الفيـــزياء البيئيـــة (الجزء الثاني)

(ترجمه كتاب ل Environmental Physics M.Dzelalija:

د. كمال فهمي محمد محمود

مدير عام الشئون الدوليه

الطاقة والانسان

لكي يشعر الانسان بالدفئ سواء كان في المنزل أو يمشي في الخارج هي مسألة حفظ للطاقة. ولكن المبدأ الأساس هو وجود توازن في الطاقة، ولكي يحدث هذا فإن تبادل الطاقة يصبح أمرا ضروريا. يمكن أن يتم نقل الطاقة من نقطة معينه إلى أخرى عن طريق الآليات التالية : التوصيل، الحمل الحراري، الإشعاع، التبخر.

١- التوصيل

التوصيل الحراري هي العملية التي من خلالها يمكن نقل الطاقة بين نقطتين من المادة لهما درجات حرارة مختلفة. ففي الجمادات يتحقق ذلك بطريقتين : الأولي من خلال الاهتزازات للجزيئات تُنقل الطاقة من خلال الشبكه البلوريه. الثانية من خلال انتقال الإلكترونات الحرة في جميع أنحاء الشبكة.

أما في أشباه الموصلات فإن كلا من الطريقتين تسهم في نقل الطاقة بسبب وجود القليل من الإلكترونات الحرة، ولكن في العوازل فإن الطريقه الاولى تسود. وتسمي ذبذبات الشبكه الفونونات، وتولد موجات موقوفه والتي تمر عبر هذه المواد بسرعة الصوت لتلك المواد. جي فوريه اكتشف أن معدل تدفق الطاقة الحرارية من خلال المواد تعتمد على مساحة مقطعها العرضي، والطول أو سمك المادة والفرق في درجات الحرارة بين الجانبين ويمكن التعبير عن ذلك على النحو التالي:

$$dQ/dt=-KA.\Delta T/L$$

حيث A مساحه السطح ، L طول المادة، ΔT الفرق في درجه الحرارة وتساوي T1-T2 و k ثابت يمثل التوصيل الحراري للمادة.

فعالية المواد باعتبارها عازل يمكن أن يتحدد من خلال قياس التوصيل الحراري فالموصلات الحراريه الجيده مثل النحاس لديها توصيليه حرارية عالية، على سبيل المثال

$$380\ W/M^{-1}K^{-1}$$

.والموصلات الفقيرة مثل المياه لديها التوصلية الحرارية المنخفضة

$$0.59\ W/M^{-1}K^{-1}.$$

ويسمي الفرق في درجة الحرارة مقسوما على الطول بالتدرج الحراري. وعلامة سالب في المعادلة المذكورة أعلاه تبين أن تدفق الطاقة يكون من المنطقة ذات درجة الحرارة الأعلى إلى المنطقة ذات درجه الحراره المنخفضه أي أنه يتدفق على طول التدرج في درجة الحرارة وأنه يعني ضمنا لتدفق الطاقة أحادي الاتجاه. المعادلة صحيحه تحت شروط أن تكون درجتي الحرارة ثابتتين والطاقة الحرارية الداخلة تساوي الطاقة الحرارية الخارجة وأن تكون لفترات زمنية قصيرة.

مثال:

رجل يمشي فوق أحد التلال شديدة الانحدار في يناير. وهو يرتدي ملابس سمكها ١ سم ودرجة حرارة جلده ٣٤ سليزيوس والسطح الخارجي يقترب من درجة التجمد فيكون معدل تدفق الطاقة إلى الخارج من جسده في حال أن تكون الملابس جافة

$$dQ/dt = -kA \cdot dT/L$$

$$= -0.042 \cdot 1.84 \cdot 34/0.01\ W$$

$$= -263\ W.$$

ويكون معدل تدفق الطاقة إلى الخارج من جسده في حال أن تكون الملابس مبتلة

$$dQ/dt = -4004\ W$$

وهذا يعني أنه عندما تصبح الملابس رطبة تصبح موصل أفضل لتبديد الطاقة للخارج لأن الطاقة المائية لديها أعلى توصيلية حرارية من الملابس الجافة. هذا يفسر لماذا يكون البنطلون الجينز غير مناسب للذين يقومون بعمل رجيم عندما يكونوا في طقس رطب.

