مجلة الهندسة والتنمية المجلد الثاني عشر/العدد الثالث- أيلول ٢٠٠٨
ISSN 1813-7822

توزيع الطاقة الحرارية الناتجة عن انفجار كتلوي بطاقة ٢٠ كيلوطن

د. سلام جمعة المالكي
كلية الهندسة، قسم هندسة البيئة
الجامعة المستنصرية، بغداد،
العراق

الخلاصة

إن الهدف من البحث هو إجراء الحسابات المطلوبة لمعرفة توزيع الطاقة الحرارية الناتجة عن انفجار كتلوي بطاقة (٢٠ كيلو طن) لمختلف أنواع الإنفجارات (سطحية، جوية)، في مناطق مختلفة الأبعاد عن منطقة الانفجار على سطح الأرض مع الأخذ بنظر الاعتبار اختلاف معامل الانتقالية وظروف الرؤية المؤثرة على عملية انتقال و توزيع الطاقة الحرارية.

لقد تبين إن معظم الانبعاث الحراري الناتج يتم ضمن فترة قصيرة جدا بعد الانفجار، حيث يصل إلى أقصى قيمة له (٥.٥ كيلو طن) بعد فترة حوالي (١.٤٢٥ ثانية). كما تبين عدم وجود تأثير واضح لاختلاف درجة الرؤيا على قيمة التعرض الحراري لكلي نوعي الإنفجارات، وان التعرض الحراري الناتج عن الانفجار السطحي يمثل حوالي (٦٠%) من قيمته في حالة الانفجار الجوي.

Abstract

This study is dedicated for the determination of the distribution of thermal energy resulted from different types of a nuclear explosion (surface, aerial) of (20 KT) yield, in different locations away from the explosion center and considering the differences in the transmittance factor and visibility conditions that affect the distribution of thermal energy.

The results showed that the majority of released thermal energy occurs during a very short period of time after explosion, and reaches its maximum (5.5 KT) after about (1.425 sec). Also, it was determined the absence of significant effect for the visibility degree on the value of the total thermal exposure for both types of explosions, and that the thermal exposure due to the surface explosion is about (60%) of its value in case of the aerial explosion.

١. المقدمة

ISSN 1813-7822

تعتبر الطاقة الحرارية المنبعثة من أهم نواتج الإنفجارات الكتلوية حيث تمثل حوالي ثلث طاقة الانفجار. إن لهذه الطاقة تأثيرات كبيرة وفادحة سواء نسبة إلى البشر أو الأحياء الأخرى أو للمواد والأبنية ومحتوياتها، مما يستدعي معرفة أسلوب انتشارها في مختلف المناطق نسبة إلى منطقة الانفجار ومعرفة أهم العوامل المؤثرة في عملية الانتشار مثل نوعية الانفجار (سطحي، جوي) والظروف الجوية المحيطة، مثل الانتقالية و درجة الرؤيا و سرعة الريح.

٢. الأســـاس النظـــري

٢-١ توزيــع الطاقــة الناتجــة عن كــرة النــار وامتصاصهــا

وضعت عدة فرضيات لتمثيل توزيع الطاقة الناتجة عن كرة النار المتكونة نتيجة لانفجار نووي حسابياً، فمثلاً، بفرض تصرف كرة النار كجسم اسود Black Body **(تفترض نظرية الجسم الأسود إن اللون الأسود يستطيع امتصاص كل الإشعاع المتساقط عليه)**. يمكن في هذه الحالة ربط توزيـــــع الطاقة لمديات مختلفة بدرجة حرارة السطح بواسطة معادلة بلانك Plank [1]:

$$E = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{h_{c/\lambda KT}}} \quad \text{.....} \quad \textbf{(1)}$$

ويكون معدل انبعاث الطاقة للجسم الأسود بطول موجي معين هو:

$$J_\lambda = \frac{c}{4} E_\lambda \quad \text{.....} \quad \textbf{(2)}$$

تختلف الطاقة الحرارية التي تنتقل إلى سطح الأرض لحد ما، عن تلك التي تخرج من كرة النار ويعود السبب إلى أن الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية تمتص في الفضاء بين نقطة الانفجار وسطح الأرض بصورة اكبر من غيرها. وعندما يحدث الانفجار في ارتفاعات عاليه فان الإشعاع الحراري، يمر من كرة النار ذات الكثافة الواطئة خلال الجو الأكثر كثافة قبل الوصول إلى سطح الأرض، لهذا تكون الطاقة الحرارية المؤثرة والتي تصل لسطح الأرض بأطوال موجية كبيرة [2].

