الغازات المسببة للاحتباس الحراري

Green house gases

مقدمة :

الغازات الدفيئة هي الغازات التي تمتص طول موجي كبير اطول من 4 مايكروميتر ، هذا الامتصاص يعمل على تسخين الغلاف الجوي والذي يبعث بالطاقة الى كل من سطح الارض والى الفضاء . درجة حرارة الارض هي اعلى من الطبيعية ب 34 درجة مئوية كما اوضحنا سابقا.

سميت بظاهرة البيت الزجاجي لان الزجاج له القابلية على انفاذ الطاقة الشمسية ذات الطول الموجي القصير في الوقت الذي له القابلية على امتصاص الطاقة المنعكسة ذات الطول الموجي الكبير وهذا الاشعاع الممتص يعمل على تسخين داخل الدور الزجاجية الى درجات مرتفعة وكذلك ظاهرة تسخين العجلات الواقفة لفترة طويلة في الشمس.

يغطي الغلاف الجوي الارضي مجموعة من الطبقات وهي كل من التروبوسفير، الستراتوسفير، الميسوسفير وأخيرا الثيرموسفير. تقل درجة الحرارة مع الارتفاع في كل من التروبوسفير والميسوسفير بينما الطبقتين الأخريين يكون بالعكس تماما حيث تزداد درجة حرارة الطبقة مع الارتفاع .

عند منتصف خط العرض يتراوح ارتفاع طبقة التروبوسفير بين 10–12 كم وهو يمثل ارتفاع خط الطيران بينما عند الاقطاب يتراوح الارتفاع ب 5– 6 كم .

في طبقة التروبوسفير تقل درجة الحرارة مابين 10 درجة مئوية لكل كم وكذلك تمتاز طبقة التروبوسفير بجو مضطرب وحركة هواء عمودية قوية مما تعمل على مزج سريع ودائم وهي ظاهرة جيدة من حيث كونها تشتت الملوثات الغازية بسرعة بينما طبقة الستراتوسفير طبقة جافة ومستقرة ولذلك الملوثات يمكن ان تبقى فيها فترة طويلة جدا قبل ان تهبط الى طبقة التروبوسفير.

ان كل من طبقة التروبوسفير والستراتوسفير تشكل حوالي 99.9 % من كتلة الغلاف الجوي ويمتدان كلاهما حوالي 51 كم فوق سطح الارض وهي تمثل 1 % من قطر الارض .

بالرغم من ان الغلاف الجوي يتألف معظمه من النتروجين والاوكسجين، إلا انه يوجد غازات اخرى ودقائق موجودة بتراكيز صغيرة جدا.

سوف يتم التركيز في هذا الفصل على الغازات المسببة للاحتباس الحراري وهي كل من غاز (H_2O, CO_2, N_2O, CH_4, O_3) بالإضافة الى الغازات المصنعة من قبل الانسان الغير الطبيعية من الهالوكاربونات والهالوفلوركاربونات والتي تشمل العديد الاصناف كما يلي:

$$CFCs,\ HCFCCl_3,\ HFCs,\ CCL_4,\ CH_3CCl_3$$

ان اغلب الطاقة ذات الطول الموجي الطويل المنعكسة من الارض سوف تمتص من قبل الغازات الفعالة نسبيا وهي كل من (بخار الماء ، ثاني اوكسيد الكاربون ، الميثان ، اوكسيد النتروز ، الاوكسجين وأخيرا الاوزون) .

يؤدي امتصاص اشعة الطاقة الشمسية طويلة الموجة (تحت الحمراء) من قبل الغازات التي لها طول موجي أطول من 4 ميكرومتر إلى تسخين الغلاف الجوي ، والذي بدوره يبعث الطاقة مرة أخرى إلى الأرض وكذلك إلى خارج الفضاء.

موديل تمثيل التغير الحراري الجوي

تبين البيانات المسجلة لدرجة حرارة الجو لفترات قديمة جدا من ان كوكب الارض قد حافظ على معدل درجة حرارة ضمن مدى محدد ولكن ظهر اخيرا حدوث زيادة بسيطة في معدل درجات الحرارة. هنالك عدة موديلات رياضية يمكن خلالها استنتاج التغير الحراري الحاصل في جو الارض وتتدرج هذه الموديلات من البسيطة جدا كالتي سوف يتم شرحها في هذا الفصل الى موديلات معقدة جدا ثلاثية الابعاد وتستعين بأجهزة الحاسوب لاستنتاج قيمها .

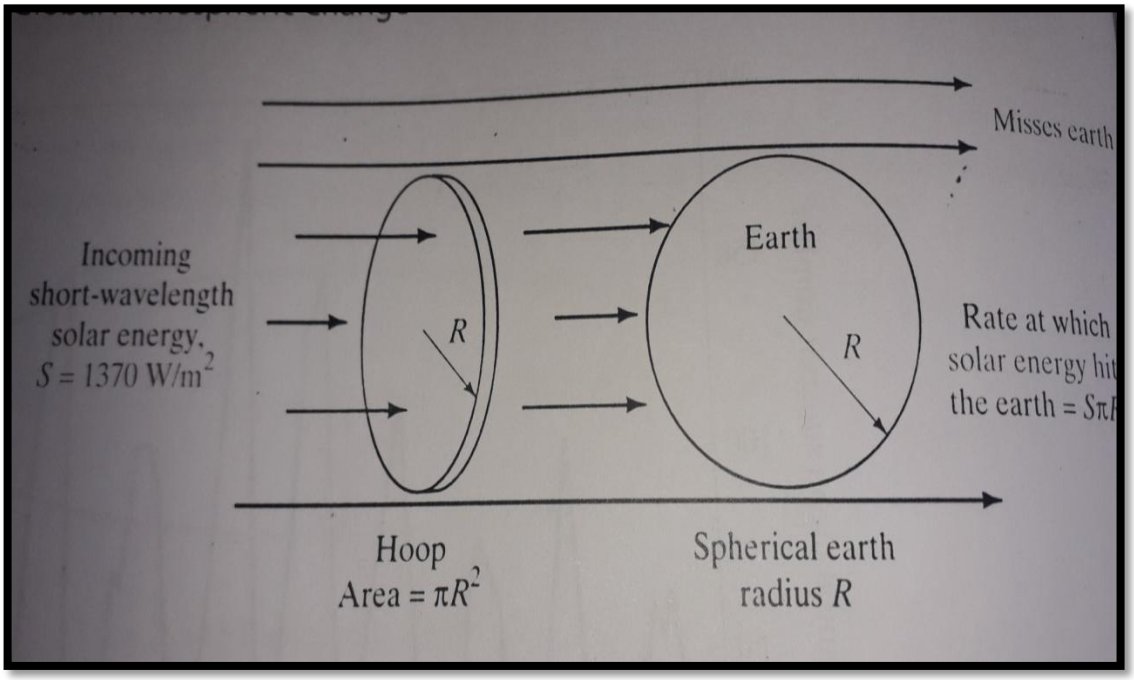
الموديل الرياضي البسيط

يفترض هذا الموديل تغاير وحيد فقط في درجة الحرارة مع ثبوت متغيرات كثيرة منها الترسيب ، العواصف، رطوبة التربة،.... وهكذا يفترض هذا الموديل ايضا ان الطاقة الشمسية التي تمتصها الارض تساوي نسبة ثابتة من الطاقة المنعكسة منها الى الجو. كذلك يفترض هذا الموديل ان الارض كروية وان درجات الحرارة موزعة عليها بشكل متساوي .

لكي نفهم هذا الموديل يجب معرفة مجموعة من المصطلحات الداخلة في وهي كل من :

الثابت الشمسي **Solar constant (S)** : هي الطاقة الاشعاعية الشمسية التي تصل الغلاف الجوي الارضي بمعدل كثافة سنوية تقدر ب 1370 واط /م^2 .

معدل الطاقة الشمسية التي تضرب الارض : إذا فرضنا ان نصف قطر الارض هو R فان معدل الطاقة الشمسية التي سوف تضرب الارض هو $S\pi R^2$.



