

## قياس معامل الامتصاص اللوني لتركيبية زجاج - ماء ملون - زجاج تجريبياً

أ. م. د. أمينة فارس<sup>(1)</sup>

### الملخص

أنظمة التكييف هي أكبر مستهلك طاقي في الأبنية، لذلك يتوجب البحث في إمكانية تخفيض هذا الحمل، وإنشاء أبنية منخفضة الطاقة بسبب قلة الوقود الأحفوري، وللحصول على بيئة نظيفة خالية من الانبعاثات الغازية. أحد الطرق الخاصة بتقليل هذا الحمل هو تخفيض الإشعاع الشمسي الداخل إلى المبنى عبر النوافذ. الشيء الذي دفع إلى وضع نوافذ كقوة طاقياً. أحد أنواع هذه النوافذ هو نافذة الماء المتدفق والتي هي عبارة عن فراغ ما بين لوحين زجاجيين شفافين يُملأ بالماء. تم تلوين الماء ضمن تركيبية هذه النافذة لزيادة امتصاص الإشعاع، وزيادة كمية الحرارة التي يمكن أن يوفرها بالتكييف وكذلك توفيرها للاستخدام المنزلي للماء الساخن، وذلك عبر نظام تبادل حراري. تم في هذا البحث قياس كمية الحرارة المستفاد منها والمارة عبر النوافذ المائية الشفافة والملونة، وذلك عبر تصميم وتنفيذ جهاز لقياس معاملات الامتصاص اللونية لتركيبية ماء ملونة بعدة ألوان، وهي: الأحمر والأخضر والأزرق والشفاف. بنتيجة القياس تبين أن الماء الملون باللون الأحمر يمتص تقريباً 60% من قيمة الإشعاع الشمسي المار عبره، بينما يمتص الماء الأخضر ما يقارب الـ 48%، يليه الأزرق بحدود 40%، ثم الشفاف الذي يمتص ما يقارب الـ 34% من نفس قيمة الإشعاع الشمسي المار عبره. إن هذا يعني توفير 60% من حمل التكييف الآتي من النوافذ عند استعمال تركيبية نافذة ماء متدفق ملون باللون الأحمر.

الكلمات المفتاحية: معامل الامتصاص اللوني، شدة الإشعاع الشمسي، أبنية منخفضة الطاقة، نوافذ الماء الملون.

<sup>(1)</sup> أستاذ مساعد، جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، قسم هندسة الميكانيك العام. [dramina-fares@live.com](mailto:dramina-fares@live.com) .0956894075

## **Measurement of the color absorption coefficient of the composition of glass - Colorful water- glass experimentally**

**Dr.Amina Fares**

### **Abstract**

Air conditioning systems are the largest energy consumer in buildings, so it is necessary to research the possibility of reducing this load and the construction of low-energy buildings due to the lack of fossil fuels and to obtain a clean environment free of gas emissions . One of the ways to reduce this load is to reduce the solar radiation entering the building through the windows . The thing that prompted energy efficient windows. One type of these windows is the flowing water window, which is a space between two transparent glass panels filled with water. The water is tinted in the composition of this window to increase the absorption of radiation, and increase the amount of heat that we can provide with air conditioning and also provide it for home use of hot water through a heat exchange system. In this research, the amount of heat learned and passing through water windows was transparent and colored, by designing and implementing a device for measuring the color absorption coefficients of a colored water composition in several colors: red, green, blue and transparent. As a result of the measurement, it was found that the red colored water absorbs approximately 60% of the value of the solar radiation passing through it, while green water absorbs approximately 48%, followed by blue with a limit of 40%, then transparent that absorbs approximately 34% of the same value of the solar radiation passing through lesson. This means saving 60% of the air conditioning load coming from the windows when using a red flowing window combination.

**Key words:** color absorption coefficient, solar radiation intensity, low-energy buildings, Colored water windows.

## 1. المقدمة:

أحد الحلول التي اقترحت لتقليل استهلاك الطاقة في البناء هو الاعتماد على تصميم الأبنية وتحسين أداء العناصر المختلفة في البناء ولاسيما النوافذ. حيث إن النافذة أكثر من مجرد فتحة ننظر من خلالها إلى الخارج، إذ إنها يمكن أن تؤثر في مظهر المبنى ومقدار الطاقة التي يستهلكها (أو تدخل إليه).

