الدرس 2

العمليات الأربع في الحساب الستيني

أهداف الدرس

1- أن أتعرف الحساب الستيني وخصائصه.
2- أن أميز بين مراتب الأعداد في الحساب الستيني.
3- أن أتمكن من إجراء عمليات الحساب الستيني.

تمهيد

لا غنى لطالب علمي التوقيت والتعديل عن معرفة العمل بالحساب الستيني، إذ هو أحد المداخل الأساسية لهما، وعلى قدر إجادة الحساب الفلكي تكون نتيجة أعمال الحاسب الفلكي صحيحة ودقيقة.
فما هي تقنيات العمل بالحساب الستيني؟ وكيف نميز بين عملياته؟

المتن

قال مَحمد العلمي – رحمه الله –:

الحساب هو مزاولة الأعداد بنوعي الضم والتفريق، فيدخل في مزاولتها بالضم الجمع والضرب، وفي مزاولتها بالتفريق الطرح والقسمة. والمراد هنا مزاولة أعداد خاصة من واحد إلى تسع وخمسين، وهو حساب الدرج ومرفوعاتها ومنحطاتها الجاري في الأعمال الفلكية المعروف في الاصطلاح بحساب النسبة الستينية. [السراج الموضوع على العلم المرفوع ص:4]

الفهم

مصطلحات ومفاهيم:

مرفوعاتها: المراتب المرتفعة عن الدرج كالمرفوع مرة والمرفوع مرتين وهكذا.

منحطاتها: المراتب المنحطة عن الدرج.

استخلاص المضامين:

1- أبين من المتن مفهوم الحساب الستيني.
2- أوضح الفرق بين عمليات الحساب الستيني.

قواعد وتطبيقات

أولا: الجمع والضرب

1- الجمع:

أ- القاعدة:

إذا أردت أن تجمع سطرا من الأعداد مع سطر آخر فضع المجموعات كل جنس تحت جنسه، كل مرتبة تحت نظيرتها أي الدرج تحت الدرج والدقائق تحت الدقائق والثواني تحت الثواني وهكذا، وضع خطا تحتها ثم تبتدئ بالجمع من المرتبة الأخيرة، وارفع كل ستين بواحد إلى المرتبة التي تليها، إلا إذا كان في المجموعات بروج فارفع كل ثلاثين درجة بواحد إلى البروج، وكلما اجتمع اثنا عشر برجا أسقط هذا في الجمع، فيكون السطر الذي تحت الخط هو حاصل الجمع.

ب- تطبيقات:

أجمع 6°.20′.54″ مع 23°.15′.36″	أجمع 3.18°.46′.18″ مع 6.21°.43′.20″
54″ . 20′ . 6° +	18″ . 46′ . 18° . 3 +
36″ . 15′ . 23°	20″ . 43′ . 21° . 6
90″ . 35′ . 29°	38″ . 89′ . 39° . 9
- 60″ + 1′	- 60′ + 1°
30″ . 36′ . 29°	38″ . 29′ . 40° . 9
	- 30°+ 1
	38″ . 29′ . 10° .10

2- الضرب:

أ- القاعدة:

أحسن طرق الضرب في الحساب الستيني أن تضع جدولا عرضه بعدد مراتب أحد المضروبين، وطوله بعدد مراتب المضروب الآخر، ثم تقسم كل مربع بخط مستقيم من زاويته اليمنى السفلى إلى اليسرى العليا ويسمى قطر المربع، ثم تضع أحد المضروبين على عرضه، والأخرى على طوله بادئا بالمرتبة الكبرى. ثم اضرب كل مرتبة من السطر العرضي في جميع

السطر الطولي، وضع حاصل الضرب في مربع التقاطع مرفوعه فوق القطر ومنحطه تحته إلى أن يتم الجدول، ثم اجمع ما بين الأقطار مبتدئا من اليسار، وكلما اجتمع 60 ارفعها بواحد واجمعها لما قبلها وضع الزائد تحت الجدول فهو الجواب. وإذا كانت عندك بروج فحولها إلى درج بضربها في 30 لتصير المراتب كلها ستينية. وضرب مفرد في مركب لا يحتاج إلى جدول بل يكفي أن تضع المرفوع ولو صفرا من حاصل ضرب المرتبة الثانية تحت منحط الأول، ثم مرفوع الثالثة تحت منحط الثانية وهكذا، ثم تجمع. ويعرف جنس حاصل الضرب من الجدول التالي، فإذا دخلت بأحد المضروبين على اليمين والثاني في أعلاه تجد جنس الحاصل في خانة الملتقى فيكون ذلك الجنس للمرتبة الأولى من الجواب، وبقية المراتب تعرف منها على الترتيب.

