How to Choose Energy Efficient Lamps

Possibilities. Potential. Progress

www.kfas.org

KFAS

مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي

Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

Artificial lighting technology is constantly evolving; in addition, the principle of lamp operation differs based on the operational technology used. Incandescent bulbs' operation is based on incandescence, or thermal glow. Compact Fluorescent Lamps (CFLs) operate on the principle of fluorescence. while Light Emitting Diodes (LEDs) light up due to the transmission of electrons in semiconductors.
Therefore, the basis of choosing any of the lamps mentioned above varies based on their operating techniques.

Incandescent Lamps

An incandescent lamp produces light when the tungsten wire filament is heated to a high temperature (around 2,000 degrees Celsius) by an electric current passing through it until it glows. 90% of the electrical energy used to operate the bulb is transferred to heat; in addition, the average rated life of the incandescent lamp is around 1,200 hours.
Although incandescent bulbs do not have a direct impact on health, their low efficiency has indirect effect on the energy consumption. The intense emitted heat increases the demand on the cooling load; this increases the demand for electricity and burning of fuel to produce electrical energy, which leads to the emissions of harmful gases that affect the health and the environment.
Therefore, since 2005, many countries have taken measures to ban the use of inefficient incandescent bulbs that consume a large amount of energy and replace them with more efficient lamp. In 2012, many countries around the world banned the import and sale of incandescent bulbs of 100 watts and more.

Figure 1. Incandescent Lam

Figure 2. Shapes of Compact Fluorescent Lamps.

Fluorescent Lamps

The central element in a fluorescent lamp is a sealed glass tube. The tube contains a small bit of mercury and an inert gas, typically argon, kept under very low pressure. The tube also contains a phosphor powder, coated along the inside of the glass.
The tube has two electrodes, one at each end, which are wired to an electrical circuit. When the lamp is turned on, the current flows through the electrical circuit to the electrodes and electrons will migrate through the gas from one end of the tube to the other. This energy changes some of the mercury in the tube from a liquid to a gas. As electrons and charged atoms move through the tube, some of them will collide with the gaseous mercury atoms. These collisions excite the atoms, bumping electrons up to higher energy levels. When the electrons return to their original energy level, they release light photons. When a photon hits a phosphor atom, one of the phosphor's electrons jumps to a higher energy level and the atom heats up. When the electron falls back to its normal level, it releases energy in the form of another photon and the phosphor gives off white light we can see. Manufacturers can vary the color of the light by using different combinations of phosphors. The average rated life of the fluorescent lamp is around 6,000 hours.
Fluorescent lamps are energy efficient; they consume 75% less energy compared to incandescent lamps. In addition to that, they save on the cooling load because they emit less heat.

Fluorescent lamps contain a tiny amount of mercury up to 5 mg, mercury does not pose any danger unless the lamp breaks or if it is disposed of with household waste. Take the following actions if a fluorescent lamp is broken:

- Open the window to ventilate the place for several hours.
- Close air-conditioning vents.
- Collect the broken lamp by cardboard or adhesive tape, place it in a glass jar or in a plastic sealable bag, and cover it well.
- Do not use a vacuum cleaner unless the mercury is totally removed.
- Deliver of the jar of mercury to the authorized parties, do not throw it in the household waste.

Light Emitting Diodes (LEDs)

Light emitting diodes (LEDs) are not lamps; they are light sources that use semiconductors and electroluminescence to produce light. LEDs are very efficient and their average rated life is around 50,000 hours.

Figure 3. Shapes of Light Emitting Diodes.

LEDs use solid-State Lighting to produce light from a semiconductor. To simplify its operation, LEDs produce light when electrons move inside a semiconductor. A semiconductor has positively charged layers containing holes (anode), and negatively charged layers containing free electrons (cathode). When an electric charge passes through the semiconductor, it activates the flow of electrons from the cathode to the anode layers and the excited electrons sendoff light when they fall into the layers of positively charged holes.