تم اقتراح العديد من النوافذ الملونة لتخفيض الحمل الحراري للبناء. ويبين الشكل (3) بعض هذه الأنواع.



الشكل (3) النوافذ ذات الزجاج الملون (Tinted glazing)

كما وتم اقتراح النوافذ العاكسة للإشعاع [7] كما هو مبين بالشكل (4)

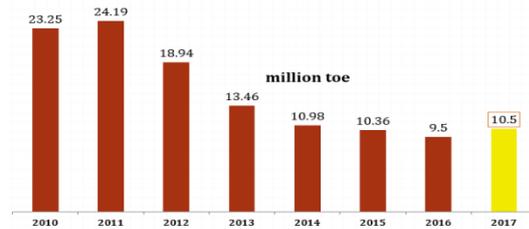


الشكل (4) النوافذ ذات الزجاج العاكس (Reflective glazing)

كذلك الأمر تم اقتراح نوافذ الـ (PV glazing) والنوافذ ذات الزجاج المنخفض الانبعاثية (Low-eglazing) والنوافذ الذكية (Smart Windows). ويبين الشكل (5) النوافذ الذكية.

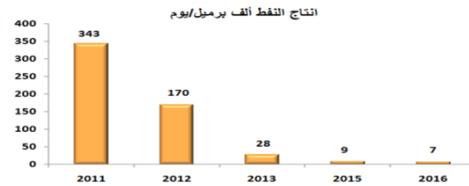
بسبب الطلب المتزايد على الطاقة وما يسببه الحصول على هذه الطاقة من الوقود الأحفوري من تلوث وأضرار بيئية عديدة. حيث وصلت نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى أعلى مستوياتها. بدأت عملية البحث في سبيل تخفيض استهلاك الطاقة واتخذ مسار البحث العلمي في الآونة الأخيرة نهج المباني المستدامة.

وبسبب الحرب والأزمة التي نمر بها تستمر أزمة الطاقة في سورية والتي بدأت منذ الحرب السورية بإلقاء ظلالها على الكثير من حياة السوريين. يبين الشكل (1) استهلاك الطاقة الأولية في سورية خلال الأعوام (2010-2017)



الشكل (1) استهلاك الطاقة في سورية خلال الأعوام (2010-2017)

ويبين الشكل (2) معدل إنتاج النفط في سورية خلال الأعوام (2011-2016) وحتى الآن لم ترجع العائدات الإنتاجية لهذا النفط إلى بلدنا [1].

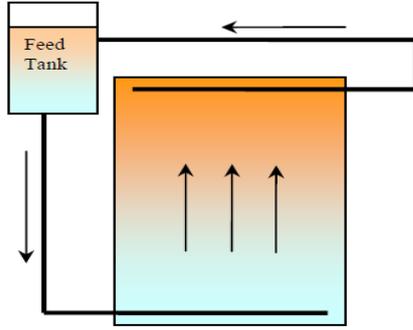


الشكل (2) معدل إنتاج النفط في سورية خلال الأعوام (2011-2016)

ومن الواضح تماماً العجز في الطاقة في بلدنا. وباعتبار أن أكبر مستهلك طاقى لمعظم الأبنية التجارية والسكنية هو أنظمة التكييف.

أ. م. د. أمينة فارس.. قياس معامل الامتصاص اللوني لتركيبية زجاج - ماء ملون - زجاج تجريبياً

بين اللوحين الزجاجيين، مجمع علوي للماء، أنابيب لنقل الماء وتحويله من وإلى خزان التجميع، خزان التجميع والتعويض (خزان الطاقة).



الشكل (7) تخطيط لمكونات نافذة الماء المتدفق.

مع وجود إضافة لون معين لهذا الماء، كان لا بد لنا من معرفة عوامل الامتصاص اللونية وهي غير متوفرة مرجعياً، مما دعانا لتصميم وتنفيذ جهاز لقياس عوامل الامتصاص اللونية للماء.

