของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบทเท่ากัน 4.3245 ถึง 5.9804 fm วงกลมทับสีดำแสดงผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ FOPI สำหรับสามเหลี่ยมหัวตั้ง และ สามเหลี่ยมหัวกลับแสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 8 แสดงผลการคำนวณการไอล์เชิงรีของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบทเท่ากัน 5.9804 ถึง 7.3089 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อการรูปแบบการไอล์เชิงรีของprotoon และผลการทดลองนั้นแสดงคุณสมบัติของ สมการสถานะแบบอ่อนซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ FOPI และค่าการไอล์เชิงรีมีค่า เป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากค่าไมเมนตัมในแนวแกน x และ แกน y มีค่าเท่ากัน หรือที่มุม φ

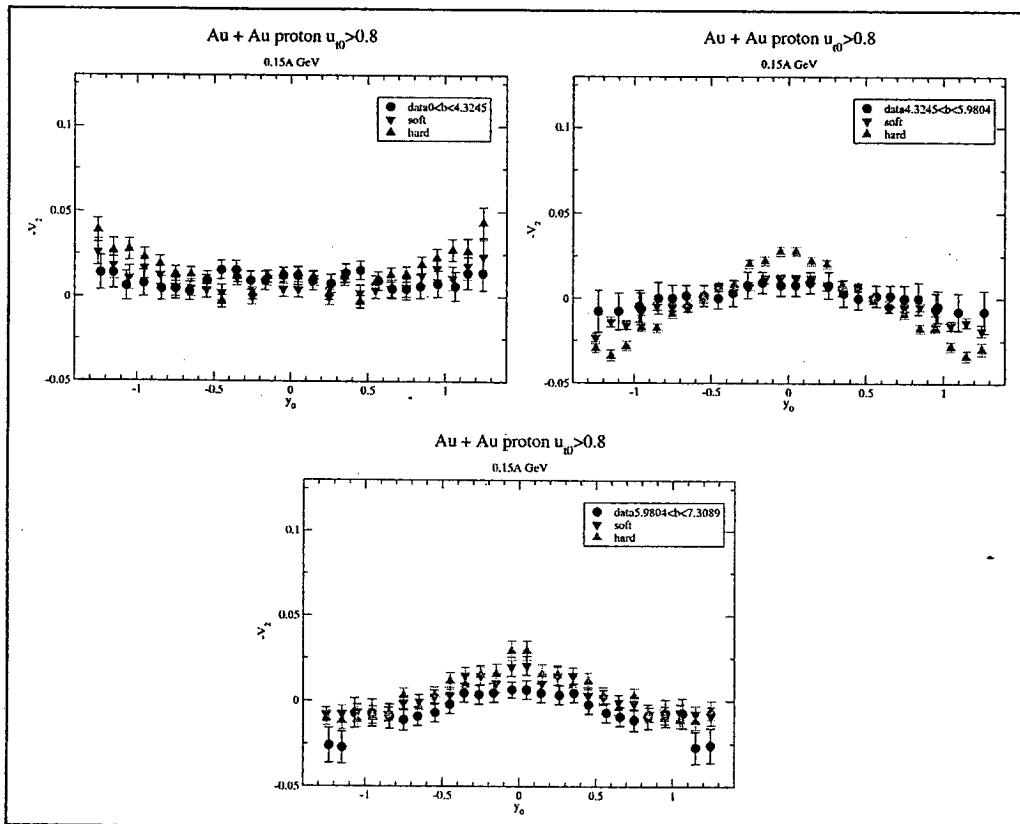
มีค่าเท่ากับ $-45^\circ, -135^\circ, +45^\circ, +135^\circ$ จึงทำให้การไฟลเชิงรีของprotoon มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งพฤติกรรมการไฟลจะมีทั้งในและนอก範圍ของปฏิกิริยาโดยที่ค่าการไฟลเชิงรีมีค่ามากกว่าศูนย์จะเป็นแบบใน範圍ของปฏิกิริยา และที่ค่าการไฟลเชิงรีมีค่าน้อยกว่าศูนย์จะเป็นแบบนอก範圍ของปฏิกิริยา และมีค่าการไฟลมากที่สุดช่วงกลางแรพิดิตี้หรือที่แรพิดิตี้เป็นศูนย์ เนื่องจากค่าโมเมนตัมในแนวแกน z เป็นศูนย์