Albedo : هي مقدار الطاقة المنعكسة من سطح الارض= $S\pi R^2\alpha$ قيمة ثابت الطاقة المنعكسة α =0.31 أو معنى أخر ان الطاقة التي تمتصها الارض =$S\pi R^2(1-\alpha)$. فإذا فرضنا ان الارض هو جسم اسود وان الحرارة متساوية في كل جوانبها Isothermal وإذا اعتبرنا ان الارض كروية فان المساحة السطحية للكرة هي $4\pi R^2$ وان قيمة الطاقة المنعكسة من سطح الجسم الكروي الاسود

$$E=\sigma\ ATe^4$$

حيث ان E معدل انبعاث الطاقة من الجسم الاسود (واط)

σ : تمثل ثابت يدعى ثابت ستيفان بولتزمان = $5.57*10^{-8}$ (واط /م^2 . كلفن^4)

T : درجة الحرارة المطلقة (كلفن)

A : المساحة السطحية للجسم (م^2)=$4\pi R^2$

$$E=\sigma\ 4\pi R2Te^4$$

اذا اعتبرنا ان الطاقة الممتصة تعادل الطاقة المنعكسة فسوف نحصل على ما يلي :

$$S\pi R^2(1-\alpha)=\sigma 4\pi R^2\ Te^4$$

$$Te=[S(1-\sigma)/4\ \sigma]^{1/4}$$

$$Te=[1370(1-0.31)/4*5.67*10-8]^{1/4}$$

$$Te=254\ K=-19\ ℃$$

فاذا علمنا ان معدل درجة حرارة الارض الحقيقية هي 15 درجة مئوية وسبب الاختلاف في درجة حرارة الارض الحقيقية 15 عن المحسوبة من الموديل الرياضي 19- هو وجود الغازات الدفيئة لان الموديل الرياضي لم ياخذ بنظر الاعتبار التفاعل او التبادل الحراري الذي يحدث في الغلاف الجوي .

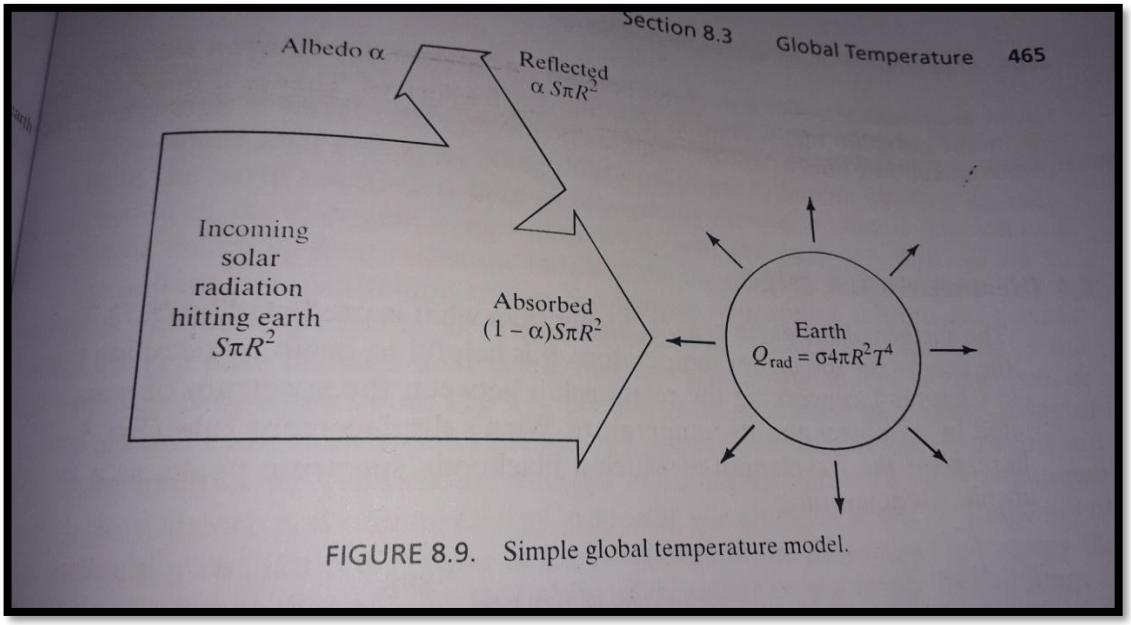


FIGURE 8.9. Simple global temperature model.

تمثيل كمي للطاقة الداخلة والممتصة والمنعكسة لكل متر مربع من سطح الارض :

1- تمثيل كمي للطاقة الداخلة الى الارض

$$\frac{Incoming\ Solar\ radiation}{Surface\ area\ of\ earth} = \frac{S\pi R2}{4\pi R2} = 1370/4 = 342\ W/m^2$$

2- تمثيل كمي للطاقة المنعسة :

$$\frac{Solar\ enrgy\ reflected}{Surface\ area\ of\ earth} = \frac{S\pi R2\alpha}{4\pi R2} = (1370/4)*0.31 = 107\ W/m^2$$

3- تمثيل كمي للطاقة الممتصة

$$\frac{Solar\ radiation\ absorbed}{Surface\ area\ of\ earth} = \frac{S\pi R2(1-\alpha)}{4\pi R2}\ 342(1-0.31) = 235\ W/m^2$$

قانون واينز : Wien's displacement role :

ينص هذا القانون على ان اعظم طول موجي يمكن ايجاده من معرفة درجة حرارة الجسم :

γ max(μm)=2898/T(kelven)

ويمكن الاستدلال من القانون اعلاه على ان الارض عند 288 كلفن سوف يكون لها أعظم طول موجي 10.1 مايكروميتر.

مثال : اذا افترضنا ان الارض جسم اسود معدل درة حرارته 15 درجة مئوية وان المساحة السطحية للأرض $5.1*10^{14}$ م^2 ، اوجد الطاقة المشعة من قبل الارض وأعظم طول موجي لطاقة المشعة ثم اعمل مقارنة مع الطول الموجي المنبعث من طاقة الشمس البالغة 5800 كلفن؟

Solution

T= 15+273=288 kelven

E=σ AT^4 , **E** $=(5.67*10)^{-8}*(5.1*10)^{14}*(288)^4 = 8.2*10^9$ Watt

γmax(μm)=2898/T(Kelvin)

For the earth ; γ max =2898/288 = 10 μm

For the sun ; γ max =2898/5800 = 0.49 μm

التأثير الإشعاعي لتغير المناخ Radiative forcing of climate change (ΔF)

من اهم العلوم التي يقوم بها المختصون بعلم المناخ هو دراسة الطاقة الاضافية المسببة للتغير المناخي بسبب وجود الغازات الدفيئة وهي كل من : التغير في الضباب الدخاني Δ aerosol ، التغير في الطاقة المنعكسة Δ Albedo ، التغير في قيمة الثابت الشمسيΔS.

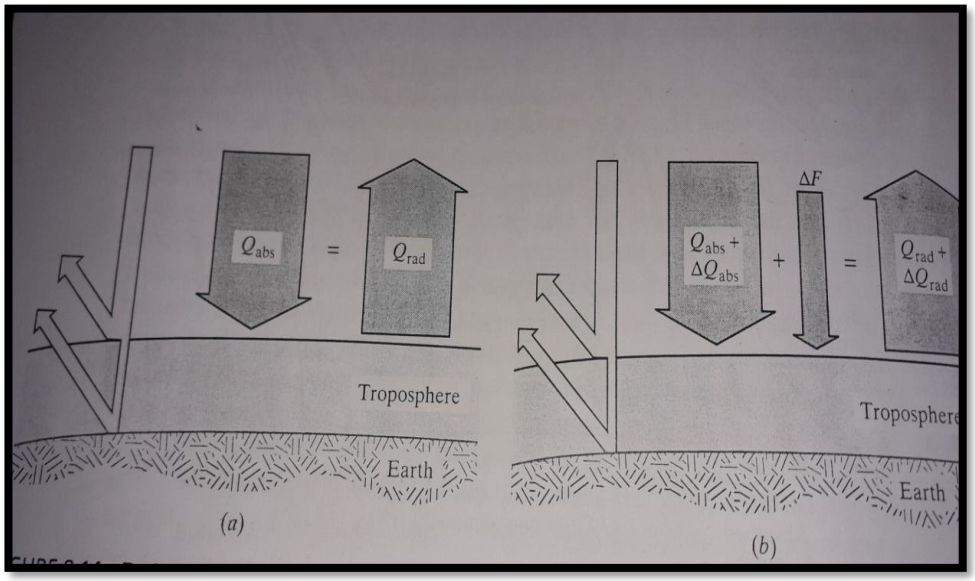
ان الطاقة الاشعاعية الممتصة من قبل الارض والغلاف الجوي لها هو 235 واط/م^2 وهي توازن الطاقة الاشعاعي المنعكسة ذات الطول الموجي الطويل ، وإذا فرضنا لبعض الاسباب ان زيادة من الطاقة قد اضيفت الى الطاقة

الداخلة وتبعا لذلك فان النظام المناخي سوف يتغير اما بالزيادة او بالنقصان لدرجة حرارة سطح الارض لغاية رجوع التوازن مرة اخرى .