## 2. جهاز قياس معامل الامتصاص اللوني:

قام (Y.B. Kannan- 2011) [2] بقياس معاملات الامتصاص الضوئية للزجاج المعرض لأشعة الضوء باستخدام المقاومات الضوئية (LDR) لعدة سماكات ومقارنتها، وإيجاد العلاقة الناظمة لمعامل الامتصاص للزجاج الأخضر والبنفسجي وفقاً لسماكته، وكانت النتيجة أنه للزجاج الأخضر يتضاعف معامل الامتصاص بتضاعف السماكة، ويتغير من 2.2 وحتى 3 عندما تصبح سماكة الزجاج الأخضر مرة ونصف، ويتغير من 4.5 وحتى 6 عندما تصبح سماكة الزجاج ثلاثة أضعاف. بينما للزجاج البنفسجي يزداد معامل الامتصاص من 3 وحتى 3.7 بتضاعف السماكة، ويتغير من 1.7 وحتى 2.5 عندما تصبح السماكة مرة ونصف، ومن 5.5 وحتى 9 عندما تصبح السماكة ثلاث أضعاف. قام الكثير من المراكز البحثية بقياس معاملات الامتصاص اللونية وتوثيقها، وبحسب السماكات لعدة تركيبات من أنواع



الشكل (5) النوافذ الذكية.

كذلك تم اقتراح النوافذ ذات الزجاج المضاعف كما هو مبين بالشكل (6) (Double glazed window)



الشكل (6) النوافذ ذات الزجاج المضاعف

ولهذا النوع عدة نماذج مختلفة:

- نوافذ الزجاج المضاعف المملوءة بالهواء Air-sealed- (double glazed windows).
  - نوافذ الزجاج المضاعف المملوءة بالغاز الخامل (Gas-) (filled-double glazed windows).
  - نوافذ الزجاج المضاعف المخلاة (Evacuated double-) (glazed widows).
  - نوافذ الزجاج المضاعف المملوءة بالمواد المتغيرة الطور (PCM filled windows).
  - نوافذ الهواء المتدفق (Air flow windows).
  - نوافذ الماء المتدفق (Water flow windows).
- نهتم في هذا البحث بنافذة الماء المتدفق.

قام العديد من الباحثين [5,6] بتقييم أداء نظام نافذة الماء المتدفق التي تتألف من العناصر الآتية كما هو مبين بالشكل (7). مجمع سفلي لتوزيع الماء المحصور بين لوحين زجاجيين شفافين، اللوحان الزجاجيان، الحيز المائي

حيث  $I_0$  شدة الإشعاع الواصلة إلى السطح الأول للجسم الشفاف. ومن ثمَّ بقياس شدة الإشعاع عند السطح الأول للجسم، وقياس شدة الإشعاع بعد الجسم، نستطيع بمعرفة سماكة الجسم حساب معامل الامتصاص لهذا الجسم أو التركيبية.

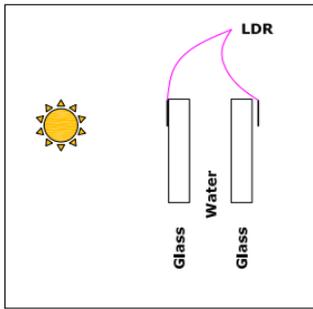
باستعمال المقاومة الضوئية كعنصر للقياس، وقياس مقاومتها عند السطح الأول المقابل للشمس وبعد الجسم مباشرة تتحول العلاقة السابقة إلى [2]:

$$R_x = R_0 e^{-\alpha x} \quad (3)$$

أي:

$$\alpha = [\log (R_x / R_0)] / x \quad (4)$$

يبين الشكل (8) التركيبية المراد قياس معاملات الامتصاص لها بتغيير لون الماء



الشكل (8) التركيبية المراد قياس معاملات الامتصاص

تم تصميم الجهاز بحيث يتألف من حجرات زجاجية شفافة (من الأمام 4mm ومن الخلف 4 mm) تُملأ بالماء (بسماكة 8 mm) ومزودة بفتحات علوية وسفلية لتصبح قابلة للتعبئة والتفريغ، الواجهة الأمامية تقابل الشمس مباشرة، ولها آلية ميكانيكية لتغيير الزاوية لمواجهة الشمس.

يبين الشكل (9) القاعدة المعدنية القابلة لتغيير الزاوية.

