

ASTROFÍSICA, CLIMA E TECNOLOGIA*

I. O SISTEMA SOLAR

GEORGE MARX

Departamento de Física Atómica, Universidade de Eötvös, Hungria

Os planetas interiores do sistema solar (Vénus, Terra, Marte) formaram-se em condições muito semelhantes, mas só a Terra foi capaz de criar uma atmosfera retendo água líquida durante biliões de anos, a qual constitui um pré-requisito para toda a evolução biológica. Este facto levanta a questão da natureza do termostato terrestre e da sua estabilidade face aos impactos externos e internos. A compreensão deste problema é vital para a previsão de alterações futuras do clima terrestre, clima que está actualmente a ser objecto de intensa agressividade devido à actividade tecnológica do Homem.

O Sistema Solar

Um escasso segundo após a gigantesca explosão (Big Bang), que ocorreu há cerca de 16 mil milhões de anos, não existia ainda qualquer núcleo *composto*, devido ao intensíssimo movimento de agitação térmica. Mesmo actualmente os principais constituintes do Universo continuam a ser elementos químicos *leves*, originários desse Universo primitivo.

No Universo em expansão e portanto em processo de arrefecimento, formaram-se em certas regiões nuvens de hidrogénio arrefecido, sujeitas aos efeitos das forças de gravidade entre as suas partículas, favorecendo a contracção dessas nuvens. O conseqüente trabalho destas forças, acelerando as partículas em aproximação recíproca, acabou por “acender” as nuvens de hidrogénio, convertendo-as em estrelas e dando início a processos de fusão nuclear no seu interior. As intensas forças de gravidade das estrelas gigantes apenas puderam ser equilibradas com enormes pressões internas, para resistir ao colapso “imposto” pela gravidade. Para manter esse equilíbrio hidrostático são necessárias temperaturas elevadíssimas no interior dessas estrelas. Por outro lado, as

altas temperaturas promovem o desenvolvimento das reacções nucleares, podendo dizer-se que a concentração extrema da matéria traz inexoravelmente o seu rápido envelhecimento. Por isso as estrelas gigantes cedo morreram, “consumidas” em explosões avassaladoras designadas por *supernovas*. Durante uma tal explosão, que ocorre a temperaturas da ordem de 10 mil milhões de graus, abrem-se os diversos canais para diferentes reacções nucleares, envolvendo núcleos cada vez mais complexos. Foi em processos deste tipo que se formaram os núcleos mais pesados, incluindo o urânio, e a elevada energia então libertada fez com que fossem ejetados para o espaço frio exterior.

Há menos de 5 mil milhões de anos, na nossa galáxia, o impulso devido a uma tal ejeção de supernova levou à formação de uma nuvem de hidrogénio mais densa,

* Trabalho apresentado na Conferência Internacional sobre Educação em Física - GIREP 93, realizada na Universidade do Minho, Braga, de 16 a 21 de Julho de 1993. Parte I: *O Sistema Solar* (neste número). Parte II: *Aparecimento da vida na Terra*; (no próximo número da Gazeta de Física). Tradução e adaptação gráfica de J. Bessa Sousa.

- O Sistema Solar
- Formação e evolução física dos planetas
- Vénus, Terra, Marte
- O efeito de estufa
- Balanço energético no Universo

justamente devido à presença de núcleos de metais pesados. A acção da gravidade levaria ao nascimento subsequente do nosso sistema solar, há cerca de 4 mil e seiscentos milhões de anos...

Note-se que a nuvem havia adquirido previamente um momento angular finito, através das colisões das camadas gasosas em expansão (na explosão da supernova) com o gás inter-estelar. Por isso a maior parte da sua massa só pôde concentrar-se numa estrela central (relativamente imobilizada...) mediante a "libertação" do momento angular para o exterior. Este momento angular aparece justamente no movimento de rotação dos planetas em torno do Sol... Podemos dizer que o Sol se formou porque os planetas orbitais também nasceram simultaneamente nesse processo.

Na vizinhança imediata do Sol brilhante formaram-se planetas a partir da atracção recíproca de poeiras constituídas por partículas sólidas, essencialmente óxidos e silicatos metálicos. Nasceram assim Mercúrio, Vénus, Terra, Lua, Marte.

Nas regiões exteriores mais frias formaram-se enormes planetas gasosos, a partir da aglomeração dos elementos leves mais abundantes (H_2 , CH_4). Nas franjas mais frias do sistema solar solidificaram enormes rochas de gelo; as luas dos planetas gigantes, Plutão, cometas, ...

