

قياس الطاقة الضوئية الممتصة بوساطة بعض المعادن وعلاقتها بالعدد الذري Z لهذه المعادن

الدكتور هيثم جبيلي*
الدكتور برهان دالاتي**
أكرم حاتم***

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2012. قُبل للنشر في 22 / 11 / 2012)

□ ملخص □

تمت في هذا البحث دراسة الامتصاصية لبعض المعادن (الألمنيوم، الحديد، النحاس، التوتياء) المتوفرة في السوق المحلية، حيث يمكن استخدام هذه المعادن كسطوح ماصة absorber plate في سخانات الشمسية ولتصميم الحساسات الحرارية. قمنا بإجراء هذه الدراسة في المخبر أولاً (باستخدام منبعين للضوء استطاعة الأول 100 واط واستطاعة الثاني 30 واط)، وثانياً في الوسط الخارجي باستخدام الإشعاع الشمسي المباشر. و يوفر بحثنا هذا معلومات هامة يمكن الاستفادة منها في تحسين مردود السخانات الشمسية باستخدام السطوح الماصة التي لها أعلى امتصاصية. كما قمنا بدراسة العلاقة بين هذه الامتصاصية والعدد الذري للمعادن المدروسة، حيث أظهرت هذه الدراسة أن الطاقة الممتصة بوساطة هذه المعادن تزداد بازدياد عددها الذري.

الكلمات المفتاحية: السطح الماص، العدد الذري، المعادن، الطاقة الضوئية.

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

MEASURING THE LIGHT ENERGY ABSORBED USING SOME METALS AND THEIR RELATION TO
THE ATOMIC NUMBER Z OF THESE METALS.

Dr. Haisam Jbeli ^{*}
Dr. Borhan Dalaty ^{**}
Akram hatem ^{***}

(Received 1 / 8 / 2012. Accepted 22 / 11 /2012)

□ ABSTRACT □

In this research we have studied the absorbance of some metals (aluminum, iron, copper, zinc) available in the local market, where these metals can be used as absorber plate in the manufacture of solar water heaters and thermal sensors . we conducted this study in the laboratory , first (using tow light sources, 100W and 30 W), and Second in the external medium using direct solar radiation. And our research provides important information that could be used in improving the efficiency of solar water heaters using absorbent surfaces that has a higher absorbency. We have also studied the relationship between the absorbance and the atomic number of the studied metals. This study showed that the absorbed energy by these metals increase with their atomic number Z .

Key words: absorber plate, atomic number, metals, light energy

*Professor, Department of Physics faculty of sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria

**Associate Professor, Department of Physics faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Physics-Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يعد السطح الماص هو العمود الفقري في المجمعات الشمسية إذ إنه يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية ولذلك ينبغي أن تكون امتصاصيته عالية للأشعة المرئية الشمسية و غالباً ما يصنع من الألمنيوم أو النحاس [1] . وقد تمّ استخدام الألمنيوم عالي النقاوة مطلياً باللون الأسود لتصنيع حساس حراري لقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر [2]. كما تمّ استخدام النحاس المطلي بمواد انتقائية خاصة لتحسين خواص أجهزة اللواقط الشمسية [3] . قمنا بهذا البحث بقياس الطاقة الممتصة بوساطة معادن، غير مطلية، من الألمنيوم والحديد والنحاس والتوتياء وذلك في المخبر باستخدام منابع ضوئية مناسبة . وكذلك قمنا بدراسة الطاقة الممتصة بوساطة المعادن السابقة في منطقة القدموس على ارتفاع 900 m وذلك باستخدام الإشعاع الشمسي المباشر . إنّ دراسة الطاقة الممتصة من قبل المعادن غير المطلية التي قمنا بها يمكن أن تساعد في اختيار المعدن الأفضل لتصنيع حساس حراري أو لإعداد أجهزة اللواقط الشمسية. كما أوضحنا في هذا البحث أنّ قياس الطاقة الضوئية الممتصة بوساطة المعادن باستخدام منابع ضوئية يمكن أن تكون مفيدة ، حيث إنّ شروط قياس الطاقة الضوئية الممتصة باستخدام الإشعاع الشمسي المباشر ليست دوماً متوفرة . وتتبع هذه الشروط للسماء الصافية ولعوامل المناخ [4] التي يمكن مراعاتها عند إجراء القياس.