ب- جدول معرفة جنس حاصل الضرب:

مضروب فيه / مضروب	درج	دقائق	ثواني	ثوالث
درج	درج	دقائق	ثواني	ثوالث
دقائق	دقائق	ثواني	ثوالث	روابع
ثواني	ثواني	ثوالث	روابع	خوامس
ثوالث	ثوالث	روابع	خوامس	سوادس

ج- تطبيقات:

نوع الضرب	كيفية الضرب
ضرب مفرد في مفرد	$30' = 06' \times 05°$ $21''.1' = 09' \times 09'$ $45''' = 15'' \times 03'$
ضرب مفرد في مركب	أضرب 04° في 22''.23'.12° 22'' 23' 12° 1 1 00 28 32 48 04° 28'' .33' .49°

ضرب مركب في مركب

1 – أضرب °3.′6 في °12.′10.″29

	29″	10′	12°	
	1 / 27	0 / 30	0 / 36	3°
	2 / 54	1 / 0	1 / 12	6′
	54‴	.29″	.44′	.37°

2 – أضرب °04.′17.″12 في °06.′05.″22

	22″	05′	06°	
	1 / 28	0 / 20	0 / 24	4°
	6 / 14	1 / 25	1 / 42	17′
	4 / 24	1 / 0	1 / 12	12″
	24⁗	.18‴	.72″	.65′	.25°

-60″ + 1′

66′ + 1°

-60′

24⁗ .18‴ .12″ .06′ .26°

ثانيا: الطرح والقسمة

1- الطرح:

أ– القاعدة:

أن تضع المطروح منه في سطر وتحته المطروح، كل منزلة تحت نظيرتها، وَمُدَّ تحتها خطا ثم تطرح كل منزلة من نظيرتها مبتدئا من المرتبة الأخيرة، فإن كان ما في مرتبة المطروح مثل ما في مرتبة المطروح منه، فضع صفرا تحت المرتبة أسفل الخط. وإن كان ما في مرتبة المطروح أقل فاطرحه مما فوقه وضع الباقي تحت المرتبة أسفل الخط، ثم انتقل إلى التي قبلها وافعل بها كذلك. وإن كان ما في المرتبة السفلى أكثر وتعذر الطرح فلك أن تسترشد بما في الجدول التالي ثم تطرح والباقي هو المطلوب.

إذا تعذر طرح الثواني من الثواني	تطرح دقيقة واحدة من مرتبة الدقائق، وتحولها إلى 60 ثانية ثم تضيفها لثواني العدد المطروح منه.
إذا تعذر طرح الدقائق من الدقائق	تطرح درجة واحدة من مرتبة الدرج، وتحولها إلى 60 دقيقة ثم تضيفها لدقائق العدد المطروح منه.
إذا تعذر طرح الدرج من الدرج	تطرح برجا واحدا من مرتبة البروج، وتحوله إلى 30 درجة ثم تضيفها إلى أدراج العدد المطروح منه.
إذا تعذر طرح البروج من البروج	تضيف اثني عشر برجا إلى مرتبة بروج المطروح منها.

