ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ ๑๖๔๒ (พ.ศ. ๒๕๓๓)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ. ๒๕๑๑
เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กฎการบัดเศษ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกฎการบัดเศษ มาตรฐานเลขที่ มอก. ๙๒๙–๒๕๓๓ ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๔ กรกฎาคม ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กฎการปัดเศษ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด กฎการปัดเศษเพื่อใช้ในการรายงานผลการทดสอบ การวิเคราะห์ การวัด หรือการคำนวณ รวมทั้งใช้ในการร่างข้อกำหนดคุณภาพต่าง ๆ และยังมีข้อแนะนำในการคงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้ในการคำนวณด้วย

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เศษ หมายถึง ตัวเลขทั้งหมดที่อยู่ถัดจากตัวเลขตัวสุดท้ายที่ต้องการคงไว้

2.2 จำนวนตำแหน่งทศนิยม หมายถึง จำนวนตัวเลขทั้งหมดที่อยู่หลังจุดทศนิยมของค่าเชิงตัวเลข ดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1

ค่าเชิงตัวเลข	จำนวนตำแหน่งทศนิยม
0.029 50	5
21.029 5	4
2 000.000 001	6
291.00	2
10.32×10^3*	2

หมายเหตุ * นิพจน์ 10.32×10^3 ประกอบด้วยสองส่วน คือ ค่าแท้ 10.32 และ 10^3 ซึ่งเป็นหน่วยของค่าแท้

2.3 จำนวนตัวเลขนัยสำคัญ หมายถึง จำนวนตัวเลขนับจากตัวเลขซ้ายสุดที่ไม่ใช่ศูนย์**ของค่าเชิงตัวเลขไปทางขวาจนถึงตัวสุดท้าย ดังตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2

ค่าเชิงตัวเลข	จำนวนตัวเลขนัยสำคัญ
0.029 500	5
0.029 5	3
10.029 5	6
2 000.000 001	10
5 677.0	5
567 700	6
56.77×10^2	4
0 056.770	5
3 900***	4

หมายเหตุ ** ตัวเลข 1, 2, 3......9 ในค่าเชิงตัวเลขใด ๆ ถือว่าเป็นตัวเลขนัยสำคัญ ส่วนเลขศูนย์จะถือว่าเป็นตัวเลขนัยสำคัญได้ต่อเมื่อมีตัวเลขอื่นๆ ที่ไม่ใช่ศูนย์นำหน้า แต่เมื่อเขียนอยู่ในรูปของ 10 ยกกำลัง ที่ใช้ระบุขนาดหน่วยของค่าแท้ ก็ไม่ถือว่าเป็นตัวเลขนัยสำคัญ

*** เพื่อขจัดข้อสงสัยเกี่ยวกับจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของค่าเต็มที่มีศูนย์อยู่ท้าย เช่น 3 900 ควรเขียนด้วยสัญกรณ์ในรูปของ 10 ยกกำลังเป็น 3.900×10^3 3.90×10^3 หรือ 3.9×10^3 เมื่อต้องการให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ 4 3 หรือ 2 ตัว ตามลำดับ

2.4 ความละเอียดของการปัดเศษ หมายถึง ค่าที่แสดงว่าต้องการปัดเศษให้ละเอียดถึงเท่าใด ดังตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3 ถ้าต้องการปัดเศษให้ละเอียดถึง 0.000 01 หรือ 0.001 หรือ 50 หรือ 100 ความละเอียดของการปัดเศษเหล่านี้ก็คือ 0.000 01, 0.001, 50, 100 ตามลำดับ

3. กฎการปัดเศษ

ตามปกติที่ปฏิบัติกันอยู่ในการปัดเศษให้มีความละเอียดหนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้ จะคงค่าของตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการไว้เมื่อเศษตัวแรกมีค่าน้อยกว่า 5 และให้เพิ่มค่าของตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการขึ้นอีก 1 เมื่อเศษตัวแรกนั้นมีค่ามากกว่า 5 แต่เมื่อเศษตัวแรกมีค่าเท่ากับ 5 จะปฏิบัติแตกต่างกัน คือ บางคนจะ "ปัดเศษขึ้น" คือเพิ่มค่าของตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการขึ้นอีก 1 บางคนจะ "ปัดเศษทิ้ง" คือ ปัดตัวเลขนั้นทิ้งไป ผลที่จะตามมาก็คือ ผลรวมและค่าเฉลี่ยของหลาย ๆ ค่าที่ปัดเศษขึ้นหรือปัดเศษทิ้งแต่เพียงอย่างเดียว จะแตกต่างจากผลรวมหรือค่าเฉลี่ยของค่าดังกล่าวที่ไม่

ได้ปัดเศษ แต่ถ้าการปัดเศษได้ทำตามข้อ 3.1 โดยการปัดเศษเพียงขั้นเดียวแล้ว(ดูข้อ 3.3) จะได้ผลถูกต้องมากกว่ากรณีดังกล่าวข้างต้น