Os planetas interiores sólidos formaram-se pela coagulação de partículas de poeira, revestidas por películas de "gelo" formado por moléculas polares (H_2O , CO_2 , NH_3), as quais têm pontos de congelação mais elevados. Os planetas coagularam há cerca de 4 mil quinhentos e noventa milhões de anos. A vida média do núcleo ^{238}U é de 4 mil e novecentos milhões de anos, havendo cerca de 2.2g deste elemento por tonelada da crosta terrestre; o núcleo ^{235}U tem uma vida média de 700 milhões de anos e uma abundância actual de 0,016 g/ton; o ^{40}K tem uma vida de mil e trezentos milhões de anos e uma abundância actual de 0,24 g/ton.

Uma simples extrapolação destes dados para o passado remoto mostra que no período de formação da Terra a actividade nuclear da sua crosta era uma ordem de grandeza superior à que existe nos nossos dias.

A bola de poeira foi por isso fundida sob o efeito da intensa radioactividade inicial, herdada da supernova. Os metais pesados (ferro, níquel, irídio) mergulharam, afundando-se na região central do nosso planeta; a escória, essencialmente constituída por silicatos, emergiu à superfície, ... enquanto os produtos voláteis (H_2 , He, CH_4 , Ne) se escaparam para o exterior.

Em 700 milhões de anos a radioactividade do nosso planeta decresceu significativamente, tendo consequentemente solidificado a superfície da Terra. O néon é um ele-

mento comum no Universo mas raro na Terra devido ao escape irreversível dos elementos voláteis na referida fase de fusão. Assim, temos de concluir que, após a re-solidificação, a nova atmosfera já não continha H_2 nem CH_4 . A atmosfera foi sendo gradualmente formada e enriquecida por moléculas polares originárias do interior quente do nosso planeta (difusão sob a acção de um gradiente de temperatura), através da actividade vulcânica. Nasceram deste modo os oceanos formados por moléculas H_2O , e uma atmosfera envolvente formada por moléculas de CO_2 . Ainda hoje podemos observar uma tal atmosfera primitiva de CO_2 nos planetas Vénus e Marte. As primeiras rochas sedimentares formadas têm hoje cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos de existência à superfície da Terra.

O planeta Vénus

A distância de Vénus ao Sol é de 0,72 unidades astronómicas (72% da distância da Terra ao Sol). A intensidade solar¹ que hoje se observa a esta distância (I_V) é quase duas vezes superior à que se observa na Terra (I_T):

$$I_V (\text{presente}) = 1,93 I_T (\text{presente})$$

No passado, a concentração de hidrogénio no centro do Sol era menor, e por isso foram necessárias temperaturas inferiores às de hoje para manter as reacções de fusão nuclear correspondentes à luminosidade solar (L). Na altura do nascimento do Sol e dos planetas tinha-se:

$$L (\text{passado}) = 0,7 L (\text{presente})$$

Por isso a radiação solar que alcançava o planeta Vénus, então nascente, tinha a intensidade:

$$I_V (\text{passado}) = 1,35 I_T (\text{presente})$$

A potência total da radiação que caía sobre Vénus era de $\pi R^2 I_V$ (R = raio de Vénus), sendo a potência *efectivamente absorvida* dada por $(1 - a) \pi R^2 I_V$, onde a é o coeficiente de reflectividade (albedo) das rochas, $a \approx 30\%$. A superfície do planeta em rotação aqueceu progressivamente até que a sua taxa de emissão térmica (proporcional à quarta potência da temperatura absoluta, T) atingiu o equilíbrio com a taxa de absorção da radiação:

$$(1 - a) \pi R^2 I_V = 4 \pi R^2 \sigma T_V^4$$

¹ N.T. A intensidade solar num dado ponto é definida como a energia vinda do Sol que passa por unidade de tempo e por unidade de superfície (nesse ponto), perpendicular à direcção de propagação.

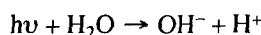
onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Substituindo, sucessivamente, na fórmula anterior, I_V (passado) = $1,8 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, I_V (presente) = $2,9 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, podemos calcular a temperatura superficial de Vénus. Quando expressa em graus centígrafos (θ), $T = \theta + 273$, encontra-se: θ_V (passado) = -1°C , θ_V (presente) = $+22^\circ\text{C}$. Um clima muito confortável, teoricamente.

