الفصل الأول

الخوارزمي

1- مقدمة :

الخوارزمي هو اصطلاح يعني سلسلة الخطوات والتعليمات التي اذا تم تنفيذها بالتتابع ، اي واحدة بعد الأخرى ، فأنها ستؤدي الى إنجاز حل مسألة ما أو إنجاز عملية معينة .

وقد أطلق اصطلاح **الخوارزمي** على ذلك تخليداً لذكرى عالم الرياضيات العربي الفذ **محمد بن موسى الخوارزمي** ، مؤلف كتاب (الجبر والمقابلة) ، وإعترافاً بفضله على علم الرياضيات . ويستعمل نفس المصطلح في الأنكليزية (الكَورثم) . وهناك (**خوارزمي**) لكل عملية نقوم بها في حياتنا اليومية . أو بعبارة أشمل ، فإن **الخورازمي** هو تعبير عام يشرح طريقة حل أي مسألة أو مشكلة معينة ، ولا يقتصر على الرياضيات والعلوم بل يتعداه إلى جميع نواحي الحياه الأخرى .فلو أردنا مثلاً أن نشرح كيفية عمل فنجان من القهوة (سريعة التحضير) . فهناك **خوارزمي** معين أن نتبعه وهو :

1- إغلي إبريق من الماء .
2- ضع مقدار مناسب من القهوة في فنجان .
3- صب الماء المغلي على القهوة في الفنجان حتى يمتلئ .
4- حرك الخليط بالملعقة حتى يتجانس .
5- أضف سكر حسب الحاجة وحرك المزيج حتى يتجانس .

والخطوات السابقة لـ " **خوارزمي**" عمل فنجان قهوة ، لو نفذت جميعها دون تكرار ، أو حذف أية خطوة منها ، فستحصل على فنجان قهوة جاهز . ويمكن بالتأكيد تجزئة كل خطوة من هذا " **الخوارزمي**" الى خطوات اكثر تفصيلاً مثل :

1-1- إجلب إبريق فارغ لغلي الماء .
1-2- ضع الابريق تحت حنفية الماء .
1-3- إفتح حنفية الماء .

4-1- إنتظر حتى يمتلئ الابريق بالماء .
5-1- ضع إبريق الماء على النار .
6-1- إنتظر حتى يغلي الماء ثم أطفئ النار .
1-2- إجلب علبة القهوة من الرف .
2-2- إفتح غطاء علبة القهوة .
3-2- خذ بالملعقة مقدار مناسب من القهوة .
4-2- ضع القهوة في الفنجان .
1-3- إحمل إبريق الماء المغلي .
2-3- صب الماء المغلي من الإبريق إلى الفنجان .
3-3- إنتظر حتى يمتلئ الفنجان بالماء المغلي .
1-4- إجلب الملعقة وضعها في فنجان القهوة .
2-4- حرك الملعقة داخل الفنجان .
3-4- إستمر في تحريك الملعقة حتى يتجانس الخليط .
1-5- إجلب علبة السكر من الرف .
2-5- إفتح غطاء علبة السكر .
3-5- إجلب الملعقة وخذ بها مقدار مناسب من السكر .
4-5- حرك الملعقة داخل الفنجان .
5-5- إستمر في تحريك الملعقة حتى يتجانس الخليط .

ويمكن ان نسمي الخطوات بـ (**خوارزمي** تفصيلي لعمل فنجان من القهوة السريعة التحضير) . ويدعى الشخص ، أو الآلة أو ما شابه ، الذي يقوم بمعالجة أو بتنفيذ خطوات **الخوارزمي** بـ (**المعالج**) .

لقد شرحنا الخوارزمي اللازم لعمل فنجان من القهوة ، بطريقتين الأولى مختصرة تتكون من خمس خطوات فقط ، يستطيع الإنسان الاعتيادي فهم كل واحدة منها وتنفيذها مباشرة . ولو إفترضنا أن (**المعالج**) هو طفل أو إنسان محدود الذكاء أو إنسان آلي ، فيجب

حينئذٍ أن نشرح **الخوارزمي** بخطوات اكثر تفصيلاً وبشرط أن تكون كل خطوة مفهومة بالنسبة للمعالج ، ويستطيع تنفيذها بيسر وسهولة وهذا ما فعلناه في الطريقة الثانية .