ภาพ 8 การไฟลเชิงตรองของprotoon ซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่ำกับ 5.9804 ถึง 7.3089 fm วงกลมทึบสีดำแสดงผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ FOPI สำหรับสามเหลี่ยมหัวด้วย และ สามเหลี่ยมหัวกลับ แสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 9 แสดงผลการคำนวณการไฟลเชิงรีของprotoon ซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่ำกับ เท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm, 4.3245 ถึง 5.9804 fm และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm โดยใช้สมการสถานะ

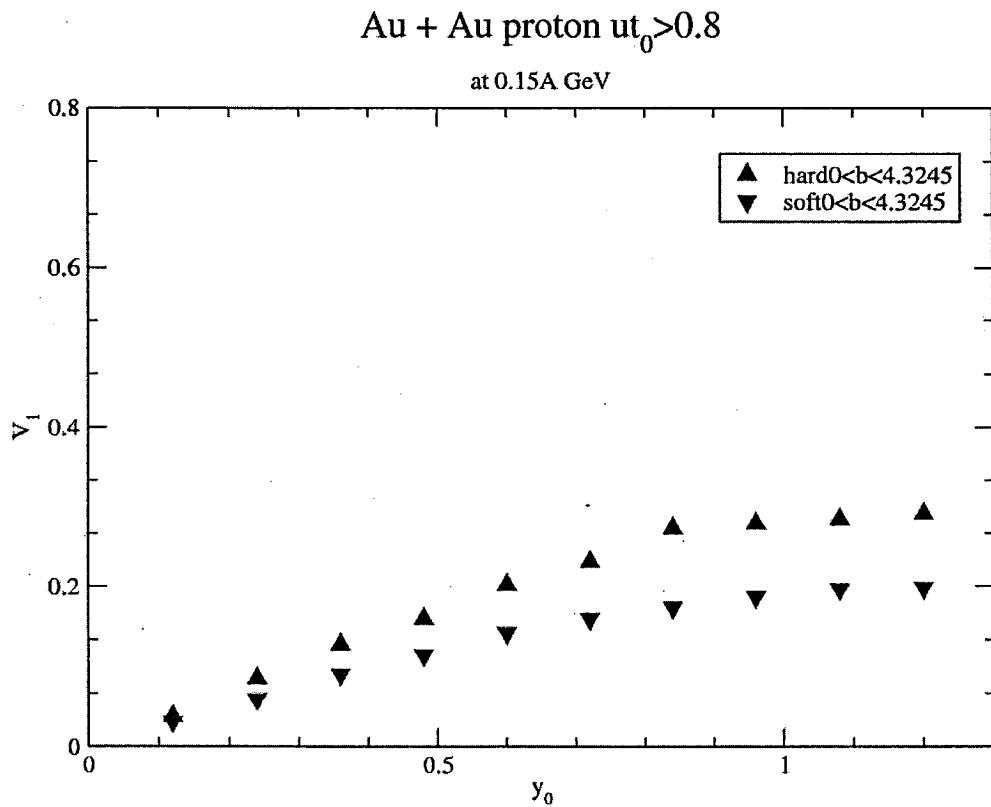
แบบอ่อนและแบบแข็ง ในแต่ละช่วงของค่าพารามิเตอร์ตักษะที่เราทำการจำลองนั้นจะเห็นได้ว่าค่าของการให้ผลจะน้อยลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ตักษะทบมีค่ามากขึ้นเนื่องจากเมื่อค่าพารามิเตอร์ตักษะทบเป็นระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของนิวเคลียสทั้งสองที่ชนกันและเมื่อมีค่ามากขึ้นจะทำให้บริเวณการชนกันของอนุภาคมีค่าน้อยหรือมีเพื่ื่ที่ของการเกิดปฏิกิริยาในการชนกันน้อยลงเองทำให้บริเวณนั้นเกิดอนุภาคน้อยลงซึ่งมีค่าการให้ผลน้อยลงตามระยะของพารามิเตอร์ตักษะทบ



ภาพ 9 แสดงผลการคำนวณการให้ผลเชิงวงรีของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบเท่ากับ เท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm , 4.3245 ถึง 5.9804 fm และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง

ภาพ 10 แสดงผลการคำนวณการให้ผลเชิงตรงของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งในการให้ผลเชิงต疆ก์เช่นเดียวกัน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อการรูปแบบการให้ผลเชิงตรงของprotoon