يمكن تمثيل الكلام المنطقي الى شكل رياضي بتمثيل التوازن بين الطاقة الداخلة الممتصة والطاقة المنعكسة وكما يلي :. Qsbs = Qrad ، وعندما يتشوش النظام بالطاقة المضافة فان التوازن الجديد سوف يكون :

حيث ان : $Q_{abs} + \Delta Q_{abs} + \Delta F = Q_{rad} + \Delta Q_{rad}$,

$$\Delta F = \Delta Q_{rad} - \Delta Q_{abs}$$



دالة حساسية المناخ ∂ Climate Sensitivity Parameter

يطلق مصطلح ثابت حساسية المناخ على كمية التغير في درجة الحرارة السطحية للأرض عند وجود زيادة او نقصان في الطاقة الداخلة ويمكن تمثيلها رياضيا كما يلي:

$\Delta Ts = \partial \Delta F$, $\partial = \Delta Ts / \Delta F$

$\partial = \Delta Ts / (\Delta Qrad - \Delta qabs)$

$$\boldsymbol{\partial} = \left[\frac{\boldsymbol{\Delta Qrad}}{\boldsymbol{\Delta TS}} - \frac{\boldsymbol{\Delta Qabs}}{\boldsymbol{\Delta Ts}} \right]^{-1}$$

يمكن حساب قيمة التغير في الطاقة الممتصة مع الزمن اما التغير في قيمة الطاقة المنعكسة يمكن حسابها من تسجيل بيانات الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من اعلى الغلاف الجوي IR المحصلة من المراصد وبين درجات حرارة الارض السطحية او من استخدام الطريقة الرياضية من معرفة درجة حرارة سطح الارض وكما يلي :

$Q_{rad}(W/m^2) = 1.83 T_s(^0C) + 209$; So, $\frac{\Delta Qrad}{\Delta TS} = 1.83$

If there is no change in Q absorbent $\left(\frac{\boldsymbol{\Delta Qabs}}{\boldsymbol{\Delta Ts}}\right) = 0$

$\partial = [\, 1.83 - 0 \,]^{-1}$, $\partial = 0.55\ ^0C/W/m^2$

تقدير درجة حرارة الارض السطحية المستقبلية من معرفة ΔF

يمكن الاستفادة من حساب قيمة دالة حساسية المناخ في حساب مقدار التغير الحاصل في درجة حرارة الارض في حالة وجود تغير في قيمة الفرق في الطاقة الداخلة والمنعكس في حالة وجود تغير في تركيز غاز دفئ معين كما في المثال التالي :

مثال : اذا كان مضاعفة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الجو يتسبب في طاقة حرارية مقداره 4.35 واط/م^2 ، فإذا كانت الطاقة الممتصة من الارض لا تتغير. ما هو التغير الحاصل في درجات حرارة الأرض السطحية المطلوبة لكي يحصل توازن بين الطاقة الاشعاعية القادمة والمنعكسة ؟

Solution

$Q_{rad}(W/m^2)=1.83T_s(^0C)+209$; $\Delta Qrad/\Delta Ts=1.83$

بما ان الطاقة المنعكسة لا تتغير فان $\Delta Qabs/\Delta Ts=0$

$$\partial = \left[\frac{\Delta Qrad}{\Delta Ts} - \frac{\Delta Qabs}{\Delta Ts} \right]^{-1}$$

$$\partial = [\ 1.83 - 0\ ]^{-1} = 0.55\ {}^0C/W/m^2$$

$\Delta Ts=\partial\ \Delta F$; $\Delta Ts=0.55*4.35=2.4\ {}^0C$

تأثير تغير تراكيز الغازات الدفيئة على التغير في الطاقة المضافة (ΔF)

إن التغيير في الطاقة ΔF عند اختلاف في تراكيز الغازات المنبعثة يختلف من غاز الى اخر وكما في المعادلات التالية :

ΔF = K1(C-Co) **for CFC gas**

ΔF = K2 ($\sqrt{C} - \sqrt{Co}$) **for CH4 gas**

ΔF = K3 (ln C− ln Co) **for CO_2 gas**

ويطلق كل من K1,K2,K3 بدالة التاثير. مع ملاحظة ان قيم التراكيز في المعادلات اعلاه يجب ان تكون بوحدة ppb

مثال : تم الحصول على البيانات التالية لتركيز كل من غاز الميثان و ثاني اوكسيد الكاربون والهالوكاربون الحالية وقبل 100 عام سابقة ، وان قيمة التأثير المتسبب من زيادة تركيزها ΔF قد تم تسجيله ايضا ، ما هو قيمة دالة التأثير لكل منهم (K1,K2,K3) ؟

	Co (1850) ppb	C (1992)ppb	ΔF	K
CO2	278,000	356,000	1.56	K1
CH4	700	1714	0.47	K2
CFC−11	0	0.268	0.06	K3

Solution

$\Delta F = K1(C-Co)$ for CFC gas

$0.06 = K1(0.268-0)$ for CFC gas , $K1=0.22\ W/m^2$

$\Delta F = K2(\sqrt{C} - \sqrt{Co})$ for CH4 gas

$0.47 = K2(\sqrt{1714} - \sqrt{700})$ for CH_4 gas , $K2=0.031\ W/m^2$

$\Delta F = K3(\ln C - \ln Co)$ for CO_2 gas

$1.56 = K3(\ln 356 - \ln 278)$ for CO_2 gas , $K3= 6.3\ W/m^2$

And therefore; ΔF for CO_2 can be written as the following equation:

$$\Delta F\ CO_2 = 6.3 \ln \left[\frac{(CO2)}{(CO2)o}\right]$$

التنبؤ بمعدل التغير الحاصل في درجات حرارة الجو من وجود تأثير غازين معا

مثال : افترض ان الغازات المنبعثة من غاز ثاني اوكسيد الكاربون ومن غاز الميثان الحالية والمتوقعة في المستقبل من معرفة حال تشعبها مسجلة في الجدول التالي ، ما هو التغير الحاصل في درجة الحرارة المتوقعة المتسبب من وجود هذين الغازين ؟ اذا علمت ان دالة حساسية المناخ 0.57 ؟؟

Gas	1992 (ppb)	2100 (ppb)	Forcing fuction
CO_2	356,000	710,000	K3 = 6.3
CH_4	1714	3616	K2 = 0.031

Solution :

Given : $\partial = 0.57$, Find ΔTs=?

$\Delta F\ CO_2 = 6.3 \ln \left[\frac{(CO2)}{(CO2)0}\right]$, $\Delta F\ CO_2 = 6.3 \ln \left[\frac{(710,000}{356,000}\right] = 4.35\ W/m^2$

$\Delta F\ CH_4 = 0.031[\sqrt{3616} - \sqrt{1714} = 0.58\ W/m^2$

ΔF combined $= 4.35+0.58 = 4.93\ W/m^2$

$\Delta Ts = \partial\ \Delta F$

$\Delta Ts = 0.57 * 4.93 = 2.8\ ^0C$

تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون المكافئ Equivalent CO_2 concentration

غالبا يتم التعبير عن مجموع الطاقة المضافة ΔFcombined من خلال التعبير عن تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون المكافئ CO_2 equivalent وغالبا يتم التعبير عن تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون المكافئ بالمضاعف نسبة الى التركيز ما قبل الثورة الصناعية والتي كان تركيزه فيها 278 ppm .