ولو عدنا إلى ما تعلمناه في المدرسة في السنوات السابقة ، وعلى وجه التحديد ، ما تعلمناه من دراستنا للحساب والرياضيات مثلاً ، فسوف نجد أننا قد تعلمنا العشرات من الخوارزميات التي تعودنا على إستخدامها ، دون أن نشعر بذلك . فلو أردنا مثلاً أن نطرح (15) من (107) لقلنا على الفور بأن طريقة الطرح هي كالتالي :

107 **المطروح منه**

15 - **المطروح**

92

ولو تأملنا ذلك جيداً ، لرأينا أننا في الواقع استعملنا **خوارزمي** معين لتنفيذ عملية الطرح . ويمكننا إيجاز **خوارزمي** الطرح هذا كالتالي :

1- اكتب العدد المطروح منه .

2- اكتب العدد المطروح أسفل العدد المطروح منه .

3- خذ أول رقم على اليمين من العدد المطروح منه ، واطرح منه أول رقم على اليمين من العدد المطروح .

4- إذا كان العدد في الرقم المطروح أكبر من الرقم في العدد المطروح منه. قم باستدانة واحد من الرقم المجاور (إلى اليسار) للرقم في العدد المطروح منه. وبذلك تزيد الرقم في العدد المطروح منه الذي (إلى اليمين) بمقدار (10) وتقلل من الرقم المجاور له (إلى اليسار) بمقدار واحد .

5- تحرك بعملية الطرح إلى اليسار وخذ الرقم التالي في كل من العدد المطروح منه والعدد المطروح . وكرر الخطوتين (4) و (5) حتى تصل

إلى آخر رقم في العددين من بعضهما .

هذا **الخوارزمي** ، الخاص بعملية الطرح ، قد تعودنا على استخدامه . وهو مختزن في ذاكرتنا ، ولا نحتاج إلى كتابته في كل مرة نطرح فيها عددين

وهكذا عزيزي القارئ فإنك تستطيع وضع **خوارزمي** لكل عملية يمكن تنفيذها ، أو لمسألة تريد حلها ، من العمليات أو المسائل التي تعودت على حلها . مثل الضرب والقسمة والجمع والطرح ... إلى آخره.

2- أنواع الخوارزمي :

هناك عدة أنواع من **الخوارزمي** ، وكل واحد منها يصف حل المسألة بطريقة معينة . وأهم هذه الأنواع هي :

2-1- التتابع :

وهي مجموعة من الخطوات التي تنفذ على **التتابع** ، دون حذف أو تكرار أية واحدة من هذه الخطوات . والخوارزميات التي شرحناها في الفقرة (1) من هذا الفصل هي أمثلة على هذا النوع من **الخوارزمي** .

2-2- الانتخاب :

في **خوارزمي الإنتخاب** أو **الإنتقاء** يتم تنفيذ عدد معين من الخطوات فقط إذا كان لدينا حالة معينة . ويتم سلوك طريق آخر ، أي تنفيذ نوع آخر من الخطوات إذا كانت تلك الحالة المعينة غير موجودة . وكمثال على ذلك من حياتنا اليومية . نفرض أن أحد الاباء أرسل ولده إلى جارٍ لهم . وقال له :

إذهب إلى جارنا فلان ، **فإذا** وجدته **آنذاك** سلمه هذه الرسالة وإلا عد حالاً إلى البيت .

وحسب توجيه الاب ، فإن الولد سيقوم بتسليم الرسالة للشخص المطلوب إذا وجده في داره ، أما إذا لم يجده فإنه يفترض أن يعود إلى أبيه ومعه الرسالة . ونستطيع أن نلخص خوارزمي **الانتخاب** أو الانتقاء بثلاثة كلمات تحوي فيما بينها حالات معينة . وهذه الكلمات الثلاثة هي:

إذا..... **آنذاك**.....**وإلا**.....

حيث تمثل لنا الخطوط المتقطعة ، الموجودة بعد كل كلمة من الكلمات الثلاثة ، حالات يمكن تنفيذها .

ولو أردنا مثلاً شرح **خوارزمي** عبور الشارع ، من قبل المشاة ، عند خطوط العبور والتي تحوي إشارة ضوئية . والإشارة الضوئية الخضراء تعني (أعبر الشارع) ، والأحمر تعني (لا تعبر الشارع) . فيمكننا أن نكتب **الخوارزمي** لهذه العملية كالتالي :

إذاكانت الإشارة الضوئية خضراء .