الزجاج المستخدم، فمثلاً توصف ([www.metroglasstech.co.nz](http://www.metroglasstech.co.nz)) [3] أداء الزجاج لتعطي معاملات الامتصاص كما هو موضح بالجدول (1)

الجدول (1) معاملات الأداء حسب شركة METRO.

Description	Thickness [ mm ]	Low-e [ - ]	U-value [ W/m²K ]	SHGC [ % ]
Single glazing, 3mm clear glass	3	no	5.9	86
Conventional double glazing	3:6:3	no	3.4	76
Our standard double glazing	4:16:4	yes	1.1	63
Sun protection double glazing	6:16:4	yes	1.1	42
Quality triple glazing	4:12:4:12:4	yes	0.7	50

وكذلك تعطي شركة

[4] ([www.commercialwindows.org/nfrc.php](http://www.commercialwindows.org/nfrc.php))

بيانات عن معاملات الامتصاص اللونية للزجاج. لكن أيضاً من المراكز البحثية لم يقدم معاملات الامتصاص اللونية لنوافذ الماء الملون، ولا حتى معاملات الامتصاص لنوافذ الماء الشفاف.

يتعلق تغيير شدة الإشعاع المار عبر الجسم الشفاف بشدة الإشعاع الوارد إلى السطح I وبسماكة الجسم dx ومعامل الامتصاص  $\alpha$  للجسم [2] أي:

$$dI = -\alpha \cdot I \cdot dx \quad (1)$$

يمكن الحصول على شدة الإشعاع الشمسي بعد عبور

الجسم الشفاف بمكاملة العلاقة السابقة، وهي:

$$I_x = I_0 e^{-\alpha x} \quad (2)$$

أ. م. د. أمينة فارس.. قياس معامل الامتصاص اللوني لتركيبية زجاج - ماء ملون - زجاج تجريبياً

عدد الحجرات في الجهاز هي أربع. وصلت الحساسات إلى المقاييس، ويبين الشكل (11) المقاييس لكل الحساسات.



الشكل (11) لوحة المقاييس

زُودَ الجهاز بحساس حراري مزود بساعة توقيت لضبط الزمن وربطه بباقي القياسات.



الشكل (12) لوحا الزجاج، والصندوق الخشبي، وإطار الألمنيوم

تم ملء الجهاز بالماء، وكانت سعة كل حجرة من الماء (2.3 Liter). تم تلوين المياه في الحجرات بالألوان الأساسية الثلاثة: (أخضر، أحمر، أزرق). والحجرة الرابعة بالماء الشفاف.

### 3. التجربة:

تم أخذ القياسات على مدار ساعتين لكل تجربة، أي كان زمن القياس (7200Sec.)، تم تكرار التجربة عدة مرات في شهري آب وأيلول من العام 2018م، وكان حجم الماء المضاف لكل حجرة (2.3 Liter)، أي من الممكن اعتبار وزن الماء بحدود (2.3 kg) .

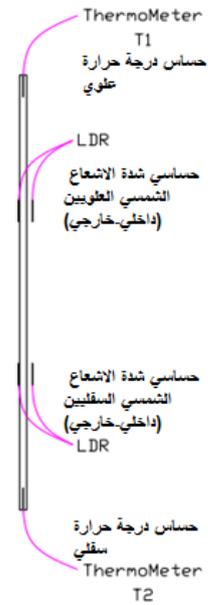


الشكل (9) القاعدة المعدنية القابلة للدوران

ومن الخلف تم تغليف الجهاز بصندوق خشبي لمنع التبادل الحراري قدر المستطاع وكذلك ورود إشعاع شمسي غير مباشر.

زُودَ الجهاز بحساسات ضوئية وحساسات حرارة للقياس، فكل حجرة من حجرات القياس وُضِعَ فيها حساسان ضوئيان علوي وسفلي، وكذلك حساسا حرارة علوي وسفلي. كما يبينه الشكل (10).

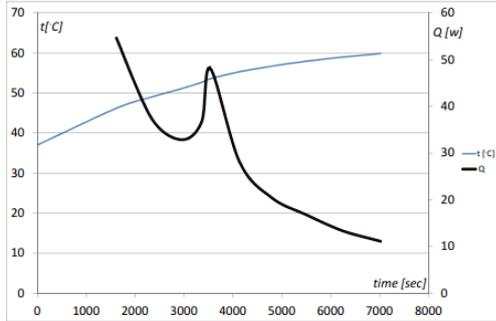
يعمل الجهاز على قياس كمية الحرارة الممتصة من الشمس (لكل حجرة على حدة)، وكذلك كمية الحرارة التي تنفذ من تركيبية الزجاج والماء الملون (وكذلك الماء الشفاف)، والأهم من ذلك قياس معامل الامتصاص اللوني، وهو موضوع بحثنا هنا.