Contudo a verdadeira temperatura superficial de Vénus é θ_V (presente) = $+460^\circ\text{C}$. Isto faz-nos lembrar o inferno: o chumbo passará ao estado líquido no nosso planeta vizinho. A explicação desta alta temperatura reside no facto de em Vénus se ter formado uma densa atmosfera de CO_2 por desgaseificação da sua crosta: a pressão atmosférica actual é de 95 atmosferas e o albedo das núvens é $a = 63\%$. Esta atmosfera absorve cerca de 96% da radiação térmica emitida pela superfície quente de Vénus, pois a respectiva transparência é apenas $b = 4\%$ no infravermelho. O balanço energético é traduzido pela relação:

$$(1 - a) \pi R^2 I_V = 4 \pi R^2 b \sigma T^4$$

onde T_V (presente) = $\theta + 273$, com $\theta = 460^\circ\text{C}$.

Vénus poderá ter possuído um oceano líquido durante menos de mil milhões de anos, no período subsequente à solidificação do planeta, ocorrida há cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos. Podia ter surgido durante este período alguma vida simples no planeta, do tipo procarionótico. Mas à medida que o Sol se tornou mais quente e a atmosfera do planeta se tornou mais espessa, o oceano evaporou-se completamente. Às grandes altitudes, a intensa radiação ultravioleta (UV), vinda do Sol, decompõe as moléculas de H_2O :



O hidrogénio assim libertado escapou-se literalmente; Vénus tornou-se então um mundo quente, seco e sem vida.

O efeito Estufa

Se deixarmos o nosso automóvel ao Sol na praia, verificamos ao regressar que o seu interior está mais quente que o exterior. Isto não contradiz a segunda lei da termodinâmica. As janelas de vidro são transparentes à radiação electromagnética de altas frequências (luz óptica), mas a radiação infravermelha de menor frequência — emitida pelos assentos e pelas superfícies quentes do interior do automóvel — consegue pôr em vibração (com amplitude não desprezável) os iões constituintes do vidro: a radiação infravermelha é assim fortemente absorvida (e re-irra-

diada). É o conhecido “efeito estufa”, amplamente utilizado nas estufas de plantas: nos dias frios de Primavera a luz solar penetra pela cobertura de vidro aquecendo subseqüentemente o solo, mas o mesmo vidro evita a saída da radiação infravermelha do solo durante as noites muito frias. O calor foi deste modo retido no interior da estufa (Fig. 1). O campo electromagnético não interacciona significativamente com moléculas covalentes neutras como N_2 e O_2 , mas por outro lado excita as cargas eléctricas

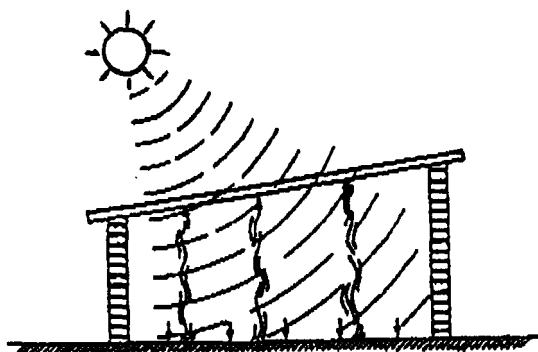


Fig. 1 — Efeito estufa

presentes nas moléculas polares CO_2 , H_2 , O_3 , N_2O da atmosfera. A frequência da radiação térmica dominante emitida pelos corpos à temperatura ambiente ($T \approx 300 \text{ K}$) é de $\nu = 2 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$, que é muito próxima da frequência própria de vibração das ligações de valência polares dentro da molécula de CO_2 . Por isso, esta molécula é um absorvente eficaz de radiação infravermelha. A molécula O_3 tem uma frequência própria de $3 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$ e a molécula de H_2O tem uma frequência de $4 - 5 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$, já nos limites do espectro da radiação (térmica) de Planck (Fig. 2). Observa-se que a presença de CO_2 na atmosfera é suficiente para diminuir drasticamente a radiação térmica com frequências na vizinhança do máximo previsto pela curva espectral de Planck (Fig. 2).