LEDs are not high-energy consumers, do not emit heat and do not contain any harmful materials. One the other hand, several studies have proven that LEDs can be harmful to the eyes in case of direct eye exposure to the light source, especially to children and the elderly. It is therefore recommended to use LEDs in indirect lighting and unexposed light fixtures.

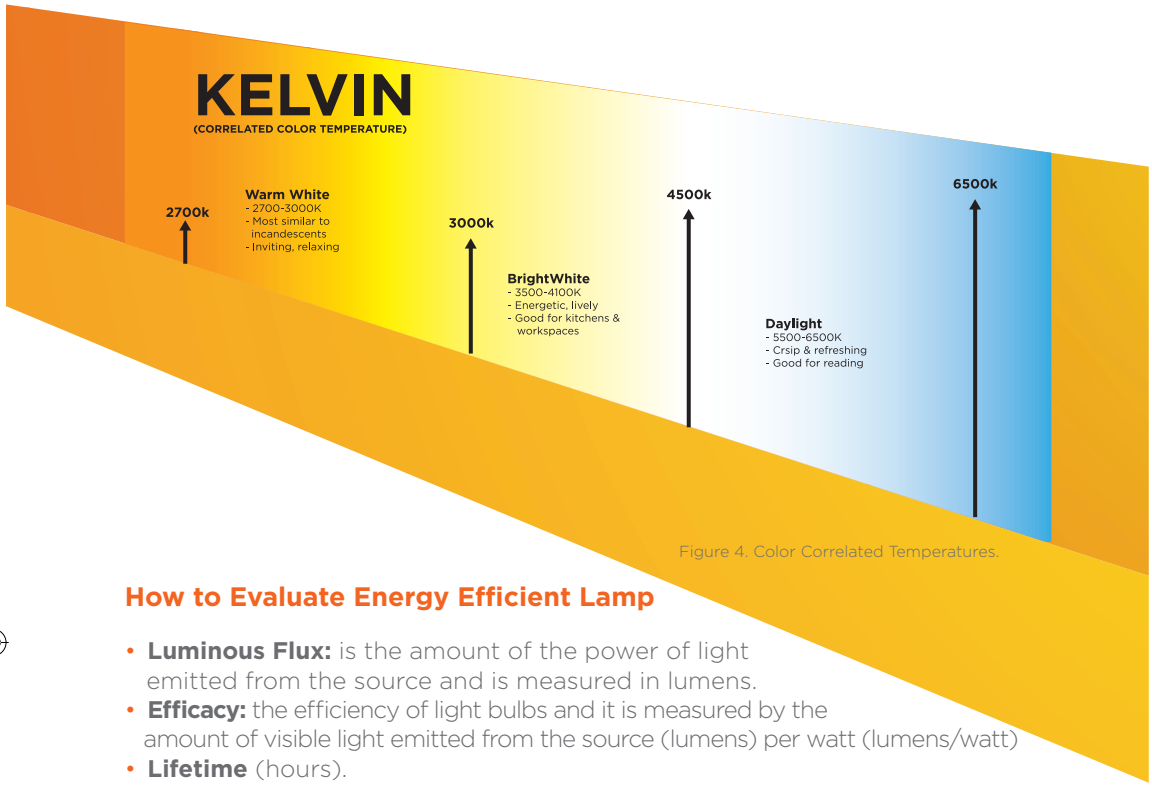


Figure 4. Color Correlated Temperatures.

How to Evaluate Energy Efficient Lamp

- **Luminous Flux:** is the amount of the power of light emitted from the source and is measured in lumens.
- **Efficacy:** the efficiency of light bulbs and it is measured by the amount of visible light emitted from the source (lumens) per watt (lumens/watt)
- **Lifetime** (hours).
- **Power rating** (watt).
- **Price**.
- **Color Correlated Temperature** (CCT): is a measure of the color of the light source and is measured in Kelvin as shown in Figure 4:

Replacing lamps with Energy Efficient Lamps:

Usually, lamps are selected based on their power rating in Watt, high power rating will result in more luminous flux. As incandescent lamps have been widely used ever since Thomas Edison invented the light bulb, the choice of energy efficient lamps will be based on their comparison to the incandescent lamp. One must take into account the color of the lamp, as these lamps are made in different colors depending on their use, it is advised to use warm colored lamps in homes and daylight colored lamps in workplaces as shown in Figure 4.