3.1 การปัดเศษให้มีความละเอียดหนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้

ให้ใช้กฎการปัดเศษดังต่อไปนี้

กฎข้อ I ถ้าเศษตัวแรกมีค่าน้อยกว่า 5 ให้ปัดเศษทิ้งไป และคงตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการคงไว้

กฎข้อ II ถ้าเศษตัวแรกมีค่ามากกว่า 5 หรือเท่ากับ 5 แล้วตามด้วยตัวเลขอื่นที่ไม่ใช่ศูนย์ทั้งหมด ให้ปัดเศษขึ้น คือ เพิ่มค่าของตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการคงไว้ขึ้นอีก 1

กฎข้อ III ถ้าเศษตัวแรกมีค่าเท่ากับ 5 โดยไม่มีตัวเลขอื่นต่อท้าย หรือเท่ากับ 5 แล้วตามด้วยเลขศูนย์ทั้งหมด ให้ปฏิบัติดังนี้

(ก) เมื่อตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการคงไว้เป็นเลขคี่ ให้เพิ่มค่าของตัวเลขนั้นขึ้นอีก 1

(ข) เมื่อตัวเลขตัวสุดท้ายในตำแหน่งที่ต้องการคงไว้เป็นเลขคู่หรือเลขศูนย์ ให้ปัดเศษทิ้ง

ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการปัดเศษให้มีความละเอียดหนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้

ตามกฎข้อ I ถึงกฎข้อ III

(ข้อ 3.1 และข้อ 3.3)

ค่าเชิงตัวเลข	ความละเอียดของการปัดเศษ							
	1		0.1		0.01		0.001	
	ค่าปัดเศษแล้ว	กฎข้อ	ค่าปัดเศษแล้ว	กฎข้อ	ค่าปัดเศษแล้ว	กฎข้อ	ค่าปัดเศษแล้ว	กฎข้อ
7.260 4	7	I	7.3	II	7.26	I	7.260	I
14.725	15	II	14.7	I	14.72	III(ข)	14.725	-
3.455	3	I	3.5	II	3.46	III(ก)	3.455	-
13.545 001	14	II	13.5	I	13.55	II	13.545	I
8.725	9	II	8.7	I	8.72	III(ข)	8.725	-
19.205	19	I	19.2	I	19.20	III(ข)	19.205	-
0.549 9	1	II	0.5	I	0.55	II	0.550	II
0.650 1	1	II	0.7	II	0.65	I	0.650	I
0.049 50	0	I	0.0	I	0.05	II	0.050	III(ก)

3.1.1 การปัดเศษตามกฎข้อ I, II และ III สามารถนำไปประยุกต์กับการปัดเศษให้มีความละเอียดถึง 0.10, 10, 100, 1 000 ฯลฯ ดังตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4 เมื่อปัดเศษ 2.43 ให้มีความละเอียดถึง 0.10 จะได้เท่ากับ 2.40 ในทำนองเดียวกัน เมื่อปัดเศษ 712 และ 715 ให้มีความละเอียดถึง 10 จะได้เท่ากับ 710 และ 720 ตามลำดับ

ความถูกต้องของกฎการปัดเศษตามที่กำหนดข้างต้น จะเห็นได้จากความจริงที่ว่า ทุกจำนวนที่ถูกปัดเศษทิ้งตามกฎข้อ I จะมีพอ ๆ กับจำนวนที่ถูกปัดเศษขึ้นตามกฎข้อ II ฉะนั้น กฎสองข้อนี้จึงเป็นตัวทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการปัดเศษทิ้งและการปัดเศษขึ้นสำหรับจำนวนทั้งหมด ยกเว้นค่าที่อยู่กึ่งกลางพอดีที่ต้องใช้กฎข้อ III ซึ่งก็ให้ความสมดุลระหว่างการปัดเศษขึ้นกับการปัดเศษทิ้ง ทั้งนี้หมายความว่า ถ้านำกฎดังกล่าวไปใช้กับค่าเชิงตัวเลขกลุ่มใหญ่ที่มีตัวเลขคละกันดีแล้ว จำนวนที่ปัดเศษขึ้นและจำนวนที่ปัดเศษทิ้งจะมีเกือบเท่ากัน ด้วยเหตุนี้ ผลรวมและค่าเฉลี่ยของค่าที่ปัดเศษแล้วจะมีความถูกต้องมากกว่ากรณีที่ค่าเชิงตัวเลขทั้งหมดถูกปัดขึ้นหรือปัดทิ้งแต่เพียงอย่างเดียว

ถ้าพิจารณาตามเหตุผลแล้ว จะเห็นว่าสามารถปัดเศษให้เป็นจำนวนคี่แทนจำนวนคู่ตามกฎข้อ III ได้เช่นเดียวกัน เมื่อตัวเลขที่จะตัดทิ้งอยู่กึ่งกลางพอดี คือ 5 ไม่อาจใช้กฎข้อ I หรือกฎข้อ II ได้ แต่ในทางปฏิบัติ การปัดเศษให้เป็นจำนวนคู่จะได้ค่าที่สามารถหารได้ลงตัวด้วยจำนวนเลขต่าง ๆ ทั้งเลขคู่และเลขคี่ มากกว่าค่าที่เป็นจำนวนคี่ที่ได้จากการปัดเศษ

