KINGDOM OF SAUDI ARABIA
KSU
FACULTY OF SCIENCES
DEPARTMENT OF PHYSICS

المملكة العربية السعودية
جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء

Biophysics (209 Phys)

Marwa Telba

1441

الفصل الرابع:

الحرارة و سريانها في الأنظمة البيولوجية و تطبيقاتها الطبية

مفهوم الحرارة و درجة الحرارة

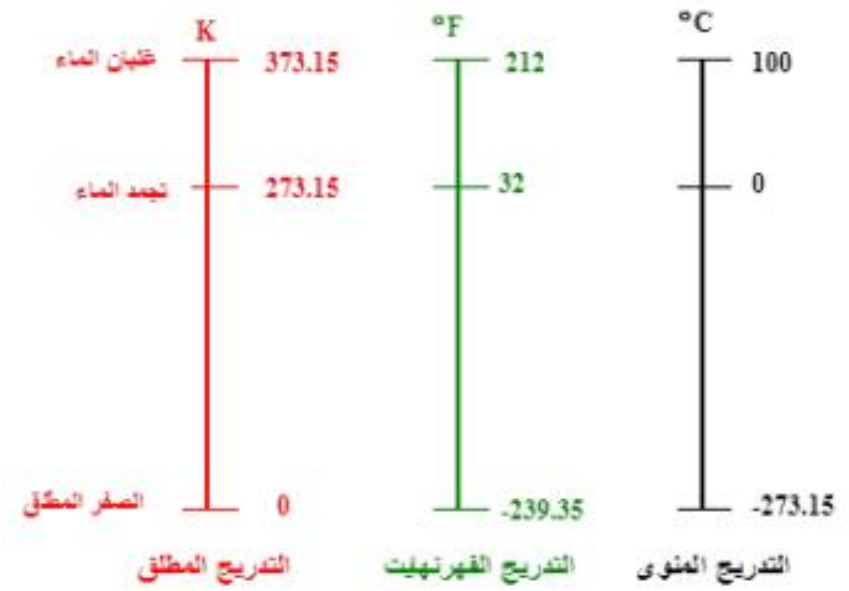
- يوجد اختلاف كبير بين مصطلح درجة الحرارة ومصـــــطلح الحرارة في عالم الفيزياء.

فالحرارة : هي الطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم إلى اخر عندما يكون هناك اختلاف بين درجات حرارتهما.

أما درجة حرارة جسم ما : تعتبر مقياسا للطاقة الداخلية للجسم أي مجموع جميع أنواع الطاقة التي تمتلكها الذرات أو الجزيئات المكونة للمادة مثل طاقة الوضع و الطاقة الحرارية و غيرهما.
و هي الخاصية التي يمكن بواسطتها الحكم على هذا الجسم من حيث كونه في حالة اتزان حراري مع الوسط المحيط أو في حالة عدم اتزان حراري معه.

مقاييس درجات الحرارة

- كما هو الحال في أي قياس, يتم تدريج مقياس درجة الحرارة إلى وحدات.
- توجد عدة مقاييس مختلفة لدرجة الحرارة :
  - المقياس السيلزيوسي (المئوي) (C°)
  - الفهرنهايتي (F°)
  - الكيلفين أو المقياس المطلق (K).



$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

$$T_K = T_C + 273.15$$

تحويل درجات الحرارة:

مثال:

درجة حرارة الجو في أحد الأيام 50 °F كم تكون درجة الحرارة بالدرجة المئوية و الدرجة كلفن؟

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$= \frac{5}{9}(50 - 32) = 10^{\circ}\ \mathrm{C}$$

$$\because T_K = 10 + 273.15 = 283.15\ K$$

كمية الحرارة (الطاقة الحرارية)

عندما يتواجد جسم ما في وسط له درجة حرارة معينة فإن هذا الجسم إما أن يفقد أو يكتسب كمية من الحرارة.

ووجد أن كمية الحرارة H تختلف باختلاف العوامل الأتية:
كتلة الجسم m , نوع مادة الجسم و مقدار التغير في درجة حرارة الجسم ΔT

$$H = mc\Delta T$$

حيث c هي الحرارة النوعية للمادة.

وحدة كمية الحرارة: الجول J

هناك وحدة أخرى و هي السعر cal و تعادل : $1\ cal = 4.186\ J$

السعة الحرارية q:

هي كمية الحرارة التي يزود بها الجسم كله لكي ترتفع درجة حرارته درجة واحدة.

$$q = mc \equiv \frac{H}{\Delta T}$$

وحدة السعة الحرارية : J/K

الحرارة النوعية c:

هي كمية الحرارة الازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام من المادة درجة واحدة.

و هي خاصية فيزيائية للمادة.