Compact Fluorescent Lamps (CFLs): The main indicator for choosing CFLs is the power rating in Watts. The CFLs power rating is multiplied by 4 to obtain the power rating of the replaced incandescent lamp. For example, in order to replace a 100 Watt incandescent lamp, select CFL with a power rating of around 25 Watt (25x4=100).

Light Emitting Diodes (LEDs): Since LEDs are not light sources and their technology is continuously evolving, the indicator for choosing the LED is the luminous flux (lumens). For replacing a 100 Watt incandescent lamp, select LEDs with 1600 lumens light output. The following table shows the amount of luminous flux produced by an incandescent lamp based on its power rating for comparison in the event of choosing light emitting:

zLuminous Flux (lumens)	Power Rating
40	450
60	800
75	110
100	1600
150	2600

For comparison, the following table shows the specifications of the most common used lamps:

	Incandescent Lamp	Compact Fluorescent Lamp	Light Emitting Diode
Average Rated Life (hrs)	1,200	6,000	50,000
Power Rating (W)	60	13-15	6-8
Efficacy (lumens/W)	18	75	97
Operational Expenses (KD/yr)*	2.630	0.657	0.350
Toxicity	No mercury	Contains mercury	No mercury
CO_2 Emissions (kg/yr)	920	230	123
Emitted Heat (BTU/hr)	85	30	3.4

*Based on 6 hrs operation daily per year (10 Lamps)

Do You Know?

- Artificial lighting is the second energy consumer after air-conditioning
- Any saving in lighting energy has an indirect effect on the cooling load
- Every Kilowatt hour of electrical energy generated produces around one kilogram of CO_2.
- Using 10 100 W incandescent lamps for 10 hours consumes around 3,650 Kilowatt hour of electrical energy and costs more than KD 140 per year
- Using 10 100 W incandescent lamps is equivalent to using 40 CFLs and 125 LEDs
- Although the upfront cost of LEDs is very high their rated life is around 50 times longer than the incandescent lamps.

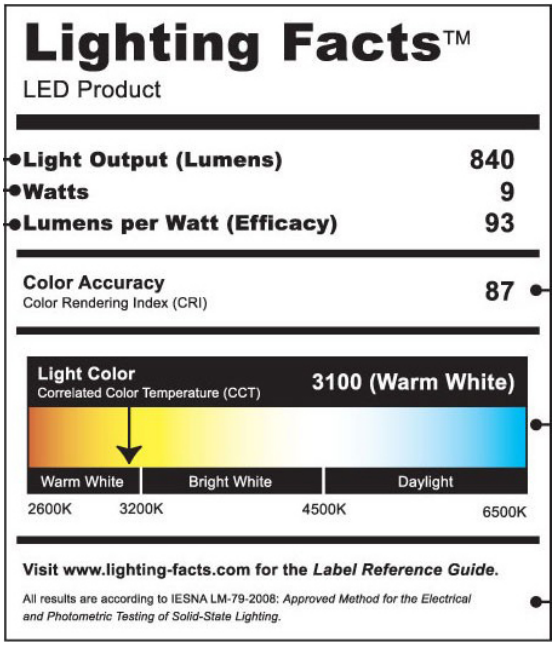
Other Tips

In addition to replacing inefficient lamps with more energy efficient ones and controlling them efficiently, it is recommended to do the following in order to reduce lighting energy consumption in your home:

- Use light colored painting and furniture, which in turn helps to better reflect light.
- Develop a clear vision for the furniture arrangement and distribution during the design phase of your house before the lighting design to get the best illumination and avoid adding more lighting points that will increase the energy consumption. Figure 5
- Take advantage of natural lighting as much as possible by using highly efficient windows. Figure 6

Figure 5. Furniture Distribution.

Figure 6. Use of Daylight.