$$\Delta F \text{ (combined)} = 6.3 \ln \left[\frac{(CO2)equ.}{(CO2)o}\right] ,$$

$$(\Delta F /6.3) = \ln \left[\frac{(CO2)equ.}{(CO2)o}\right]$$

$$\frac{(CO2equ.)}{278} = \text{Exp. } (\Delta F/6.3) ,$$

$$\mathbf{(CO_2)equ. = 278\ [\Delta F(combined)/6.3]}$$

قانون اخر لحساب دالة حساسية المناخ بدلالة مضاعفة غاز CO_2

هنالك طريقة اخرى لحساب دالة حساسية المناخ بدلالة مضاعفة غاز CO_2 **(ΔT2x)**. ينص القانون التالي على ان الزيادة في درجة حرارة الارض السطحية والناتجة من مضاعفة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الجو يطلق عليها حساسية المناخ ΔT_{2X} وكما يلي :

$$\mathbf{\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{ln2} ln\left[\frac{(CO2)}{(CO2)0}\right]}$$

ΔTS = معدل التوازن الكلي للتغير في درجة حرارة الارض السطحية

ΔT2x = دالة حساسية المناخ بدلالة مضاعفة غاز CO_2

$(CO_2)_0$ = التركيز الاولي لغاز ثاني اوكسيد الكاربون

(CO_2) = تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون في وقت لاحق

نلاحظ انه اذا تم مضاعفة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون عن التركيز الاولي فان التغير في درجة حرارة الارض السطحية سوف يتضاعف وكما يلي :

$$\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{ln2} ln\left[\frac{2(CO2)o}{(CO2)0}\right] = \Delta TS = \frac{\Delta T2x}{ln2} ln2 = \Delta T2x$$

واذا كانت الزيادة اربعة اضعاف سوف يكون التغير في درجة حرارة الارض السطحية مضاعف وكما يلي :

$$\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{ln2} ln\left[\frac{4(CO2)o}{(CO2)0}\right] , \quad \Delta TS = \frac{\Delta T2x}{ln2} ln4 = 2\ \Delta T2x$$

Note : ln4= 2ln2

العلاقة بين القانونين لدالة حساسية المناخ ($\Delta T2x$ & ∂)

$\Delta Ts = \partial \Delta F$

$\Delta F_{CO2} = 6.3 \ln[\frac{(CO2)}{(CO2)_0}]$

$\Delta Ts = \partial\ 6.3 \ln[\frac{(CO2)}{(CO2)_0}]$----(1)

$\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{\ln 2}\ln[\frac{(CO2)}{(CO2)_0}]$ --------(2)

$\partial\ 6.3 \ln[\frac{(CO2)}{(CO2)_0}] = \frac{\Delta T2x}{\ln 2}\ln[\frac{(CO2)}{(CO2)_0}]$

$6.3 * \partial = \frac{\Delta T2x}{\ln 2}$

$\Delta T2x = 6.3 * \partial * \ln 2$

Ex: If $\partial = 0.57$, Calculate $\Delta T2x$?

Solution : $\Delta T2x = 6.3 * 0.57 * \ln 2 = 2.5\ ^0C$

نسبة تولد الكاربون في الجو Carbon Airborne Fraction

هو نسبة بين كمية الكاربون المتبقي في الجو الى كميتة المنبعثة سنويا وي تختلف قيمته من بلد الى اخر وتتراوح قيمته غالبا بين 0.4–0.5 والجدول التالي يبين معدل البيانات المسجلة في مدينة امريكية لفترة تسع سنوات وكيفية حساب نسبة تولد الكاربون :

فيما يلي جدول يبين معدلات السحب والتولد للكاربون لمدينة

مصادر غاز ثاني اوكسيد الكاربون	
الانبعاث من حرق الوقود الاحفوري ومن انتاج السمنت	5.5 كيكا طن كاربون/سنة
الانبعاث الناتج من استخدامات الارض	1.6 كيكا طن كاربون/سنة
مجموع الانبعاث	**7.1** كيكا طن كاربون/سنة
مستودعات سحب الكاربون	
السحب من المحيطات	2 كيكا طن كاربون/سنة
السحب الناتج من اعادة نمو الغابات في نصف الكرة الارضية الشمالي	0.5 كيكا طن كاربون/سنة
النازل من غاز ثاني اوكسيد الكاربون	1.3 كيكا طن كاربون/سنة
مجموع السحب	**3.3** كيكا طن كاربون/سنة

$$\text{Airborne fraction} = \frac{3.3\frac{GTC}{yr} remainhng\ in\ atmosphere}{7.1\frac{GtC}{yr} anthropogenic\ addition} = 0.46$$

ملاحظة : نسبة الغاز المحمول ليست ثابتة فعلى سبيل المثال اذا تدهورت مساحات واسعة من الغابات فان قابلية الغلاف الجوي لامتصاص الكاربون سوف تقل وبالتالي سوف تزيد هذه النسبة والعكس بالعكس فان زيادة الاراضي الخضراء سوف تزيد من ازالة الكاربون الجوي وبالتالي فان النسبة سوف تقل .

- نسبة بقاء الكاربون في الجو تعتبر مهمة في التنبؤ بمستقبل غاز ثاني اوكسيد الكاربون
- ملاحظة مهمة في التحويل : 1 ppm CO_2=2.12 GtC

مثال : افترض ان انبعاث الكاربون سوف يبقى ثابتا لمدة 100 عام بمعدل 7.1 كيكا طن في السنة ، ما هو التغير في درجة حرارة المتوقعة اذا كانت حساسية المناخ بدلالة مضاعفة غاز CO_2 ($\Delta T2x$) هي 2.5 درجة مئوية ونسبة الكاربون المحمول جوا 0.46 وان التركيز الحالي لغاز ثاني اوكسيد الكاربون هو 350 ppm ؟

Solution

7.1 GtC/yr*100 yr *0.46 = 327 GtC

Since ; 1 ppm CO_2=2.12 GtC

$\Delta(CO2)=\frac{327GTC}{2.12\ ppm/GtC}$ =154 ppm CO_2

The concentration of CO_2 after 100 yr = initial CO2 + ΔCO_2

= 350+154 =504 ppm

$\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{\ln 2}\ln[\frac{(CO2)}{(CO2)0}]$, $\Delta TS = \frac{2.5}{\ln 2}\ln[\frac{(504)}{(350)}]$, $\Delta TS = 1.3\ ^0C$

جهد التسخين الجوي Global warming potential GWP

هو ثابت وزني يمكن من خلاله من المقارنة بين تأثير التسخين الجوي ل 1 كغم من اي غاز من الغازات الدفيئة وبين 1 كغم من غاز ثاني اوكسيد الكاربون وهو بدون وحدات ويمثل الافق الزمني للتأثير الذي سوف يقع ، فعلى سبيل المثال ان جهد التسخين الجوي لمدة 20 سنة لغاز اوكسيد النتروز هو 280 : وهذا يعني ان 1 كغم من هذا الغاز الموجود حاليا سوف يؤثر 280 مرة بالتسخين الجوي لأكثر من 20 سنة قادمة من التأثير الذي يؤثره 1 كغم من غاز ثاني اوكسيد الكاربون المنبعث حاليا . او بمعنى اخر فان 1 كغم من هذا الغاز المنبعث يوميا له نفس التأثير في انبعاث 280 كغم يومي من غاز ثاني اوكسيد الكاربون لأكثر من 20 سنة ، عند ضرب قيمة هذا المؤشر لأي غاز دافئ بمعدل الانبعاث السنوي يمكن الحصول على قياس حقيقي لتأثير اي غاز فعلى سبيل المثال ان معمل معين ينتج كغم واحد غاز اوكسيد النتروز و 1000 كغم من غاز ثاني اوكسيد الكاربون فان التأثير لمدة عشرين سنة من كلا الغازين سوف يكون 1000+280*1 =1280 كغم من غاز ثاني اوكسيد الكاربون وبذلك ان غاز اوكسيد النتروز سوف يشكل 22% من التأثير الكلي وذلك لان (280/1280) = 0.22

Gas	Lifetime years	Forcing per unit mass	GWP 20	GWP 100	GWP 500
CO_2		1	1	1	1
CH_4	120	58	56	21	6.5
N_2O	50	206	280	310	170
$CFCl_3$	102	3970	5000	4000	1400

مثال حول استخدام جهد التسخين الجوي في ترتيب الغازات المسببة للاحتباس الحراري :

في عام 1992 كان معدل انبعاث غاز CO_2 تقريبا $24{,}000*10^9$ كغم في السنة ومعدل انبعاث غاز CH_4 تقريبا $375*10^9$ كغم في السنة و معدل انبعاث غاز N_2O تقريبا $9*10^9$ كغم في السنة . قارن بين تأثير هذه الغازات لفترة تأثير تزيد عن 20 سنة ، علما ان GWP للغازات CO2, CH4, N2O هي (1,56,280)على التوالي ؟

Solution :

CO_2: $GWP_{20}*emission=1*24{,}000*10^9= 2.4*10^{13}$ kg CO_2

CH_4: $GWP_{20}*emission=56*375*10^9 = 2.1*10^{13}$ kg as CO_2

N_2O: $GWP_{20}*emission=280*9*10^9 = 0.25*10^{13}$ kg as CO_2

ملاحظة : من ملاحظة الجدول اعلاه يتبين ان تأثير التسخين لأكثر من 20 سنة من انبعاثات غاز الميثان هي كبيرة وتقارب من تأثير غاز ثاني اوكسيد الكاربون.