أهمية البحث وأهدافه:

يمثل قياس الإشعاع الشمسي المباشر أساساً لمشاريع الاستفادة من الطاقة الشمسية قبل إنفاق المبالغ الضخمة لبنائها. ولأهمية الحساسات الحرارية المستخدمة في قياس الإشعاع الشمسي المباشر فقد قمنا بقياس الطاقة الممتصة بوساطة معادن يمكن أن تستخدم لتصنيع هذه الحساسات الحرارية. هذا بالإضافة إلى إمكانية استخدام نتائج القياس السابقة في تصنيع اللواقط الشمسية.

طرائق البحث ومواده:

عند مرور إشعاع كهربي (أو إشعاع ضوئي) طاقته Q على سطح جسم ما فإنّ جزءاً Q_a من طاقة الإشعاع الوارد يُمتص من قبل سطح الجسم و جزءاً ثانياً Q_r ينعكس عن السطح و جزءاً ثالثاً Q_p ينفذ من سطح الجسم بحيث [5]:

$$Q_a + Q_r + Q_p = Q \quad \dots(1)$$

نعرف امتصاصية الجسم a وانعكاسيته r و نفاذيته p كما يلي :

$$a = \frac{Q_a}{Q} \quad , \quad r = \frac{Q_r}{Q} \quad , \quad p = \frac{Q_p}{Q} \quad \dots(2)$$

و بقسمة العلاقة (1) على Q نجد :

$$a + r + p = 1$$

يسمى كل جسم عامل امتصاصيته $a = 1$ وغير متعلق بطول موجة الإشعاع الوارد على سطح هذا الجسم بالجسم الأسود المثالي . وقد بينت التجارب أنه عند درجة حرارة محددة أن الجسم الأسود يشع أقصى طاقة لكل طول موجي وفي كل الاتجاهات وأيضاً يمتص الإشعاع الوارد لكل طول موجي و من كل الاتجاهات . والجسم الأبيض هو الجسم الذي انعكاسيته $r = 1$ بالنسبة إلى جميع الأطوال الموجية. أما الجسم الرمادي فهو الجسم الذي امتصاصيته a تحقق المتراجحة :

$$0 < a < 1 \quad (3)$$

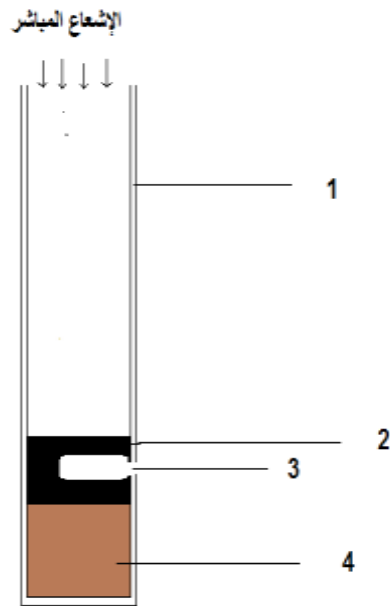
بالنسبة إلى جميع الأطوال الموجية.

وعملياً فإنه لا توجد أجسام سوداء أو بيضاء تامة. فمثلاً المت الأسود Matte (خليط معدني من رصاص ونيكل ونحاس) له امتصاصية مرتفعة $a = 0.97$ و انعكاسية منخفضة $r = 0.03$ ، بينما الفضة المصقولة فلها انعكاسية مرتفعة $r = 0.93$ و امتصاصية منخفضة $a = 0.07$.

وتعد النجوم عموماً و الشمس خصوصاً تقريباً جيداً للأجسام السوداء [6,5] . ومن المعروف أن أحسن تقريب لمنحني طيف الشمس هو المنحني الناتج عن توزيع بلانك لجسم أسود عند درجة حرارة الفوتوسفير الشمسي البالغة K 5800 وتبلغ قيمة الإشعاع الشمسي المباشر العمودي على سطح الغلاف الجوي للأرض التي ندعوها بالثابت الشمسي القيمة التالية [2] :