3.2 การปัดเศษให้มีความละเอียดที่ไม่ใช่หนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้

ให้ใช้กฎการปัดเศษดังต่อไปนี้

กฎข้อ IV เมื่อต้องการปัดเศษให้มีความละเอียดถึง n ซึ่งไม่ใช่หนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้ ให้หารค่าที่ต้องการปัดเศษนั้นด้วย n แล้วปัดเศษผลหารที่ได้ให้เป็นเลขจำนวนเต็มใกล้ที่สุดโดยใช้กฎตามที่กำหนดในข้อ 3.1 จากนั้นคูณผลหารที่ปัดเศษแล้วด้วย n

ดังตัวอย่างในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการปัดเศษให้มีความละเอียดที่ไม่ใช่หนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้าย ที่คงไว้ตามกฎข้อ IV

(ข้อ 3.2)

ค่าเชิงตัวเลข (1)	ความละเอียดของการปัดเศษ, n (2)	ผลหาร (3)=(1)/(2)	ผลหารปัดเศษแล้ว (4)	ค่าปัดเศษแล้ว (5)=(4) x (2)
1.647 8	0.2	8.239	8	1.6
2.70	0.2	13.5	14	2.8
2.496 8	0.3	8.322 7	8	2.4
1.75	0.5	3.5	4	2.0
0.687 21	0.07	9.817 3	10	0.70
0.875	0.07	12.5	12	0.84
325	50	6.5	6	300
1 025	50	20.5	20	1 000

หมายเหตุ กฎการปัดเศษให้มีความละเอียดถึง n นั้น อาจกล่าวได้ในทำนองเดียวกับการปัดเศษให้มีความละเอียดหนึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้ (ตามข้อ 3.1) ได้ดังนี้

หารค่าเชิงตัวเลขที่ต้องการปัดเศษนั้นด้วย n จะได้ผลหารเป็นเลขจำนวนเต็ม (integral quotient) และเศษเหลือ(remainder) จากนั้นให้ปัดเศษดังนี้

(ก) ถ้าเศษเหลือมีค่าน้อยกว่า n/2 ให้ใช้วิธีปัดเศษทิ้งกับค่าเชิงตัวเลขดังกล่าวให้ได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเป็นพหุคูณเต็ม (integral multiple) ของ n

ตัวอย่างที่ 5 เมื่อต้องการปัดเศษ 1.647 8 ให้มีความละเอียดถึง 0.2 ก็หาร 1.647 8 ด้วย 0.2 ได้เศษเหลือเท่ากับ 0.047 8 ซึ่งน้อยกว่า 0.1(n/2) จึงใช้วิธีปัดเศษทิ้งกับค่าดังกล่าว ให้เป็นพหุคูณเต็มของ 0.2 จะได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเท่ากับ 1.6

(ข) ถ้าเศษเหลือมีค่ามากกว่า n/2 ให้ใช้วิธีปัดเศษขึ้นกับค่าเชิงตัวเลขดังกล่าวให้ได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเป็นพหุคูณเต็มของ n

ตัวอย่างที่ 6 เมื่อต้องการปัดเศษ 0.687 21 ให้มีความละเอียดถึง 0.07 ก็หาร 0.687 21 ด้วย 0.07 ได้เศษเหลือเท่ากับ 0.057 21 ซึ่งมากกว่า 0.035(n/2) จึงใช้วิธีปัดเศษขึ้นกับค่าดังกล่าวให้เป็นพหุคูณเต็มของ 0.07 จะได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเท่ากับ 0.70

(ค) ถ้าเศษเหลือมีค่าเท่ากับ n/2 พอดี ให้ใช้วิธีปัดเศษทิ้งหรือปัดเศษขึ้นกับค่าเชิงตัวเลขดังกล่าวให้ได้ค่าที่ปัดเศษแล้วใกล้เคียงที่สุดเป็นพหุคูณเต็มของ 2n

ตัวอย่างที่ 7 เมื่อต้องการปัดเศษ 1.75 ให้มีความละเอียดถึง 0.5 ก็หาร 1.75 ด้วย 0.5 ได้เศษเหลือเท่ากับ 0.25 ซึ่งเท่ากับ 0.5/2 พอดี เมื่อปัดเศษค่าเชิงตัวเลขดังกล่าวให้เป็นพหุคูณเต็มของ 2 x 0.5 จะได้ค่าที่ปัดเศษขึ้นแล้วเท่ากับ 2.0 ถ้าปัดเศษทิ้งจะได้เท่ากับ 1.0 ในกรณีนี้ 2.0 ใกล้เคียงกับ 1.75 มากกว่า จึงเลือกค่า 2.0 เป็นค่าที่ปัดเศษแล้ว