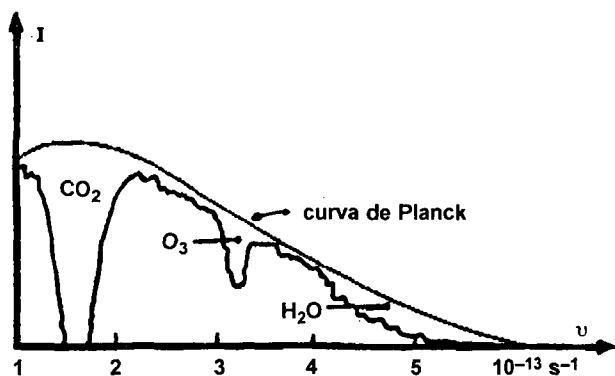


Fig. 2 — Absorção atmosférica no infravermelho

O planeta Marte

Marte orbita em torno do Sol a uma distância da ordem de 1,5 unidades astronómicas, muito mais longe do que a Terra. A intensidade solar que hoje atinge aquele planeta é I_M (presente) = 0,43 I_T (presente). Há 4 mil milhões de anos o Sol tinha uma actividade muito mais débil, I_M (passado) = 0,30 I_T (presente). Usando o baixo valor do albedo de Marte ($a = 15\%$ para os seus desertos de cor vermelha carregada), podemos calcular a temperatura da superfície marciana, encontrando-se, em graus centígrafos, θ_M (passado) = -80°C e θ_M (presente) = -60°C .

A luminosidade solar está a aumentar cerca de 5% em cada mil milhões de anos; por isso a temperatura da superfície de Marte deverá atingir um valor da ordem de θ_M (futuro) = $+50^\circ\text{C}$, dentro de 3 mil milhões de anos. Deste modo Marte converter-se-á num planeta húmido e favorável à vida num futuro longínquo, enquanto a Terra se tornará intoleravelmente quente devido ao aumento da luminosidade solar.

Uma experiência surpreendente foi propiciada pela sonda espacial Viking quando avistou leitos de rios secos em Marte. Eles deverão ter secado num passado longínquo e sofrido desde então um prolongado processo de erosão produzido por impactos meteóricos. Marte foi certamente um planeta húmido há cerca de 3 mil e novecentos/3 milhões de anos atrás.

O passado temperado deste planeta só pode explicar-se através do efeito estufa; a desgaseificação da sua crosta deu origem a uma densa atmosfera de CO_2 , convertendo o planeta numa estufa singular no contexto do gélido ambiente astronómico.

Com o decurso de mil milhões de anos, uma fracção importante do CO_2 presente naquela atmosfera acabou por se fixar na formação do composto CaCO_3 (do mesmo modo que está actualmente fixado na Terra).

Quando, posteriormente, a temperatura decaiu abaixo de diversos pontos de congelação, a água converteu-se em gelo e o CO_2 converteu-se em neve nas regiões polares (neve carbónica). Marte tornou-se então num planeta congelado, possuindo apenas uma atmosfera muito ténue. As futuras missões tripuladas a Marte poderão explorar a eventual existência de formas simples de vida, já extintas no Planeta Vermelho.

Ao formar-se o sistema solar, a luminosidade do Sol era apenas 70% do valor actual. Devido ao seu crescimento gradual, essa luminosidade atingiu 94% do valor actual há cerca de mil milhões de anos. Nessa evolução, atingirá os 200% em cinco mil milhões de anos e na medida em que o Sol se vai converter em seguida numa estrela gigante vermelha, tornar-se-á 10 vezes mais brilhante (do que na actualidade) daqui a 10 mil milhões de

anos. Isto significa que a zona de habitabilidade biológica se deslocará para mais longe do Sol à medida que decorre a evolução do sistema solar. Inicialmente a zona de habitabilidade esteve em Vénus, presentemente está na Terra, alcançará Marte daqui a 3 mil milhões de anos, esperando-se que as luas geladas de Júpiter entrem por sua vez em fusão daqui a 6 mil milhões de anos. O problema é que a era da água líquida não dura mais que mil milhões de anos em qualquer parte do sistema solar, mesmo se levarmos em conta o efeito estufa de uma atmosfera de CO_2 . Vénus e Marte confirmam esta conclusão física (Fig. 3).