$$I_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2 \quad (4)$$

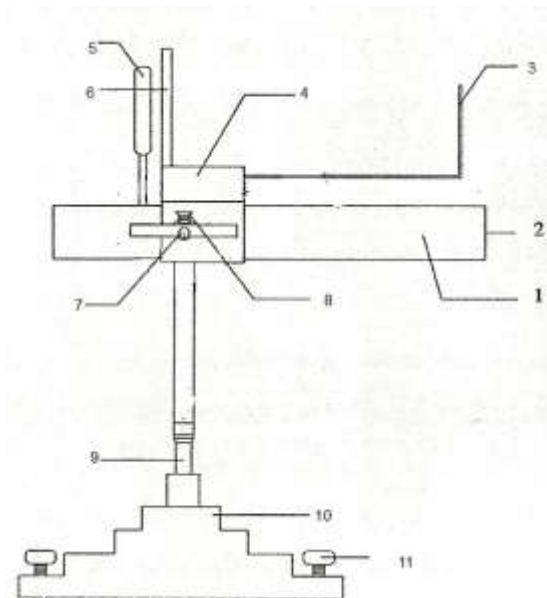
حيث قمنا بتأمين هذه المعادن الأربعة المشار إليها في المقدمة من السوق المحلية، وقمنا بعملية إعادة تشكيل لها بحيث جعلناها جميعها بالشكل والحجم ذاته وهو عبارة عن قطع أسطوانية، تقريباً، قطرها 50 mm و ثخنها mm 5. ثم قمنا بوضع كل قطعة من هذه القطع ضمن أنبوية أسطوانية عازلة بحيث تسمح هذه الأنبوية بدخول الإشعاع المباشر فقط كما يوضح الشكل (1).



الشكل (1)

1- الأنبوبة العازلة؛ 2- قطعة المعدن المدروس التي تعامد الإشعاع؛ 3- حفرة في القطعة المعدنية لوضع ميزان الحرارة؛ 4- عازل حراري يسمح مع الأنبوبة العازلة بالتبادل الحراري مع الوسط الخارجي فقط من خلال السطح المعرض للإشعاع نفسه.

والشكل (2) يمثل رسماً تخطيطياً للجهاز المستخدم في عملية القياس.



الشكل (2) : رسم تخطيطي للجهاز المستخدم في عملية القياس

1- أنبوية الجهاز التي تسمح بدخول الإشعاع الشمسي المباشر؛ 2- نافذة دخول الإشعاع الضوئي الوارد أو الشمسي المباشر؛ 3- سلك توجيه (أداة توجيه) تستخدم للتوجيه الدقيق حيث يسقط ظل السلك على لوحة سلك التوجيه (الرقم 6)؛ 4- حامل خشبي للسلك والمنظار؛ 5- مقياس حرارة رقمي يقيس عشر الدرجة ومقدار الخطأ

المطلق فيه هو $\Delta\theta = 0.1^\circ c$ ؛ 6- لوحة سلك التوجيه وتحتوي حقلاً مدرجاً يستقبل ظل سلك التوجيه في مركزه يتم بواسطته تتبع الحركة الظاهرية للشمس في السماء وتوجيه أنبوبة الجهاز نحوها ويستمر ظلها مقياس الحرارة الرقمي لحمايته من أشعة الشمس المباشرة؛ 7- محور التدوير الأفقي الذي يسمح بدوران أنبوبة الجهاز في مستو شاقولي؛ 8- بزال تثبيت المحور الأفقي؛ 9- محور التدوير الشاقولي ويسمح بتدوير الجهاز في مستوي أفقي؛ 10- قاعدة الجهاز؛ 11- بزال ضبط التوازن الشاقولي لمحور التدوير الشاقولي.

وقبل قياس الطاقة الممتصة قمنا بتحليل المعادن الأربعة المشار إليها سابقاً بواسطة جهاز التحليل الطيفي للمعادن فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (1) حيث اكتفينا بذكر العناصر التي نسبة تركيزها عالية نسبياً وأهمنا ذكر العناصر التي نسبة تركيزها منخفضة نسبياً (التي تسمى عناصر الأثر).

جدول (1) : نتائج تحليل المعادن المدروسة بواسطة جهاز التحليل الطيفي للمعادن.

