

دراسة مقارنة بين مجموعة من الطرق المستخدمة (طرق تجريبية وحاسوبية)  
لحساب كفاءة كاشف من النوع الوميضي

- \*د. غياث عبد الرحمن المعراتي / عضو هيئة تدريس في كلية الآداب والعلوم - المرج / جامعة بنغازي .  
\*\*أ. رافع مراجع يوسف / عضو هيئة تدريس في كلية الآداب والعلوم - المرج / جامعة بنغازي .  
\*\*\*أ. أكرم موسي أخنيفر / عضو هيئة تدريس في كلية الآداب والعلوم - المرج / جامعة بنغازي .



## العدد الرابع والأربعون / يوليو / 2019

### دراسة مقارنة بين مجموعة من الطرق المستخدمة (طرق تجريبية وحاسوبية)

### لحساب كفاءة كاشف من النوع الوميضي

#### الملخص :

قمن في هذا البحث بتطبيق ثلاث طرق مختلفة لتحديد قيمة الكفاءة لكاشف نووي هي الطريقة التجريبية العملية والتي تحتاج شروط ومتطلبات معينة وتستغرق وقت وجهد وطريقتين نظريتين برمجيتين هما برنامج ETNA و حزمة برامج GeoEfficiency لمختلف ارتفاعات المصدر ، و مجموعة واسعة من الطاقة وأجرينا مقارنة بعد تحليل النتائج لكل من هذه الطرق ورسمنا بيانيا تغيرات قيم الكفاءة بدلالة الطاقة. وتبين لنا أن الطريقتين البرمجيتين قد قدمتا نتائج جيدة وبنسبة خطأ مئوي صغيرة جدا وكانت طريقة GeoEfficiency هي الأقرب إلى النتائج التجريبية في هذه الدراسة.

#### الكلمات المفتاحية :

(أشعة جاما - كاشف نووي ومضي - بلورة يوديد الصوديوم - طريقة تجريبية - طريقة جيوفنشي - طريقة إتنا ) .

#### Abstract :

#### Abstract :

In this paper, we applied three different methods to determine the efficiency value of a nuclear detector. This is a practical experimental method that requires specific conditions and requirements. It takes time, effort and two theoretical methods: the ETNA program and the GeoEfficiency software package for different source heights, and for a wide range of energy. From these methods we graphically chart changes in energy efficiency values. We found that the two programming methods presented good results with a very small percentage error and the GeoEfficiency method was the closest to the experimental results in this study.

**Keywords :** ( Gamma rays, nuclear detectors, sodium iodide crystals, experimental method, geophysical method, etna method)

## 1- مقدمة (Introduction) :

مع بداية استغلال الإنسان للطاقة النووية قبل أكثر من خمسين سنة واجهت البشرية نوعا جديدا من الكوارث لم تكن معروفة من قبل وتضمنت لغات العالم جميعا مصطلحات جديدة لم تكن مسموعة كالحماية الإشعاعية والمخاطر النووية وقد حظيت قضايا المخاطر النووية باهتمام الناس على كل مستوياتهم نظرا للرعب النووي الذي خلفه تفجير أول قنبلة نووية في هيروشيما-اليابان في 1945/8/6 وقنبلة ناكازاكي في 1945/8/9 عند نهاية الحرب العالمية الثانية كما أدرك العلماء العاملين في الفيزياء النووية والمسؤولين السياسيين والعسكريين مخاطر الطاقة النووية وخصائصها التدميرية جنبا إلى جنب مع منافعتها ومردوداتها الإيجابية. [7] أدى الرعب النووي إلى قيام الجمعية العامة للأمم المتحدة إلى إنشاء اللجنة العلمية لدراسة تأثيرات الأشعة الذرية عام 1955 لدراسة مخاطر الإشعاعات على الإنسان ثم شكلت الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام 1957 التي تقوم بتطوير التطبيقات السلمية لهذه الطاقة في كافة المجالات النافعة للبشرية وأنشأت معظم دول العالم لجانا أو مؤسسات وطنية لرعاية جوانب الحماية من الإشعاع والكوارث النووية. [9-10]

## 2-1- الإشعاعات النووية :

نظرا لكون الاشعاعات غير مرئية كان لابد من إيجاد طرق للكشف عن هذه الاشعاعات وقياس شدتها كنوع من أساليب الوقاية الاشعاعية لما لهذه الاشعاعات من تأثيرات سلبية وضارة للإنسان والبيئة المحيطة بشكل عام. [5-7-8]

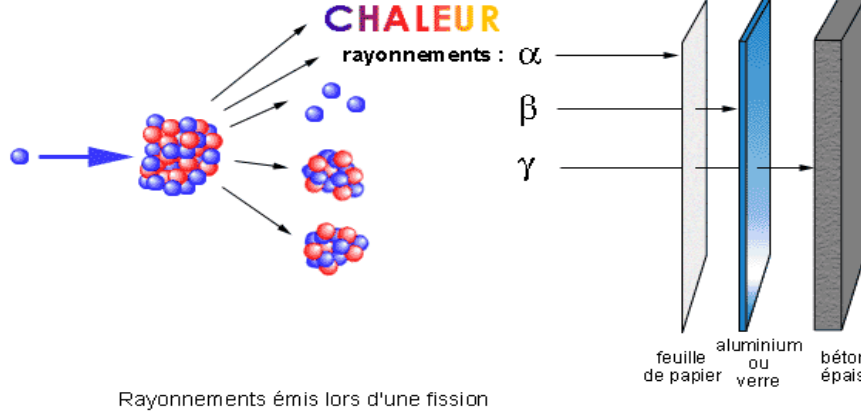
## 3-1- أنواع الاشعاع :