يحسب الطول الموجي عند اكبر طاقة إشعاعية ، كدالة لدرجة حرارة الجسم الأسود، كما يلي:

$$\lambda = C/T \quad \text{.....} \quad \textbf{(3)}$$

كما يمكن حساب معدل المسار الحر في الهواء البارد عند مستوى سطح البحر لفوتونات الأشعة السينية ذوات الطاقة (0.5-15) ك.أ.ف. **(كيلو إلكترون فولت)** من العلاقة التالية [1]:

$$\frac{E^3}{5} \approx T \quad \text{.....} \quad \textbf{(4)}$$

بما إن كثافة الجو لا تختلف كثيراً عن تلك التي عند مستوى سطح البحر، يتبين من العلاقات السابقة انه في حالة الانفجار الجوي ستمتص معظم الأشعة السينية التي تمثل الإشعاع الحراري الأولي خلال بضعة أمتار عن موقع الانفجار. عند زيادة ارتفاع نقطة الانفجار فان المنطقة الساخنة (كرة النار) ستتسع إلى حوالي (0.8-10 كم) لطاقات انفجارية (1-1000) كيلو طن بالتتابع. تتحول (35%) من الطاقة الكلية إلى طاقة حرارية مؤثرة وبالرغم من أن وزن الهواء المسخن يبلغ ملايين الأطنان،فان درجة الحرارة سوف لن ترتفع كثيراً، وبهذا ستقل الأضرار التي يمكن أن يسببها الإشعاع الحراري [3].

٢-٢ الطاقــة الكليــة الناتجــة عن كــرة النــار

إن المعدل الكلي لانبعاث الطاقة الحرارية هو [2]:

$$P = 4\pi\sigma T^4 R^2 \quad \text{.....} \quad \textbf{(5)}$$

ISSN 1813-7822

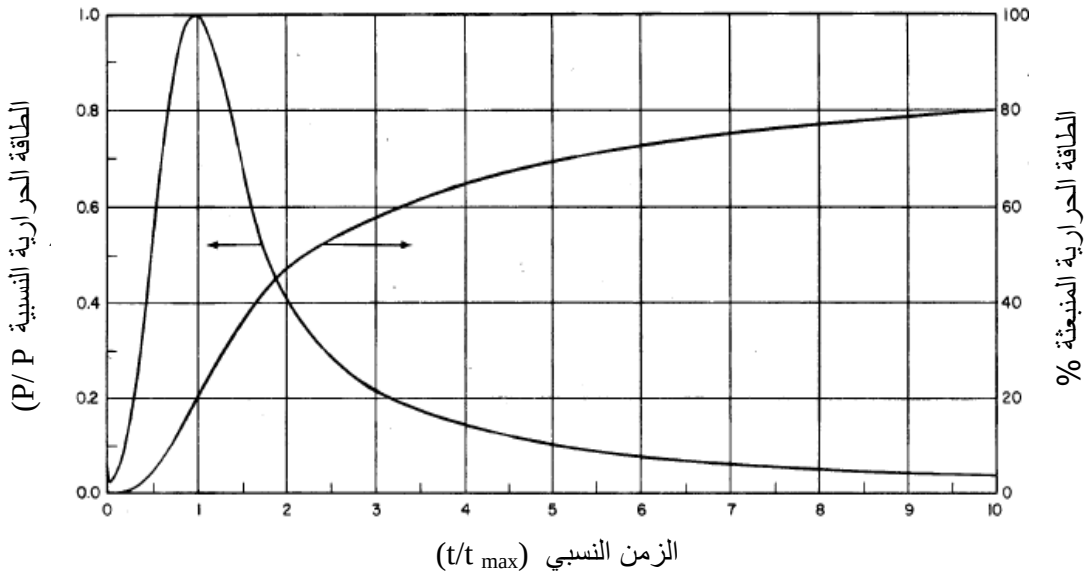
يستخرج معدل انبعاث الطاقة الحرارية (P) وكمية الطاقة الحرارية المنبعثة بعد انفجار بطاقة (w) من **الشكل (١)** حيث تمثل (P_{max}) القيمة العظمى للطاقة الحرارية وتحسب من العلاقة التالية:

$$Pmax = 4w^{1/2} \quad \text{..... (6)}$$

كما تمثل (t_{max}) الزمن الذي تصل عنده الطاقة إلى قيمتها العظمى و يحسب من العلاقة التالية:

$$t_{max} \approx 0.032w^{\frac{1}{2}} \quad \text{..... (7)}$$

بينما تمثل الطاقة الحرارية الكلية المنبعثة في النبضة الثانية لكرة النار (E_{tot}) ثلث طاقة الانفجار (w) تقريبا. مع الانتباه إلى إن جميع العلاقات السابقة صالحة للانفجارات التي تحدث عند ارتفاعات اقل من (٣٢ كم) حيث يكون للهواء كثافة محسوسة [4].