التوتياء (%) c		النحاس (%) c		الحديد (%) c		الألمنيوم (%) c	
Zn	97.2	cu	99.9	Fe	97.6	Al	88.7
Al	1.5	Nb	0.04918	Mn	1.29	Zn	6.37
Cd	0.14	In	0.0189	C	0.406	Mg	2.29
Cu	0.9	Ni	0.01784	Cr	0.172	Cu	2.13
Pb	0.111	Pd	0.0081	V	0.0645	Zr	0.157

واعتماداً على النتائج أعلاه قمنا بحساب الحرارة النوعية S لكل معدن باستخدام العلاقة التالية:

$$S = \sum_i \omega_i \times S_i \quad (5)$$

حيث S_i : الحرارة النوعية لكل عنصر من العناصر المكونة للمعدن.

$\omega_i = \frac{C_i}{100}$: أي $\sum_i \omega_i \approx 1$ بالنسبة إلى معدن معين (عند حسابنا لقيمة S لم نهمل تركيز عناصر الأثر).

نبين في الجدول (2) الحرارة النوعية S_c المحسوبة بحسب العلاقة (5) والحرارة النوعية S_r المرجعية [7، 8، 9،

:10]

جدول (2): الحرارة النوعية المحسوبة S_c و المرجعية S_r للمعادن المدروسة.

المعدن	الألمنيوم	الحديد	النحاس	التوتياء
$S_c (J / g \cdot ^\circ c)$	0.854	0.451	0.384	0.346
$S_r (J / g \cdot ^\circ c)$	0.860	0.477	0.385	0.419

وبيين الجدول (2) تقارباً ملحوظاً بين الحرارة النوعية S_c المحسوبة والحرارة النوعية S_r المأخوذة من المراجع (ويعود الفرق الكبير نسبياً بين قيمة الحرارة النوعية المحسوبة S_c و المرجعية S_r بالنسبة إلى التوتياء إلى أننا اعتمدنا

على الحرارة النوعية لأقرب خليطة مماثلة للعينة التي لدينا من حيث تركيز العناصر الداخلة بتكوينها حيث لم نجد خليطة مماثلة تماما للعينة التي لدينا والخليطة المرجعية الأقرب التي اعتمدها تحوي 95% توتياء و 4.3% ألمنيوم). ولقياس الطاقة الممتصة I_D للمعدن المدروس والموضوع في الأسطوانة العازلة، الشكل (1)، اعتمدنا على مبادئ التوازن الحراري. ففي البداية تكون درجة حرارة المعدن θ مساوية لدرجة حرارة الهواء المحيط θ_{air} وعند تعريض المعدن المدروس للضوء الصادر عن منبع ضوئي مناسب أو للإشعاع الشمسي المباشر ترتفع درجة حرارته بمرور الوقت حتى تصل إلى θ_{max} التي تمثل حالة التوازن الحراري في نهاية القياس. وتعطى عندئذٍ الطاقة الإشعاعية الممتصة من قبل المعدن المدروس بالعلاقة التالية [2] :

$$I_D = \frac{s \cdot m}{A} k \cdot \Delta\theta \quad (6)$$

حيث:

$I_D (W/m^2)$: الطاقة الإشعاعية الممتصة من قبل المعدن المدروس.

$s (J/kg \cdot ^\circ C)$: الحرارة النوعية للمعدن المدروس.

$m (kg)$: كتلة قطعة المعدن المدروس.

$A (m^2)$: سطح الجسم الأسود المعرض للإشعاع.

$$\Delta\theta = \theta_{max} - \theta_{air}$$

$k (s^{-1})$: ثابت يتعلق بنوع الجسم و أبعاده الهندسية.

إنّ وسائط الطرف الثاني $s, \Delta\theta, m, A$ من المعادلة (6) يمكن معرفتها بالقياس . و لحساب الثابت k