Lighting Facts™
LED Product
Light Output (Lumens) 840
Watts 9
Lumens per Watt (Efficacy) 93
Color Accuracy
Color Rendering Index (CRI) 87
Light Color
Correlated Color Temperature (CCT) 3100 (Warm White)
Warm White
Bright White
Daylight
2600K
3200K
4500K
6500K
Visit www.lighting-facts.com for the Label Reference Guide.
All results are according to IESNA LM-79-2008: Approved Method for the Electrical and Photometric Testing of Solid-State Lighting.

حقائق الإضاءة

صمام باعث للضوء

قوة الإضاءة (لومن)	840
واط	9
لومن/واط (الكفاءة)	93
دقة اللون مؤشر أداء اللون (CRI)	87

Visit www.lighting-facts.com for the *Label Reference Guide*.

All results are according to IESNA LM-79-2008: *Approved Method for the Electrical and Photometric Testing of Solid-State Lighting.*

شكل 6. الاستفادة من الإضاءة الطبيعية.

شكل 5. توزيع الأثاث في المخطط.

هل تعلم؟

- الإضاءة هي ثاني مستهلك للطاقة بعد التكييف
- أي توفير في الإضاءة سيكون له تأثير غير مباشر للتقليل من حمل التبريد
- كل كيلوواط ساعة يتم توليدها ينتج عنه ما يُقارب من كيلوجرام واحد من غاز ثاني أكسيد الكربون.
- استخدامك 10 مصابيح متوهجة ذوات قدرة 100 واط ولمدة 10 ساعات يومياً يستهلك طاقة كهربائية بمقدار 3,650 كيلوواط ساعة وتزيد التكلفة الفعلية للكهرباء اللازمة لتشغيل هذه المصابيح عن 140 دينار سنوياً.
- استخدامك 10 مصابيح متوهجة ذوات قدرة 100 واط يعادل استخدام 40 مصباح فلوري مدمج و125 صمام باعث للضوء.
- على الرغم من أن التكلفة الرأسمالية للصمامات الباعثة للضوء مرتفعة إلاّ أن العمر الافتراضي لها يفوق المصابيح المتوهجة بحوالي خمسين ضعف.

نصائح أخرى

بالإضافة إلى استبدال المصابيح بأخرى موفرة للطاقة والتحكم بها بكفاءة، ينصح بعمل التالي لخفض استهلاك طاقة الإضاءة:

- استخدام الأصباغ والأثاث ذو اللون الفاتح في المنازل والتي بدورها تساعد على انعكاس الإضاءة بشكل أفضل.
- وضع تصور واضح لترتيب الأثاث وتوزيعه أثناء تصميم المنزل وقبل توزيع الإضاءة وذلك للحصول على التصميم الأفضل للإضاءة وتفادي إضافة نقاط تزيد من استهلاك الطاقة الكهربائية كما هو موضح بالشكل 5.
- الاستفادة من الإضاءة الطبيعية قدر الاستطاعة باستخدام نوافذ ذات كفاءة عالية شكل 6.