نبذة مختصرة عن الغازات الدفيئة

اولا : اوكسيد النتروز N_2O

يدعى بغاز الضحك ويزيد تركيزه في الجو 0.2 % لكل سنة نتيجة الفعاليات الانسانية وتركيزه الحالي في الجو 312 PPb ينتج من عملية النترجة وكما يلي :

NH_4------N_2---------N_2O---------NO_2----------NO_3

معظم مصادر اوكسيد النتروز من المحيطات ومن ترب الغابات الرطبة كذلك من العجلات (من المحفز الثلاثي) ومن عجلات الديزل وكذلك من معامل النايلون . تكمن مشكلة اوكسيد النتروز انه بطئ التحلل ولا ينزل مثل غاز ثاني اوكسيد الكاربون ويقدر عمره النصفي حوالي 120 سنة وبالتالي فانه سوف يتراكم ، ويمكن ان يتحلل فقط في طبقة الستراتوسفير بعملية التحلل الضوئي .

ثانيا :الهالوكاربونات CFCs

لا تتواجد بشكل طبيعي ووجودها في الغلاف الجوي يرجع بالكامل إلى الأنشطة البشرية . الهالوكربونات عبارة عن جزيئات كاربونية تحتوي على الهلوجينات والمتمثلة بالكلور أو الفلور أو البروم ، وتتذبذب روابط الكاربون إلى

الفلور في الهالوكربونات ، ولذلك فهي تمتصها بأطوال موجية تبلغ حوالي 9 مايكرومتر. تعتبر الهالوكاربونات مهمة بيئيًا ليس فقط لأنها تساهم في الاحتباس الحراري ولكن أيضًا لأن ذرات الكلور والبروم التي تجد طريقها إلى الستراتوسفير لديها القدرة على تدمير الأوزون بشكل تحفيزي او تعتبر كمادة مساعدة في عملية التحلل . ان الهالو كاربونات بالرغم من ان لها تاثير سلبي على الاحتباس الحراري كونها تعتبر من الغازات الدفيئة ولكن لها تاثير ايجابي من حيث تقليل غاز الاوزون والذي هو ايضا من الغازات الدفيئة وبذلك يمكن القول بان تاثيرها على الاحتباس الحراري قليل ويبقى تاثيرها الاعظم على استنزاف طبقة الاوزون

اغلب استعمال الهالوكاربونات في الثلاجات لكونها غير سامة غير مسببة للاحتراق بالإضافة الى كونها تصبح سائلة بضغط بسيط وعندما يرفع الضغط عنها فإنها تتبخر وينتج عنها درجات حرارية واطئة مما اعطاها ميزة استخدامها في الثلاجات والمكيفات . الغاز الهايدروكاربوني CFC−12 يطلق عليه Refrigerant−12 والذي يرمز له ايضا R−12 ويطلق عليه كرمز تجاري غاز الفريون ويطلق عليه ايضا F−12 ، يستعمل غاز الفريون ايضا في المكيفات ومكيفات العجلات وانتهى استخدام غاز الفريون عام 1996 م لما له دور سلبي في تدمير طبقة الاوزون وأصبح بديله غاز HFC−134a والذي لا يحوي على ذرات الكلور ويعتبر ضرره البيئي اقل لأنه يمكن ان يتحلل في طبقة التروبوسفير قبل وصوله الى طبقة السيتراتوسفير ويؤثر على طبقة الاوزون .

تستخدم الهالوكاربونات من نوع CFC−11 في انتاج الرغوة البلاستيكية والتي تدعى فيوم والتي تستخدم في المنشات وصناعة الاثاث ومقاعد العجلات كثيرا حيث ان هذا الغاز عندما يتم تمييعه ويسمح له بالتبخر في داخل البلاستك سوف ينتج فقاعات صغيرة جدا مما تجعل البلاستك رغوي وقد تم استبدال هذه الرغوة بمنتجات اخرى في بعض المنشات اكثر حماية للبيئة مثل استخدام الفايبر كلاس بدل الرغوة الصلدة السابقة .

أنواع الهالوكربونات:

1. **CFCs (كاربون ، فلور ، كلور)**

لا يوجد هيدروجين ؛ غير سامة ، غير قابلة للاشتعال ، غير متفاعلة ، غير قابلة للذوبان في الماء لذلك لا يتم تدميرها بالتفاعلات الكيميائية أو إزالتها من التروبوسفير بواسطة المطر ، وهذا يعني أن لها عمرًا طويلاً في الغلاف الجوي. الآلية الوحيدة هي التحلل الضوئي عن طريق الإشعاع الشمسي ذات الموجات القصيرة والذي يحدث بعد انجراف الجزيئات إلى طبقة الستراتوسفير ، والتي يمكن أن تؤدي إلى تدمير ألاوزون المتواجد في طبقة الستراتوسفير.

2. **HCFCs (هيدروجين، كاربون ، فلور، كلور)**

التفاعلات الكيميائية يمكن أن تدمرها في طبقة التروبوسفير قبل أن تتاح لها فرصة الانتقال إلى طبقة الستراتوسفيرولذلك تعتبر احسن من استعمال الهالوكاربونات الخالية من الهيدروجين.

3. **HFCs (هيدروجين، كاربون، فلور)**

لا يوجد الكلور ؛ يستخدمون في معدات التبريد ولديها عمر نصفي طويل يصل الى 14.6 سنة

4. **رابع كلوريد الكربون CCl_4**
5. **ميثيل كلوروفورم CH_3CCl_4**

6. بروميد الميثيل CH_3Br

تحديد الصيغة الكيميائية للهالوكاربونات والهالونات :

يمكن التعرف على الصيغة الكيميائية للهالوكاربونات وذلك بإضافة الرقم 90 الى الرقم الموجود في الهالوكاربونات والناتج يكون عدد ذرات الكاربون في اليسار والرقم الوسطي يمثل عدد ذرات الهيدروجين بينما الذي في اليمين يمثل عدد ذرات الفلوين وكما في المثال التالي :

مثال : اكتب الصيغة الكيميائية CFC-12

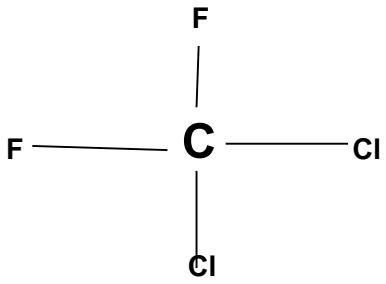
Solution

90+12= 102

1= No. of carbon atoms

0= No. of hydrogen atoms

2= No. of fluorine atoms



The result : CF_2Cl_2

مثال 2: اكتب الصيغة الكيميائية للغاز CFC-115

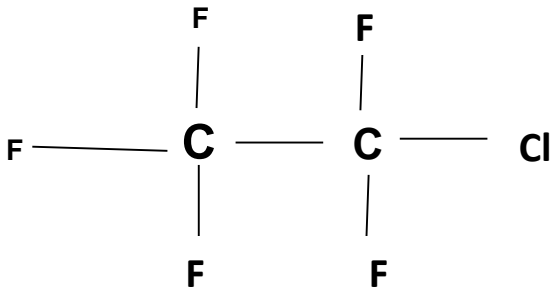
Solution

90+115= 205

2= No. of carbon atoms

0= No. of hydrogen atoms

5= No. of fluorine atoms



Result : CF3-CF2-Cl , CF3CF2CL

ترقيم الهالونات :

هي الهيدروكاربونات والتي تحوي على بروم في تكوينها ، ترقيم الهالونات يبدأ من اليسار وحسب الترتيب التالي : بروم --- كلور ----- فلور ---- كاربون

مثال : اكتب الصيغة الكيميائية للهالوجين **H-1211**

Solution ;

رقم واحد من اليسار تمثل الكاربون ، رقم 2 من اليسار تمثل الفلور، رقم 1 من اليسار يمثل الكلور ، رقم 4 والأخير يمثل البروم .