3.2.1 ในทางปฏิบัติมักจะใช้การปัดเศษให้มีความละเอียด 2 หน่วยและ 5 หน่วยในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้ ซึ่งอาจกล่าวไว้เป็นรูปแบบอย่างง่ายดังนี้

3.2.1.1 การปัดเศษให้มีความละเอียดถึง 50, 5, 0.5, 0.05, 0.005 ฯลฯ ให้ใช้กฎการปัดเศษดังต่อไปนี้

กฎข้อ V เมื่อต้องการปัดเศษให้มีความละเอียด 5 หน่วย ให้คูณค่านั้นด้วย 2 แล้วปัดเศษให้มีความละเอียดถึงสองเท่าของความละเอียดที่ต้องการ โดยใช้กฎการปัดเศษตามข้อ 3.1 แล้วหารด้วย 2

ตัวอย่างที่ 8 เมื่อต้องการปัดเศษ 975 ให้มีความละเอียดถึง 50 ก็คูณ 975 ด้วย 2 จะได้ 1 950 ปัดเศษของผลคูณนี้ให้มีความละเอียดถึง 100 จะได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเท่ากับ 2 000 หาร 2 000 ด้วย 2 ผลลัพธ์ที่ได้คือ 1 000 เป็นค่าที่ปัดเศษแล้วของ 975

3.2.1.2 การปัดเศษให้มีความละเอียดถึง 20, 2, 0.2, 0.02, 0.002 ฯลฯ ให้ใช้กฎการปัดเศษดังต่อไปนี้

กฎข้อ VI เมื่อต้องการปัดเศษให้มีความละเอียด 2 หน่วย ให้หารค่านั้นด้วย 2 แล้วปัดเศษให้มีความละเอียดถึงครึ่งหนึ่งของความละเอียดที่ต้องการ โดยใช้วิธีการตามข้อ 3.1 แล้วคูณด้วย 2

ตัวอย่างที่ 9 เมื่อต้องการปัดเศษ 2.70 ให้มีความละเอียดถึง 0.2 ก็หาร 2.70 ด้วย 2 จะได้ 1.35 ปัดเศษของผลหารนี้ให้มีความละเอียดถึง 0.1 จะได้ค่าที่ปัดเศษแล้วเท่ากับ 1.4 เมื่อคูณ 1.4 ด้วย 2 ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2.8 เป็นค่าที่ปัดเศษแล้วของ 2.70

การปัดเศษในตำแหน่งสุดท้ายที่คงไว้ที่ต่างจากที่กล่าวมาแล้ว ไม่นิยมใช้

3.3 การปัดเศษสืบเนื่อง(successive rounding)

เป็นการปัดเศษโดยเริ่มปัดเศษจากตัวท้ายสุดไล่มาตามลำดับทีละตัว จนเหลือจำนวนตัวเลขนัยสำคัญตามที่ต้องการ การปัดเศษวิธีนี้อาจทำให้ค่าปัดเศษที่ได้ต่างไปจากค่าที่ได้จากการปัดเศษเพียงขั้นเดียว ดังนั้นจึงห้ามใช้การปัดเศษสืบเนื่อง เช่น เมื่อปัดเศษ 0.549 9 ให้เหลือจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 1 เมื่อปัดเศษเพียงขั้นเดียวจะได้ 0.5 แต่ถ้าใช้วิธีปัดเศษสืบเนื่องจะได้ 0.550, 0.55 และ 0.6 ตามลำดับ ค่าที่ปัดเศษแล้วจะเป็น 0.6 ที่จริงจะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าเชิงตัวเลข 0.549 9 นี้ใกล้เคียงกับ 0.5 มากกว่า 0.6 เมื่อปัดเป็น 0.5 จึงผิดพลาดน้อยกว่า ในทำนองเดียวกัน เมื่อปัดเศษ 0.650 1 เพียงขั้นเดียว จะได้เท่ากับ 0.7 แต่ถ้าใช้การปัดเศษสืบเนื่องเป็น 0.650, 0.65 และ 0.6 ในที่สุด

ซึ่งจะผิดพลาดมาก เพราะค่าเชิงตัวเลข 0.650 1 นี้ใกล้เคียง 0.7 มากกว่า 0.6 (ดูตารางที่ 1 ประกอบ)

หมายเหตุ ในกรณีที่ค่าปัดเศษแล้วลงท้ายด้วย 5 และตั้งใจจะนำไปคำนวณต่อไป ควรระบุเครื่องหมาย "+" หรือ "-" ไว้หลังเลข 5 ตัวนั้นด้วย เพื่อแสดงให้รู้ว่าการปัดเศษขั้นต่อไปควรปัดขึ้นหรือปัดทิ้ง เช่น 3.214 7 เมื่อปัดเศษให้มีความละเอียดถึง 0.001 อาจเขียนเป็น 3.215- ดังนั้น ถ้าปัดเศษต่อไปให้เหลือจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 3 ก็ให้ใช้วิธีปัดเศษทิ้งเป็น 3.21 ซึ่งมีค่าผิดพลาดน้อยกว่าครึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้าย มิฉะนั้นเมื่อปัดเศษ 3.215 จะได้ 3.22 ซึ่งมีค่าผิดพลาดมากกว่าครึ่งหน่วยในตำแหน่งสุดท้าย ในทำนองเดียวกัน 3.205 4 เมื่อปัดเศษให้เหลือจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 4 อาจเขียนเป็น 3.205+ การปัดเศษขั้นต่อไปให้เหลือจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 3 จะได้ 3.21