وتبعا لقوة الاشعاع وقدرته على النفاذ تقسم الاشعاعات الى ثلاث أنواع الشكل (1):

- أشعة ألفا : وهي غير قادرة على اختراق ورقة

- أشعة بيتا : تستطيع المرور عبر نسيج الجسم البشري لمسافة 1-2 سنتيمتر

- أشعة جاما : لا يستطيع إيقافها إلا الرصاص السميك أو الاسمنت وهي محور بحثنا. [8]



Rayonnements émis lors d'une fission

الشكل (1)

#### 4-1- أشعة جاما :

هي موجات كهرومغناطيسية تتكون من فوتونات عالية الطاقة مما يعطيها قدرة عالية على الاختراق والتي تعتبر جانباً مهماً في أي قياس لطيف جاما.

تستخدم أشعة جاما وكذلك الإشعاع الإلكتروني في المعالجة الإشعاعية للمواد مثل البلاستيك والمطاط وغيرها لتغيير خواصها التقليدية وأكسابها خواص جديدة على سبيل المثال مقاومة كهربائية وميكانيكية عالية وهذه الطريقة هي أساس تكنولوجيات إنتاج مواد جديدة، ويعتبر تطعيم المواد بالأيونات بعد تعجيلها أو زرع أيونات تطعيم بعملية كيميائية حيث تستقر الأيونات داخل الهدف وترتبط معه في التركيب الجزيئي فتغير بذلك خواصه الإلكترونية . ويمكن التحكم بدقة كبيرة في عدد الأيونات المنزعة وكذلك موقعها في المادة ونستخدم هذه الطريقة في تصنيع مواد أشباه الموصلات للتحكم في خواصها الضوئية والكهربية لإنتاج الخلايا الضوئية وكذلك في مجال الميكرو إلكترونيك لاستحداث أنظمة كهربائية متكاملة ورفع كفاءة الدوائر المتكاملة [8-9-10] .

5-1- الكشف عن الاشعاع :

ويعتمد مبدأ الكشف عن الإشعاعات المؤينة في معظم الكواشف على تأيين أو إثارة الإشعاعات المؤينة لذرات أو جزيئات مادة الكاشف عند مرور الإشعاعات المؤينة فيها وعند التأين يتم إنتاج الأزواج الإلكترونية الأيونية في الكواشف الغازية أو الإلكترونية التحفوية في أشباه الموصلات ويعتمد عدد الأزواج المتكونة على نوع مادة الكاشف وعلى طاقات الإشعاعات الساقطة [5-7-8] .

6-1- أنواع الكواشف :

كواشف الاشعاع التي تعمل بالغاز هي تلك التي يحتوي الحجم الحساس فيها علي غاز وتعتمد الكواشف الغازية في عملها على عملية التأين التي تحدث أثناء تفاعل الإشعاع الساقط مع جزيئات الغاز داخل الكاشف، حيث يتم تجميع أزواج الإلكترونات والأيونات المتولدة أثناء عمليات التأين على طول مسار الإشعاع في الغاز بتطبيق جهد كهربائي مناسب بين قطبي الكاشف.

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الكواشف الغازية:

- غرفه التأين (Ionization Chamber)

- العداد التناسبي (Proportional Counter)

- عداد غايغر ميولر ( G-M Counter ) :

يعتبر هذا النوع من الأجهزة من أهم أجهزة المسح بالنسبة لإشعاعات بيتا أو جاما ذات المستويات الإشعاعية المنخفضة ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية عمل كواشف من هذا النوع بأحجام وأشكال مختلفة وإلى الحساسية الفائقة لعدادات غايغر بالمقارنة بغرف التأين . لذا تستخدم هذه الأجهزة للكشف عن التلوث بالمواد المشعة أو للبحث عن المصادر المشعة المفقودة مهما قلت شدتها الإشعاعية فضلا عن استخدامها الرئيس لقياس معدل التعرض للمستويات الإشعاعية الضعيفة وتعمل جميع أنواع الأجهزة التي تستخدم عداد غايغر ككاشف بالنظام النبضي كذلك تزود معظم الأجهزة بجهاز تنبيه سمعي يطلق صوتا قصيرا عند تسجيله لكل جسيم وبذلك يمكن الحكم سمعيا على شدة المستوى الإشعاعي بالإضافة إلى مقياس معدل التعرض الموجود بالجهاز والذي يبين معدل العد (أي عدد النبضات في الدقيقة) .