النتيجة : CF_2ClBr

تأثير الهباء الجوي على بالتغير المناخي Effect of Aerosols with climate changes

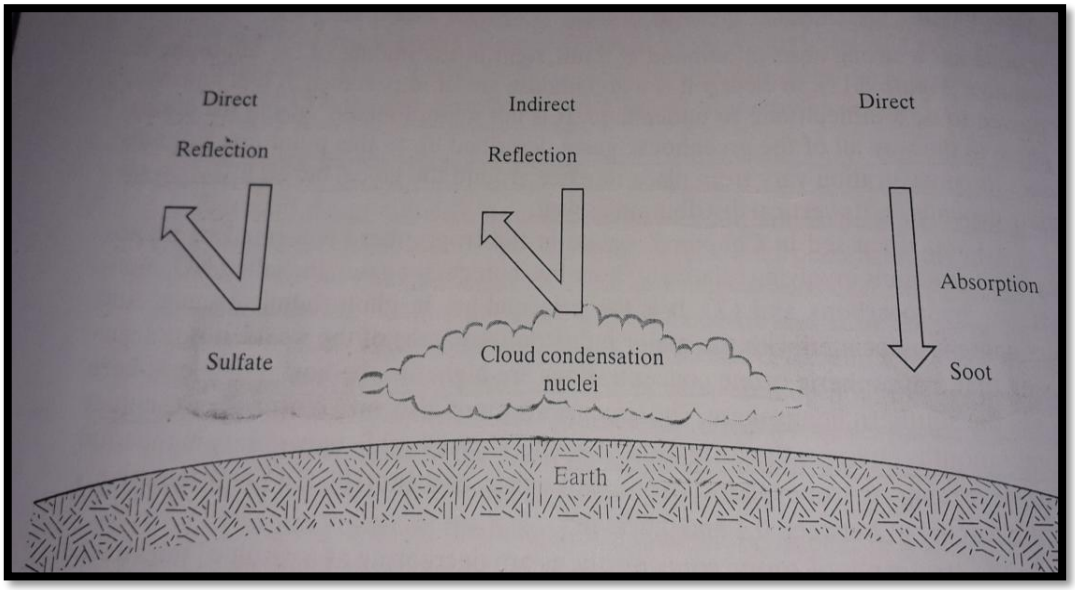
الدقائق العالقة والتي لها قطر اقل من 10 مايكروميتر تدعى الهباء ومصدرها من الارض مثل الغبار المثار من الرمال او من السخام الناتج من حرق الوقود الاحفوري والكتلة الحيوية أو قد يكون مصدرها من عمليات تحدث في الجو لغازات معينة مثل تحول وتكثف غاز ثاني اوكسيد الكبريت الى قطرات سائلة على شكل كبريتات . بينت بعض الدراسات ان وجود الدخان الكثيف في المناطق الصناعية يكون عامل تبريد للمناخ اكثر منه عامل تسخين .

يمكن تلخيص تأثير الهباء الجوي في توازن حرارة الجو بثلاثة طرق وكما يلي :

1- ان وجود السخام soot يعمل على امتصاص الطاقة الاشعاعية الساقطة على الارض ولا يعمل على انعكاسها وبذلك سوف يزيد من حرارة المناخ الموقعية .

2- ان وجود دقائق الكبريتات المتكثفة تعمل على انعكاس الطاقة الساقطة ولا تسمح بمرورها الى الارض وبذلك سوف يكون لها تأثير في تبريد الجو الموقعي .

3- وجود دقائق بخار الماء له تأثير غير مباشر حيث ايضا حيث تعمل على تشكيل الغيوم مما تؤدي الى انعكاس في الاشعة الساقطة وتبريد في الجو الموقعي.



تختلف خصائص الهباء الجوي عن خصائص الغازات الدفيئة المسببة لاحتباس الحراري وذلك بسبب :

1- ان الدخان تكون فترة بقاءه قليلة وتعد بالأيام بينما الغازات الدفيئة تستمر لعدة اعوام او عدة عصور .

2- ان الهباء يكون تأثيره موقعي ويتركز فوق المناطق الصناعية غالبا ، بينما يكون تاثير الغازات الدفيئة شامل وأكثر تجانسا في المناخ .

علامات حدوث الاحتباس الحراري

1. نقص في مساحات القطب الشمالي بنسبة 10% وتقليل انهار الجليد .
2. ارتفاع مستوى سطح ماء البحار مما يؤدي الى غمر المدن و المساحات الساحلية .
3. تزايد ظاهرة التغيرات المناخية العنيفة وتغيرات في نمط سقوط المطر.
4. الارتفاع العام في معدل درجة حرارة الارض والزيادة في تكرار حالات الجفاف عبر السنين .
5. انخفاض في قيمة الدالة الحامضية للمحيطات نتيجة زيادة في ذوبان غاز CO_2 وبالتالي قلة في كمية الكائنات الحية المعتمدة على قيمة دالة حامضية بسيطة وانقراضها وبالتالي تأثر السلسة الغذائية.
6. التغير الحاصل في مسارات الهجرة لبعض الطيور والأسماك البحرية .

الاجراءات الواجبة للتقليل من آثار الاحتباس الحراري

1. العمل على التقليل من انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكاربون وذلك بمحاولة التوجه الى الطاقة النظيفة من استعمال الطاقة الشمسية والهوائية والحرارة الارضية.

2. التكيف مع التغير الذي ممكن ان يحصل ويحصل ذلك عن طريق تصميم المدن الجديدة بحيث تكون بعيدة نوعا ما عن السواحل وبناء السدود الحامية من الفيضانات .
3. الحد من ازالة الغابات واستزراع غابات جديدة لها قابلية علية على امتصاص كمية كبيرة من هذا الغاز.
4. محاولة استغلال غاز الميثان المسبب للاحتباس الحراري الخارج من المطامر الصحية والاستفادة منه في انتاج طاقة مفيدة .
5. تقليل انبعاثات غاز اوكسيد النتروز الخارج من محركات الديزل والعمل على تحسين نوعية الوقود والمحركات المعتمدة على وقود الديزل .

تمارين عامة

س/1 افترض ان التغير في تركيز غاز دفئ يتسبب في تغير في قيمة الطاقة المؤثرة بمقدار (ΔF) 4 واط/م^2 وافترض ان هذا التأثير يتسبب في تغيير في قيمة الطاقة المنعكسة من 0.31 الى 0.3 ، احسب قيمة التغير الكلي في قيمة الطاقة المؤثرة اذا كانت حساسية المناخ ∂ هي 0.55 ، ثم اوجد قيمة درجة حرارة الارض السطحية ΔT ؟

Solution

وبما ان التعبير الكمي لكمية الطاقة الداخلة هو 342 واط/م^2

$(0.31-0.3)*342 = 3.42$ Watt/m^2

Total $\Delta F=3.42+4=7.42$

$\Delta T=\partial \Delta F = 0.55*7.42= 4.3$ °C

س/2 افترض ان الثابت الشمسي زاد بمعدل 0.1% وافترض ان الطاقة المنعكسة لم تتغير ماهو مقدار التغيير الحاصل في درجة حرارة الارض السطحية اذا كانت دالة حساسية المناخ 0.55؟

Solution

$\Delta S=(0.1/100)*1370=1.37\ W/m_2$

$\Delta F=\frac{Change\ in\ radiation\ hitting\ the\ earth}{Surface\ area\ of\ earth}=\frac{1.37*\pi*R2}{\pi*R2}=0.343\ W/m_2$

$\Delta T=\partial\ \Delta F=0.55*0.343=0.19\ ^oC$

س/2 عرف هذه الهالوكاربونات ثم اوجد الرقم التصميمي لها :