الشكل (١) العلاقة بين طاقة كرة النار إلى الطاقة الكلية، ونسبة الطاقة الحرارية وبين الزمن نسبة إلى زمن أقصى طاقة بعد الانفجار الجوي[2].

٢-٣ توزيع الطاقة الحرارية نسبة إلى البعد

إن التعرض الحراري الناتج عن انفجار جوي في جو مثالي (**لا يحدث فيه توهين للانبعاث الحراري عدا التوهين الناتج عن الامتصاص ضمن بخار الماء**) هو:

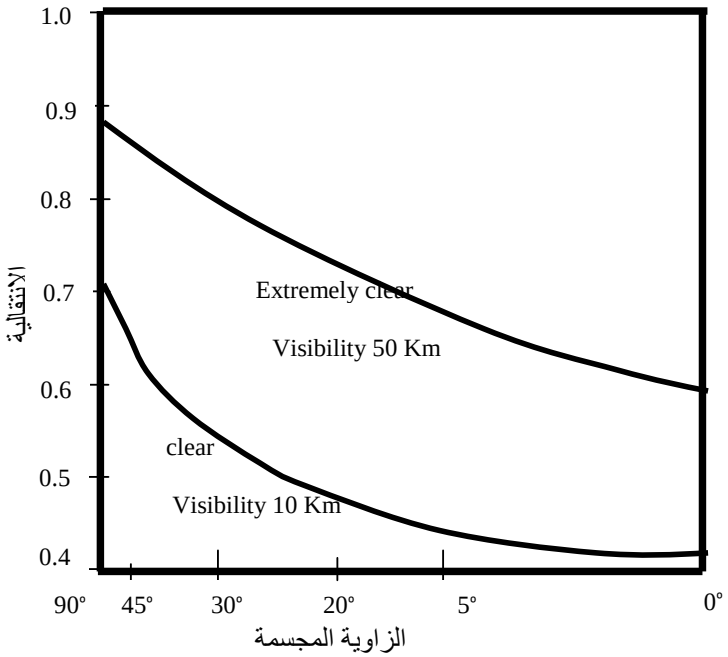
$$Q = \frac{E_{tot}}{4\pi D^2} e^{-\kappa D} \quad \text{..... (8)}$$

ولكن عند اخذ الاستطارة في الهواء بنظر الاعتبار إضافة إلى الامتصاص فان العلاقة التالية تكون أكثر واقعية [4].

$$Q = \frac{E_{tot}\Gamma}{4\pi D^2} \quad \text{..... (9)}$$

حيث تعتمد قيمة Γ على الزاوية المجسمة التي يصل بها الإشعاع المستطار إلى موقع الهدف كما في **الشكل (٢)**.

ISSN 1813-7822



الشكل (٢) الانتقالية بدلالة البعد عن موقع الانفجار ولدرجتين مختلفتين للرؤيا (١٠ و٥٠كم) [5]

يمكن تمثيل علاقة الطاقة الحرارية المنبعثة (E_{tot}) من انفجار نووي بطاقة الانفجار (w) كما يلي:

$$E_{tot} = w\,f \quad \text{..... (10)}$$

حيث تتراوح قيمة (f) بين (٠.٣ -٠.٣٥) للانفجارات ذات طاقة (١٠- ١٠٠ كيلوطن)، و بالتالي يمكن استخراج التعرض الحراري الناتج عن انفجار جوي من العلاقة التالية:

$$Q = \frac{fw\Gamma}{4\pi D^2} \quad \text{..... (11)}$$

يكون التعرض الحراري الناتج عن انفجار سطحي اقل منه في حالة الانفجار الجوي بنفس الطاقة ويعود ذلك إلى انخفاض قيمة الانتقالية عند طبقات الهواء السفلى لتواجد الغبار وبخار الماء الناتج عن الانفجار، إضافة إلى ذلك فالجو العادي القريب من سطح الأرض له قابلية نقل اقل منها عند الارتفاعات العالية وهكذا فان التعرض الحراري الناتج عن الانفجار السطحي يتراوح ما بين (٠.٧٥ -٠.٥) من قيمة التعرض الحراري الناتج عن الانفجار الجوي، و تتحدد تلك النسبة حسب طاقة الانفجار و الظروف الجوية المحيطة (معامل الانتقالية، درجة الرؤيا) و البعد عن مركز الانفجار [3].
استنادا إلى ما سبق يمكن حساب طاقة الانفجار السطحي كما يلي:

$$Q \approx 0.75\,\text{to}\,0.5\,\frac{fw\Gamma}{4\pi D^2} \quad \text{.....}$$

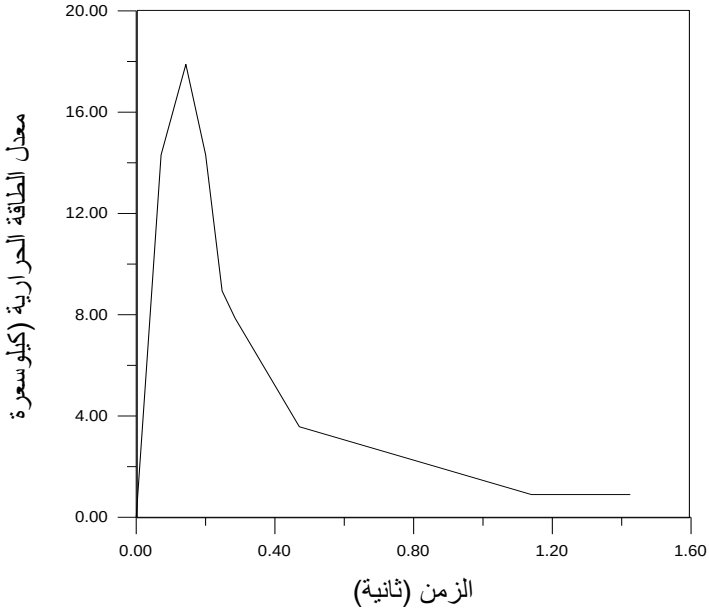
(12)

٣. النتائـــــج

عند الاستفادة من **الإشكال (١ و ٢)** و تطبيق العلاقتين (١١) و (١٢) بالنسبة للانفجار الجوي والانفجار السطحي، على التوالي، بطاقة (٢٠ كيلوطن)، يمكن استخراج النتائج التالية:

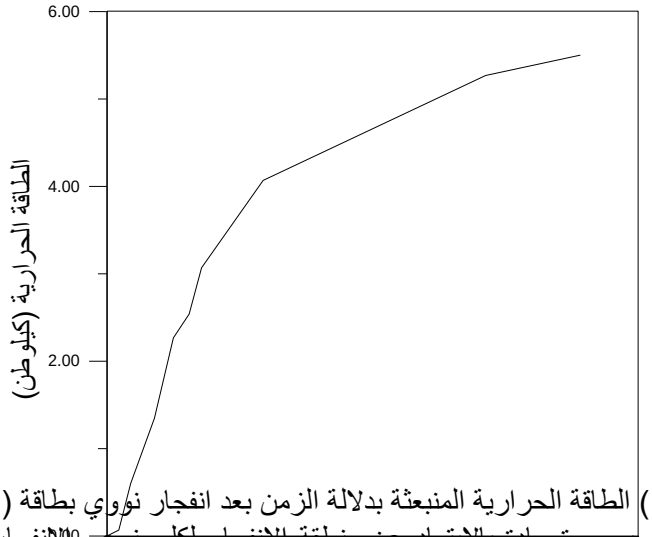
١. يتغير معدل انبعاث الطاقة الحرارية وكميتها بمرور الزمن بعد الانفجار، حيث تصل لأعلى معدل للانبعاث (١٧.٨٨٨ كيلوسعرة/ثا) بعد حوالي (٠.١٤٣ ثانية) من الانفجار ثم تنخفض بصورة حادة بعد ذلك (حوالي ٠.٢٤٨ ثانية) لتصل إلى مايقرب من نصف المعدل الأقصى وبعدئذ تنخفض بصورة تدريجية لتصل إلى ما يقارب (٥%) من ذلك المعدل بعد حوالي (١.١٤ ثانية) من بداية الانفجار، (**الشكل (٣)**).