وحدتها : $J/kg.K$

تعين الحرارة النوعية لجسم صلب بطريقة الخلط (حفظ الطاقة) :

- أحد طرق قياس الحرارة النوعية هي عن طريق تسخين عينة إلى درجة حرارة معروفه T_x ثم وضعها في وعاء يحتوي كمية من الماء لها وزن معروف و درجة حرارة معروفه T_w بحيث أن $T_W < T_x$ ثم تقاس درجة حرارة الماء بعد أن يحدث اتزان حراري.

و طبقا لقانون حفظ الطاقة : كمية الطاقة التي تترك العينة (التي حرارتها النوعية مجهولة) تساوي كمية الطاقة التي تذهب للماء.

$$H_{cold} = -H_{hot}$$

أي أن الطاقة التي تترك الجزء الساخن من النظام بواسطة الحرارة تساوي مقدار الطاقة التي تذهب إلى الجزء البارد من النظام .

ملاحظة: الحرارة تنتقل من الجسم الأعلى حرارة إلى الجسم الأقل حرارة.

- الجهاز الذي يتم فيه انتقال الطاقة يسمى المسعر.

مثال:

أوجدي السعة الحرارية لقطعة من الفضة كتلتها $70\ g$ إذا كانت الحرارة النوعية للفضه تساوي $235.2\ J/kg.K$

$$\because 70\ g = 70 \times 10^{-3}\ kg$$

$$\Rightarrow q = mc = 70 \times 10^{-3} \times 235.2 = 16.464\ J/K$$

مثال:

احسبي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 0.5 kg من النحاس من 30 الى 100 سيلزيوس علما بأن الحرارة النوعية للنحاس $390.6\ J/kg.K$

$$H = mc\Delta T = 0.5 \times 390.6 \times (100 - 30) = 13671\ J$$

مثال (واجب):

ما مقدار الانخفاض في درجة حرارة قطعة من الألمنيوم كتلتها $0.2\ kg$ إذا فقدت كمية حرارة إلى الوسط المحيط قدرها $14784\ J$ علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم هي $924\ J/kg.K$

- قبل البدء بشرح طرق انتقال الحرارة أو الطاقة االحرارية يجب تعريف مصطلح القدرة.

القدرة = معدل تغير الطاقة الحراريه مع الزمن أو نستطيع القول أنها معدل سريان أو انتقال كميه الحرارة خلال فتره زمنيه أي :

$$\mathcal{P} = \frac{H}{t}$$

ووحدتها : $W = J/s$

طرق انتقال الحرارة

هناك ثلاث طرق لانتقال الحرارة يمكن بواسطتها حدوث تغيير في الطاقة الداخلية في النظام:

1) التوصيل الحراري:

- عند وضع إحدى طرفي قضيب صلب بالقرب من مصدر حراري مثل النار فإننا نلاحظ مع مرور الوقت يصبح الطرف الاخر للقضيب ساخنا. أي أن الحرارة انتقلت من النار خلال القضيب إلى الطرف البعيد عن طريق التوصيل.
- و السبب في ذلك أن جزيئات القضيب الملامسه للنار تسخن و تزداد ذبذباتها مما يؤدي تصادمها بالجزيئات الاخرى القريبة منها فتنتقل إليها بعض طاقتها في عملية التصادم هذه.
- إن كمية الحرارة المنقولة بالتوصيل خلال ثانية واحدة تعطى بالعلاقة التالية:

$$\mathcal{P}_c = \frac{k_c A}{l} \Delta T$$

حيث A مساحة المقطع, k_c هو معامل التوصيل الحراري ووحدته $W./K.m$ و ΔT : الفرق بين درجة حرارة الجسمين و l هو طول القضيب.

2) الحمل الحراري:

- في المواد الصلبة, تنتقل الحرارة عن طريق التوصيل بينما في الموائع, تنتقل الحرارة بالمقام الأول عن طريق الحمل.
- عند تسخين المائع, فإن الجزيئات القريبة من مصدر الحرارة تكتسب طاقة و تميل إلى الابتعاد عن المصدر. لذلك يصبح المائع القريب من مصدر الحرارة أقل كثافة. فيتدفق المائع من المنطقة الأكثر كثافة إلى الأقل كثافة, مما يتسبب في حدوث تيارات حمل حراري هذه التيارات تحمل الطاقة بعيدا عن مصدر الحرارة.
- مثال على ذلك : الدفاية, فالدفاية تسخن الهواء في الجزء الأسفل من الحجرة فيتمدد الهواء الدافئ و يرتفع إلى أعلى نظرا لان كثافته قد قلت و الهواء البارد الأكبر كثافة قرب سقف الحجرة يهبط إلى أسفل و تستمر تيارات الحمل في الصعود و الهبوط.

