

الاحتباس الحراري

محمد خضراوي

أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

mohamed.khadraoui@g.ens-kouba.dz

مقدمة

خلق الله جميع الكائنات ما عُرف منها وما لم يُعرف، وجعل كوكب الأرض صالحًا لحياة البشر والحيوان والنباتات وغيرها حسب ما توصل إليه العلم حتى الآن؛ ذلك لأنه الكوكب الوحيد الذي يحتوي على الماء على سطحه وفي باطنه. لكن، ومنذ قرن ونصف، ارتفعت درجة حرارة جو الأرض مما أدى -كما نحس ونشاهد- إلى تغيرات في المناخ، وبالتالي تغيرات في الطقس. أُطلق على هذه الظاهرة اسم الاحتباس الحراري (الاحترار العالمي) وهو ظاهرة طبيعية. الاحتباس الحراري هو الزيادة السريعة غير المعتادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض خلال القرن الماضي، حيث ارتفع متوسط درجة حرارة سطح الأرض من 0.6°C إلى غاية عام 2000 ثم إلى 1°C في العام 2020. يحدث الاحتباس الحراري عندما يتجمع ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وملوثات الهواء الأخرى في الغلاف الجوي وتمتص أشعة الشمس والإشعاع الشمسي الذي ارتد عن سطح الأرض. عادةً ما يتسرب هذا الإشعاع إلى الفضاء، لكن هذه الملوثات، التي يمكن أن تستمر من سنوات إلى قرون في الغلاف الجوي، تحبس الحرارة وتتسبب في ارتفاع درجة حرارة الكوكب. [5]

تصل درجة حرارة جو الأرض حاليًا إلى حوالي 15°C في المتوسط، غير أنه وبدون ظاهرة الاحتباس الحراري تنزل درجة حرارة جو الأرض إلى حوالي -19°C ، ما يعني صعوبة أو عدم وجود حياة على كوكب الأرض. جاء في كتاب العين للفراهيدي: "احتبست الشيء أي: خصصته لنفسه خاصة" [2]. وعليه فإن الأرض قد احتبست درجة الحرارة الخاصة بها ونتج عن ذلك ما اصطلح على تسميته بالاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي.

1. أسباب الاحتباس الحراري

إنّ الغازات الدفيئة (سُميت هكذا لأنها تساهم في تدفئة جو الأرض) المنبعثة عندما يحرق الناس الوقود الأحفوري، المتمثل في النفط والغاز والفحم، هي أهم سبب في رفع درجة حرارة جو الأرض. نذكر باختصار هذه الغازات فيما يلي:

- 1- ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي ينتج أساسًا عن احتراق الوقود الأحفوري وعن إزالة الغابات. وقد زادت مستويات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 38 % تقريبًا اعتبارًا من عام 2009.
- 2- غاز الميثان (CH_4) الذي ينتج بصفة رئيسة عن هضم المجترات وعن القمامة المنزلية.
- 3- بخار الماء، وينتج عن الغازات الدفيئة القوية بسبب وفرة بخار الماء في الغلاف الجوي. يتسبب بخار الماء في حدوث حوالي ثلثي الاحتباس الحراري.
- 4- أكسيد النيتروز (N_2O) وهو يأتي من استخدام الأسمدة النيتروجينية وتفاعلات كيميائية معينة.
- 5- سادس فلوريد الكبريت (SF_6)، المستخدم في المحولات الكهربائية.

كما أن طبقة الأوزون (هي طبقة سميكة من غاز الأوزون O_3) التي توجد في ثاني طبقات الغلاف الجوي للأرض، أي في طبقة الستراتوسفير، هي طبقة ذات أهمية عالية كونها تقوم بامتصاص أشعة الشمس فوق البنفسجية الضارة وتمنعها من الوصول إلى سطح الأرض. ينجم عن التآكل في طبقة الأوزون وصول أشعة الشمس فوق البنفسجية الضارة إلى سطح الأرض، مما يؤدي إلى ارتفاع آخر في درجات الحرارة ليزيد من الاحتباس الحراري [6].

2. توزيع الطاقة الإشعاعية التي تصدر عن الشمس على سطح الأرض

يوضح الجدول أدناه مقادير الطاقة في كل ثانية لواحدة السطح العمودي (تسمى الإشعاعية) التي يساهم بها كل غاز من الغازات الدفيئة وأيضا ثقب الأوزون والسحب؛ كما نبين النسب المئوية لكل منها [2]:

جدول مقادير الإشعاعية للغازات والسحب والنسب المئوية لكل منها

المادة	مقدار الإشعاعية بوحدة W/m^2	النسبة المئوية %
بخار الماء	75	50
ثاني أكسيد الكربون	32	21
الأوزون	10	7
أكسيد النتروز + غاز الميثان	8	5
السحب	25	17
المجموع	150	100