ISSN 1813-7822



الشكل (٣) معدل انبعاث الطاقة الحرارية بدلالة الزمن بعد انفجار نووي بطاقة (٢٠) كيلو طن

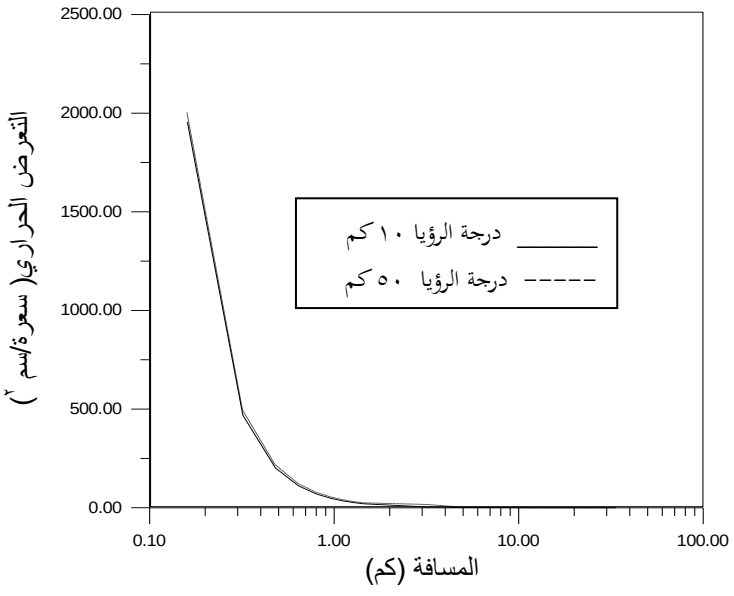
٢. تزداد كمية الطاقة المنبعثة تدريجيا مع مرور الزمن بعد الانفجار حتى تصل لأقصى قيمة لها و التي تقدر بحوالي(٥.٥ كيلو طن) بعد ما يقارب (١.٤٢٥ ثانية) من بداية الانفجـــار كما في **الشكل (٤)**.



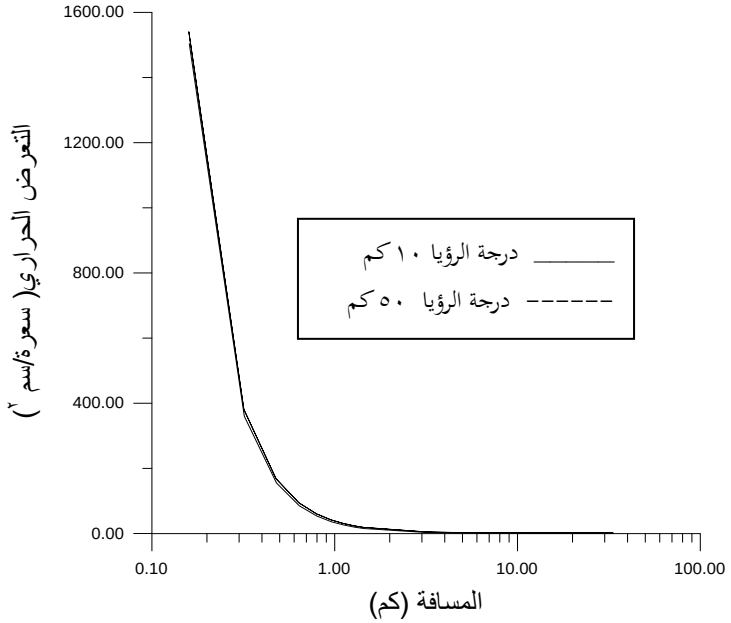
الشكل (٤) الطاقة الحرارية المنبعثة بدلالة الزمن بعد انفجار نووي بطاقة (٢٠)

٣. ينخفض التعرض الحراري بصورة حادة بالابتعاد عن منطقة الانفجار لكلي نوعي الانفجار (الجوي و السطحي) و لكلي درجتي الرؤية (١٠ كم و ٥٠ كم)، فبالمقارنة مع قيمته على بعد (٠.١٦ كم) عن نقطة الصفر (حوالي ٢٠٠٠ سعرة/سم^2) بالنسبة للانفجار الجوي، يصل التع الزمن (ثانية) إلى حوالي ٢٥% من تلك القيمة على بعد (٠.٣٢ كم) ويستمر الانخفاض بزيادة البعد عن موقع الانفجار و لكن بصورة أبطأ، حتى تصل قيمة التعرض الحراري إلى حوالي ١% من القيمة البدائية على بـعد (١.٤٤ كم) (**الشكل (٥أ)**). أما بالنسبة للانفجار السطحي، فتصل قيمة التعرض الحراري إلى حوالي ٢٥% من القيمة الابتدائية (حوالي ١٦٠٠ سعرة/سم^2) على بعد حوالي (٠.٤ كم) من نقطة الصفر ثم تستمر بالانخفاض حتى تصل إلى حوالي ١% من القيمة الابتدائية على بـعد (حوالي ٢كم) من نقطة الصفر (**الشكل (٥ب)**).