## العدد الرابع والأربعون / يوليو / 2019

### 7-1- العداد الوميضي (Scintillation counter) :

يعمل على مبدأ تفاعل الاشعاع الساقط مع مادة وماضة تعرف بالوماض وتحويل الطاقة الحركية للجسيمات الى ومضات ضوئية اعتمادا على خواص مادة الكاشف التي تقوم باطلاق ومضات ضوئية عندما تسقط عليها الجسيمات المشحونة .

وتقسم الى نوعين حسب نوع المادة :

- مواد عضوية تستخدم للكشف عن أشعة بيتا أو النيوترونات السريعة.

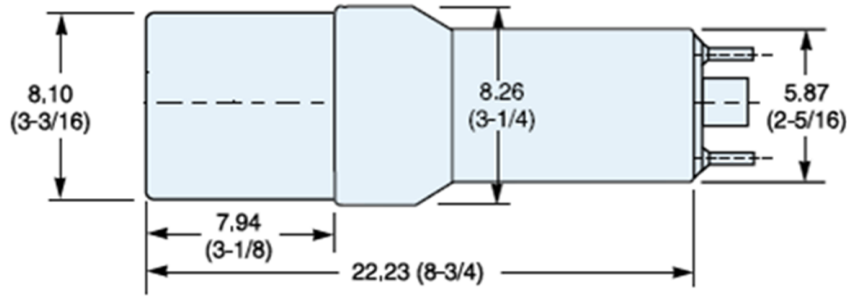
- بلورات غير عضوية أشهرها بلورات يوديد الصوديوم وتستخدم في الكشف عن أشعة جاما نظرا لكبر عددها الذري.

### 8-1- مكونات الكاشف الوميضي وطريقة عمله :

يتكون من مادة وميضية وأنبوب توصيل ضوئي والعاكس الضوئي وأنبوب التضاعف الفوتوني.[5]

عند سقوط إشعاعات جاما على يوديد الصوديوم ينتج وميض ضوئي ينتقل عبر أنبوب التوصيل الى الكاثود الضوئي لأنبوب التضاعف والعاكس الضوئي يقوم بإعادة الضوء الى الكاثود الضوئي مسببا انطلاق الكترونات منه ثم يتضاعف عددها داخل

أنبوب التضاعف الى أن يصل الالكترن في النهاية الى الأنود فتتجه بذلك نبضة كهربائية على مخرج الأنبوب الشكل (2) :



الشكل (2)

ومن أهم خصائص كواشف الأثر النووي الصلبة دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها لذلك تستخدم كمراجع شخصية لقياس

الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وتعتمد جميعها على تجميع الشحنة الكهربائية الخارجة من الكاشف نتيجة تجميع

الشحنات المتكونة داخل غرفة الكاشف.

## 2- طريقة البحث وأهدافه:

تم في هذا البحث دراسة ثلاث طرق مختلفة لتحديد كفاءة الكاشف النووي وإجراء مقارنة بين النتائج لكل طريقة وترتيب هذه الطرق من حيث دقة النتائج وسهولة تحليل البيانات الناتجة .

## 3- القسم العملي:

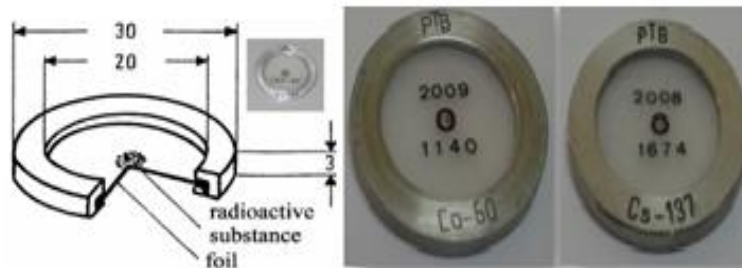
3-1- إن الكاشف المستخدم هو بلورة يوديد الصوديوم المطعم بالتاليوم NaI(Tl) ذو الأبعاد (3X3) بوصة الشكل (3) :



الشكل (3)

## 3-2- المصادر المستخدمة :

تم استخدام مصادر نقطية ( $^{137}\text{Cs}$  -  $^{60}\text{Co}$  -  $^{133}\text{Ba}$ ) الشكل (4) :



الشكل (4)

المعايرة التجريبية تتطلب وقت وجهد في إعداد المصادر القياسية ويرافقها صعوبات ترتبط بمعايرة الكفاءة التجريبية لعدد كبير من العينات لذلك كان لا بد من الاستعانة بطرق أخرى حيث قمنا بتطبيق طريقتين غير الطريقة التجريبية برنامج ETNA و حزمة برامج GeoEfficiency لمختلف ارتفاعات المصدر ، و لمجموعة واسعة من الطاقة .[1-2-4]

استخدمنا هاتين الطريقتين وقارنا النتائج مع نتائج الطريقة العملية وسوف نقدم شرح مختصرا لهاتين الطريقتين والنتائج التي تحصلنا عليها لكل طريقة بالمقارنة مع الطريقة العملية.