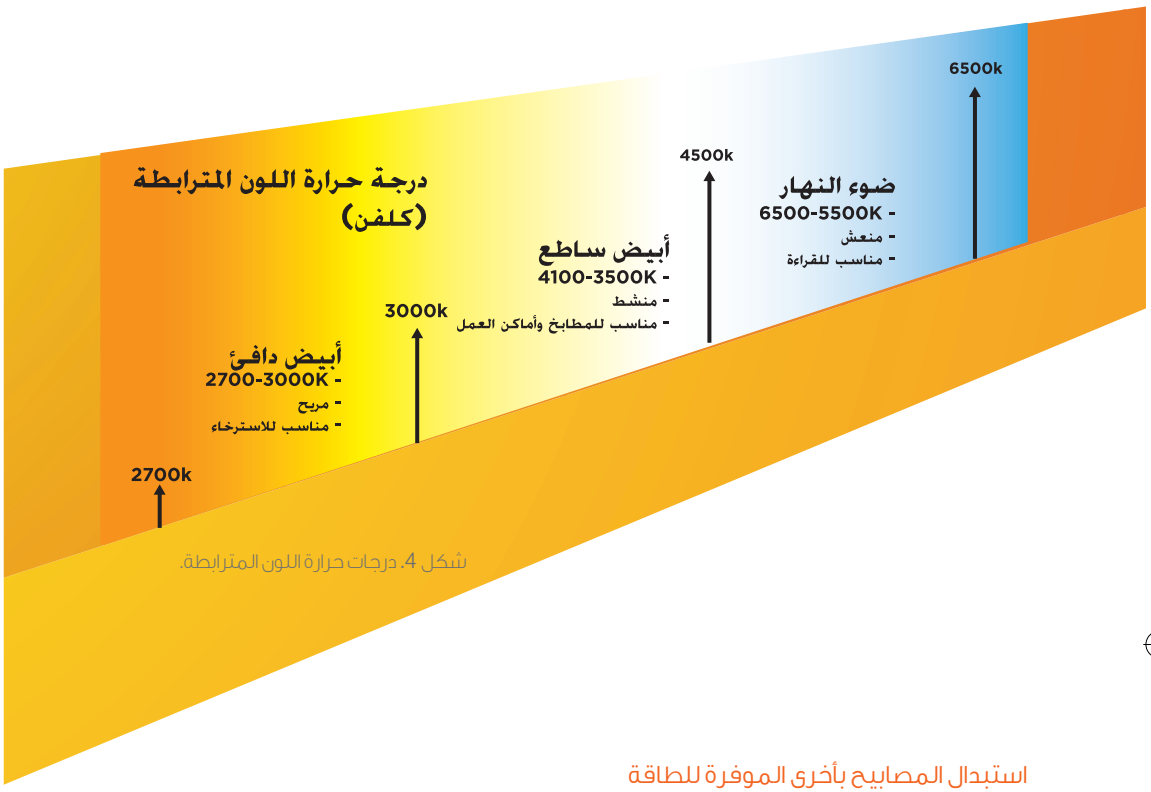
الصمام الباعث للضوء: نظراً لأن الصمام الباعث للضوء ليس بمصباح وتقنياته في تطور مستمر، لذا فمؤشر اختياره ليس القدرة وإنما قوة الإضاءة المنبعثة من المصدر (لومن). في حال استبدال مصباح متوهج ذو قدرة 100 واط يتم اختيار صمام باعث للضوء ذو قوة إضاءة 1600 لومن. ويبين الجدول التالي كمية الإضاءة الصادرة من المصباح المتوهج حسب القدرة الكهربائية للمقارنة في حال اختيار الصمام الباعث للضوء:

القدرة الكهربائية (واط)	قوة الإضاءة (لومن)
40	450
60	800
75	110
100	1600
150	2600

وللمقارنة، الجدول التالي يعرض أهم مواصفات المصابيح الشائعة والتي تم استعراضها سابقاً:

	الصمام الباعث للضوء	المصباح الفلوري	المصباح المتوهج
العمر الافتراضي (ساعة)	50,000	6,000	1,200
القدرة (واط)	6-8	13-15	60
الكفاءة (لومن/واط)	97	75	18
تكاليف التشغيل السنوية (دينار/سنة)*	0.350	0.657	2.630
السمية	لا يحتوي على زئبق	يحتوي على زئبق	لا يحتوي على زئبق
انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (كجم/سنة)	123	230	920
مقدار الحرارة المنبعثة (وحدة حرارية بريطانية/ساعة)	3.4	30	85

* معدل 6 ساعات يوميا لكل سنة (10 مصابيح)



شكل 4. درجات حرارة اللون المترابطة.

استبدال المصابيح بأخرى الموفرة للطاقة

يتم اختيار المصابيح على أساس القدرة (واط)، وكلما زادت القدرة تزيد كمية الضوء المنبعث. وبما أن المصابيح المتوهجة تستخدم منذ اختراع توماس أديسون للمصباح، فاختيار المصابيح الموفرة للطاقة وتقنيات الإضاءة الحديثة يكون بواسطة مقارنتها بالمصباح المتوهج. ويجب الأخذ بعين الاعتبار اللون الصادر من المصباح، حيث أن تلك المصابيح تصنع بألوان مختلفة حسب استخدامها، حيث ينصح باستخدام اللون الأبيض الدافيء (Warm white) في المنازل واللون الأبيض الساطع (Bright White) في أماكن العمل كما هو موضح بشكل 4.