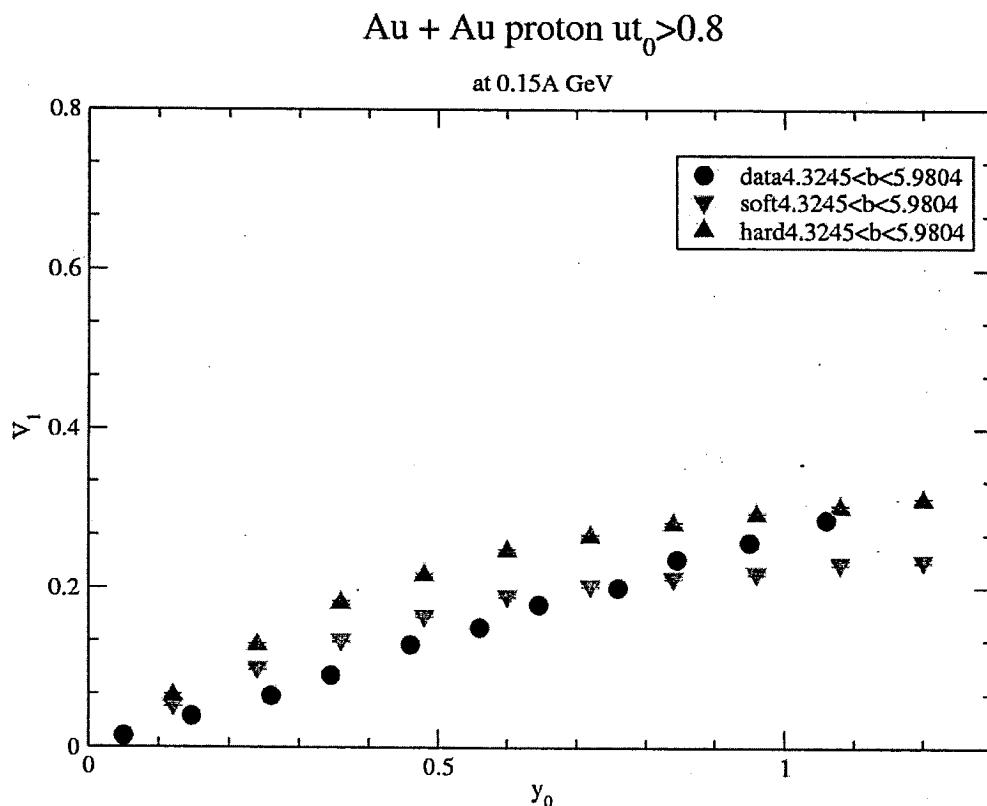
ซึ่งค่าการให้ผลเชิงตรงของหั้งสมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็งมีค่าต่างกัน ซึ่งมีค่าการให้ผลเพิ่มมากขึ้นที่雷พิดิตี้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ค่าการให้ผลมีค่าเท่ากับศูนย์หรือใกล้ศูนย์ในช่วงที่雷พิดิตี้เป็นศูนย์นั้น คือค่าไม่มีผลตั้มในแนวแกน x และ z มีค่าศูนย์เป็นศูนย์ หรือที่มุม ϕ มีค่าเท่ากับ $-90^\circ, +90^\circ$



ภาพ 10 การให้ผลเชิงตรงของป्रอตอนซึ่งเป็นพังชันก์ของ雷พิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะบทเท่ากับเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm สำหรับสามเหลี่ยมทิบหัวตั้ง และสามเหลี่ยมทิบหัวกลับ แสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 11 แสดงผลการคำนวณการให้ผลเชิงตรงของป्रอตอนซึ่งเป็นพังชันก์ของ雷พิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะบทเท่ากับ 4.3245 ถึง 5.9804 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งในการให้ผลเชิงตรงก็ เช่นเดียวกันจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อรูปแบบการให้ผลเชิงตรงของป्रอตอน ซึ่งผลการทดลองนั้นแสดงคุณสมบัติของสมการสถานะแบบอ่อน และให้ผลสอดคล้อง