٢ - الحمل

الحمل يحدث عندما يتم نقل الطاقة الحرارية بواسطة تحرك االموائع. والموائع يمكن أن تكون إما سائل أو غاز. الهواء الملامس لأي كائن حي سوف يسخن نتيجة للإشعاع الحراري الناتج من هذا الجسم ولهذا يصبح أقل كثافة ولهذا يرتفع ويحل محله هواء أكثر برودة وكثافة وهذا يخلق تيارات الحمل. هذه العملية تحدث ولكن على نطاق أوسع في الغلاف الجوي للأرض.

هناك نوعان من الحمل :

(ا) الطبيعية (عندما يتحرك السوائل بدون إحداث أي اضطراب داخله)

(ب) إجباري أو قسري (عندما يقع السائل تحت تأثير اضطراب خارجي، مثل إحداث اضطراب في فنجان شاي ساخن)

الحمل الإجباري أو القسري له أهمية خاصة بالنسبة لبيئة الإنسان وقانون نيوتن للتبريد يوفر نموذجا يعبر عنه.

٢.١ قانون نيوتن للتبريد

هناك عدد من العوامل التي تؤثر على معدل الحمل من كائن حي داخل مائع،بما في ذلك درجة حرارة الجسم،

وشكله، وحجمه، ودرجة حرارة المائع، ونوع التدفق النسبي للكائن. وأثبت نيوتن أن معدل الطاقة التي فقدت من الجسم تتناسب طرديا مع الفرق بين درجة حرارة الجسم، ودرجة حرارة البيئة، أي

$$dQ/dt = -kA \cdot \Delta T$$

هذه المعادلة تمثل قانون نيوتن للتبريد، حيث K هو ثابت التناسب الذي يعتمد على حجم وطبيعة المساحه السطحيه للجسم، ويسمي معامل انتقال الطاقة الحملي. وهو بالنسبة إلى لوحة في الهواء الراكد يساوي

$$4.5\ Wm^{-2}K^{-1}$$

وعندما تكون سرعة الهواء 2 متر في الثانيه يصبح

$$12\ Wm{-}2K^{-1}$$

هذا القانون يمكن تطبيقه على جسم يبرد في تيار رطب من الهواء مثل النفخ في كوب الشاي كي يبرد ولكنه لا ينطبق على البشر في عملية الأيض او التمثيل الغذائي للحفاظ على درجة حرارة الجسم قيمة ثابتة. ومع ذلك فإن القانون يمكن تطبيقه على رجل يمشي ضد الرياح القوية، أو في نفق الرياح.

٣ - من الإشعاع

الإشعاع يلعب دورا هاما في توازن الطاقة للبشر. فهو عملية نقل الطاقة من نقطة لأخرى على هيئة موجات كهرومغناطيسية عبر الفراغ. جميع الكائنات تطلق الطاقة في شكل موجات كهرومغناطيسية. وعادة ما يكون الجسم الذي يمتص بكفاءة يكون باعث بكفاءة وهو ما يُسمى بالجسم الأسود. البشر تصدر إشعاعات في نطاق الأشعة تحت الحمراء.