### 3-3-1- طريقة جيوفنشي GeoEfficiency Software Package :

استخدمنا برنامج مكتوب بلغة جوليا وهي لغة نشطة التطوير تستخدم في العديد من تقنيات البرمجة ويعتمد البرنامج على حساب الكفاءة الهندسية لعملية القياس الشكل (5):[4]

```

A fresh approach to technical computing
Documentation: https://docs.julialang.org
Type "?help" for help.

Version 0.7.0-DEV.534 (2017-06-10 15:04 UTC)
Commit fccbb66d322 (1 day old master)
1686-w64-mingw32

julia> using GeoEfficiency
julia> about()

*****
**          (-) GeoEfficiency (-)          **
**  Accurate Geometrical Efficiency Calculator  **
**          @version: v0.8.2              **
*****

@author: Mohamed Krar
@Profile: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed_Krar3
@repository: https://github.com/Dkrkrar/GeoEfficiency.jl/
@documentation: http://geoefficiencyjl.readthedocs.org
Created on Fri Aug 14 20:12:01 2015

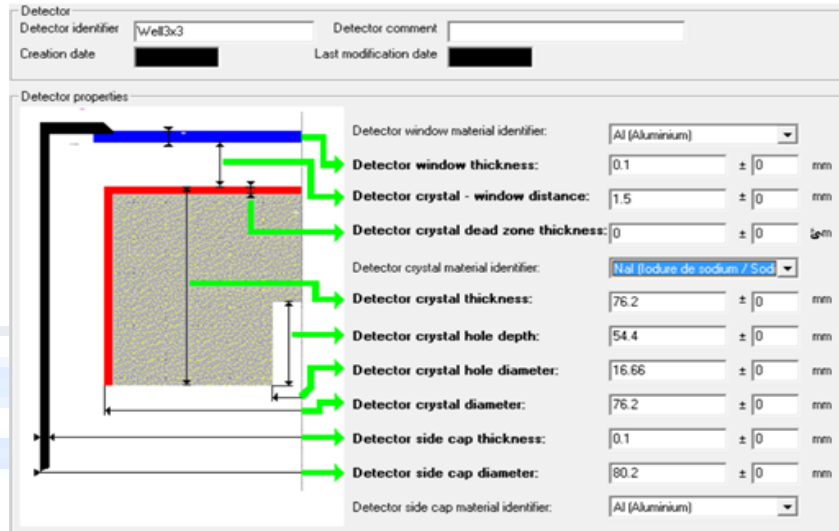
julia> calc()
I- The detector physical Dimensions :-
> Crystal Radius (cm) =
```

الشكل (5)

### 3-3-2- طريقة إتنا ETNA Software :

برنامج مطور من معمل بيكريل يعتمد على تقنية نقل الكفاءة استخدم من قبل الكثير من الباحثين في مجال التحليل الطيفي لأشعة جاما الشكل (6): [1-2]





الشكل (6)

#### 4- النتائج والمناقشة ( Results and Discussion ) :

تمت عملية القياس عند ارتفاعات مختلفة من الكاشف وفق ما هو مبين في الجدول (1) :

الارتفاع عن الكاشف (mm)	رمز البعد
130.9	D-04
154.77	D-05
178.64	D-06
202.51	D-07

الجدول (1)

تم إعداد القياس حيث يوجد المصدر في الموضع (D-04) ، يأخذ شكل هندسة مرجعية لجميع الطرق ، باستثناء التجريبية حيث لم تكن هناك حاجة إلى إعداد مرجعي بسبب وجود المصادر القياسية.

و الجداول (2-3-4) حسب الارتفاع عن الكاشف على الترتيب (D05-D06-D07) تبين قيم كفاءة القممة المحسوبة باستخدام كل من طريقة اتنا وطريقة جيوفينشي والطريقة التجريبية العملية وحساب قيمة الخطأ النسبي المتوي في كل مرة من

العلاقة :

العدد الرابع والأربعون / يوليو / 2019

$$\Delta\% = \frac{\varepsilon_{\text{calculated}} - \varepsilon_{\text{measured}}}{\varepsilon_{\text{measured}}} \times 100\%$$

1-4- حساب القيم و رسم الخطوط البيانية لتغيرات قيم الكفاءة بدلالة الطاقة :

1-1-4- الارتفاع (D-05) :

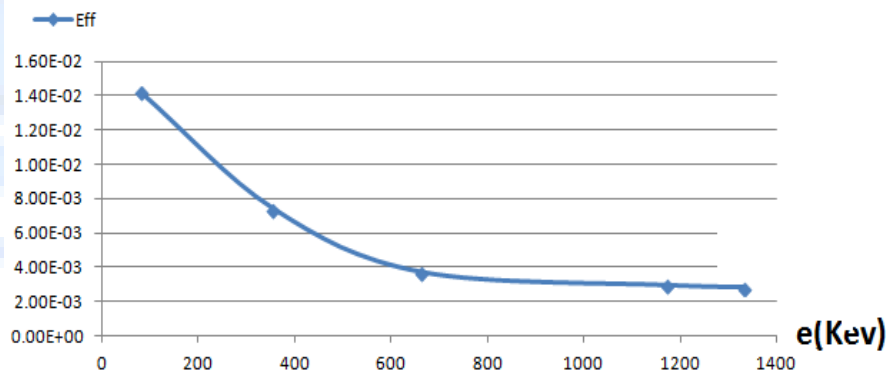
كانت نتائج المقارنة بين قيمة الكفاءة المحسوبة وفق الطرق الثلاث وقيم الخطأ النسبي المثوي وفق الجدول (2) :