ในกรณีที่ค่าเชิงตัวเลขนั้นลงท้ายด้วย 5 และเป็นค่าพอดี (ไม่ได้มาจากการปัดเศษ) ไม่ต้องระบุเครื่องหมาย "+" หรือ "-" การปัดเศษครั้งต่อไปให้ใช้กฎข้อ III

4. จำนวนตัวเลขนัยสำคัญที่คงไว้

การตัดสินใจว่าจะคงค่าเชิงตัวเลขที่มีอยู่ให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญกี่ตัว มีความสำคัญต่อการนำกฎการปัดเศษข้อต่าง ๆ ไปใช้ ค่าเชิงตัวเลขเหล่านี้อาจได้มาจากผลการทดสอบ การวิเคราะห์ การวัด หรือจากผลการทดลอง หรือจากการคำนวณต่อเนื่องหลาย ๆ ขั้นตอน

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 จำนวนตัวเลขนัยสำคัญที่คงไว้จากค่าเชิงตัวเลขที่ได้จากการทดลอง ทั้งเพื่อการรายงาน หรือเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางข้อกำหนดคุณภาพต่าง ๆ ต้องไม่เกินความจำเป็นขั้นต่ำที่เพียงพอสำหรับแสดงปริมาณ สมบัติ หรือสมรรถนะ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความละเอียดของตัวเลขที่ต้องการ และความละเอียดของการทดลองหรือการวัดนั้น ๆ ด้วย

4.1.2 ในการคงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเพื่อการแสดงค่าตัวเลขที่ได้จากการทดลอง ให้เลือกใช้แนวทางใดแนวทางหนึ่งดังนี้

(ก) คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้มากกว่าจำนวนตัวเลขที่ถือว่าเป็นค่าถูกต้อง

(ข) คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับจำนวนตัวเลขที่ถือว่าเป็นค่าถูกต้อง

(ค) คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้น้อยกว่าจำนวนตัวเลขที่ถือว่าเป็นค่าถูกต้อง

ข้อ (ก) นิยมใช้มากที่สุดในการแสดงผลที่ได้จากการทดลอง ต่อเมื่อได้แสดงค่าประมาณของความไม่แน่นอนของการหาค่าไว้ด้วยแล้ว ดังนั้นการแสดงค่าตามข้อนี้ทำให้รายละเอียดที่เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถเอาออกมาจากการหาค่านี้ยังคงอยู่เหมือนเดิม

ข้อ (ข) ใช้เมื่อไม่จำเป็นต้องแสดงค่าให้ละเอียดเหมือนกับข้อ (ก) ถึงแม้จะไม่แน่ชัดว่าค่าที่แสดงนั้นจะสอดคล้องกับข้อ (ก) หรือข้อ (ข)

ข้อ (ค) เหมาะสำหรับใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากถึงขนาดที่จะหาได้อย่างดีที่สุด เช่น ในการวางข้อกำหนดคุณภาพต่าง ๆ มักใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ปัดเศษอย่างหยาบ ๆ เสมอ ดังนั้นจึงถือเป็นหลักการที่ใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ ที่จะไม่แสดงค่าให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเกินความต้องการสำหรับการใช้ข้อกำหนดคุณภาพนั้น

ตัวอย่างที่ 10 ในการทดลองหาอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง g ที่แห่งหนึ่ง พบว่ามีค่าเท่ากับ 9.811 832 ± 0.000 006 เมตรต่อวินาทีต่อวินาที ในตัวอย่างนี้นิพจน์ ± 0.000 006 ซึ่งหาได้โดยวิธีที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป แสดงค่าความไม่แน่นอนของค่าอัตราเร่งนี้ และอัตราเร่งที่หาได้แน่นอนคือ 9.811 8

ถ้าทำตามข้อ (ก) คือแสดงค่าตัวเลขให้มีตัวเลขเพิ่มจาก 9.811 8 อีก 2 ตัว เป็น 9.811 832 หากจะแสดงเพียง 9.811 83 ก็จะเป็นการให้รายละเอียดน้อยกว่าที่ควร เมื่อคำนึงถึงความละเอียดของการทดลองนี้

ถ้าทำตามข้อ (ข) คือแสดงเฉพาะค่าที่แน่นอน ก็จะได้ 9.811 8 การแสดงค่าแบบนี้จะใช้เมื่อไม่ต้องการความละเอียดดังเช่นข้อ (ก) หรือไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะแสดงค่าดังเช่นข้อ (ค)