ب- تطبيقات:

	المثال الأول	المثال الثاني	المثال الثالث
المطروح منه	16′′. 31′.27°.04	46′′.36′.17°.03	16′′.33′.12°.08
المطروح	36′′.12′.01°.04	23′′.32′.19°.01	13′′.21′.12°.09
الحاصل	40′′.18′.26°.00	23′′.04′.28°.01	03′′.12′.00°.11

1- القسمة:

أ- القاعدة:

إذا أردت القسمة في الحساب الستيني فحول كلا من المقسوم والمقسوم عليه إلى كسره الأصغر، بشرط أن تكون مراتبهما متحدة في عددها ، فإذا كان أحدهما مفردا أو أقل مراتب من الآخر فكمله بأصفار، ثم حوله إلى آخر مرتبة يحفظها الصفر الأخير، فإذا كان المقسوم بعد التحويل أقل من المقسوم عليه فاضربه في 60 ثم أجر عملية القسمة المعروفة، والخارج هو الجواب. فإن وجد باق وأردت خارجا منحطا عن الخارج الأول، فاضربه أيضا في 60 واقسم على المقسوم عليه، فالخارج الثاني منحط عن الأول، فإن وجد باق أيضا فاضربه في 60 واقسم الخارج منحطا عما قبله، وهكذا إلى أن تكتفي أو ينتهي المقسوم. وإذا كان الباقي بعد ضربه في 60 لا يزال أقل من المقسوم عليه، فضع صفرا في الخارج يحفظ المرتبة المنعدمة، فإذا أردت مرتبة بعد المرتبة المنعدمة، فاضرب ذلك الباقي في 60، فإن أمكن للقسمة فاقسمه، وإلا فضع صفرا، وهكذا إلى أن يوجد عدد أكبر من المقسوم عليه.

ب- تطبيقات:

المثال الأول: أقسم °6.′32.″5 على °2.′03.″15.

مراحل الإنجاز	التطبيق العملي
أحول المقسوم إلى كسره الأصغر وهو الثواني	392′ = 32′ + 360′ = 60 × 6° 23525″ = 5″ + 23520″ = 60 ×
أحول المقسوم عليه إلى كسره الأصغر وهو الثواني	60 × 123′ = 3′ + 120′ = 60 × 2° 7395″ = 15″ + 7380″ =
أقسم المقسوم على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج	23525 ÷ 7395 = 3° والباقي 1340
أضرب باقي القسمة في 60	1340 ×60 = 80400
أقسم الخارج على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج الثاني	80400 ÷ 7395 = 10′ والباقي 6450
أضرب باقي القسمة الثانية في 60	6450 ×60 = 387000
أقسم الخارج على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج الثالث	387000 ÷ 7395 = 52″
حاصل القسمة هو:	52″.10′.03°

المثال الثاني: أقسم °3.′04 على °03.′10.″05

مراحل الإنجاز	التطبيق العملي
أحول المقسوم إلى كسره الأصغر	= 60 × 184′ = 4′ + 180′ = 60 × 3° 11040″
أحول المقسوم عليه إلى كسره الأصغر	= 60 × 190′ = 10′ + 180′ = 60 × 3° 11405″= 05″ + 11400″
أقسم المقسوم على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج	11040 ÷ 11405 = 00° والباقي 11040
أضرب الباقي في 60	11040 × 60 = 662400
أقسم الخارج على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج الثاني	662400 ÷ 11405 = 58′ والباقي 910
أضرب باقي القسمة في 60	910 × 60 = 54600
أقسم الخارج على المقسوم عليه وأحتفظ بالخارج الثالث	54600 ÷ 11405 = 04″ والباقي 8980
حاصل قسمة °03.′04 على °03.′10.″05 هو: °00.′58.″04	

التقـويـم

1- أبين جنس حاصل الضرب في الحالتين التاليتين:

أ- دقائق في دقائق. ب- درج في ثواني.

2- أحسب ما يلي:

أ- 03°.15′.36′′ – 08°.28′.44′′12 ب- 02°.14′.08′′ ÷ 04°.05′

الاستثمار

أملأ الجدول بما يناسب بعد نقله إلى دفتري.

العمليات الحسابية المطلوبة	النتيجة الحاصلة
أجمع 05°.14′.28′′ مع 07°.13′.34′′	
أطرح 10°.24′.36′′ من 25°.12′.22′′	
أضرب 03°.12′.24′′ في 08°.23′.14′′	
أقسم 06°.18′.36′′ على 03°.12′.54′′	

الإعداد القبلي

أطالع الدرس القادم وأنجز الأنشطة المقترحة من الأستاذ(ة).