آنذاك تلفّت يساراً ويميناً حتى تتأكد من خلو الشارع من السيارات ثم أعبر الشارع بسرعة .

وإلا توقف ولا تعبر الشارع .

وكلمة (إذا) بالنسبة لنا نقطة قرار ، أو مفترق طرق حسب التعبير الدارج ، يتقرر على أساسها الخطوة اللاحقة التي يجب تنفيذها من خطوات **الخوارزمي** .

ولنأخذ مثالاً آخر على ذلك . فقد شرحنا في الفقرة (1) من هذا الفصل خوارزمي **الطرح** . وفي الخطوة (4) ، قلنا أنه **إذا** كان الرقم في العدد (المطروح منه) أصغر من الرقم في العدد (المطروح) ، **آنذاك** نقوم بإستدانة واحد من الرقم التالي إلى اليسار، ثم نجري الطرح ، ويمكن كتابة ذلك بطريقة أخرى وكما يلي :

إذا كـان الرقم في العـدد (المطروح منه) أقل من الرقم في العـدد (المطروح) .

آنذاك إستدن واحد من الرقم المجاور إلى اليسار في العدد (المطروح منه) ثم قم بعملية الطرح .

وإلا إجري عملية الطرح بطريقة إعتيادية .

مثال آخر من الحياة العامة ، لو ذهب والد أحد الأطفال لتسجيل أبنه الصغير في المدرسة ، فإن المدير سيقول لوالد هذا الطفل ما يلي:

إذا كان عمر إبنك ستة سنوات ..

أنذاك سنقبله طالباً في الصف الأول من المرحلة الأبتدائية .

وإلا يجب تسجيله طالباً في الصف التمهيدي .

وهنالك الكثير من الأمثلة في هذا المجال لا يمكن حصرها بل سنكتفي بهذا القدر فقط .

2-3- التكرار :

إن بعض العمليات تحوي في الواقع على مجموعة من الخطوات التي يجب تكرارها أكثر من مرة للحصول على النتائج المطلوبة وفي كل مرة نكرر التنفيذ نتفحص خطوات **الخوارزمي** ، فإذا كانت تفي بالمطلوب نستمر **بالتكرار**. وإذا لم تف بالمطلوب عند ذاك نوقف **التكرار**. فإذا كان لدينا مثلاً قائمة بأسماء أصدقائنا وعناوينهم ، وأردنا أن نرسل إلى أحدهم بطاقة بريدية للتهنئة بأحد أعيادنا فإننا نقوم بالبحث عن الاسم المطلوب ، وذلك بأن نفحص القائمة إسماً بعد إسم حتى نصل إلى الشخص المطلوب ، وعند ذاك فقط نكتب عنوانه . ويمكن أن نكتب ذلك بالصيغة التالية ، على فرض أننا بدأنا من الاسم الأول الموجود في القائمة فنقول :

إذا كان الاسم هو اسم الشخص المطلوب **آنذاك** اكتب عنوانه وإلا إقرأ الاسم الثاني في القائمة .
إذا كان الاسم هو اسم الشخص المطلوب **آنذاك** اكتب عنوانه وإلا إقرأ الاسم الثالث في القائمة
وهكذا نستمر بتكرار **الخوارزمي** لحين الوصول إلى الشخص المطلوب . عند ذاك نتوقف عن **التكرار** ، ونكتب عنوان الشخص .
ويمكن أيضاً وضع **الخوارزمي** بصيغة أخرى هي :

↵ **كرر**
إذا كان الاسم هو اسم الشخص المطلوب **آنذاك** أكتب عنوانه **وإلا** إقرأ الاسم التالي في القائمة .
↵ **حتى** تصل ألى الشخص المطلوب .

أو بمعنى آخر **كرر** خوارزمي معين **حتى** تصل إلى المطلوب .
وتدعى خطوات **الخوارزمي** الموجودة ، بين كلمتي (**كرر**) و (**حتى**) بحلقة التكرار .و **حلقة التكرار** هي مجموعة من خطوات **الخوارزمي** والتي يعاد تنفيذها حتى نصل إلى حالة معينة . وعند ذاك نخرج من **حلقة التكرار** ، أي نوقف تنفيذ خطوات **الخوارزمي** تلك .وأحياناً نطلب من **(المعالج)** أن يكرر **خوارزمي** عدد معين فقط من المرات ، مثلاً نقول للمعالج :
كرر ثلاث مرات أو **كرر** مائتي مرة ...إلى آخره .