ندرس تحولات درجة الحرارة θ مع الزمن t والتي تعطى بالمعادلة التالية [2]:

$$\theta = -(\theta_{max} - \theta_{air})e^{-k t} + \theta_{max} \quad (7)$$

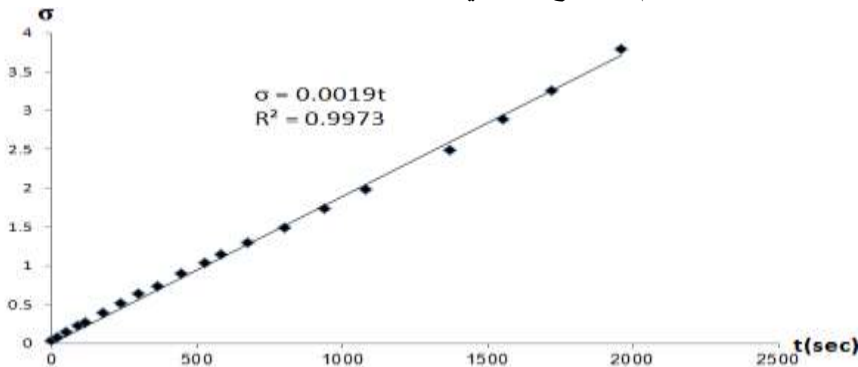
واعتماداً على المعادلة (7) يمكن أن نكتب :

$$\sigma = k \cdot t \quad (8)$$

حيث σ :

$$\sigma = \ln \left(\frac{\theta_{air} - \theta_{max}}{\theta - \theta_{max}} \right) = k \cdot t$$

ويرسم تحولات σ بدلالة t نحصل على خط مستقيم ميله يمثل الثابت k وذلك كما يوضح الشكل (3) من أجل معدن التوتياء وذلك عند استخدام الإشعاع الشمسي المباشر.



الشكل (3) تحولات σ بدلالة t باستخدام الإشعاع الشمسي المباشر من أجل معدن التوتياء.

تُحسب شدة الإشعاع الشمسي المباشر النظرية I_{th} (في مكان ما على سطح الأرض) بوساطة العلاقة التالية [5]:

$$I_{th} = I_{sc} \times \tau \quad (9)$$

حيث: I_{sc} : معطى بالمعادلة (4).

τ : نفاذية الغلاف الجوي.

وتعطى نفاذية الغلاف الجوي في المكان المدروس من العلاقة التالية [2]:

$$\tau = 0.5 [\exp(-0.65m(z, \theta_z)) + \exp(-0.095m(z, \theta_z))]$$

حيث $m(z, \theta_z)$ معامل الكتلة الهوائية الذي يعطى بالمعادلة [2]:

$$m(z, \theta_z) = \frac{\exp(-0.0001184z)}{\cos(\theta_z) + 0.5057(96.080 - \theta_z)^{-1.634}} \quad (10)$$

حيث Z ارتفاع مكان القياس عن مستوى سطح البحر مقدراً بالمتراً و θ_z زاوية السميت التي تمثل الزاوية بين العمود على السطح الأفقي للراصد و أشعة الشمس الواردة على مكان الراصد، ويمكن حساب θ_z بمعرفة زاوية ارتفاع الشمس α_s التي تمثل الزاوية المتممة لزاوية السميت θ_z باستخدام علاقات رياضية عديدة [2] تنتج عنها أخطاء تراكمية. ومن أجل الحساب الدقيق لقيمة α_s (وبالتالي لـ θ_z) استعنا بمعطيات البرنامج starcalc 5.73 [11]. ونبين في الجدول (3) المعطيات الخاصة بـ مكان القياس (في القدموس).

جدول (3): معطيات تاريخ قياس زاوية ارتفاع الشمس ومكانه و زاوية السميت.

التاريخ	2012/6/30	2012/7/1	2012/7/1	2012/7/3	خط الطول	36.148
الساعة	12:00	12:00	12:00	11:00	خط العرض	35.109
α_s	75.30	75.20	77.15	65.15	الارتفاع	900m
θ_z	14.7	14.8	12.85	24.85	حالة الطقس	صحو تام مع نسيم خفيف
$m(z, \theta_z)$	0.928	0.929	0.921	0.99		

واعتماداً على معطيات الجدول (3) فقد تم حساب النفاذية τ ومن ثم شدة الإشعاع الشمسي المباشر النظرية I_{th} باستخدام المعادلة (9). وقمنا بقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر I_{sp} باستخدام مقياس الاستطاعة الشمسية Solar power meter ونبين نتيجة ذلك في الجدول (4).

جدول (4): النتائج النظرية والمقاسة لشدة الإشعاع الشمسي المباشر.