ISOTO PE	Ener gy (Kev)	ExPerime nt Efficiency	un Efficiency	ETNA Efficiency	%Δ	Geoefficien cy Efficiency	%Δ
Ba-133	80.99	1.421E-2	1.630E-4	1.44E-2	1.4	1.43E-2	0.84
Ba-133	356	7.41E-3	3.95E-4	7.85E-3	5.97	7.45E-3	0.5
Cs-137	661.64	3.722E-3	3.78E-5	3.93E-3	5.6	3.79E-3	1.9
Co-60	1173.21	2.951E-3	3.74E-5	3.21E-3	2.3	3.0E-3	1.66
Co-60	1332.49	2.831E-3	2.01E-5	2.94E-3	3.9	2.89E-3	2.1

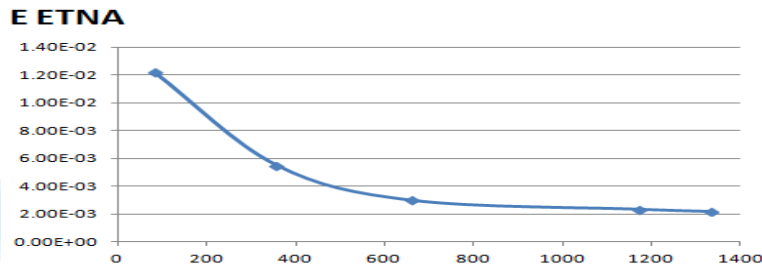
الجدول (2)

1-4-2- الأشكال (7) (a-b-c) على الترتيب رسم المخططات البيانية لتغيرات قيم الكفاءة المحسوبة بالطريقة التجريبية

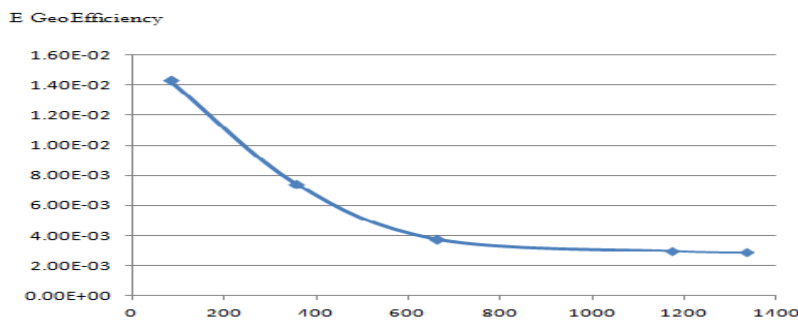
وطريقة ETNA وطريقة GeoEfficiency بدلالة الطاقة للبعد D-05 :



الشكل (7- a)



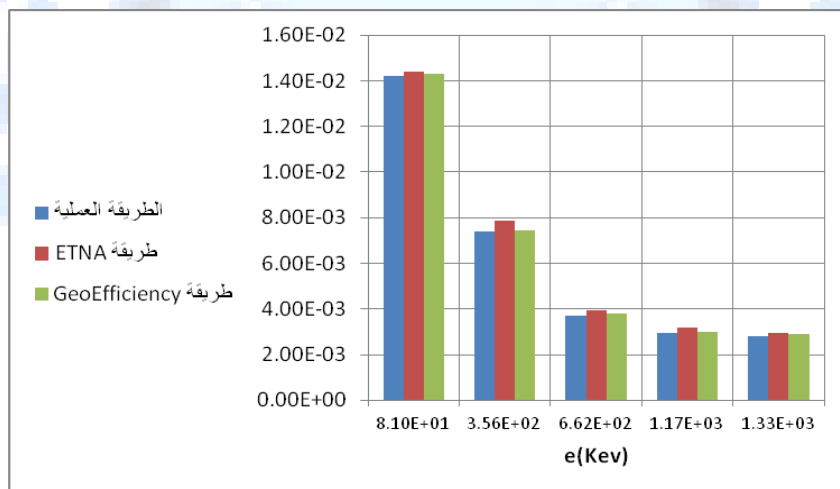
الشكل (7- b)



الشكل (7- c)

3-1-4- مقارنة بين الطرق الثلاث بيانيا من أجل البعد D-05 :

من الرسم البيانس للطرق الثلاث نجد تقاربا كبيرا بين النتائج من أجل قيم مختلفة للطاقة الشكل (7-d):



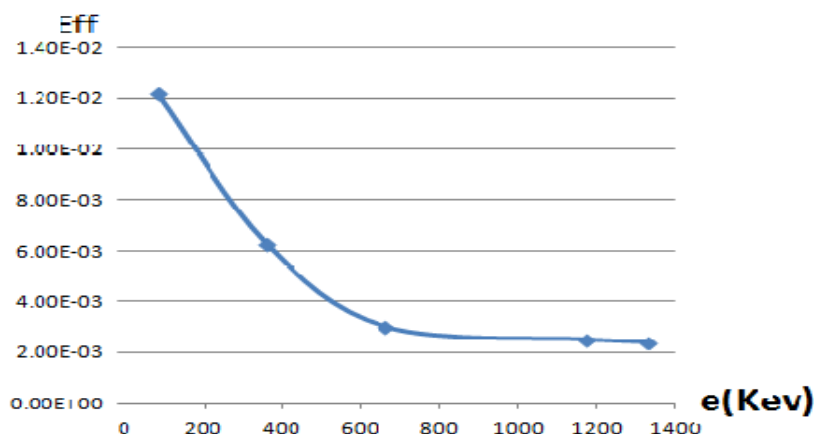
الشكل (7- d)