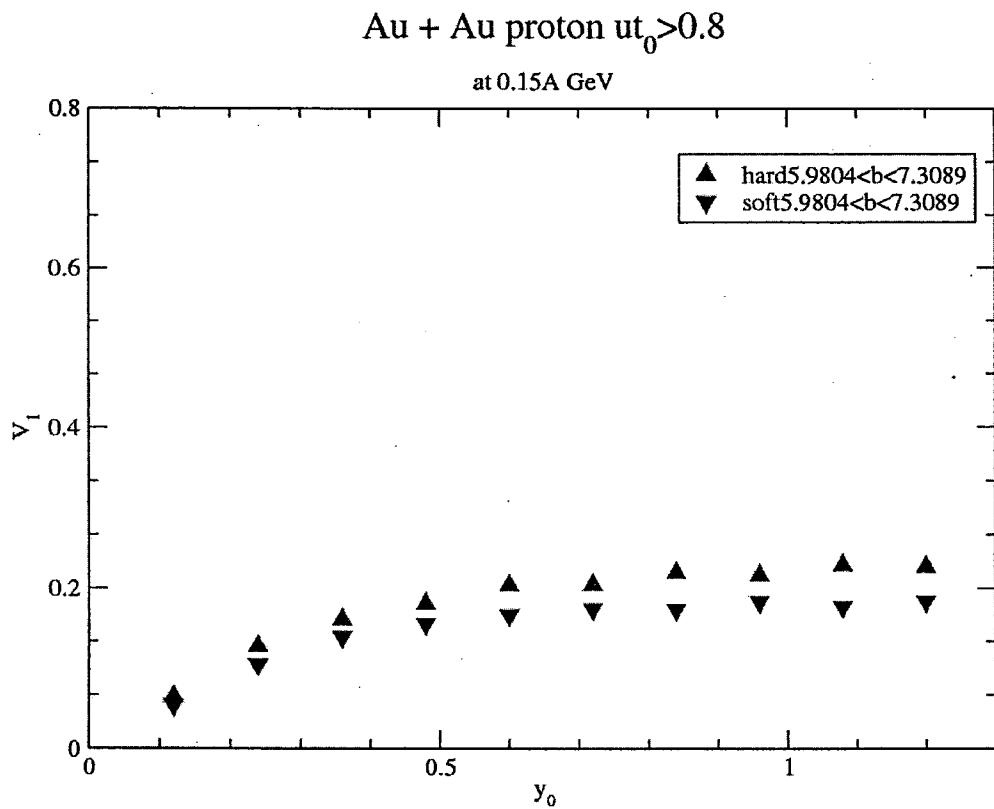
ของprotoon ซึ่งผลการทดลองนั้นแสดงคุณสมบัติของสมการสถานะแบบอ่อน และให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ FOPI ซึ่งมีค่าการไฟลเพิ่มมากขึ้นที่แรพิดิตี้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ค่าการไฟลมีค่าเท่ากับศูนย์หรือใกล้ศูนย์ในช่วงที่แรพิดิตี้เป็นศูนย์นั้น คือค่าไมเม่นตามในแนวแกน x และ z มีค่าศูนย์เป็นศูนย์ หรือที่มุม ϕ มีค่าเท่ากับ $-90^\circ, +90^\circ$



ภาพ 11 การไฟลเชิงตรงของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบทเท่ากับ 4.3245 ถึง 5.9804 fm วงกลมทึบสีดำแสดงผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ FOPI สำหรับสามเหลี่ยมทึบสีเหลือง และ สามเหลี่ยมทึบสีชมพู แสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 12 แสดงผลการคำนวณการไฟลเชิงตรงของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}\text{Au} + ^{197}_{79}\text{Au}$ ที่พลังงาน 0.15 A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบทเท่ากับ 5.9804 ถึง 7.3089 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ซึ่งในการไฟลเชิงตรงก็