التاريخ	2012/6/30	2012/7/1	2012/7/1	2012/7/3
الساعة	12:00	12:00	12:00	11:00
$I_{th} (W/m^2)$	1032	1032	1032	1013
$I_{sp} (W/m^2)$	1015	1013	1015	1000

63.2	58.6	60.2	59.8	الرطوبة %
685.5	685.5	685.5	685.7	الضغط الجوي (mmHg)

نلاحظ من الجدول (4) أنّ النتائج النظرية $I_{th}(W/m^2)$ لشدة الإشعاع الشمسي المباشر و نتائج القياس $I_{sp}(W/m^2)$ متماثلة في ظروف جوية متماثلة من رطوبة وضغط جوي . ولقياس شدة الإشعاع الممتص I_D في المختبر استخدمنا منبعين للضوء استطاعة الأول 100w واستطاعة الثاني 30 w وذلك بتوجيه الإشعاع الضوئي الناتج عن المنبع إلى المعدن المدروس مباشرةً والموضوع في الاسطوانة العازلة ،الشكل (2)، ومن ثم دراسة تحولات θ بدلالة الزمن t للحصول على الثابت k في كل حالة ، كما في حالة الشكل (3) . ولقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر I_D الممتص فقد تم وضع الجهاز المبين بالشكل (2) في منطقة القياس (القدموس) وفي الأيام والظروف الجوية المشار إليها في الجدولين (3) و(4).وقمنا بتتبع الحركة الظاهرية للشمس بتوجيه أنبوبة الجهاز نحوها باستخدام سلك التوجيه المشار إليه في الشكل (2) . ومن ثم حسبنا الثابت k في حالة الشمس من أجل كل معدن. ونبين نتائج الدراسة السابقة في الجدول (5).

جدول (5) : معطيات دراسة الطاقة الممتصة بالنسبة إلى المعادن المدروسة.

المصدر الضوئي	$k(s^{-1})$	$\Delta\theta(^{\circ}c)$	القطر (mm)	m(g)	المعدن
30w	0.0013	2.9	47.95	27.1724	الألمنيوم
sun	0.0014	15.9			
100W	0.0012	21.2			
30w	0.0011	3.4	47.95	75.0835	الحديد
sun	0.0013	17.4			
100W	0.0012	32.6			
30w	0.0015	3.5	47.95	85.9079	النحاس
sun	0.0010	25.1			
100W	0.0011	41.6			
30w	0.0015	6.1	47.95	65.0012	التوتياء
sun	0.0019	18.5			
100W	0.0014	50.7			

واعتماداً على معطيات الجدولين (2) و (5) والمعادلة (6) حسبنا الطاقة الممتصة I_D حيث اعتمدنا الحرارة النوعية المرجعية في الحساب. ونبين في الجدول (6) نتائج الحساب السابق.

جدول (6): نتائج قياس الطاقة الممتصة بواسطة المعادن المدروسة.

$I_D(W/m^2)$			$Z = \sum Z_i \cdot \omega_i$	المعدن
منبع(30w)	منبع (100 w)	Sun		
48.47	280.02	286.19	14	الألمنيوم

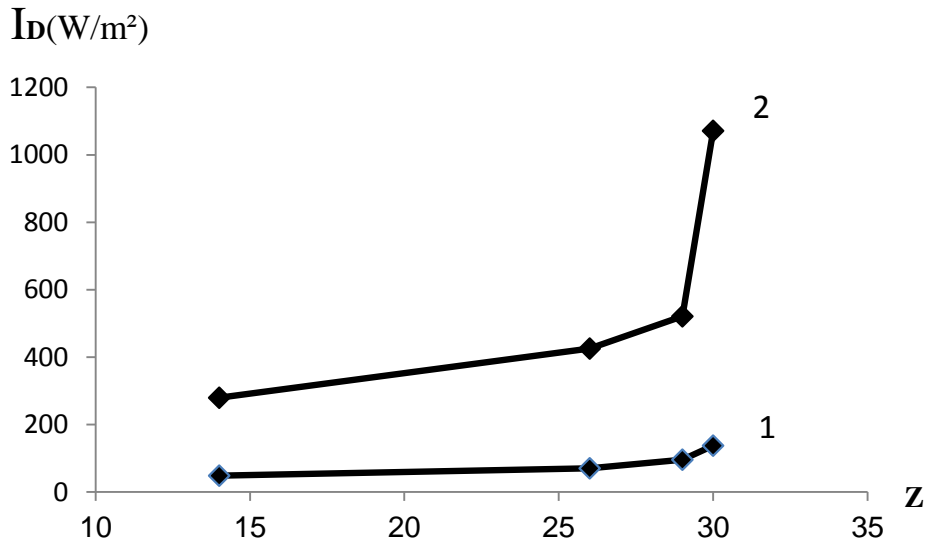
70.62	425.60	424.38	26	الحديد
95.96	520.90	458.76	29	النحاس
138.06	1071.06	530.40	30	التوتياء