هناك نوعان من القوانين التجريبية التي عادة ما تستخدم لتفسير الإشعاع :

قوانين فين وستيفان بولتزمان.قانون فين يخبرنا عن الطول الموجي λ_m والذي عنده يشع الجسم الذي له درجة الحرارة معينه بأقصى شده

$$\lambda_m \cdot T = b$$

حيث b ثابت، وبالنسبة لجسم اسود

$$b = 3*10^{-3}\ m \cdot K.$$

قانون ستيفان بولتزمان يوضح إجمالي الطاقة التي تشع من جسم في الثانية (أو القوه الإشعاعيه) للجسم الأسود، واكتشف أنها تكون متناسبة مع الأس الرابع لدرجة الحرارة ومساحة السطح الذي يتم منه انبعاث الإشعاع.

$$P = \sigma A T^4$$

حيث σ هو ثابت استيفان، ويساوي للجسم الأسود.

$$\sigma = 5.7 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$$

لا يوجد جسم مشع أسود تماما ولذلك أدخلت فكرة الانبعاث الإشعاعي ε وهي التي تُميزَ بين الجسم كامل السواد وأي جسم آخر. ولذلك فإن الطاقة الإشعاعية لأي جسم تكون على النحو التالي:

$$P = \varepsilon \sigma A T^4$$

كل كائن يشع طاقه إلى البيئة الذي يوجد فيها والتي بدورها تشع الطاقة أيضاً ومن ثم فإنه سوف يمتص جزء من هذه الطاقة. وهذا يعني أن المعدل الصافي للإشعاع المنبعث هو

الفرق بين الطاقة المنبعثة من الجسم والطاقة الممتصة من المناطق المحيطة به.

فمثلا شخص يجلس ويقوم بقراءة كتاب فكانت الطاقة المشعة منه بين٧٠ و١٠٠ واط. فتكون كميه الطاقة التي يشعها الشخص على افتراض أن الانبعاثية لجسم الإنسان هو ٠,٥ ومتوسط درجة حرارة سطح جسمه ٣٥ سليزيوس ودرجه حراره الغرفة ٢٠ سليزيوس والمساحة السطحية للجسم ١,٨ م٢ هي

$P = 83.6\ W$.

٤ - التبخير

أي شخص يشارك في أنشطة بدنية شاقة يزيد من معدل الأيض، ولكي يحدث الحفاظ على درجة حرارة مركز الجسم ثابتة فإن فقدان الطاقة عن طريق التوصيل والحمل الحراري والإشعاع يصبح غير كافي. وهنا يشكل التبخر الوسيلة الرابعة لنقل الطاقه من أجل الحصول على توازن الطاقة. والتبخر مهم جداً في فهم الطقس والمناخ بصفة عامة، والسحب على وجه الخصوص. والتبخر هو العملية التي يتم بواسطتها تحويل السائل إلى بخار.هذا يعني التغيير من الحالة وهو مثال على التغيير في الحرارة الكامنة وفيه تعتمد الطاقة المفقودة للبخر على كتلة السائل وعلى الطاقة اللازمة لتبخر السائل

$$Q = mL$$

حيث Q كميه الطاقة المستنفذة أو المتولدة من إحداث تغير الحالة وm كتله السائل الذي يتم تبخيره وL الحرارة الكامنة للتبخر وتكون الحرارة الكامنة للتبخر للمياه النقية تساوي

$2.25.10^6\ J/kg$.

أما للعرق والذي يحتوي على ٩٩ ٪ مع الماء وكلوريد الصوديوم المذاب فهو يساوي

$2.43.10^6\ J/kg$.

وتعتمد الحرارة الكامنة للتبخر للإنسان والحيوان على درجة حرارة الجسم. وكنتيجة لتبخر العرق فإن الطاقة اللازمة للتبخر تأخذ من الجسم الساخن وهذا ينتج التبريد ويجعل درجة حرارة جسم الإنسان تتناقص.

معدل التبخر يعتمد على المساحة السطحية، والفرق في درجة الحرارة، والرطوبة ونسبة التعرق وسرعة تدفق الهواء. في الفيزياء هناك حالات عديدة من ظواهر النقل الذي يسببه الفرق في الحالة على طول الجسم. على سبيل المثال، فقد شهدنا ذلك في التوصيل الحراري للطاقة حيث أن الطاقه تتدفق من نهاية قضيب ساخنة إلى نهايته الباردة بسبب التدرج في درجة الحرارة التي تتبع قانون فوريي. في حالة التبخر،فإنه يعمل من خلال الفرق في ضغط بخارالماء.