4. كيف يحدث الاحتباس الحراري؟

تنقسم أشعة الشمس إلى ثلاثة أقسام رئيسة نذكرها باختصار:

- 1- الأشعة فوق البنفسجية بنسبة 13 %، ثلث هذه النسبة فقط يستطيع اختراق الغلاف الجوي وصولاً للأرض، وهي الأشعة ذات الطول الموجي الأطول وتسبب في حروق الجلد. أما الأشعة ذات الطول الموجي القصير، والتي تعد الأكثر ضرراً، فيتم امتصاصها من طبقة الأوزون ومن غاز الأكسجين وبخار الماء في الغلاف الجوي.
- 2- الأشعة التي ترى العين السليمة بها الأشياء المادية (وليس كما يقال الضوء المرئي، لأن الضوء لا يرى وإنما به تُرى الأشياء المادية) بنسبة 37 %، وأهميتها واضحة.
- 3- الأشعة تحت الحمراء، بنسبة 50 %، التي نحس بأثرها من خلال الحرارة. تصل أشعة الشمس إلى الأرض، وتعكس الجبال الثلجية أشعة الشمس أكثر مما تعكسه الغابات والنباتات، أي أن هذه الأخيرة تمتص أشعة أكثر. تعكس الأرض في الإجمال ثلث ما يصل إليها من الأشعة الشمسية وتمتص الثلثين. تتدفق الأرض من خلال امتصاصها لأشعة الشمس وتبرد من خلال إصدارها للأشعة ما تحت الحمراء، وحتى تستقر درجة حرارة الأرض يجب أن يحدث توازن حراري. غير أنه لو انعكست جلّ الأشعة الساقطة على الأرض فإن درجة حرارتها تصل إلى $-19^{\circ}C$ ما يجعل الأرض ربما غير صالحة للحياة.

تعكس طبقة الأوزون الأشعة فوق البنفسجية المضرّة بالإنسان والحيوان، وهي على ارتفاع حوالي 35 كم عن سطح الأرض. تمتص بعض الغازات المكونة للغلاف الجوي (مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء) الأشعة تحت الحمراء، عندئذ ترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي ما يجعله يصدر طاقة أكثر، وبالتالي تعود هذه الأشعة إلى سطح الأرض مما يسبب ارتفاع درجة حرارتها. لهذا تبقى درجة حرارة الأرض في المتوسط عند 15°C ، وهذا ما يجعل الأرض صالحة للحياة. سنبين هذا في الفقرة القادمة.

5. بعض المعطيات

نلخص في الجدول أدناه، كما ذكرنا سابقاً، بعض مقادير الإشعاعية (الطاقة في كل ثانية لوحدة السطح العمودي) الصادرة عن الشمس التي تصل إلى سطح الأرض، وتلك المنعكسة عن الغلاف الجوي، وتلك التي تصدر عن سطح الأرض^[3].

جدول مقادير الإشعاعية الصادرة عن الشمس، المنعكسة عن الغلاف الجوي والصادرة عن سطح الأرض

342 W/m^2	مقدار الإشعاعية الصادرة عن الشمس التي تصل إلى سطح الأرض
235 W/m^2	مقدار الإشعاعية المنعكسة عن الغلاف الجوي
107 W/m^2	مقدار الإشعاعية المنعكسة عن سطح الأرض

نوضح في ما يلي، باختصار، بعض الحسابات المتعلقة بالمقادير السابقة الواردة في الجدول أعلاه:
- باعتبار أن الشمس جسم أسود وبتطبيق قانون ستيفان - بولتزمان فإن الاستطاعة المشعة عن سطح الشمس (باعتبارها كرة) هي:

$$P_s = 4\pi R_s^2 \sigma T^4 = 3,851.10^{26} \text{ W.}$$

حيث نصف قطر الشمس هو $R_s = 696342 \text{ km}$ ،

و ثابت بولتزمان $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-4}$ ،

و درجة حرارة سطح الشمس $T = 5787 \text{ K}$

نجد بعدئذ أن التدفق الطاقى (الإشعاعية) لوحدة السطح ولكرة نصف قطرها البعد بين الشمس والأرض $\varphi_s = \frac{P_s}{4\pi L^2} = 1370 \text{ W/m}^2$ هي $(L = 150.10^6 \text{ km})$ يدعى هذا المقدار بالثابت الشمسي لأنه لا يتغير مع الزمن.
1- إن نصف الكرة الأرضية لا يقابل الشمس، وبسبب انحراف محور دورانها عن الشاقول، فإن ربع $(\frac{1}{4})$ الإشعاعية يصل إلى الأرض بصفة مستمرة ومنه نجد:

مقدار الإشعاعية التي يصل إلى الأرض بصفة مستمرة هو $T = \frac{1370}{4} = 342 \text{ W/m}^2$ كما توضحه الصورة أعلاه.