1. **C3HF3 (HFC)**

   317−90=227 , HFC−227

2. **C2H3FO2 (HCFC)**

   231−90=141 , HCFC−−−141

3. **C2F4O2 (CFC)**

   204−90=114 , CFC−−−114

4. **CF3Br (halons)** , H−1300

س3/ اكتب الصيغة الكيميائية للهالوكاربونات والهلونات التالية :

1. **HCFC−225**

225+90=315 (3C,1H,5F) ,8 sites−(1+5)=2Cl , C3HF5Cl2

2. **HFC−32**

32+90=122 (1C,2H,2F) , 4 sites, 0 Cl , CH2F2

3. **H−1301** , (1C,3F,0 Cl,1Br) , CF3Br

4. **CFC−114**

114+90=204 (2C,0H,4F) , 6 sites−4=2C , C2F4Cl2

س4 / اذا كانت قيمة التغير في قيمة الطاقة المضافة $0.14\ w/m^2$ لغاز اوكسيد النتروز وافترض ان تركيز هذا الغاز قبل الثورة الصناعية 275 ppb وان التركيز الحالي للغاز هو 311 ppb ، ، اوجد قيمة الثابت K2 ، ثم احسب قيمة التغير في الطاقة المؤثرة المضافة في عام 2100 فيما اذا وصل التركيز الى 417ppb ؟

Solution

$\Delta F = K2\ (\sqrt{C}-\sqrt{Co})$

$0.14 = k2(\sqrt{311} - \sqrt{275})$,k2=0.133

If it reaches 417 pph , added forcing would be

$\Delta F = K2\ (\sqrt{C} - \sqrt{Co})$

$\Delta F = 0.133\ (\sqrt{417} - \sqrt{311}) = 0.37\ W/m^2$

س5/ اذا كان التغير في الطاقة المضافة لعدة غازات دفيئة يعبر عنها كا يلي :

$\Delta F = 6.3 \ln\frac{CO2}{(CO2)0} + 0.031\ (\sqrt{(CH4)} - \sqrt{(CH4)o}) + 0.133(\sqrt{(N2O)} - \sqrt{(N2O)o})$

$+0.22[(CFC-11)-(CFC-11)_0] +0.28[(CFC-12)-(CFC-12)_0]$

علما ان التراكيز محسوبة بشكل ppb وان قيمة ΔF محسوبة بشكل W/m^2 ، استعمل الجدول التالي لتراكيز الغلاف الجوي لعدة سنين

year	CO_2 (ppm)	CH_4 (PPb)	N_2O (ppb)	CFC−11 (ppb)	CFC−12 (ppb)
1850	278	700	275	0	0
1992	356	1714	311	0.268	0.503
2100	710	3616	417	0.040	0.207

احسب ما يلي :

1. ماذا سوف يكون مجموع التغير في الطاقة المضافة من 1850 لغاية 1992؟
2. ماذا سوف يكون مجموع التغير في الطاقة المضافة من 1992 لغاية 2100؟
3. ماذا سوف يكون مجموع التغير في الطاقة المضافة من 1850 لغاية 2100؟
4. ما هو التغير في درجة الحرارة المتوازنة من العام 1850 ولغاية 2100 لمجموع الغازات الدفيئة اذا كانت حساسية المناخ $\partial = 0.57\ ^0CW^{-1}m^2$ ؟
5. ما هو تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون المكافئ (CO_2 equ.) في العام 2100 لمجموع الغازات الدفيئة؟

Solution

1. $\Delta F\ (CO_2) = 6.3 \ln\frac{356}{(278)} = \mathbf{1.558}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CH_4) = 0.031\ (\sqrt{(CH4)} - \sqrt{(CH4)o})$

$\Delta F\ (CH_4) = 0.031\ (\sqrt{(1714)} - \sqrt{(700)}) = \mathbf{0.463}\ W/m^2$

$\Delta F\ (N_2O) = 0.133(\sqrt{(N2O)} - \sqrt{(N2O)o}$

$\Delta F\ (N_2O) = 0.133(\sqrt{(311)} - \sqrt{(275)} = \mathbf{0.140}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CFC-11) = 0.22[(CFC-11)-(0)]$

$\Delta F\ (CFC-11) = 0.22[(0.268-11)-(0)] = \mathbf{0.059}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CFC-12)= 0.28[(CFC-12)-(CFC-12)_0]$

$\Delta F\ (CFC-12)= 0.28[(0.503)-(0)]=\mathbf{0.141}$

So, The combined forces(ΔF combined) from 1850 to 1992 :

$= \mathbf{1.558+0.463+0.140+0.059+0.141}=2.36\ W/m^2$

2. $\Delta F\ (CO_2)= 6.3\ \ln\frac{710}{(356)}=\mathbf{4.35}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CH_4)=0.031\ (\sqrt{(CH4)}-\sqrt{(CH4)o})$

$\Delta F\ (CH_4)= 0.031\ (\sqrt{(3616)}-\sqrt{(1714)}=\mathbf{0.581}\ W/m^2$

$\Delta F\ (N_2O)= 0.133(\sqrt{(N2O)}-\sqrt{(N2O)o}$

$\Delta F\ (N_2O)= 0.133(\sqrt{(417)}-\sqrt{(311)}=\mathbf{0.370}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CFC-11)= 0.22[(CFC-11)-(CFC-11)_0]$

$\Delta F\ (CFC-11)= 0.22[(0.040)-(0.268)] = -\mathbf{0.050}\ W/m^2$

$\Delta F\ (CFC-12)= 0.28[(CFC-12)-(CFC-12)_0]$

$\Delta F\ (CFC-12)= 0.28[(0.207)-(0.508)]=-\mathbf{0.083}$

SO, The combined forces (ΔF combined) from 1992 to 2100

$= \mathbf{4.35+0.581+0.370-0.050-0.083}=5.17\ W/m^2$

3. $\Delta F(\text{combined})\ \text{from}\ 1850\ \text{to}\ 2100 = 6.3\ \ln\frac{710}{278} + 0.031\ (\sqrt{(3616)}-\sqrt{(700)}+ 0.133(\sqrt{(417)}-\sqrt{(275)}+0.22*0.040+0.28*0.207=\mathbf{7.53}\ W/m^2$

4. $\Delta Ts\ \text{from}\ 1850\ t0\ 2100 = \partial\ \Delta F(\text{combined}) = 0.57*\ 7.53 = 4.3\ ^0C$

5. $(CO_2)\ \text{equ.}=278\ \exp\ (\Delta F\ \text{combined}/6.3)$,

$(CO_2)\ \text{equ.} =278\ \exp(7.53/6.3)=919\ ppm$

س5/ افترض ان منطقة للطمر الصحي ينبعث منها 10 طن لكل عام من غاز الميثان الى الجو فإذا كان جهد التسخين الجوي لغاز الميثان لمدة 20 عام هو 50 ، اوجد قيمة ما يلي :

A. ماذا سوف تكون قيمة الطاقة المضافة والمكافئة لغاز CO_2 ؟

B. افترض انه تم عمل نظام محكم للسيطرة على تسرب غاز الميثان وإذا تم حرق الميثان فانه سوف يتحول الى غاز CO_2 . ما هو مقدار غاز CO_2 المنبعث لكل عام ؟

C. ما هو مقدار غاز ثاني اوكسيد الكاربون المكافئ (CO2 equ.) المدخر في حالة حرق غاز الميثان وكم هي عدد الاطنان سوف يدخر من الكاربون على شكل غاز CO_2 سنويا ؟

D. اذا كانت الضريبة المفروضة على انبعاث الكاربون هي 20 دولار لكل طن كم هي مقدار الضريبة التي يمكن ندخرها سنويا في حالة حرق غاز الميثان بدلا من تركه يتسرب الى الجو ؟

Solution ;

A. 10 tons*56=560 tons of CO_2 (equivalent).

B. $CH_4+2O_2----------CO_2+2H_2O$

$$CO_2 \text{ emitted} = \frac{1\ mol\ CO2}{mol\ CH4} * \frac{12+2*16\ ton\ CO2/mol}{(12+4*1)tonsCH4/mol} * \frac{10\ tons\ CH4}{yr}$$