معدل التبخر من الجسم يمكن التعبير عنه على النحو التالي :

$$(dQ/dt = hA(pS - p_0)$$

حيث hهو معامل نقل الطاقة بالتبخر، A مساحه سطح الجلد، ps ضغط بخار الماء في سطح الجلد، Po ضغط بخار الماء للوسط المحيط وضغط البخار في سطح الجلد يعتمد على

الرطوبة بالبيئة المحيطة ونسبة التعرق. في حاله فقدان الطاقة بدون تبخر (مثل التوصيل والحمل). السبب في نقل الحرارة هو التدرج في درجة الحرارة بين الجسم والمناطق المحيطة به، بينما في حالة التبخر فإن السبب في نقل الحرارة هو التدرج في ضغط بخار الماء. في المنطقة ذات الرطوبة العالية جداً،التبريد بالبخر يصبح أقل كفاءة لأن هذه التغيرات متدرجة. فقدان الطاقة بالتبخر يحدث خلال العرق والتنفس. بالنسبة إلى درجة حرارة مريحة أو بالنسبة لشخص مستريح، فإن تبخر المياه يمكن أن يكون حوالي ٣٠جرام في الساعة بالمقارنة لشخص يقوم بأعمال شاقة من الممكن أن يؤدي معدل التعرق إلى ٢٠٠ جرام في الساعة. تحت الظروف العادية،فقدان الطاقة عن طريق العرق هو العامل المهيمن.

١,٤ البقاء على قيد الحياة في المناخات الباردة

عندما نتقدم في السن فإن معدل الأيض يبدأ في التناقص. وهذا يعني أن بعض الأشخاص لا يمكن أن تنتج الطاقة بنفس السرعة التي تتبدد بها. ولذلك فإنه في الطقس البارد، من دون العزل والتدفئة الكافية فسوف يحدث ما يسمى بالهيبوسيرميا وهي عملية يحدث فيها انخفاض لدرجة حرارة الجسم تحت المعدلات الطبيعية لتعويض العملية الأيضية وفي المقابل، في الجو الحار جدا في الصيف فإن الرضع والمسنين يمكن أن يصبحو عرضة للإجهاد الحراري.الرياح، مثل الماء، هي موائع، وتدفقات الرياح يمكن أن تكون إما هادئه أو مضطربة. وبالنسبة لانتقال الحرارة بالحمل سواء كان طبيعيا أوقصريا فإن تدفق الهواء إما أن يكون بصورة هادئة بسرعة صغيرة ، أو بصورة مضطربة بسرعات أعلى . والرياح يمكن أن يكون لها أثر كبير على جسم الإنسان. فعندما تمشي في التلال مكشوف الرأس فمع هبوب الرياح قد تصاب بصداع طفيف. وهذا نتيجة لهذه الرياح التي تزيد من تدفق الطاقة الحرارية من الجسم والتي تخرج عن طريق الرأس (Wind-chill) هي درجة حرارة قشعريرة الرياح وهي درجة الحرارة التي تستخلص من مزيج من سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء. فكما تزيد سرعة الرياح، فإن هذه تكون منخفضة. ولذلك فإن الإنسان عندما يمشي فإنه لا بد أن يتغلب على تأثير الرياح وذلك عادة ما يكون باستخدامه لملابس مناسبة.