3- تصميم الخوارزمي :

ليس هناك قاعدة عامة لتصميم أو وضع **الخوارزمي** لحل مشكلة أو مسألة معينة . بل يعتمد ذلك بالدرجة الأساس على ذكاء المصمم ، أي قابليته على التكيف مع ظروف المسألة أو المشكلة . ويعتمد أيضاً

على مستوى معين من المعارف والمعلومات ، والتي يجب أن يمتلكها ، لغرض إيجاد السبيل إلى وضع **خوارزمي** صحيح . وهناك شيء أساسي يجب أن نحدده في **الخوارزمي** بشكل مبدئي وهو هل أن العملية ، التي نريد وضع **الخوارزمي**لها ، عملية قابلة للانتهاء أم لا . فهناك عمليات تنتهي ، مثل عملية صنع فنجان قهوة ، أو طرح عدد من آخر ..إلى آخره ، من العمليات التي شرحناها في الفقرات السابقة من هذا الفصل وسواها . وهناك أيضاً عمليات لا تنتهي ، مثل عملية السيطرة على إشارات المرور الضوئية . فهي مستمرة بالعمل ليلاً ونهاراً، وسنة بعد سنة وبدون توقف (إذا افترضنا أن هذه الأجهزة لم تتعطل عن العمل) . أو مثل مراجعة المرضى للمستشفيات ، فهي عملية لا تنتهي أيضاً ومستمرة .

وأهم نقطة يجب الانتباه إليها عند تصميم **الخوارزمي** ، هي :

هل سيؤدي **الخوارزمي** الذي قمنا بتصميمه ، إلى الحل المطلوب تماماً . أو بعبارة أخرى يجب أن نتأكد تماماً من أن (**المعالج**) الذي سيقوم بتنفيذ الخطوات سوف يصل إلى الحل المطلوب . فإذا كانت العملية ذاتها من النوع الذي ينتهي ، فإن **الخوارزمي** يفترض أن يُصَمَمْ أيضاً بشكل يلائم هذا النوع . وإذا كانت لا تنتهي ، فان **خوارزمي** الحل لها ، سيؤدي إلى تكرار العملية بشكل لا ينتهي أيضاً.

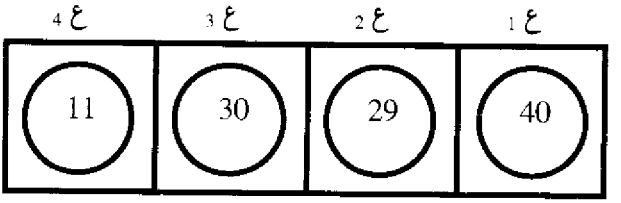
إن **التتابع** ، **الانتخاب** ، **والتكرار** جميعها تمثل صيغ أساسية في عملية تكوين ، أو بناء ، **الخوارزمي** . وهذه الأنواع الثلاثة من **الخوارزمي** كافية ، بصورة عامة ، لتصميم **الخوارزمي** اللازم لحل أي مسألة . ويمكننا أيضاً أن نقول ، أنه إذا كان من الممكن تصميم **خوارزمي** لمسألة معينة ، فإن هذا **الخوارزمي**يمكن تصميمه باستخدام الصيغ الثلاثة (**التتابع** ، **الانتخاب** ، **التكرار**) .

4- أمثلة :

لفهم كيفية تصميم الخوارزمي ، سوف نورد فيما يلي بعض الأمثلة :

4-1- مثال (1) ترتيب الاعداد :

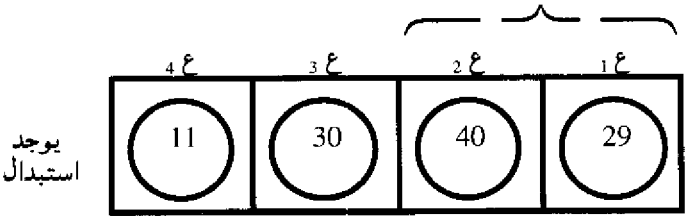
إذا كان لدينا أربعة صناديق متجاورة هي (ع$_1$ ، ع$_2$ ، ع$_3$ ، ع$_4$) ، وفي كل واحد من هذه الصناديق كرة تحمل رقم معين . رتب الكرات داخل الصناديق تصاعدياً ، من اليمين إلى اليسار . أي أن الكرة التي إلى أقصى اليمين تحمل أصغر رقم في المجموعة أما التي أقصى اليسار فإنها تحمل أكبر رقم . وفيما يلي الوضع الأصلي لهذه الكرات ، والمطلوب إيجاد خوارزمي مناسب لشرح هذه العملية .