ISSN 1813-7822



(أ)



(ب)

الشكل (٥) التعرض الحراري بدلالة البعد عن موقع الانفجار لدرجتين من درجات الرؤيا. (أ) انفجار جوي، (ب) انفجار سطحي

٤. الاســـتنتاجات

في حالة الانفجار الكتلوي بطاقة (٢٠ كيلو طن) تبين ما يلي:

١. إن معظم الانبعاث الحراري الناتج يتم ضمن فترة قصيرة جدا بعد الانفجار (اقل من ثانيتين)، و بالتالي فان العبء الأعظم (نتيجة الانبعاث الحراري) يقع على مركز منطقة الهدف (نقطة الصفر).

٢. إن التعرض الحراري الناتج عن انفجار سطحي يعادل حوالي (٦٠%) من ذلك الناتج عن انفجار جوي بنفس الطاقة، سواء في نقطة الصفر أو عند الابتعاد عنها.

٣. عدم وجود تأثير واضح لاختلاف درجة الرؤيا على قيمة التعرض الحراري لكلي نوعي الانفجار (السطحي و الجوي).

٥. المصـــــــادر

ISSN 1813-7822

1. Wm. Robert Johnston, ***"Johnston's Archive; Nuclear Weapons"***, January 2008.

2. Glasstone, S., Dolan, P., ***"The Effect of Nuclear Weapons"***, 3rd Edition, McGraw Hills Co., 1977.

3. DeVolpi, Alexander, Minkov, Vladimir, E., Simonenko, Vadim, A., and Stanford, George, S., ***"Nuclear Shadowboxing: Contemporary Threats from Cold War Weaponry"***, Fidlar Doubleday, 2004.

4. American National Laboratories (ANL)-5800.

5. Stephenson, R., ***"Introduction to Nuclear Engineering"***, 2nd Edition, McGraw Hills Co., 1986.

6. Glasstone, S., Seasonske, A., ***"Nuclear Reactor Engineering"***, 3rd Edition, 1986.

ISSN 1813-7822

الرمـــوز المســـتخدمة

σ : ثابت ستيفان-بولتزمان = $5.67x10^{-8}$ جول/م^{٢}.ثا.كلفن^{٤}

$h_{c/\lambda}$: طاقة الفوتون ذو الطول الموجي λ.

Q : التعرض الحراري الناتج عن الانفجار (سعرة / سم^{٢}).

c : سرعة الضوء

C: ثابت = $2.9x10^{7}$ انكستروم.كلفن.

D: تمثل البعد عن موقع الانفجار (م).

E = طاقة الفوتونات (ك.أ.ف).

E_{tot}: الطاقة الحرارية الكلية المنبعثة في النبضة الثانية لكرة النار

f :هي ذلك الجزء من الطاقة الكلية الذي يتحول الى طاقة حرارية.

h : ثابت بلانك = $٦.٦٢٦ x١٠^{-34}$ جول.ثا

J_{λ} :معدل انبعاث الطاقة للجسم الأسود بطول موجي معين

K : ثابت بولتزمان = $١.٣٨ x١٠^{-23}$ جول/كلفن

κ :معدل ثابت الامتصاص للهواء لجميع مديات الطول الموجي.

P: معدل انبعاث الطاقة الحرارية (سعرة /ثا)

P_{max} : القيمة العظمى للطاقة الحرارية (سعرة).

T : درجة الحرارة المطلقة (كلفن).

Γ : الانتقالية ، وهي ذلك الجزء المنتقل من الإشعاع (المباشر والمستطار) ، وهي دالة لدرجة الرؤيا والامتصاصية والمسافة.

τ : معدل المسار الحر و هو المسافة التي يقطعها الفوتون بعد كل تفاعل (سم).

t_{max}: الزمن الذي تصل عنده الطاقة إلى قيمتها العظمى

W: طاقة الانفجار