النتائج والمناقشة:

يبين الشكل (4) و الشكل (5) تابعة الطاقة الممتصة بواسطة المعادن المدروسة للعدد الذري Z باستخدام المنابع الضوئية وبتعريضها للإشعاع الشمسي على الترتيب. واعتماداً على معطيات الجدولين (4) و (6) قمنا بحساب امتصاصية المعادن المدروسة بتعريضها للإشعاع الشمسي المباشر. وحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (7) :

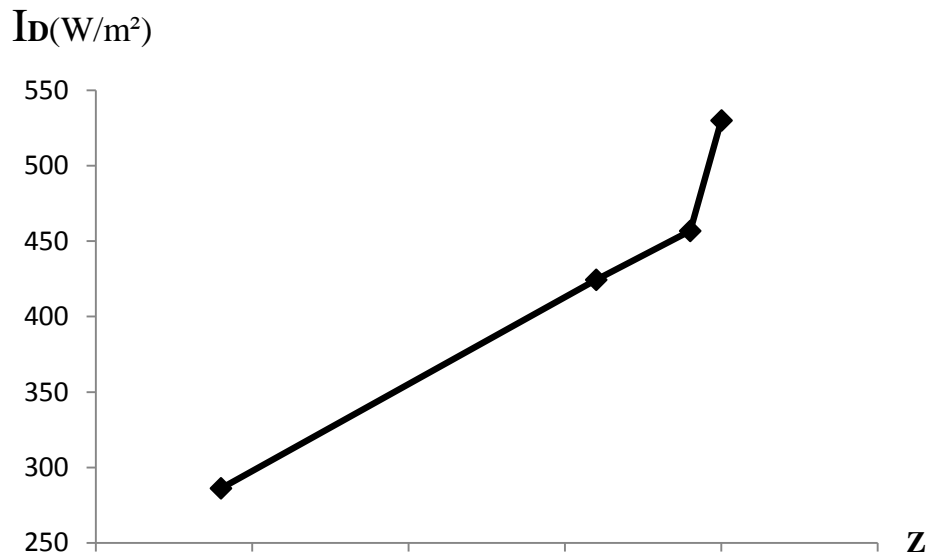
جدول (7): يبين امتصاصية المعادن المدروسة بتعريضها للإشعاع الشمسي المباشر.

المعدن	الألمنيوم	الحديد	النحاس	التوتياء
$I_D (W/m^2)$	286	424	459	530.4
$I_{th} (W/m^2)$	1013	1032	1034	1035
$a = \frac{I_D}{I_{th}}$	28%	41%	44%	51%

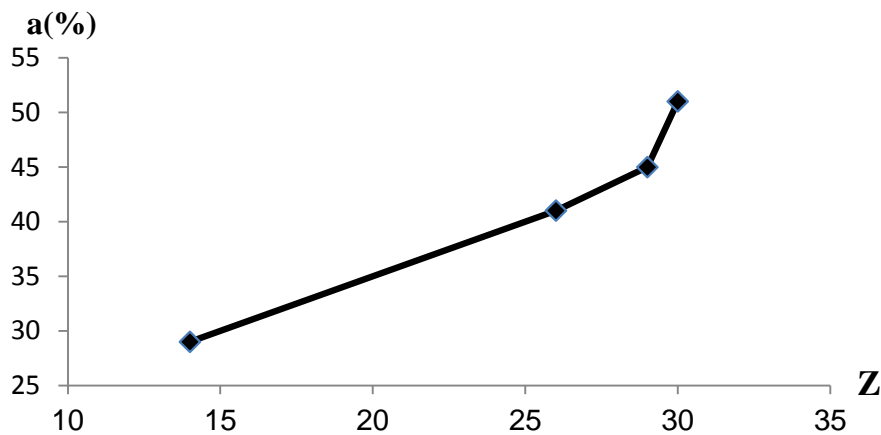


الشكل (4) : الطاقة الممتصة بواسطة المعادن المدروسة بتابعة العدد الذري Z.