الشكل (10)

الجدول (3) نتائج القياس للون الأخضر مع الطاقة التي يمتصها

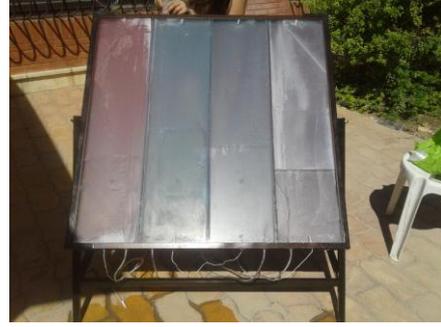
Qabsgreen[w]	Green			time
	$t_{Green}$ [°C]	T2 [°C]	T1 [°C]	
	37.9	37.7	38	12:00
54.59802	46.2	46.3	48.1	12:25
37.38778	49	49.25	51	12:35
32.84783	51.05	51.5	53.1	12:45
36.62476	52.65	53.1	54.8	12:52
48.07	53.55	53.9	55.8	12:55
28.04083	55.3	56.05	57.5	1:05
20.39333	56.7	57.65	58.9	1:15
16.69097	57.95	59.15	60.1	1:25
13.35278	58.95	60.3	61	1:40
11.09308	59.85	61.4	61.8	1:55
		0.481		



الشكل (15) تغير درجات الحرارة وكمية الحرارة الممتصة خلال زمن التجربة لتركيبية اللون الأخضر (تتناقص كمية الحرارة الممتصة من الماء بزيادة درجة الحرارة)

الجدول (4) نتائج القياس للون الأزرق مع الطاقة التي يمتصها

Qabsblue[w]	Blue			time
	$t_{blue}$ [°C]	T2 [°C]	T1 [°C]	
	37.9	37.7	38.9	12:00
53.11438	46.35	46.3	47.6	12:25
44.73181	49.7	49.25	51.3	12:35
37.65483	52.05	51.5	53.9	12:45
37.76929	53.7	53.1	55.7	12:52
48.07	54.6	53.9	56.7	12:55
32.04667	56.6	56.05	58.7	1:05
22.57833	58.15	57.65	60.3	1:15
18.69389	59.55	59.15	61.7	1:25
14.68806	60.65	60.3	62.6	1:40
12.32564	61.65	61.4	63.5	1:55
		0.404		



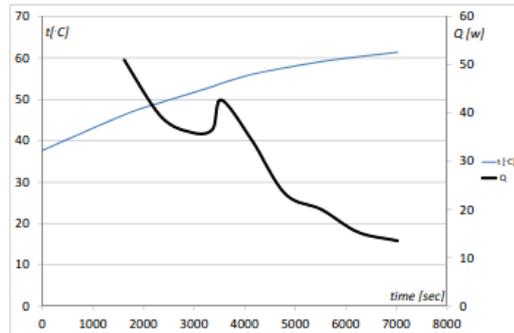
الشكل (13) بداية التجربة وتلوين الماء

شهر آب اليوم 12:

بالقياس: شدة الإشعاع الشمسي  $862.2 [w/m^2]$

الجدول (2) نتائج القياس للون الأحمر مع الطاقة التي يمتصها

QabsRed[w]	Red			time
	$t_{Red}$ [°C]	T2 [°C]	T1 [°C]	
	37.7	36.3	39.1	12:00
51.03	46.3	44.1	48.5	12:25
39.39	49.25	46.8	51.7	12:35
36.05	51.5	49	54	12:45
36.62	53.1	50.5	55.7	12:52
42.72	53.9	51.3	56.8	12:55
34.45	56.05	53.5	58.8	1:05
23.30	57.65	55.2	60.5	1:15
20.02	59.15	56.8	61.8	1:25
15.35	60.3	58.1	62.7	1:40
13.55	61.4	59.2	63.7	1:55
		0.599		