المصباح الفلوري المدمج: مؤشر اختيار المصباح الفلوري هو القدرة (واط)، ويتم مقارنته بالمصباح المتوهج بواسطة ضرب القدرة للمصباح الفلوري في الرقم 4 للحصول على القدرة المطلوبة للمصباح المتوهج. أي، لاستبدال مصباح متوهج ذو قدرة 100 واط يتم اختيار مصباح فلوري مدمج ذو قدرة 25 واط (25x4=100) أو ما يقاربه.

الصمام الباعث للضوء (LED)

شكل 3. نماذج لصمامات باعثة للضوء.

الصمام الباعث للضوء ليس بمصباح وإنما مصدر للضوء يستخدم أشباه الموصلات والتلألؤ الكهربائي (electroluminescence) لإنتاج الضوء. وتتميز الصمامات الباعثة للضوء بكفاءة عالية ويصل عمرها الافتراضي إلى 50,000 ساعة.

تستخدم الصمامات الباعثة للضوء تقنية صمامات الإضاءة الإلكترونية (Solid-State Lighting) في إصدار الضوء من مادة صلبة وهي أشباه الموصلات (semiconductor) بدلا من بعثه من فراغ أو غاز كما هو الحال في المصابيح التقليدية.

وببساطة تنتج هذه الصمامات الضوء عندما تتحرك الإلكترونات داخل أشباه الموصلات. حيث تتضمن أشباه الموصلات طبقات موجبة الشحنة تحتوي على ثقوب، وطبقات سالبة الشحنة تحتوي على الكترونات حرة. فعندما تمر شحنة كهربائية على أشباه الموصلات، ينشط تدفق الإلكترونات من طبقات القطب السالب إلى طبقات القطب الموجب وتبعث الإلكترونات المثارة الضوء حينما تصب في ثقوب طبقات الشحنة الموجبة.

وعلى الرغم من أن الصمامات الباعثة للضوء لا تستهلك طاقة كهربائية عالية ولا تبعث حرارة كما أنها لا تحتوي على أي مادة ضارة بالصحة، إلا أن عدة دراسات أثبتت ضرر الصمامات الباعثة للضوء على العين في حال تعرض العين مباشرة لمصدر الضوء وخاصة الأطفال وكبار السن، لذا يُوصَى باستخدام المصابيح في الإضاءة الغير المباشرة والمعلقات غير المكشوفة.

كيف نقيم المصباح الموفر للطاقة

- **قوة الإضاءة:** هي كمية الطاقة الضوئية المنبعثة من المصدر وتقاس باللومن (lumen) أي شمعة
- **الكفاءة:** تقاس كفاءة المصابيح الكهربائية بكمية الضوء المرئي المنبعث من المصدر (لومن) لكل واط (lumen/watt)
- **العمر** (ساعة) • **القدرة** (واط). • **السعر**.
- **اللون** (Color Correlated Temperature): هو مقياس للون مصدر الضوء ويقاس بالكلفن كما هو موضح بالشكل 4:

شكل 2. نماذج امصابيح فلورية مدمجة

المصباح الفلوري

المصباح الفلوري هو أنبوب زجاجي مغلق يحتوي على كمية ضئيلة من الزئبق وغاز خامل تحت ضغط منخفض جدا، ويغلف الجزء الداخلي من الأنبوب مسحوق الفوسفور. ويستند انتاج الضوء في المصباح الفلوري على مبدأ الانبعاث، فعند تدفق التيار في الدائرة الكهربائية يرتفع الجهد الكهربائي عبر أقطاب المصباح وتهاجر الإلكترونات من أحد طرفي المصباح إلى الآخر. وتحول هذه الطاقة بعض من الزئبق في الأنبوب من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. عند اصطدام الإلكترونات والذرات المشحونة مع ذرات الزئبق الغازية ترتفع الإلكترونات إلى مستويات طاقة أعلى وعند عودتها إلى مستوى الطاقة الأصلي، تطلق فوتونات الضوء في مدى الموجات الفوق بنفسجية الغير مرئية. ويقوم مسحوق الفوسفور ببعث الطيف المرئي عند تعرضه للضوء. ويبلغ العمر الافتراضي للمصابيح الفلورية 6,000 ساعة تقريبا.