كانت نتائج المقارنة بين قيمة الكفاءة المحسوبة وفق الطرق الثلاث وقيم الخطأ النسبي المثوي وفق الجدول (3) :

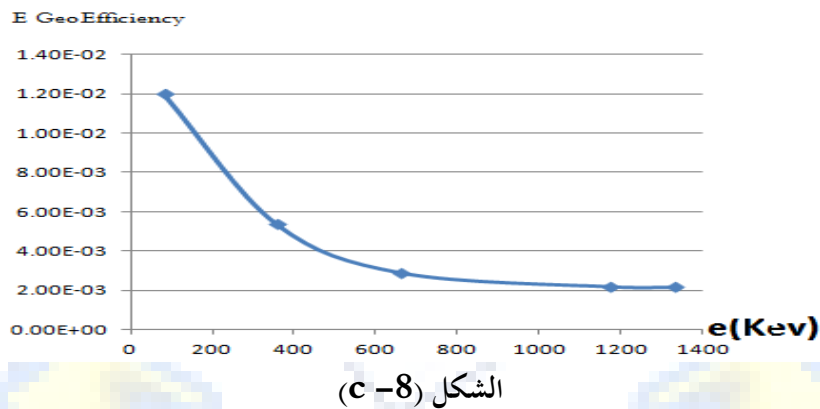
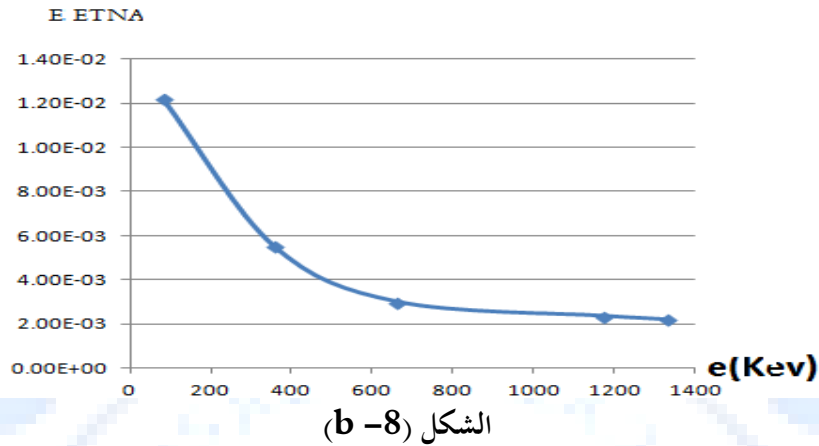
ISOTOPE	Ener gy (Kev)	ExPerime nt Efficiency	un Efficiency	ETNA Efficiency	%Δ	GeoEfficiency Efficiency	%Δ
Ba-133	80.99	1.22E-2	1.42E-4	1.22E-2	8.3	1.20E-2	6.5
Ba-133	356	6.32E-3	3.62E-4	5.53E-3	3.9	5.4E-3	1.5
Cs-137	661.64	3.02E-3	3.2E-5	3.01E-3	6.3	2.91E-3	2.7
Co-60	1173.21	2.51E-3	3.42E-5	2.37E-3	9.1	2.21E-3	1.6
Co-60	1332.49	2.41E-3	1.98E-5	2.21E-3	10.1	2.19E-3	9.5

الجدول (3)

2-2-4- الأشكال (8) (a-b-c) على الترتيب رسم المخططات البيانية لتغيرات قيم الكفاءة المحسوبة بالطريقة التجريبية وطريقة ETNA وطريقة GeoEfficiency بدلالة الطاقة للبعد D-06 :

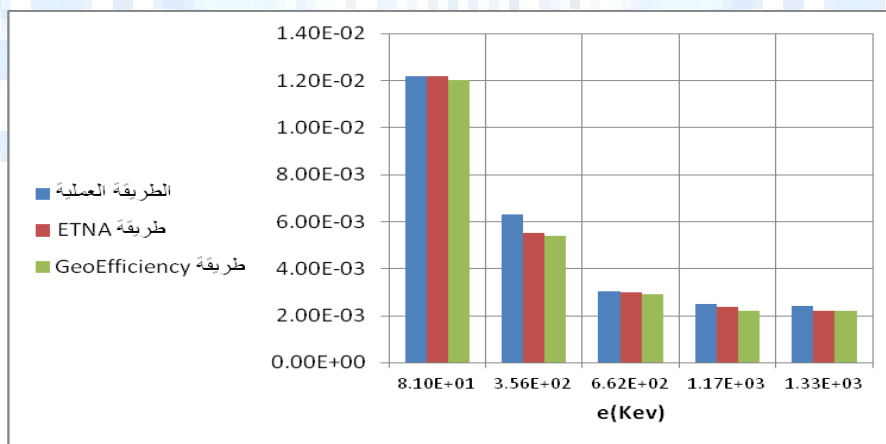


الشكل (8) (a)