الشكل (14) تغير درجات الحرارة وكمية الحرارة الممتصة خلال زمن التجربة لتركيبية اللون الأحمر (تتناقص كمية الحرارة الممتصة من الماء بزيادة درجة الحرارة)

أ. م. د. أمينة فارس.. قياس معامل الامتصاص اللوني لتركيبية زجاج - ماء ملون - زجاج تجريبياً

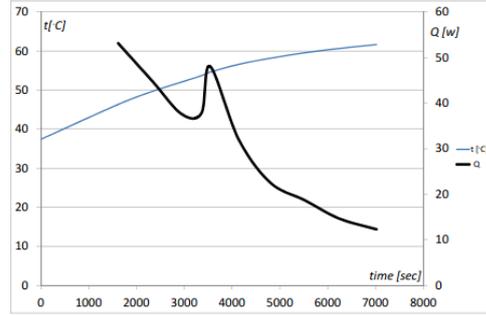
الشكل (17) تغير درجات الحرارة وكمية الحرارة الممتصة

خلال زمن التجربة لتركيبية اللون الشفاف (تتناقص كمية

الحرارة الممتصة من الماء بزيادة درجة الحرارة)

الجدول (6) نتائج القياس لدرجات الحرارة الخارجية

Out		time
2 [°C]	1 [°C]	
31.3	33.3	12:00
32.5	34.7	12:25
32.8	34.8	12:35
33.5	35.8	12:45
34.1	36.8	12:52
34.2	37.1	12:55
34.5	37.3	1:05
34.7	37.4	1:15
34.8	37.9	1:25
34.9	38.1	1:40
35.2	38.7	1:55



الشكل (16) تغير درجات الحرارة وكمية الحرارة الممتصة

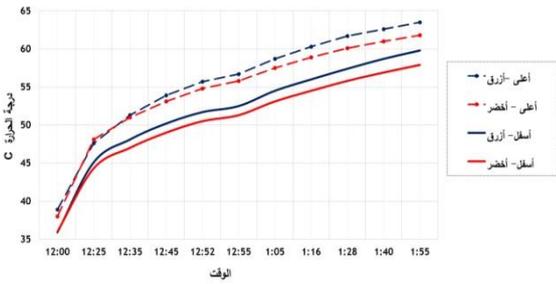
خلال زمن التجربة لتركيبية اللون الأزرق (تتناقص كمية

الحرارة الممتصة من الماء بزيادة درجة الحرارة)

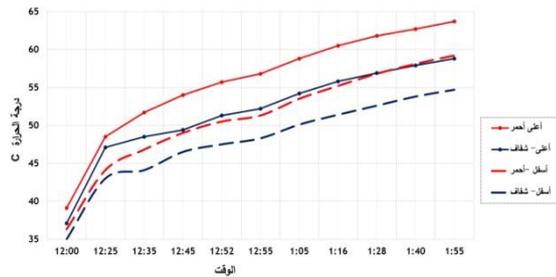
الجدول (5) نتائج القياس للون الشفاف

Transparent				time
$Q_{abtrans}$ [W]	$t_{trans}$ [°C]	T2 [°C]	T1 [°C]	
	37.5	37.7	37.1	12:00
11.2757	42.55	46.3	47.1	12:25
38.05542	45.4	49.25	48.5	12:35
36.85367	47.7	51.5	49.4	12:45
38.91381	49.4	53.1	51.3	12:52
45.39944	50.25	53.9	52.2	12:55
30.44433	52.15	56.05	54.2	1:05
21.12167	53.6	57.65	55.8	1:15
15.35569	54.75	59.15	56.9	1:25
14.68806	55.85	60.3	57.9	1:40
11.09308	56.75	61.4	58.8	1:55
0.338				

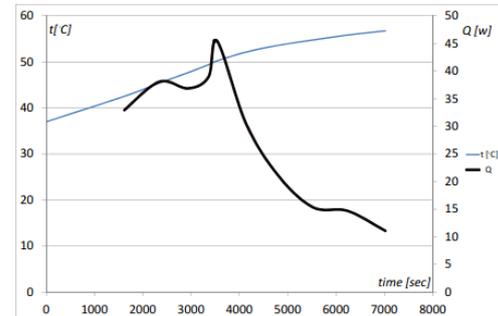
يبين الشكل (18) تغير درجات الحرارة الزمني لهذه التجربة ولكل الألوان:- المخطط a: للونين الأزرق والأخضر،  
والمخطط b: للونين الأحمر والشفاف.