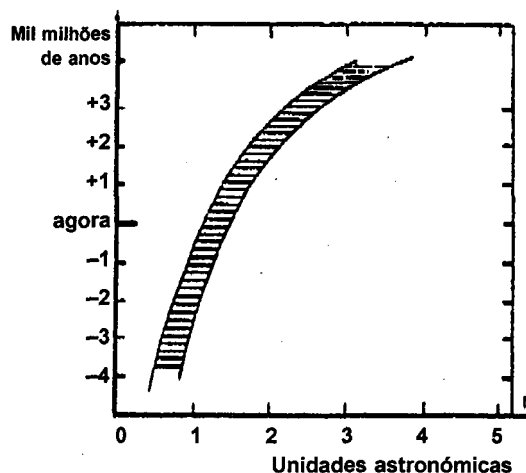


Fig. 3 — Cintura cósmica de água líquida

Há, porém, uma excepção singular a esta regra astrofísica que é justamente o caso da Terra. O nosso planeta já tinha o seu oceano líquido há 3 mil e novecentos milhões de anos e ainda o retém! Esta presença tão prolongada da água líquida foi de facto crucial para assegurar a evolução da vida até ao seu estágio inteligente.

O planeta Terra

Presentemente a Terra recebe radiação do Sol à taxa I_T (presente) = 1,4 KW/m^2 , sendo a temperatura fotosférica² da ordem de $T_s = 6000\text{ K}$. Uma fracção $a = 30\%$ desta luz (na região óptica) é reflectida pela Terra. A radiação absorvida aquece o solo, levando a sua temperatura até um valor de equilíbrio T_T , para o qual a emissão de radiação infravermelha para o exterior compensa exactamente a absorção de luz vinda do Sol:

$$(1 - a) \pi R^2 I_T = 4 \pi R^2 \sigma T_T^4$$

² N. T. Da fonte emissora de fotões, neste caso o Sol, com uma temperatura de 6000 K. Fotosférica significa da "Fotosfera", nome que se dá à camada da superfície do Sol.

A temperatura superficial do planeta, *assim calculada* e expressa em graus Celsius é $\theta_T = 18^\circ\text{C}$. Este cálculo pode aplicar-se a um corpo astronomicamente descoberto e iluminado pelo Sol, como é o caso da Lua. Mas a Terra possui uma atmosfera, constituída essencialmente por moléculas “apolares” N_2 e O_2 , transmitindo $b = 60\%$ da radiação infravermelha e sendo a restante absorvida pelos gases residuais, como H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , CCl_2F_2 . A equação corrigida do balanço energético toma então a forma:

$$(1-a) \pi R^2 I_T = 4 \pi R^2 b \sigma T_T^4$$

conduzindo à temperatura média actual da superfície da Terra, $\theta_T = +16^\circ\text{C}$. O aquecimento da estreita camada envolvente, responsável pelo efeito estufa, é de cerca de 33°C , um valor muito relevante para a vida terrestre.

Isto significa um fluxo contínuo de calor vindo do Sol ($T_s = 6000\text{ K}$), passando pela Terra ($T_T = 300\text{ K}$) e sendo depois enviado para os confins do Universo frio ($T_U = 3\text{ K}$). O calor, numa quantidade Q , chega à Terra sob a forma de luz ($T_s = 6000\text{ K}$), e a *mesma* quantidade de calor é emitida pela Terra sob a forma de radiação infravermelha ($T_T = 300\text{ K}$). Por isso ocorre uma alteração da *entropia* do sistema aberto, neste caso a Terra, obedecendo à conhecida desigualdade termodinâmica:

$$\Delta S_T > \frac{Q}{T_s} - \frac{Q}{T_T} = -\frac{Q}{T_T} \left(1 - \frac{1}{20}\right)$$

Esta condição não impede que ΔS_T se torne negativa, e quando isso ocorre abre-se a possibilidade a organização biológica³. Com generalidade, podemos associar este processo de decrescimento da entropia ao próprio conceito de *evolução*. A eliminação da entropia através de um fluxo de energia pode visualizar-se do modo seguinte: de acordo com a chamada *lei de Wien do deslocamento*⁴, a frequência ν da radiação emitida é proporcional à temperatura absoluta do corpo emissor (T), e por isso os quanta de energia (fotões) da luz solar, $h\nu_s$, são $T_s/T_T = 20$ vezes maiores (em energia) que os fotões $h\nu_T$ correspondentes ao brilho da Terra (radiação infravermelha emitida). Os fotões solares transferem energia do Sol para a Terra. Para libertar a mesma quantidade de calor a Terra tem de emitir 20 vezes mais fotões do que os que recebe. É por esta via que a desordem é retirada da parte da Terra viva (Fig. 4).