3-2-4- مقارنة بين الطرق الثلاث بيانها من أجل البعد D-06 :

من الرسم البيانس للطرق الثلاث نجد تقاربا كبيرا بين النتائج من أجل قيم مختلفة للطاقة الشكل (8-d):



الشكل (8- d)

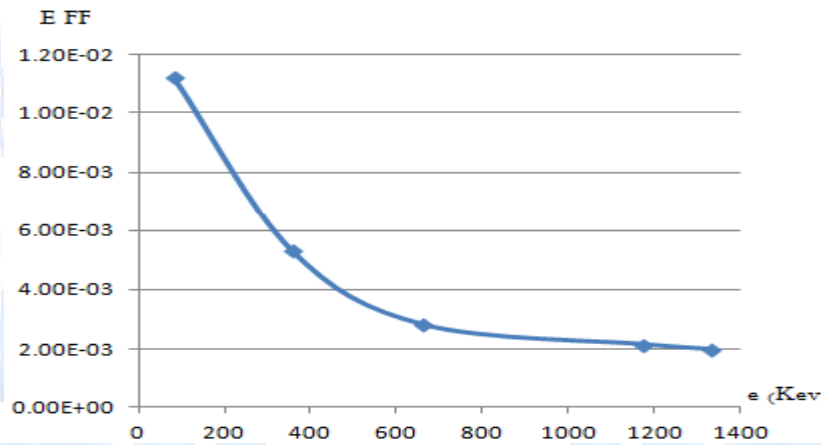
1-3-4- الارتفاع D-07 :

كانت نتائج المقارنة بين قيمة الكفاءة المحسوبة وفق الطرق الثلاث وقيم الخطأ النسبي المئوي وفق الجدول (4) :

ISOTOPE	Energy (Kev)	Experimental Efficiency	un Efficiency	ETNA Efficiency	%Δ	GeoEfficiency	%Δ
Ba-133	80.99	1.12E-2	1.39E-4	1.22E-2	8.3	1.20E-2	6.5
Ba-133	356	5.32E-3	3.12E-4	5.53E-3	3.9	5.40E-3	1.5
Cs-137	661.64	2.83E-3	3.001E-5	3.01E-3	6.3	2.911E-3	2.7
Co-60	1173.21	2.17E-3	3.00E-5	2.37E-3	9.1	2.211E-3	1.6
Co-60	1332.49	2.00E-3	1.62E-5	2.21E-3	10.1	2.199E-3	9.5

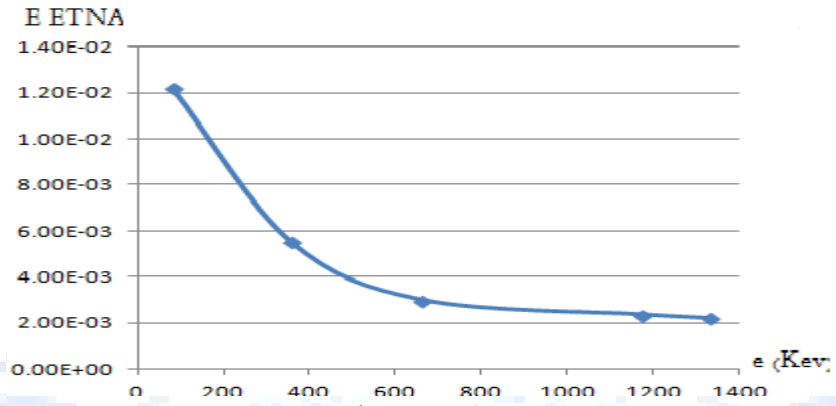
الجدول (4)

1-3-4- الأشكال (9) (a-b-c) على الترتيب رسم المخططات البيانية لتغيرات قيم الكفاءة المحسوبة بالطريقة التجريبية وطريقة ETNA وطريقة GeoEfficiency بدلالة الطاقة للبعد D-07 :

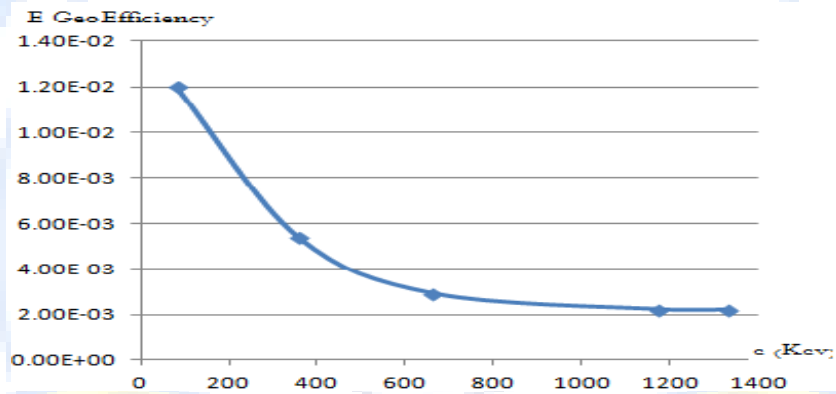


الشكل (9-a)