(a)



(b)



15 أيلول			
0.3333	0.4736	0.3981	0.5937

1. النافذة ذات اللون الأحمر تمتلك أكبر قيمة لمعامل الامتصاص الحراري (60%)، والإشعاع الشمسي الممتص من النافذة الحمراء يتراوح بين  $(500-547) W/m^2$ .
  2. تليها النافذة ذات اللون الأخضر بمعامل امتصاص (48%)، والإشعاع الشمسي الممتص من قبل هذه النافذة يتراوح بين  $(399-439) W/m^2$ .
  3. ثم النافذة ذات اللون الأزرق ومعامل الامتصاص لها (40%)، والإشعاع الشمسي الممتص في هذه النافذة يتراوح بين  $(335-374) W/m^2$ .
  4. النافذة الشفافة كانت تمتلك أصغر قيمة لمعامل الامتصاص الحراري (34%)، والإشعاع الشمسي الممتص في هذه النافذة يتراوح بين  $(281-309) W/m^2$ .
  5. درجة الحرارة في أعلى النافذة ذات اللون الأحمر تتراوح بين  $(62.6-64.9) ^\circ C$ ، والتدرج الحراري يتراوح بين  $(4.4-4.5) ^\circ C$ .
  5. النافذة ذات اللون الأخضر كانت درجة الحرارة في أعلاها تتراوح بين  $(60.6-63.4) ^\circ C$ ، والتدرج الحراري يتراوح بين  $(3.6-4) ^\circ C$ .
  6. بينما درجة الحرارة في أعلى النافذة ذات اللون الأزرق تتراوح بين  $(62.4-64.5) ^\circ C$ ، والتدرج الحراري يتراوح بين  $(3.7-4) ^\circ C$ .
  7. أما ذات اللون الشفاف فكانت درجة الحرارة في أعلاها تتراوح بين  $(57.6-60) ^\circ C$ ، والتدرج الحراري بين  $(4.1-4.2) ^\circ C$ .
5. مناقشة النتائج والاستنتاجات:

الشكل (18) المنحني الزمني لتغير درجات الحرارة للتجربة تحسب كمية الحرارة التي يمتصها الماء الملون من العلاقات: [8]:

$$G_{abs} = m.C_p.\Delta T/t \quad (5)$$

حيث:

$$G_{abs} = 2.3[kg].4178[J/kg.^{\circ}C].\Delta T[^{\circ}C]/t[Sec]..[W] \quad (6)$$

تقاس شدة الإشعاع قبل وبعد التركيبة الملونة لكل لون للماء. وتكون كمية الحرارة التي تمتصها التركيبة في حال طرح القيمتين، تطابق تلك القيمة بالقيمة المحسوبة  $G_{abs}$  للتأكد من صحة القياس. ثم يتم إيجاد معامل الامتصاص اللوني من العلاقة:  
معامل الامتصاص = كمية الحرارة الممتصة / شدة الإشعاع الواردة

الجدول (7) معامل الامتصاص اللوني ليوم 12 آب

Trans.	Green	Blue	Red
0.3385	0.4816	0.4037	0.5993

تكرر هذه العملية لكل لون ولكل قياس بنفس التوقيت الزمني من أجل دقة النتائج والمقارنة.

#### 4. النتائج :

يبين الجدول (8) نتائج القياس لباقي التجارب لمعامل الامتصاص اللوني للألوان الأساسية الأربعة. تم أخذ القياسات على مدار ساعتين ولعدة أيام في شهري آب وأيلول من عام 2018م، ونورد نتائج القياس بعد أخذ المتوسط منها:

الجدول (8) معامل الامتصاص اللوني للأيام

12 آب			
0.3440	0.4895	0.4162	0.6089
22 آب			
0.3439	0.4897	0.4123	0.6050
10 أيلول			
0.3402	0.4796	0.4018	0.5974

أ. م. د. أمينة فارس.. قياس معامل الامتصاص اللوني لتركيبية زجاج - ماء ملون - زجاج تجريبياً