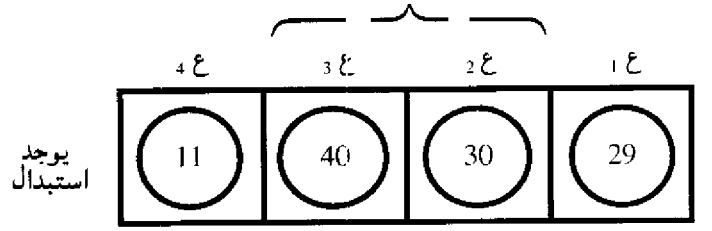
الحل :

لحل هذه المسألة نستطيع أن نقوم بما يلي :

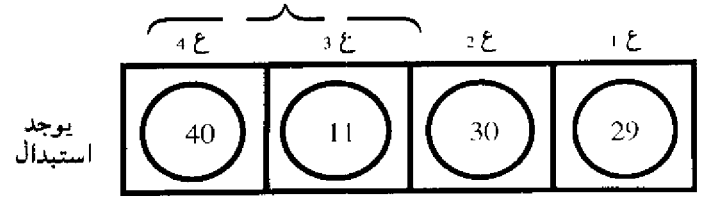
(1) نبدأ من أول صندوق إلى اليمين ، أي ع$_1$ ونقارنه بالصندوق المجاور له . فإذا كان العدد الموجود على الكرة في الصندوق ع$_1$ ، أصغر من العدد الموجود على الكرة في ع$_2$ فإننا نبقي الكرتين على وضعهما . أما إذا كانت الكرة في الصندوق ع$_1$ تحمل عدداً أعلى من العدد الموجود على الكرة ع$_2$ فإننا نقوم باستبدالها واحدة مكان الأخرى . ولو نظرنا إلى الشكل أعلاه لوجدنا أن العدد المثبت على الكرة الموجودة في ع$_1$ (40) ، هو أكبر من العدد الموجود في ع$_2$ (29) . لذالك نقوم باستبدال الكرتين واحدة محل الأخرى . فيصبح الرسم التوضيحي لهذه العملية كما يلي :



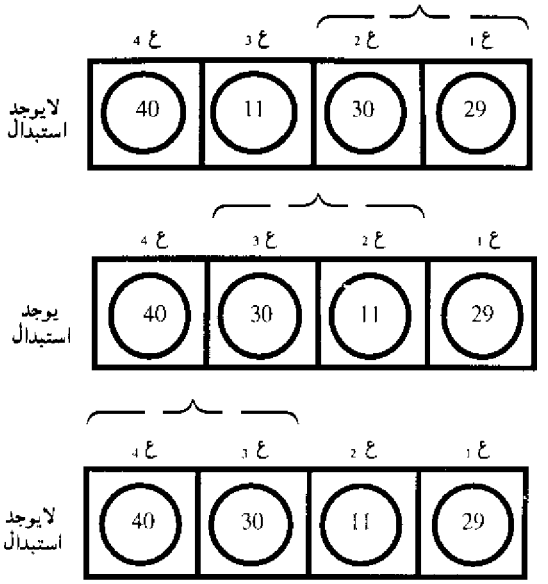
(2) نكرر استخدام نفس الطريقة على الصندوقين المتجاورين (ع ٢) و (ع ٣) . حيث نقوم باستبدال الكرتين الواحدة محل الأخرى ، فيصبح الشكل التوضيحي كما يلي :