ถ้าทำตามข้อ (ค) คือแสดงเพียง 9.81 หรือ 9.8 เมตรต่อวินาทีต่อวินาที เมื่อต้องการความละเอียดเพียงแค่นี้

ตัวอย่างที่ 11 ความหนาแน่นของอากาศแห้ง ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับปกติ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความดัน 101.325 กิโลพาสคัล เท่ากับ 1.225 48 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแปรเปลี่ยนของส่วนผสมของอากาศนอกเหนือจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นตัวทำให้ความถูกต้องของตัวเลขตัวสุดท้ายที่คงไว้เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย

ถ้าทำตามข้อ (ก) ก็แสดงค่าความหนาแน่นของอากาศนี้เป็น 1.225 48 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีตัวเลขนัยสำคัญมากกว่าจำนวนตัวเลขที่ถูกต้องอยู่ 1 ตัว

ถ้าทำตามข้อ (ข) จะแสดงค่าความหนาแน่นของอากาศนี้เท่ากับ 1.225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้กรณีนี้เมื่อต้องการความถูกต้องสูงแต่ไม่เต็มที่

ถ้าทำตามข้อ (ค) จะแสดงค่าความหนาแน่นของอากาศนี้เท่ากับ 1.23 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้กรณีนี้เมื่อไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก

ในงานบางอย่างอาจหาค่าสัมพัทธ์ (relative value) ได้ใกล้เคียงมากกว่าค่าสัมบูรณ์ (absolute value) เช่น การศึกษาการแปรเปลี่ยนของค่าหนึ่งตามอุณหภูมิ เวลา หรือตัวแปรอื่น ๆ ในการนี้สมควรอย่างยิ่งที่จะปฏิบัติตามข้อ (ก) คือเพิ่มตัวเลขอีก 1 หรือ 2 ตัว ถัดจากตัวเลขที่ถือว่าเป็นค่าถูกต้อง

หมายเหตุ *** ท้ายข้อ 2.3 ได้กล่าวถึงการขจัดข้อสงสัยเกี่ยวกับจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของค่าเต็มที่มีศูนย์อยู่ท้ายไว้แล้ววิธีหนึ่ง ข้อสงสัยนี้อาจขจัดได้อีกวิธีหนึ่งโดยการเปลี่ยนหน่วย เช่น โดยแสดงค่า 241 000 กิโลพาสคัล เป็น 241 เมกะพาสคัล แต่ถ้าค่านั้นเป็นค่าของมิติ เช่น 360 มิลลิเมตร จะแสดงอย่างไรก็อยู่ที่จะใช้กับอะไร

ถ้าเป็นข้อกำหนดของของใช้ในบ้านหรือในด้านสิ่งทอที่ไม่ต้องการค่าที่ถูกต้องมากนัก (exact dimension) ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ 3 หรือ 4 มิลลิเมตร ก็อาจแสดงค่าดังกล่าวเป็น 36 เซนติเมตรได้

ในการปัดเศษเพื่อให้เหลือตัวเลขเท่าที่จำเป็นนี้ ต้องระวังไม่ปัดเศษค่าที่เป็นตัวประกอบโดยนิยาม (definitive factor) และค่าคงตัวสัญนิยม (conventional constant) ด้วย

ตัวอย่างที่ 12 1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร 25.4 เป็นค่าพอดีสำหรับการแปลงนิ้วให้เป็นมิลลิเมตร จึงไม่ให้ปัดเศษ

4.2 การคำนวณ

การตัดสินใจว่าจะคงจำนวนตัวเลขไว้มากน้อยเพียงใดในขั้นต่างๆ ในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับค่าเชิงตัวเลขซึ่งมีความถูกต้องหรือละเอียดแตกต่างกันนั้น มีความสำคัญมาก เพราะจะมีผลต่อความถูกต้องของผลลัพธ์สุดท้าย ถ้าปัดเศษผิดพลาดไป ความผิดพลาดนั้นจะเข้าไปอยู่ในการคำนวณทุกครั้งด้วยอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกระทำในลักษณะที่จะได้ผลลัพธ์ถูกต้อง สอดคล้องกับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลที่นำมาใช้

ในขณะที่ยังไม่มีการกำหนดรายละเอียดเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณแบบต่าง ๆ อาจใช้กฎมูลฐานในการคำนวณทางเลขคณิต ซึ่งทำให้ประหยัดแรงงาน และยังคงความถูกต้องของข้อมูลในผลการคำนวณอยู่เหมือนเดิม

กฎมูลฐานในการคงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้ มีดังต่อไปนี้