العدد الرابع والأربعون / يوليو / 2019



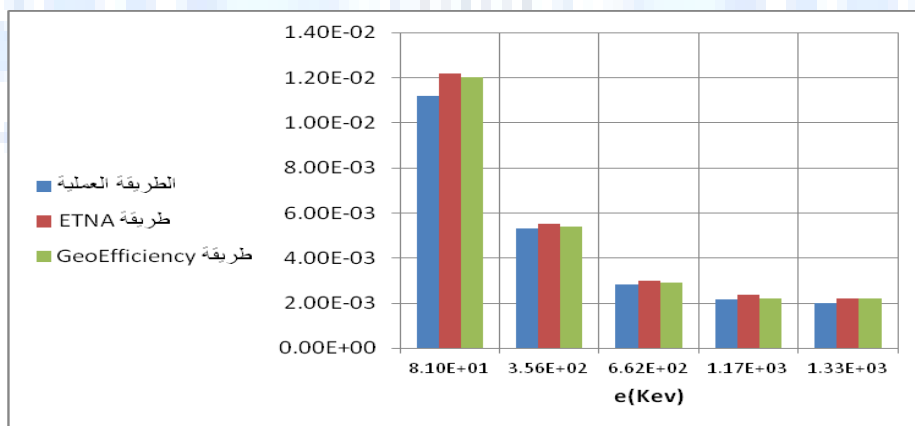
الشكل (9- b)



الشكل (9- c)

3-3-4- مقارنة بين الطرق الثلاث بيانيا من أجل البعد D-07 :

من الرسم البياني للطرق الثلاث نجد تقريبا كبيرا بين النتائج من أجل قيم مختلفة للطاقة للشكل (9-d):



الشكل (9- d)

## 5- تحليل النتائج والاستنتاجات :

من مقارنة النتائج وتحليل الرسوم البيانية لاحظنا شبه تطابق تقريبا فيها و وجدنا أن الطريقة الأكثر دقة وتنوعا للحصول على معايرة الكفاءة هي الطريقة التجريبية، ولاحظنا من الرسم البياني للطرق الثلاث معا من أجل كل بعد ولنفس قيم الطاقة تطابق تقريبا بين القيم المحسوبة بالطريقة التجريبية وطريقة **GeoEfficiency** ويظهر ذلك بالتقارب شبه التام بين الخط باللون الأزرق والذي يمثل الطريقة التجريبية والخط باللون الأخضر والذي يمثل طريقة **GeoEfficiency** بينما يوجد فرق بسيط بين الخط باللون الأحمر والخطين الآخرين بالأزرق والأخضر وأن الخط الأخضر والذي يعبر عن تغير القيم وفق طريقة **GeoEfficiency** كان دائما الأقرب الى الأزرق المعبر عن تغير قيم الطريقة التجريبية من الخط الأحمر المعبر عن تغير قيم طريقة **ETNA** . وقادنا تحليل النتائج الى وجود اتفاق جيد للغاية بين الطرق النظرية المختلفة والطريقة التجريبية وبالتالي يمكننا القول أن جميع الطرق صحيحة لمعايرة كاشف عند استخدام مصدر نقطي للطاقة المعتدلة، إلا أن هذه الدراسة لا تمثل دليلا كافيا على دقة الأساليب المستخدمة في استخدام أجهزة القياس أكثر تعقيدا.



( Reference )

- [1] "ETNA2005." [Online]. Available: <http://www.nucleide.org/ETNA2005/>. [Accessed: 02-Aug-2015].
- [2] F. Piton, M.-C. Lépy, M.-M. Bé, and J. Plagnard, "Efficiency transfer and coincidence summing corrections for  $\gamma$ -ray spectrometry," Appl. Radiat. Isot., vol. 52, no. 3, pp. 791–795, Mar. 2000.
- [3] G. E. Knoll, Radiation Detection and Measurement, Third Edit. New Yor: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [4] "Julia Language Research and Development at MIT." [Online]. Available: <http://julia.mit.edu/>. [Accessed: 12-Jan-2017].
- [5] Nicholas Tsoulfanidis, "Detection of radiation products.," Radiat. Res., vol. Suppl 3, pp. 153–170, 1963
- [6] T. K. Gupta, Radiation , Ionization , and Detection in Nuclear Medicine, vol. 49, no. 0. Berlin, Germany Springer Berlin Heidelberg, 2013
- 7- سعيد محمد خليل ،اساسيات الفيزياء الاشعاعية في الطب النووي (2014) جامعة نجران .
- 8- سلامة محمد (مصر) و .جمال الشويقي (سوريا) اللجنة الدولية للوقاية الاشعاعية طبع 2009.
- 9- طالب ناهي ،د.عباس حمادي ،د.هرمز موشي ،الفيزياء الذرية (1980)الجزء الثاني.
- 10- محمد فاروق ،أد.احمد السريع ،مبادئ الاشعاعات المؤينة والوقاية منها(2007) .