2- ما تعكسه الأرض والسحب والغلاف الجوي والغطاء النباتي من الإشعاعات يمثل 30% أي حوالي 107 W/m^2 .

3- ما يتم امتصاصه من خلال الغلاف الجوي (يعود إلى الأرض) يمثل حوالي 70%، أي حوالي 235 W/m^2 .

نلاحظ، من خلال الصورة (في الصفحة السابقة)، أنه بدون الغلاف الجوي يصل متوسط درجة حرارة الأرض إلى 19°C . أما بوجود الغلاف الجوي ومن خلال ظاهرة الاحتباس الحراري فإن متوسط درجة حرارة سطح الأرض هو $14,4^{\circ}\text{C}$ ، أو كما ذكرنا سابقاً 15°C .

6. تأثير الاحتباس الحراري على الأرض

جاء في موقع التغيرات المناخ العالمية [11] أن تأثيرات الاحتباس الحراري الأرض ما يلي:
يستخدم العلماء الملاحظات من الأرض والجو والفضاء، لمراقبة ودراسة تغيرات المناخ في الماضي والحاضر والمستقبل (لا أحد يمكنه معرفة ما سيحدث في المستقبل). توفر سجلات بيانات المناخ أدلة على المؤشرات الرئيسية لتغير المناخ نذكر منها:

- ارتفاع درجة حرارة الأرض والمحيطات؛
 - ارتفاع منسوب مياه البحر؛
 - التغيرات الواضحة في الطقس من خلال: الأعاصير، موجات الحر، حرائق الغابات، الجفاف الفيضانات، هطول الأمطار؛
 - زيادة تآكل السواحل؛
 - إذابة القمم الجليدية والأنهار الجليدية.
- لقد لوحظ أن بعض هذه التغيرات قد حدثت وتحدث بالفعل. تبين الصورة أدناه: تغيرات متوسط درجة الحرارة العالمية: متوسط تغيرات مستوى البحر: الغطاء الثلجي في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

7. ماذا يجب أن نفعل؟

نحن نؤمن إيماناً قاطعاً بأن الأرض ومن وما عليها مسخرة لحياة البشر والحيوان والنباتات وكل ما فيها بأمر من الله عز وجل، وهو أعلم متى تتوقف حياة كل ذلك. لكن الأخذ بالأسباب -دون الاعتماد عليها- مدعاة إلى البحث عن النتائج المرغوبة. لذلك وللتقليل من ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض نأخذ بالأسباب التالية:

- يجب خفض انبعاث الغازات الدفيئة المذكورة سابقاً، هذه الغازات الناتجة عن الصناعة والزراعة والإنسان. من أجل ذلك وقعت العديد من الدول في مؤتمرات الأمم المتحدة للتغير المناخي على العديد من الاتفاقيات، خاصة منها مؤتمر باريس 2015 (سنتين جميع مؤتمرات الأمم المتحدة للتغير المناخي في الملحق).
- يجب استخدام التقنيات الصديقة للبيئة مثل خلايا الوقود والألواح الشمسية وطاقة الرياح بدلا من احتراق الوقود الأحفوري.
- إلزام الدول الصناعية بتطبيق الاتفاقيات الخاصة بموضوع الاحتباس الحراري.
- تشجيع الجمعيات والهيئات التي تدعو إلى حماية البيئة من الإشعاعات المضرة والتقليل من انبعاث الغازات الدفيئة بكل الوسائل المتاحة (المظاهرات السلمية، وسائل الاتصال والتواصل، إلخ).
- زراعة وحماية الغابات، مما يساعد على مكافحة الاحتباس الحراري، لأن الأشجار تمتص ثاني أكسيد الكربون من الجو وتحوله إلى أوكسجين، كما أن الأشجار تمتص الماء من الأرض مما يساعد على تشكيل السحب التي تحمي الأرض من أشعة الشمس.

8. الخاتمة

الاحتباس الحراري (الاحترار العالمي) هو ظاهرة طبيعية تنشأ عن الإشعاعات التي مصدرها الشمس والتي تتوزع على ثلاثة أجزاء هي:

- 1- الأشعة فوق البنفسجية بنسبة 13 %، ثلث هذه النسبة فقط يستطيع اختراق الغلاف الجوي وصولاً للأرض، وهي الأشعة ذات الطول الموجي الأطول وتسبب في حروق الجلد. أما الأشعة ذات الطول الموجي القصير والتي تعد الأكثر ضرراً فيتم امتصاصها من طبقة الأوزون ومن غاز الأوكسجين وبخار الماء في الغلاف الجوي.
 - 2- الأشعة التي ترى العين السليمة بها الأشياء المادية (وليس كما يقال الضوء المرئي، لأن الضوء لا يرى وإنما به ترى الأشياء المادية) بنسبة 37 %، وأهميتها واضحة.
 - 3- الأشعة تحت الحمراء بنسبة 50 % التي نحس بأثرها من خلال الحرارة.
- تصل أشعة الشمس إلى الأرض، وتعكس الأرض في الإجمال ثلث ما يصل إليها من الأشعة الشمسية (ما نسميه الإشعاعية، وهو مقدار الطاقة في وحدة الزمن لوحدة السطح العمودي) فيما تمتص ثلثين. تتدفق الأرض من خلال امتصاصها لأشعة الشمس وتبرد من خلال إصدارها للأشعة ما تحت الحمراء، وحتى تستقر درجة حرارة الأرض يجب أن يحدث توازن حراري.
- تسعى جل الدول، ما عدا أمريكا، إلى التخفيف من الانبعاثات التي تزيد في ارتفاع درجة حرارة الأرض، وذلك من خلال الاتفاقيات التي يجب توقيعها والالتزام بتطبيقها.

المراجع

- [1] الخليل بن أحمد الفراهيدي تحقيق عبد الحميد هنداوي، كتاب العين، (2003)، ط1، دار الكتب العلمية، بيروت لبنان، ص 279.
- [2] Dufresne J.-L. : Les mécanismes de l'effet de serre, Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) Institut Pierre Simon Laplace (IPSL).
https://web.lmd.jussieu.fr/~jldufres/Exposes/MNHM/anime_effet_serre_v4.pdf
- [3] J .Silver: Global warming climate change,Mc Grow Hill, 2008.
- [4] <https://www.britannica.com/science/greenhouse-effect>
- [5] <https://climate.nasa.gov/global-warming-vs-climate-change/>
- [6] <https://www.ucsusa.org/resources/ozone-hole-and-global-warming>
- [7] <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

الملحق الخاص بتواريخ وتسمية ومكان انعقاد مؤتمرات الأمم المتحدة عن التغير المناخي [12]

المكان	التاريخ	التسمية والرمز
برلين، ألمانيا	28 مارس إلى 7 أبريل عام 1995	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP1)
جنيف، سويسرا	8 إلى 19 يوليو عام 1996	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP2)
كيوتو، اليابان	الثالث في ديسمبر 1997	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP3)
بوينس آيرس، الأرجنتين	الرابع في نوفمبر 1998	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP4)
بون، ألمانيا	25 أكتوبر و5 نوفمبر عام 1999	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP5)
لاهاي، هولندا	13-25 نوفمبر عام 2000	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP6)
بون، ألمانيا	استؤنفت مفاوضات مؤتمر الأطراف السادس بين 17-27 يوليو 2001	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP6)
مراكش، المغرب	29 أكتوبر إلى 10 نوفمبر 2001	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP7)
نيودلهي، الهند	23 أكتوبر إلى 1 نوفمبر 2002	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP8)
ميلانو، إيطاليا	1 إلى 12 ديسمبر 2003	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP9)
بوينس آيرس، الأرجنتين	6 إلى 17 ديسمبر 2004	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP10)
مونتريال بكندا	28 نوفمبر إلى 9 ديسمبر عام 2005	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP11)
نيروبي، كينيا	6 إلى 17 نوفمبر 2006	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP12)
بالي، اندونيسيا،	3 إلى 17 ديسمبر 2007	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP13)
بوزنان، بولندا	1 إلى 12 ديسمبر 2008	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP14)
كوبنهاجن، الدنمارك	7 إلى 18 ديسمبر 2009	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP15)
كانكون، المكسيك	29 نوفمبر إلى 10 ديسمبر 2010،	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP16)
ديربان، جنوب افريقيا	28 نوفمبر وحتى 9 من ديسمبر، 2011	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP17)
الدوحة، قطر	26 نوفمبر إلى 7 ديسمبر 2012	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP18)
وارسو، بولندا	11 إلى 23 نوفمبر 2013	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP19)
ليما، بيرو	سبتمبر 2014	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP20)
باريس، فرنسا	12 ديسمبر 2015	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP21)
مراكش، المغرب	7 إلى 18 نوفمبر 2016	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP22)
بون، ألمانيا	6 إلى 17 نوفمبر 2017	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP23)
كاتوفيتشي، بولندا	3 إلى 14 ديسمبر 2018	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP24)
مدريد، إسبانيا	11 إلى 22 نوفمبر 2019	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP25)
	2020	تأجيل القمة بسبب جائحة فيروس كورونا
غلاسكو، بريطانيا	9 إلى 19 نوفمبر 2021	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP26)
شم الشيخ، مصر	6 إلى 18 نوفمبر 2022	مؤتمر الأمم المتحدة حول التغير المناخي (COP 27)