1. إن عامل الامتصاص الحراري اللوني للون الأحمر أعلى من عامل الامتصاص الحراري اللوني للون الأخضر، وكذلك اللون الأزرق.
2. سجلت أعلى درجة الحرارة في أعلى النافذة للون الأحمر [63.7°C]، وللون الأخضر [61.8°C]، وللون الأزرق [63.5°C]
3. كان التدرج الحراري للون الأحمر [4.4°C]، وللون الأخضر [3.9°C]، وللون الأزرق [3.7°C].
4. أما للون الشفاف فكانت درجة الحرارة [58.8°C] والتدرج الحراري [4.1°C].
5. مما يثبت أن استخدام هذه التركيبة للنافذة الملونة بوجود اللون الأحمر (أحمر شفاف) وليس أحمر مصمت، يخفض الحمل الحراري التبريدي من النوافذ بمقدار 60% تقريباً، بينما شتاء تستخدم التركيبة ذاتها ولكن للماء الشفاف حتى لا يخفض من الكسب الحراري الشمسي إلا إذا كان المرغوب به استخدام هذه التركيبة كسخان شمسي.
6. لوحظ أن أعلى قيمة للطاقة الممتصة من قبل اللون الأحمر هي عند الساعة 12 ظهراً كانت [51W] وكان معدل امتصاص الطاقة لكامل تجربة اللون الأحمر هو بحدود [45W].
7. كانت أعلى قيمة للطاقة الممتصة من قبل اللون الأخضر هي عند الساعة 12 ظهراً وكانت [54W]، وكان معدل امتصاص الطاقة لكامل تجربة اللون الأخضر هو بحدود [30W].
8. كانت أعلى قيمة للطاقة الممتصة من قبل اللون الأزرق عند الساعة 12 ظهراً [53W]، وكان معدل امتصاص الطاقة لكامل تجربة اللون الأزرق بحدود [36 W].
9. أعلى قيمة للطاقة الممتصة من قبل اللون الشفاف كانت عند الساعة 12 ظهراً [38W]، وكان معدل

امتصاص الطاقة لكامل تجربة اللون الشفاف بحدود [25W].

10. نستنتج أيضاً أن اللون الأحمر (الشفاف) امتص أكبر كمية من الطاقة بالمعدل.

#### 6. التوصيات:

1. يوصى بإيجاد معاملات امتصاص للألوان العامة تجريبياً وخصوصاً المائلة للسواد والرمادية، حيث من المتوقع أن تعطي معاملات امتصاص أعلى وتخفض من الحمل التبريدي أكثر.
2. يوصى باستخدام الماء المقطر الملون حتى يخفف من الترسبات الناتجة عن تسخين المياه وتحلله إلى جزيئات .
3. يوصى بالبحث عن ملونات ذكية (متغيرة اللون تلقائياً) بحيث تندمج مع الماء المقطر اندماجاً تاماً.

## المراجع

- [1]. أ.م. د.م. أمينة فارس، " الكفاءة الطاقية للأبنية " . جامعة دمشق . 2016 .
- [2]. Y.B. Kannan. ABSORPTION COEFFICIENT OF GLASS MEDIUM – EXPOSED TO SODIUM LIGHT USING LDR. Recent Research in Science and Technology 2011, 3(1): 97-100.
- [3]. Tinted Glazing Windows for High Performance Commercial Buildings [www.commericalwindows.org/tints.php](http://www.commericalwindows.org/tints.php).
- [4]. [www.metroglasstech.co.nz](http://www.metroglasstech.co.nz).
- [5]. Performance evaluation of water flow window glazing LI CHUNYING ,Hong Kong university, FEBRUARY(2012)
- [6]. Numerical Prediction of Water Flow Glazing Performance with Reflective Coating Tin-Tai Chow, Chunying Li, Clark (2011)
- [7]. Photoprotection by Window Glass, Automobile Glass and sunglasses Chanisada Tuchinda, Sabong Srivannaboon, Henry W Lim (2006)
- [8]. Fundamentals of Heat and Mass Transfer FRANK P. INCROPERA, DAVID P. DEWITT, THEODORE L. BERGMAN, ADRIENNE S. LAVINE (2016).

Received	2019/12/18	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2020/5/20	قبول البحث للنشر