CO_2 emitted=27.5 tons CO_2/yr

C. Equivalent CO_2 saved =560−27.5=532.5 tons CO_2

As carbon C :

$C+O_2---------CO_2$

532.5 tons CO_2/yr* $\frac{12\ tons\ C}{44\ tons\ CO2}$ =145.2tons C/yr saved

D. carbon tax saved =145.2 tons C/yr*20 $/tons=2900 $/yr

س 6/ افترض ان حساسية المناخ في حالة مضاعفة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون ΔT_{2X}=2 ^{O}C وافترض ان مجموع تأثير الغازات الدفيئة في العام 2050 هي مكافئة 600ppm بينما التركيز الحقيقي لهذا الغاز هو 500 ppm ، اوجد قيمة مايلي :

1) ما هي قيمة دالة حساسية المناخ ؟

2) ما هي قيمة الطاقة اللمضافة في العام 2050 المتسببة من وجود CO_2 لوحده مقارنة بتركيزه ما قبل الثورة الصناعية 278 ppm ؟

3) ما هي قيمة الطاقة المضافة من وجود الغازات الدفيئة من عدا تأثير غاز CO_2 في العام 2050 ؟

4) ما هي نسبة التسخين المتوازن في العام 2050 المتسببة من قبل غاز CO_2 ؟

5) ما هي قيمة التغير في درجة حرارة التوازن في العام 2050 نسبة الى ما قبل الثورة الصناعية ؟

Solution

1. ΔT_{2X} =6.3* ∂ ln2

ΔT_{2X} =6.3* ∂ *0.693

∂ =0.46 °C/(W/m^2)

2. Given ; (CO_2) equ. =600 ppm , (CO_2) real =500 ppm , (CO_2) $_0$ = 278 ppm ,

$\Delta F(CO_2)$ =?

$\Delta F= 6.3\ [\frac{500}{278}]\ = 3.7$ W/m^2

3. Total forcing :

$\Delta F(\text{combined})= 6.3\ [\frac{(CO2\ equ.)}{278}]$

$\Delta F(\text{combined})= 6.3\ [\frac{600}{278}]\ = 4.85$ W/m^2

Non CO_2 forcing : $\Delta F= 4.85-3.7=1.15$ W/m^2

4. Warming by CO_2 :

$\Delta F(\ CO_2)\ /\Delta F(\text{combined})= 3.7/4.85=0.76=76\%$

5. Equilibrium temperature change ;

$\Delta TS = \frac{\Delta T2x}{\ln 2}\ln[\frac{(CO2)}{(CO2)0}]$

$\Delta TS = \frac{2}{\ln 2}\ln[\frac{(600)}{278}]=2.22$ °C

Resource consumption

ان المعادن المستخرجة من الارض هي محدودة مث النحاس الحديد والالمنيوم وكذلك النفط والسؤال هو كم هي الفنرة الزمنية المتبقية لنفاذ المصدر وسوف نعتمد في هذا الفصل دالة النمو الاسي لايداد هذه الفترة

اذا رسمنا دالة بين الانتاج من المستودع مع الزمن فان المساحة تحت المنحني بين اي فترتين زمنيتين سوف تمثل مقدار الاستهلاك الكلي لهذا المستودع خلال هذه الفترة فاذا فرضنا ان P هي مقدار معدل الانتاج اليومي مثل كذا مليون طن من النفط يوميا او كذا طن من معدن الالمنيوم يوميا فان Q سوف تمثل الانتاج الكلي خلال الفترة المحصورة بين t1 وبين t2 وكما في المعادلة التالية

$$Q=\int_{t1}^{t2} Pdt$$

واذا فرضنا ان معدل الانتاج من المصدر زاد بشكل اسي واعتبرنا الزمن الاولي صفر وان الانتاج الحالي هو P_0 فان المعادلة السابقة تصبح كما يلي

$$Q=\int_0^t Po\ \exp(r*t)dt$$

$$Q=\frac{Po}{r}[\ \exp(r*t)-1`]$$

$\frac{rQ}{Po}$= exp(r*t)−1

Ln($\frac{rQ}{Po}$+1)=ln exp(r*T)

rQ= Ln($\frac{rQ}{Po}$+1)

T=$\frac{1}{r}$ ln ($\frac{rQ}{Po}$+1)

س/ معدل انتاج الفحم في عام 1995 كان 5 مليار طن سنويا ويقدر كمية المنجم الكلي 1.1 ترليون طن ويقدر ان الزيادة في معدل الاستهلاك السنوي لتلك الفترة 1.5 % ، كم هي الفترة الزمنية المطلوبة لنفاذ المنجم ؟

Solution $(1.1*10^{12})$ tons/ $(5*10^{9})$ tons/yr =220 yr

If production grows exponentially we use the equ: T=$\frac{1}{r}$ ln ($\frac{rQ}{Po}$+1)

T=$\frac{1}{0.015}$ ln ($\frac{0.015*1.1*10\ 12}{5*10\ 9}$+1)=97 yr

معادلة النمو الاسي :

اذا افترضنا ان معدل التغيير في التركيز مع الزمن يتناسب مع التركيز الاولي للمادة فان المعادل تصبح كتالي:

$\frac{dC}{dx}$= r*C

$C=C_o e^{rt}$

Ln $\frac{C}{Co}$= ln e^{rt}

rt= Ln $\frac{C}{Co}$

r= $\frac{1}{t}$ Ln $\frac{C}{Co}$

س/ افترض انه خلال مئة عام القادمة سوف يتضاعف الطلب على الطاقة والذي تبلغ مقدار القيمة الحرارية لها 330 تيرا جول في العام فاذا كان 28% من الطاقة المستهلكة في العالم قادمة من الفحم ، 60% من النفط والغاز الصناعي والذي له كثافة كاربونية 44 غم كاربون لكل مليون جو لواما الباقي الطاقة المستهلكة تاتي من مصادر غير كاربونية مثل الطاقة المتجددة ،

1) لاماهو معدل الكاربون المنبعث الى الجو؟

Solution

2*330=660 EJ/yr

Ava. Carbon intensity = 0.28*25.8+0.6*44+0.12*0=33.6 gC/MJ

Emission= $\frac{660*10}{yr}$ *$\frac{MJ}{10\ 6\ J}$ *$\frac{33.6\ C}{MJ}$ *$\frac{GTC}{10\ 15\ g}$ =22.2 GTC/yr

2) اذا كان النمو الانبعاث الكاربوني يتصاعد بشكل اسي عن المعدل الحالي والبالغ 6 كيكا طن كاربون في السنة ماهو معدل النمو خلال مئة عام ؟

r= $\frac{1}{t}$ Ln $\frac{C}{Co}$

r= $\frac{1}{100}$ Ln $\frac{22.2}{6}$ =0.013 =13%/yr

3) اذا كانت نسبة تولد الكاربون 50% ماهو مقدار الكاربون المتبقي في الجو في ال 100 عام القادمة ؟

$Q=\frac{Po}{r}[\ \exp(r*t)-1`]$

$Q=\frac{6}{0.013}[\ \exp(0.013*100)-1`] = 1239$ GTC

The amount remaining $=0.5*1239=619$ GTC

4) ما هو تركيز غاز CO_2 في الجو خلال ال 100 عام القادمة اذا علمت ان الكمية الحالية لهذا الغاز 750 هي 750 كيكا طن ؟

750+619=1369 GTC

Conc. of CO_2 = 1369/2.12=646 ppm

5) اذا كانت درجة حرارة الارض المتوازنة في حال مضاعفة غاز CO_2 هي 3 درجة مئوية ماهي مقدار درجة الحرارة خلال 100 عام القادمة اذا كان تركيز هذا الغاز الحالي 356 ppm ؟

$\Delta T=\frac{\Delta T2X}{ln2}\ln\frac{(CO2)}{(CO2)o}$,$\Delta T=\frac{3}{ln2}\ln\frac{645}{356}$ $=2.57\ C^{o}$

س/ عجلة تحتاج 40 غالون لكل ميل تقطعه ، ماهو كمية الكاربون المنبعث لكل ميل تقطعه اذا علمت ان الكازولين يحوي كثافة كاربونية *5.22* باو كاربون / كالون ؟

$\frac{2.22\ IbC/gal}{40\ mile/gal}*\frac{1000g}{42.2\ Ib}=$ 59.3 gC/mile