- تعطى كمية الحرارة المنقولة (عن طريق الحمل الحراري) في وحدة الزمن بالعلاقة التالية:

$$\mathcal{P}_{convection} = k_c A(T_1 - T_2)$$

حيث: A المساحة المعرضة لتيارات الحمل

T_1 : درجة الحرارة بين سطح المائع -أو الجسم-

T_2 : درجة حرارةالمائع المحمول (بمعنى المائع المتضمن في تيارات الحمل)

k_c معامل الحمل الحراري

مثال:

خزان ماء على سطح منزل و درجة حرارة الماء داخل الخزان 15 ℃ و درجة حرارة تيار الهواء -10 ℃ , فإذا كانت المساحة الكلية لأسطح الخزان $20\ m^2$ فأوجدي معدل انتقال الحرارة بالحمل باعتبار أن معامل الحمل الحراري = $30\ W/m^2.℃$

$$\because \mathcal{P}_{convection} = k_c A(T_1 - T_2)$$

$$= 30 \times 20 \times \big(15 - (-10)\big) = 15000\ W$$

3) الإشعاع الحراري:

كل الأجسام تشع طاقة بصفة مستمرة على شكل موجات كهرومغناطيسية ناتجة عن التذبذبات الحرارية للجزيئات.

معدل إشعاع أي جسم للطاقة يتناسب مع درجة حرارته المطلقة مرفوعة للأس الرابع. و القانون الذي يحدد تلك العلاقة يعرف بقانون ستيفان و الذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$\mathcal{P}_r = \sigma A e (T^4 - T_0^4)$$

حيث: $\mathcal{P}$ هي القدرة بالوات (W) التي يشعها الجسم , σ ثابت يساوي

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\, W/m^2.K^4$$

A مساحة المقطع و e هو ثابت الإشعاعية و T درجة حرارة الجسم بالكلفن و T_0 هي درجة حرارة الوسط المحيط بالكلفن.

- جزء كبير من الحرارة التي تفقد من أجسامنا تتم عن طريق الإشعاع.

مثال:

اذا كانت درجة حرارة الحجرة 20°C. فاذا كانت درجة حرارة سطح جسم الطالب 35°C فما مقدار الطاقة المفقودة من جسمه في $10\ min$ بالاشعاع؟ مع العلم أن ثابت الإشعاع للجسم البشري 0.9 و أن مساحة جسم الطالب $1.5\ m^2$.

$$t = 10\ min = 10 \times 60 = 600\ s$$

$$T_0 = 20 + 273 = 293\ K$$

$$T = 35 + 273 = 308\ K$$

$$\because \mathcal{P}_r = \sigma A e (T^4 - T_0^4)$$

$$= 5.67 \times 10^{-8} \times 1.5 \times 0.9 \times (308^4 - 293^4) = 125\ W$$

$$\Rightarrow H = \mathcal{P}_r t = 125 \times (600) = 7.5 \times 10^4\ J$$

طرق أخرى يفقد بها الجسم الحرارة:

أ) عن طريق التعرق

عند ارتفاع درجة حرارة الجو أو حتى عند عمل مجهود شاق فإن جسم الانسان يفرز عرق, فإذا تبخر هذا العرق فإن الجسم يفقد طاقة حرارية.

ب) عن طريق التنفس

نلاحظ أيضا عن القيام بالتمارين الرياضية أو أي عمل شاق فإننا نتنفس بشكل أسرع أي أن الفتره الزمنيه بين الشهيق و الزفير تقل , و ذلك لانه عند الشهيق فإن هواء بارد يدخل الرئة يتشبع بالماء داخلها فيسخن و أثناء الزفير فإن الهواء يخرج ثانية و بذلك يتم فقد كمية من الحرارة.

فقد الحرارة في أجسامنا:

- الحرارة داخل الأجسام الحية ضرورية جدا لإتمام العمليات الحيوية, لذا يوجد في المخ البشري مركز يقوم بتنظيم الحرارة داخل الجسم و حفظها حول 37°C.

- لثبوت درجة الحرارة فإنه يجب أن يكون هناك توازن بين العمليات الحيوية المنتجة للحرارة و الطرق التي تؤدي إلى فقدها مثل الاشعاع , الحمل , تبخر العرق , شرب السوائل و عن طريق التنفس و غيره.

- الذي يقوم بهذا التوازن مركز في المخ هو الهيبوثلامس.

- فإذا زادت درجة حرارة الجسم (بسبب عمل شاق أو حمى) فإن الهايبوثلامس يستشعر ذلك نتيجة للاطراف العصبية الحساسة للحرارة الموجودة بالجسم و بالتالي يقوم بتنبيه الغدة الدرقية لكي تفرز العرق و الذي عند تبخره يقلل من درجة حرارة الجلد أيضا يقوم بتنبيه الأوعية الدموية للتمدد و بالتالي يزداد تدفق الدم فيعمل على تبريد الجسم. أما إذا انخفضت درجة حرارة الجسم فإن المخ يعطي اشارة لزيادة الأيض و الارتعاش و انقباض الاوعية الدموية.