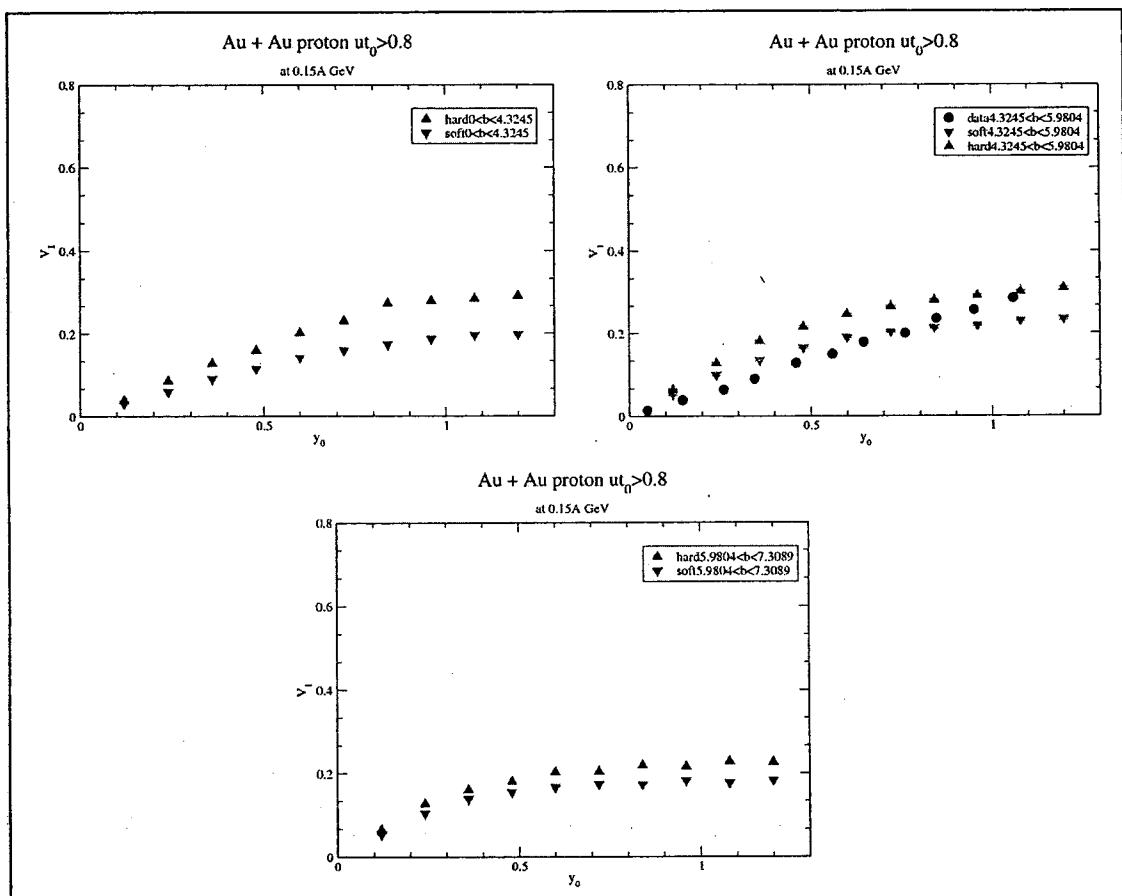
เช่นเดียวกันจากการทดลองจะเห็นได้ว่าสมการสถานะนั้นมีผลต่อการรูปแบบการให้เลเซิงตรงของprotoon ซึ่งค่าการให้เลเซิงตรงของทั้งสมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็งมีค่าต่างกัน ซึ่งมีค่าการให้เพิ่มมากขึ้นที่แรพิดิตี้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ค่าการให้ลมมีค่าเท่ากับศูนย์หรือใกล้ศูนย์ในช่วงที่แรพิดิตี้เป็นศูนย์นั้น คือค่าไม่ เมนตัมในแนวแกน x และ z มีค่าศูนย์เป็นศูนย์ หรือที่มุน ϕ มีค่าเท่ากับ $-90^\circ, +90^\circ$



ภาพ 12 การให้เลเซิงตรงของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ในการชนกันของ $^{197}_{79}Au + ^{197}_{79}Au$ ที่พลังงาน $0.15 A$ GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่ำกับ $5.9804 \text{ ถึง } 7.3089 \text{ fm}$ สำหรับสามเหลี่ยมทิบหัวตั้ง และ สามเหลี่ยมทิบหัวกลับแสดงผลการทดลองจากแบบจำลอง QMD โดยการใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง ตามลำดับ

ภาพ 13 แสดงผลการคำนวณการให้เลเซิงตรงของprotoonซึ่งเป็นฟังชันก์ของแรพิดิตี้ ใน การชนกันของ ที่พลังงาน $0.15 A$ GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะทบท่ำกับ เท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm , $4.3245 \text{ ถึง } 5.9804 \text{ fm}$ และ $5.9804 \text{ ถึง } 7.3089 \text{ fm}$ โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและ

แบบแข็ง ในแต่ละช่วงของค่าพารามิเตอร์ตักษะที่เราทำการจำลองนั้นจะเห็นได้ว่าค่าของการให้ผลลัพธ์เมื่อค่าพารามิเตอร์ตักษะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากเมื่อค่าพารามิเตอร์ตักษะเป็นระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของนิวเคลียสทั้งสองที่ชนกันและเมื่อมีค่ามากขึ้นจะทำให้บริเวณการชนกันของอนุภาคมีค่าน้อยหรือมีเพื่อนี้ของการเกิดปฏิกิริยาในการชนกันน้อยลงเองทำให้บริเวณนั้นเกิดอนุภาคน้อยลงเมื่อมีค่าการให้ผลลัพธ์ตามระยะของพารามิเตอร์ตักษะ



ภาพ 13 แสดงผลการคำนวณการให้ผลลัพธ์เมื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ตักษะที่เป็นฟังชันของระยะห่างระหว่างอนุภาคที่พลังงาน 0.15A GeV และใช้ค่าพารามิเตอร์ตักษะเท่ากับเท่ากับ 0 ถึง 4.3245 fm, 4.3245 ถึง 5.9804 fm และ 5.9804 ถึง 7.3089 fm โดยใช้สมการสถานะแบบอ่อนและแบบแข็ง