4.2.1 การบวก

ปัดเศษค่าที่ละเอียดกว่าให้ตัวเลขนัยสำคัญตัวสุดท้ายที่คงไว้ อยู่ในตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่งสุดท้ายของตัวเลขนัยสำคัญของค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด 1 ตำแหน่ง เมื่อบวกกันแล้วให้ลดจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของผลรวมที่ได้ลง 1 ตัว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ปัดเศษค่าที่ละเอียดกว่าให้มีความละเอียด

เป็น 10 เท่าของค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด เมื่อบวกกันแล้วให้ปัดเศษผลรวมที่ได้ให้มีความละเอียดเท่าเดิม (ดูตัวอย่างที่ 13 และตัวอย่างที่ 14)

ตัวอย่างที่ 13 ให้หาผลรวมของ 461.32, 381.6, 76.854 และ 4.746 2

วิธีทำ

เนื่องจาก 381.6 มีความละเอียด 0.1 ซึ่งเป็นค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด และตำแหน่งสุดท้ายของตัวเลขนัยสำคัญคือ 6 จึงปัดเศษค่าอื่น ๆ ให้เหลือตำแหน่งถัดไปจาก 6 อีก 1 ตำแหน่ง แล้วบวกกันดังนี้

461.32
381.6
76.85
4.75
924.52

ปัดเศษผลรวมที่ได้ เพื่อลดจำนวนตัวเลขนัยสำคัญลง 1 ตัว ก็จะได้ 924.5

หรืออาจจะอธิบายได้ว่าเนื่องจาก 381.6 มีความละเอียด 0.1 ซึ่งเป็นค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด จึงปัดเศษค่าอื่น ๆ ให้มีความละเอียดเป็น 10 เท่า คือ 0.01 แล้วบวกกันดังนี้

461.32
381.6
76.85
4.75
924.52

ปัดเศษผลรวมที่ได้ เพื่อให้มีความละเอียดเท่าเดิม คือ 0.1 ก็จะได้ 924.5

ตัวอย่างที่ 14 ให้หาผลรวมของ 28 490, 894, 657.32, 39 500 และ 76 939 โดยให้ค่า 39 500 มีความละเอียด 100

วิธีทำ

เนื่องจาก 39 500 มีความละเอียด 100 ซึ่งเป็นค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด และตำแหน่งสุดท้ายของตัวเลขนัยสำคัญคือ 5 จึงปัดเศษค่าอื่นๆ ให้เหลือตำแหน่งถัดไปจาก 5 อีก 1 ตำแหน่ง แล้วบวกกันดังนี้

2 849 x 10

89 x 10

66 x 10

3 950 x 10

<u>7 694 x 10</u>

14 648 x 10

ปัดเศษผลรวมที่ได้ เพื่อลดจำนวนตัวเลขนัยสำคัญลง 1 ตัว ก็จะได้ 1 465 x 100 หรือ 1.465×10^5

หรืออาจจะอธิบายได้ว่าเนื่องจาก 39 500 มีความละเอียด 100 ซึ่งเป็นค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด จึงปัดเศษค่าอื่นๆ ให้มีความละเอียดเป็น 10 เท่า คือ 10 แล้วบวกกันดังนี้

2 849 x 10

89 x 10

66 x 10

3 950 x 10

<u>7 694 x 10</u>

14 648 x 10

ปัดเศษผลรวมที่ได้เพื่อให้มีความละเอียดเท่าเดิม คือ 100 ก็จะได้ 1 465 x 100 หรือ 1.465×10^5

4.2.2 การลบ

ปัดเศษค่าที่ละเอียดกว่าให้มีความละเอียดเท่ากับอีกค่าหนึ่ง แล้วลบกันเป็นผลลัพธ์(ดูตัวอย่างที่ 15)

ตัวอย่างที่ 15 ให้หาผลต่างของ 679.8 กับ 76.365

วิธีทำ

เนื่องจาก 679.8 มีความละเอียด 0.1 จึงเป็นค่าที่ละเอียดน้อยกว่า ดังนั้นจึงปัดเศษค่า 76.365 ให้มีความละเอียดเท่ากัน คือ 0.1 แล้วลบกันดังนี้

679.8

<u>76.4</u>

603.4

ผลต่าง 603.4 คือผลลัพธ์ที่ต้องการ

หมายเหตุ การหายไปของตัวเลขนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากการลบค่าเชิงตัวเลขสองจำนวนที่มีค่าใกล้เคียงกัน เป็นต้นเหตุสำคัญที่สุดของความผิดพลาดในการคำนวณทั้งหลาย และเป็นจุดอ่อนที่สุดในขั้นตอนต่าง ๆ ของการคำนวณที่มีเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้น เช่น 0.169 52 และ 0.168 71 มีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ 5 ตัว เมื่อลบกันจะได้ 0.000 81 ซึ่งมีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเหลือเพียง 2 ตัว ฉะนั้นจึงมีโอกาสมากที่ผลลัพธ์นี้จะก่อให้เกิดความไม่ละเอียดในการคำนวณต่อ ๆ ไป