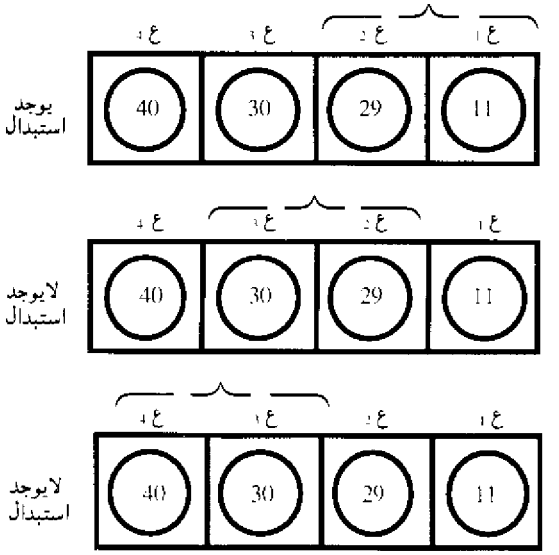
(3) نعيد استخدام نفس الطريقة على الصندوقين المتجاورين (ع ٣) و (ع ١) . فيصبح الشكل التوضيحي كما يلي :



(4) نلاحظ أن هذا لا يكفي ، لذلك نقوم بنفس الخطوات السابقة من جديد ، أي نقارن (ع ١ ، ع ٢) ثم (ع ٢ ، ع ٣) وبعد بذلك نقارن (ع ٣ ، ع ٤) ويمكن ان نرسم الاشكال التوضيحية لهذه العمليات كما يلي :



(5) نستمر بتكرار عملية المقارنة بين كل صندوق والصندوق المجاور له مرة أخرى ، وكما في الأشكال التوضيحية التالية :



وبذلك نحصل على الأعداد مرتبة تصاعدياً من اليمين إلى اليسار .

وقد لاحظنا أننا لكي نرتب أربعة أعداد فإننا نكرر العملية ثلاثة مرات، وفي كل مرة نقارن الصندوق مع الذي يجاوره ، وهذه العملية تتكون في الحقيقة من ثلاثة مقارنات (بين الصندوق والذي يجاوره) أيضاً .ويمكننا الآن أن نضع خوارزمي الشرح الذي ذكرناه سابقاً كما يلي:

كرر
1- إبدأ من أول صندوق إلى اليمين .
كرر ثلاث مرات :
2- **إذا** كان العدد الموجود على الكرة التي في الصندوق الأيمن ، أكبر من العدد الموجود في الصندوق المجاور إلى اليسار .
آنذاك استبدل الكرتين ، واحدة في صندوق الأخرى .
وإلا أعتبر الصندوق الذي الى اليسار هو الأيمن ، وقارنه مع المجاور له إلى اليسار .
حتى تصل إلى عدم إستبدال أي شيء أثناء المرور بكافة الصناديق .

والخطوط التي تنتهي بأسهم ، والتي رسمناها أعلاه ، تمثل لنا مجموعة الخطوات التي يجب أن نكررها ، والتي أسميناها **حلقة التكرار** . **فحلقة التكرار** الخارجية غير محددة بعدد مرات التكرار بل محددة بتحقيق حالة معينة ، وهذا يمثل آخر خطوة في **حلقة التكرار** ، أي (**حتى** ....) .

أما **حلقة التكرار** الداخلية فهي محددة بثلاثة مرات من التكرار. فالمعالج يقوم بتنفيذ الخطوات (**إذا ... آنذاك ... وإلا ...**) ثلاثة مرات . وبعد ذلك يعود من جديد إلى (**حتى...**) . فإذا كانت هناك عملية إستبدال فإنه ينتقل إلى الخطوة رقم (1) . وهكذا يستمر

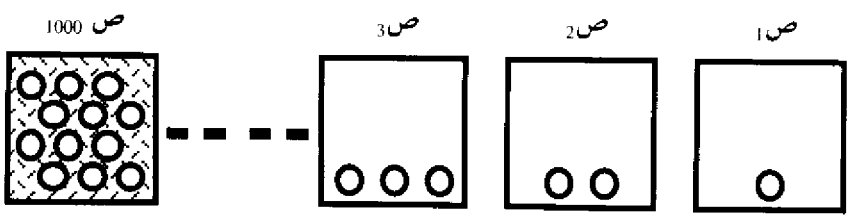
المعالج بتنفيذ خطوات **الخوارزمي** ، الى أن يصل إلى عدم إستبدال شيء . فعند ذلك فقط يكون الترتيب تصاعدياً قد تم ، ويخرج **المعالج** من **حلقات التكرار** .أي أن **المعالج** قد إنتهى من تنفيذ **الخوارزمي**.