يتميز المصباح الفلوري المدمج بقلة استهلاكه للطاقة مقارنة بالمصباح المتوهج، حيث يوفر حوالى 75% من الطاقة المستهلكة بالإضافة إلى التوفير في حمل التبريد بسبب قلة انبعاث الحرارة الصادرة منه أثناء التشغيل.

تحتوي المصابيح الفلورية على كمية ضئيلة من الزئبق تصل إلى 5 مجم، ولا يشكل الزئبق خطراً إلا إذا كسر عن طريق الخطأ أو إذا كان يتم التخلص منه مع النفايات المنزلية. وفي حال كسر المصباح يجب اتخاذ الإجراءات التالية:

- فتح النافذة لتهوية المكان لعدة ساعات.
- إغلاق فتحات التكييف.
- جمع المصباح المكسور بواسطة ورق مقوى أو شريط لاصق ووضعه في وعاء زجاجي ويغطى جيدا أو في كيس من البلاستيك قابل للغلق.
- عدم استخدام المكنسة الكهربائية إلا في حال التأكد من إزالة الزئبق.
- تسليم الوعاء إلى الجهات المختصة وعدم رميه في النفايات المنزلية.

تقنيات الإضاءة الصناعية في تطور مستمر، وتختلف أنواع المصابيح حسب مبادئ التشغيل التي تعمل عليها وبالتالي تم تقسيمها حسب التقنيات المستخدمة. فالمصابيح المتوهجة تعمل على مبدأ التوهج الحراري، والمصابيح الفلورية المدمجة تعمل على مبدأ الانبعاث الالكتروني، بينما الصمامات الباعثة للضوء تضيء بسبب انتقال الالكترونات في أشباه الموصلات.
لذا، فإن أساس اختيار المصابيح المذكورة يختلف حسب تقنية التشغيل.

المصباح المتوهج

يمر التيار الكهربائي في المصباح المتوهج على سلك من مادة التنجستن ويولد حرارة بسبب شدة مقاومة السلك، وحين تصل درجة حرارة السلك إلى ما يقارب 2,000 درجة مئوية ينبعث من السلك الضوء المرئي بواسطة التوهج. وللعلم تتحول 90% من الطاقة الكهربائية في المصباح إلى طاقة حرارية ويبلغ عمره الافتراضي 1,200 ساعة.

شكل 1. المصباح المتوهج.

على الرغم من أن المصابيح المتوهجة ليس لها أثر مباشر على الصحة إلا أن لها آثار غير مباشرة نظراً لأن استهلاكها للطاقة مرتفع كما أن شدة الحرارة المنبعثة منها تزيد من الطلب على حمل التبريد مما يؤدي إلى حملاً إضافياً على أجهزة التكييف فيزداد استهلاك الطاقة وبالتالي يزداد حرق الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية والذي يؤدي إلى انبعاث الغازات الضارة التي تؤثر على الصحة وعلى البيئة.
لذا، فقد قامت عدة دول، منذ عام 2005، باتخاذ تدابير لحظر استخدام المصابيح الكهربائية المتوهجة التي تستهلك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية وتصدر حرارة عالية واستبدالها بمصابيح ذات كفاءة أعلى، ومنذ عام 2012 حظرت معظم دول العالم استيراد وبيع المصابيح المتوهجة التي تزيد قدرتها عن 100 واط.

أنواع المصابيح وكيفية أختيار الموفرة للطاقة

KFAS
مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

آفاق . إمكانات . تقدم
www.kfas.org