อย่างไรก็ตาม มีวิธีแก้ปัญหานี้ได้ เช่น ถ้าต้องการให้ผลต่างของค่าเชิงตัวเลขสองจำนวน มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ k และทราบล่วงหน้าด้วยว่าจำนวนตัวเลขนัยสำคัญที่หายไปจากการลบนี้เท่ากับ m ก็ให้คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้สำหรับค่าทั้งสอง m+k (ดูตัวอย่างที่ 16)

ตัวอย่างที่ 16 ให้หาค่าของ $\sqrt{2.52} - \sqrt{2.49}$ โดยมีตัวเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

วิธีทำ

เนื่องจาก $\sqrt{2.52} = 1.587\ 450\ 79$

$\sqrt{2.49} = 1.577\ 973\ 38$

เมื่อลบกัน ตัวเลขนัยสำคัญ 3 จำนวนแรกจากซ้ายของผลลบจะหายไป จึงต้องคงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของค่าทั้งสองไว้เท่ากับ 5+3 คือ 8 ตัว แล้วลบกันดังนี้

$$\begin{array}{r} 1.587\ 450\ 8 \\ \underline{1.577\ 973\ 4} \\ 0.009\ 477\ 4 \end{array}$$

ผลลัพธ์ที่ได้คือ 0.009 477 4 หรือ $9.477\ 4 \times 10^{-3}$

4.2.3 การคูณและการหาร

คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของค่าที่ละเอียดกว่า ไว้มากกว่าจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของอีกค่าหนึ่ง 1 ตัว แล้วปัดเศษผลลัพธ์ที่ได้ให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด (ดูตัวอย่างที่ 17 และตัวอย่างที่ 18)

ตัวอย่างที่ 17 ให้หาค่าของ $35.2 \div \sqrt{2}$

วิธีทำ

เนื่องจาก $\sqrt{2}$ อาจมีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญได้หลายตัว และที่ 35.2 มีเพียง 3 ตัว จึงเป็นค่าที่ละเอียดน้อยกว่า ดังนั้นจึงต้องคงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของ $\sqrt{2}$ ไว้ 4 ตัว เป็น 1.414

$$\frac{35.2}{1.414} = 24.893\ 917\ 96$$

ปัดเศษผลหารที่ได้ให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเช่นเดียวกับค่าที่ละเอียดน้อยกว่า จะได้ 24.9

ตัวอย่างที่ 18 ให้หาค่าของ 3.78 $\pi \div 5.7$

วิธีทำ

เนื่องจาก 5.7 มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ 2 ตัว จึงเป็นค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด ดังนั้นจึงต้องคงค่าจำนวนตัวเลขนัยสำคัญของ 3.78 และ π ไว้ 3 ตัว คือเป็น 3.78 และ 3.14 ตามลำดับ

$$\frac{3.78 \times 3.14}{5.7} = 2.08$$

ปัดเศษ 2.08 ให้มีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเช่นเดียวกับค่าที่ละเอียดน้อยที่สุด จะได้ 2.1

4.2.4 เมื่อมีการคำนวณต่อเนื่องหลายขั้นตอน ให้ปัดเศษผลลัพธ์ที่ได้แต่ละขั้นอย่างเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการสะสมค่าผิดพลาดที่ได้จากการปัดเศษในขั้นต่างๆ เหล่านั้น หลักเกณฑ์การปัดเศษที่ควรใช้สำหรับกรณีนี้คือ หลังการคำนวณแต่ละขั้น ให้คงจำนวนตัวเลขนัยสำคัญไว้มากกว่าที่กำหนดในข้อ 4.2.1 ข้อ 4.2.2 และข้อ 4.2.3 อีก 1 ตัว

หมายเหตุ เพื่อให้การคำนวณมีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ควรหลีกเลี่ยงหรือชะลอการคำนวณที่ได้ค่าไม่พอดี (เช่น การหารหรือการหารากที่สอง) ไว้เป็นขั้นสุดท้าย เช่น

นิพจน์ $\frac{20\,\omega_1}{\omega_2}\left(\frac{f_2}{v_2} - \frac{f_1}{v_1}\right)$

ควรเปลี่ยนเป็น $20\,\omega_1(f_2v_1-f_1v_2)/\omega_2v_2v_1$

เพื่อให้การหารอยู่ในขั้นสุดท้าย

ตามกฎที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำมาใช้ในทางปฏิบัติ เช่น ในการคำนวณหาอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อระยะทางสำหรับการเดินทางครั้งหนึ่ง ซึ่งได้ใช้เชื้อเพลิงไป 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร และไปได้ 912 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการใช้เชื้อเพลิงได้ 10.964 91... ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อ 100 กิโลเมตร แต่เนื่องจากข้อมูลที่ใช้คำนวณมีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเพียง 3 ตัว ฉะนั้นเมื่อใช้กฎที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อัตราการใช้เชื้อเพลิงก็ควรจะมีจำนวนตัวเลขนัยสำคัญเพียง 3 ตัวเช่นกันคือ 11.0 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อ 100 กิโลเมตร