4-2- **مثال** (2) **إيجاد المجموع الكلي لمجموعة من الأعداد :**

نفرض أنه يوجد لدينا ألف صندوق ، بحيث أن الصندوق الأول يحتوي في داخله على كرة واحدة ، والصندوق الثاني يحتوي كرتين ، والصندوق الثالث يحتوي على ثلاث كرات ... وهكذا حتى نصل إلى الصندوق رقم (1000) ، والذي يحتوي على ألف كرة . ونريد أن ننقل جميع هذه الكرات إلى صندوق واحد يحويها جميعها ، ونجد في الوقت نفسه مجموع هذه الكرات جميعها . ضع خوارزمي لحل هذه المسألة مع الشرح قدر الإمكان .

الحل :

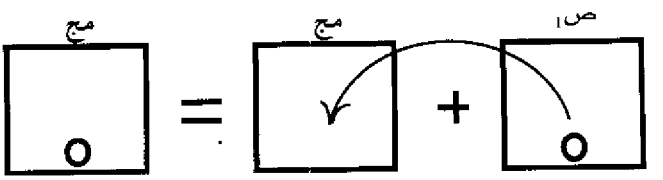
نرسم الصناديق ، والتي سنسميها ص$_1$ ، ص$_2$ ، ص$_3$ .. ص$_{1000}$. وكما موضح في الشكل أدناه :



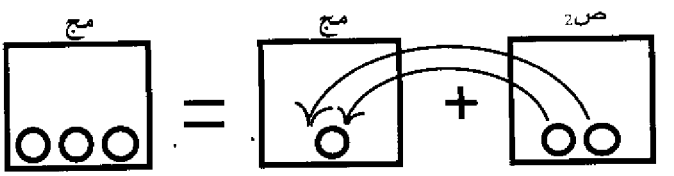
ودعنا نسمي الصندوق الذي سيحوي مجموع هذه الكرات (**مج**) والذي كان لا يحوي في البداية على أية كرة أي أن عدد الكرات فيه يساوي صفراً ونستطيع رسمه كالتالي :

وبالإمكان إيجاد المجموع الكلي بطريقة بسيطة ، وهي إضافة محتويات كل صندوق إلى الصندوق المسمى (**مج**) . بحيث تكون عدد الكرات في الصندوق (**مج**) ، في كل مرة ، قيمة جديدة تضاف إلى الصندوق (ص) التالي . وتكون محتويات الصندوق (**مج**) ذات قيمة جديدة أخرى ... وهكذا حتى نصل إلى آخر صندوق ، أي حتى نصل إلى $ص_{1000}$. ويمكننا توضيح ذلك أكثر بالطريقة التالية :

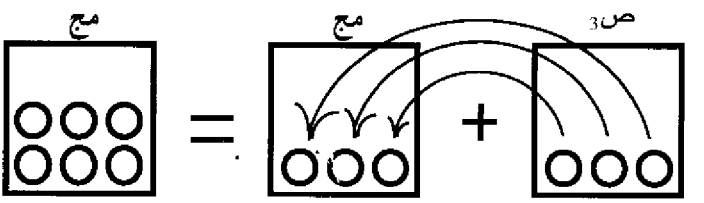
(1) نضيف محتويات ($ص_1$) إلى محتويات (**مج**) ، والتي تساوي (0). فيكون المجموع الجديد داخل (مج) . كما موضح فيما يلي :



(2) نضيف محتويات ($ص_2$) إلى محتويات (**مج**) ، والتي تساوي الآن (1) . فيكون المجموع الجديد داخل (**مج**) ، كما موضح فيما يلي :



(3) نضيف محتويات (ص$_3$) إلى محتويات (**مج**) ، والتي تساوي الآن (3) . فيكون المجموع الجديد داخل (**مج**). ويمكن أن نوضح ذلك بالشكل التوضيحي التالي :



وهكذا نستمر بهذه العملية حتى نصل إلى الصندوق رقم ألف ، أي (ص$_{1000}$) . ويمكننا أن نوضح ذلك **بالخوارزمي** التالي ، والذي أستنتجناه من الشرح السابق لعملية الجمع هذه :

إجلب صندوق فارغ بحجم مناسب وسمّه (**مج**) .
إبدأ من الصندوق الأول (ص$_1$) .