1- باستخدام منبع ضوئي 30 واط ، 2 - باستخدام منبع ضوئي 100 واط.



الشكل (5) : الطاقة الممتصة بوساطة المعادن المدروسة بتأبعية العدد الذري Z بتعرضها للإشعاع الشمسي المباشر.



الشكل (6) : امتصاصية المعادن المدروسة بتأبعية العدد الذري Z بتعرضها للإشعاع الشمسي المباشر.

يبين الشكلان (4) و (5) أنّ معدن التوتياء يمتص أعلى طاقة كما أنّ معدن التوتياء يتمتع بأعلى امتصاصية (شكل 6) مقارنة بالمعادن الأخرى المدروسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج من الدراسة السابقة أنّ :

1- الطاقة الممتصة تزداد بازدياد العدد الذري للمعدن المدروس ، وكذلك الامتصاصية . ويؤكد هذا أنه يمكن استخدام التوتياء لتصنيع اللواقط الشمسية وبخاصة أنه متوفر في السوق المحلية وبأسعار مناسبة . ويمكن أن يستخدم لتصنيع الحساسات الحرارية لقياس شدة الإشعاع الشمسي المباشر.

- 2- إن الامتصاصية المقيسة، جدول (7)، تحقق المتراجحة (3) ، و بالتالي المعادن المدروسة تمثل أجساماً رمادية.
- 3- إنّ طلاء هذه المعادن بمواد لونها أسود يمكن أن يحسّن من امتصاصيتها للطاقة الضوئية .
- 4- إن قياس هذه الطاقة الممتصة من قبل هذه المعادن بعد طلائها باللون الأسود يمكن أن يمثل دراسة مهمة نوصي بإجرائها.

المراجع:

- [1] الدكتور أمين القلق، السخان الشمسي، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، سلسلة الحقائق التعليمية التدريبية في مجال الطاقات المتجددة، 2008، 2012/11/17، 43-50.
- <http://www.alecso.org.tn/>
- [2] Haisam Jbeli , Bahjat Ibrahim , Hassan Ayub .Design a device for measuring the intensity of direct solar radiation. Tishreen university, Journal for research and studies ,vol (31) No(2)2009, 187-202.
- [3] Johni Takla , Adnan Ghata , Nicolas Hamwi . Improving the properties of solar collectors by employing specific selective materials, Tishreen university Journal for research and studies, vol (27) No (3)2005,199-208 .
- [4] رياض العبدالله، شمس الدين علي، قياس مركبات الإشعاع الشمسي لأيام صافية في مدينة حمص- سوريا مجلة جامعة البعث، المجلد (20)، العدد (3) 1998، 237-254.
- [5] Jbeli and Jehad Mulhem , Energy Physics , Tishreen university 2011,46-262
- [6] Morison ,I .Introduction to astronomy and cosmology, Wiley, uk, 2008.
- [7] MATAERIAL PROPERTY DATA, copyright 1996-2012 by MatWeb, Copper, Cu; Annealed, 10/4/2011, <http://www.matweb.com/> .
- [8] MatWeb, The Online Materials Database, Aluminum 7050-T7651, Copyright 1996-2004 by Automation Creations, Inc, 10/4/2011 , <http://www.crptechnology.com/>.
- [9] MATAERIAL PROPERTY DATA, copyright 1996-2012 by MatWeb, Zinc Alloy 7; AG40B; Zn-4Al-0.015Mg; Zamak7,23/4/2012 <http://www.matweb.com/>.
- [10] MATAERIAL PROPERTY DATA, copyright 1996-2012 by Mat Web, Overview of materials for Medium Carbon Steel 10/4/2012, <http://www.matweb.com/>
- [11] Starcalc5.73, copyright 1995-2006, Voronezh, 21/12/2011, <http://starcalc.en.softonic.com/>.