الهيبوسيرما هي انخفاض حرارة الجسم عن درجة حرارة الجسم الطبيعي وتعد مثال على آلية التحول من السلبية إلى الإيجابية للتغذية الاسترجاعية البيولوجية الفيزيائية. في ظل الظروف الطبيعية، إذا شعر الشخص بالبرودة فإن الجسم يعيد تكيف نفسه. في درجات الحرارة من ٣٥ – ٣٧ سليزسوس تنخفض درجات الحرارة في الجسم ويعمل الجسم جاهدا على انتاج طاقة إضافية للتعويض وهذه هي ردود فعل سلبية. أما في درجات حرارة أقل من ٣٥ فإن الجسم لا يستطيع توليد الطاقة الكافية بالسرعة التي يفقدها بها ولهذا تستمر درجة حرارة الجسم في الانخفاض وكلما

يحاول الجسم التعويض تنخفض درجة الحرارة أكثر .وانخفاض حرارة الجسم أو الهيبوسيرما يتم على عدة مراحل:

- انخفاض بسيط : درجة الحرارة الأساسية تبدأ في الانخفاض من ٣٧ إلى ٣٦
- متوسط: درجة حرارة الجسم تنخفض من ٣٥ إلى ٣٢ ويبدأ النظام الحراري في الانهيار.
- في البرد الشديد : تنخفض درجات الحرارة من ٣١ إلى ٣٠
- في البرد الحاد : ٢٩، أي الموت.

وبالإضافة إلى نطاق الرياح فالبحر يمكن أن يؤدي دوراً مشابهاً فالناس يمكن أن يخفضوا درجه حرارة أجسامهم بالانغماس في المياه البارده . حيث يمكن لدوامات المياه أن تزيد فقدان الطاقة عن طريق الحمل القسري. ولهذ يكون الناس في الأماكن القاحلة والبعيدة عن البحر أكثر عرضة للإصابة.

٢,٤ البقاء على قيد الحياة في المناخات الحارة

إذا انتقلت الطاقة من البيئة المحيطة إلى الجسم البشري بدون بعض الآليات لفقدها أو تشتيتها فإن درجة حرارة الجسم سوف ترتفع وتصل إلى درجة الإجهاد الحراري.وبزيادة درجة الحرارة يمكن أن تؤدي إلى جلطة في المخ والوفاة. ولتفادي ذلك لابد من حدوث التوازن للجسم وهذا يتم عن طريق التعرق في البشر أو اللهث في بعض الحيوانات. وتستخدم الطاقة الذائدة في تبخير الفرق وبالتالي يقوم العرق بتبريد الجسم.لذلك فإن العمل في أجواء حارة جدا، مثل الصحاري، يمكن أن يؤدي إلى خسارة المياه من ١٠-١٢ كجم يوميا.ولذلك فإنه في المناخات الحارة فإن التبريد البخري يصبح الآلية المهيمنة لنقل الطاقة الحرارية والتي تؤدي إلى التنظيم الحراري. الإجهاد الحراري أو ما يسمي بالهيبروسيرما يتم على مراحل، جميع هذه المراحل يصاحبها جفاف:

- تعرق وتوسيع الأوعية الدموية: التأثير الأساسي لعمل العضلات هو زعزعة استقرار توازن الطاقة ونتيجة لذلك تزيد من درجة حرارة الجسم مع توسع الأوعية والتعرق.
- التمزق العضلي : استمرار الجفاف قد يؤثر على عضلات معينة لا سيما في الساقين والبطن. وقد تكون هناك أيضاً بعض الدوخة.
- الإنهاك الحراري : يحدث عند عدم الإمداد بالماء والملح لتعويض ذلك الذي فُقد في عملية العرق. وهذا يؤدي إلى الجفاف والارتفاع المستمر في درجة حرارة الجسم الأساسية.
- السكتة الدماغية الحراريه : هذا خطير جدا ويمكن أن يحدث عندما تزيد درجة حرارة الجسم عن ٤١ فإن النظام الحراري، وبخاصة عملية توسع الأوعية، يبدأ في الانهيار، ونتيجة لذلك لا يستطيع الجسم تبديد الطاقة على نحو فعال وبالتالي تستمر درجة حرارة الجسم في الارتفاع. أثناء هذا الوقت فإن الأوعية الدموية تكون تحت ضغط متزايد ويقل تدفق الدم إلى العضلات ثم يمكن أن يحدث غيبوبة قد تؤدي إلى الوفاة في الحالات القصوي.