كرر
إستخرج محتويات الصندوق من الكرات .
أضف محتويات الصندوق إلى محتويات الصندوق (مج)
أحسب مجموع الكرات في الصندوق (**مج**) .
خذ الصندوق التالي .
حتى تصل إلى الصندوق الأخير (ص$_{1000}$) .

ونلاحظ أن هذا الخوارزمي عام ، بغض النظر فيما إذا كان الصندوق فيه كرة أو كرتان أو أي عدد آخر من الكرات ،نستطيع أن نجعله عام ، لأي عدد من الصناديق ولنفرضه (ن) . وبذلك يصبح

الصندوق الأخير هو (ص$_{1000}$) . ولا نحتاج في هذه الحالة سوى إستبدال الخطوة الأخيرة للخوارزمي السابق وجعلها كما يلي :

حتى نصل إلى الصندوق الأخير (ص$_{1000}$) .

ويمكننا أيضاً أن نعبر عن المسألة السابقة ، بالصيغة التالية :

مج = $1 + 2 + 3 + ... + 1000$

وبذلك نستطيع أن نجعل الخوارزمي لهذه المسألة بطريقتين هما :

1- ضع قيمة (**مج**) = 0 .

2- ضع قيمة الحد (ص) = 1 .

3- **كرر**

أضف قيمة (ص) إلى قيمة (**مج**) .

سمي قيمة الناتج (**مج**) من جديد .

أضف (1) إلى قيمة (ص)، وسمي القيمة الناتجة (ص) أيضاً.

حتى نصل إلى (ص) يساوي (1000) .

ويمكننا أن نستعمل أيضاً **خوارزمي الانتخاب** ، ونستطيع كتابة ذلك بالصيغة التالية :

1- ضع قيمة (**مج**) = 0 .

2- ضع قيمة الحد (ص) = 1 .

3- أضف قيمة (**مج**) إلى قيمة (ص) ، وضع قيمة الناتج في (**مج**) .

4- أضف (1) إلى قيمة (ص) وسمي قيمة الناتج أيضاً (ص) .

5- **أذا** كان (ص) يساوي 1001 .

آنذاك توقف عن الجمع وأكتب آخر قيمة لـ (مج) .

وإلا عُدْ **وكرر** تنفيذ الخطوات (3) ، (4) ، (5) .

3-4- مثال (3) مفكوك العدد (ن) :

هناك مصطلح في علم الرياضيات يدعى مفكوك (فاكتوريال) العدد ، ومفكوك العدد (ن) هو :

$$1 \times 2 \times 3 \times 4 \times \ldots \times ن$$

اي ان : مفكوك العدد (2) $= 1 \times 2 = 2$

مفكوك العدد (3) $= 1 \times 2 \times 3 = 6$

مفكوك العدد (4) $= 1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24$

مفكوك العدد (7) $= 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 = 5040$

وهكذا نستطيع كتابة **خوارزمي** لايجاد مفكوك (فاكتوريال) العدد (ن) وكما يلي :

الحل :

نرمز إلى العدد المتغير (ع) والذي يأخذ القيم 1 ، 2 ، 3 ، ... ، ن ونرمز إلى قيمة المفكوك بالحرف (م) وبذلك نستطيع أن نضع **الخوارزمي** ، كما يلي :

1- دع قيمة (ع) = 1 .

2- دع قيمة (م) = 1 .

كرر

3- قيمة المفكوك(م)=القيمة القديمة للمفكوك (م)×قيمة العدد (ع)

4- قيمة العدد (ع) = القيمة القديمة للعدد (ع) + 1 .

5- **إذا** كانت قيمة العدد (ع) = (ن+ 1) .

آنذاك توقف عن تنفيذ خطوات الخوارزمي .

وإلا أعد تنفيذ الخطوات (3) ، (4) ، (5) .

ويمكن كذلك أن نضع هذا **الخوارزمي** بصورة أخرى . وكما يلي :

1- دع قيمة العدد (ع) = 1 .

2- دع قيمة المفكوك (م) = 1 .

3- **كرر**

قيمة المفكوك(م)=القيمة القديمة للمفكوك (م)× قيمة العدد (ع)

قيمة العدد (ع) = قيمة العدد (ع) القديمة + 1 .

حتى تصل قيمة العدد (ع) = (ن) .