A luminosidade solar cresce com o tempo. A temperatura média da Terra actual é de cerca de $+15^\circ\text{C}$. Que valores teria tido esta temperatura média no passado? Há 3 mil e quinhentos milhões de anos tinha-se I_T (pas-

sado) = $0,8 I_T$ (presente) e um valor para o albedo da Terra, (então) coberta de gelo, dado por $a = 63\%$. Nestas circunstâncias a equação de balanço da energia conduz a uma temperatura média da Terra, θ_T (passado) = -70°C . Note-se que o simples aumento de I até ao seu valor actual não permite explicar a fusão de uma Terra congelada, porque I_T (presente) = $1,4\text{ KW/m}^2$ e $a = 63\%$ (gelo) dar-nos-ia θ (presente) = -55°C . Se a Terra esteve congelada no passado, reflectiu tanta luz que não pôde fundir sob o efeito exclusivo da radiação solar.

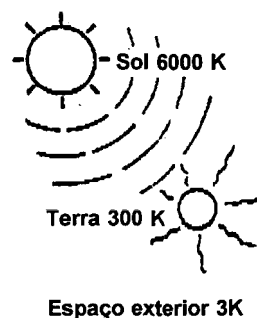
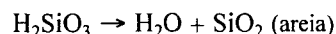
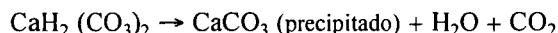
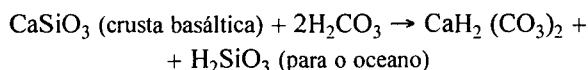
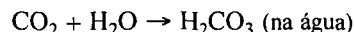


Fig. 4 — A Terra como máquina térmica

Este quebra-cabeças da *Terra congelada* pode resolver-se levando em conta a alteração da composição da atmosfera do planeta. Há cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos a desgaseificação da crosta terrestre produziu uma atmosfera de CO_2 e um oceano de H_2O . Devido à espessa camada de CO_2 (e ao correspondente efeito de estufa) o oceano era líquido. Entretanto o Sol aumentava lentamente a sua luminosidade. Para contrariar o aquecimento descontrolado do nosso planeta, que não ocorreu (... mas ocorreu em Vénus), o crescente brilho do Sol teve que ser compensado pelo aligeiramento da “camada-estufa”:

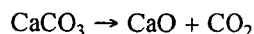


³ A entropia S está associada ao estado de ordem/desordem na matéria, sendo S muito elevado na matéria desorganizada (p. ex. num gás) e muito baixo na matéria bem organizada, por exemplo num cristal ou nas estruturas moleculares ordenadas presentes na matéria biológica.

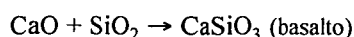
⁴ N.T. As leis de Wien descrevem as características do espectro (energia/frequência) da radiação electromagnética emitida por um corpo aquecido e em equilíbrio com esse mesmo corpo — como acontece no chamado *corpo negro*.

Isto foi o que ocorreu no planeta Marte.

Noutros planetas o oceano líquido constituiu um acontecimento fugaz, mas na Terra ele tem existido desde há mil milhões de anos e esperemos que continue a fazê-lo por mais tempo ainda! Este facto resultou em parte de uma realimentação de CO_2 na Terra: as rochas calcárias (CaCO_3) ao afundarem-se são aquecidas geotermicamente, libertando CO_2 :

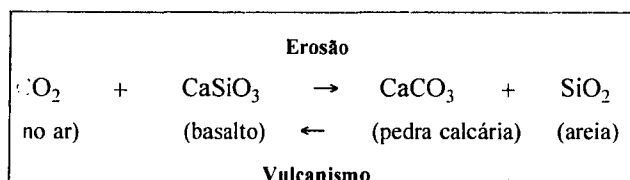


Este CO_2 escapa-se para o exterior através da actividade vulcânica, tendo-se então:



A radioactividade aquece o núcleo terrestre. Os materiais fundidos mais quentes e leves afloram, ao passo que os sólidos mais frios se afundam. Esta circulação de Benard produz o movimento tectónico de placas: de novo o basalto aflora à superfície.

Sob a forma de uma equação de balanço, os detalhes da situação acabada de descrever podem representar-se da forma seguinte:



O ciclo é governado pela radioactividade, que pode ter um papel regulador: um clima mais quente significa erosão mais intensa, maior extracção de CO_2 e arrefecimento consequente. Um clima mais frio significa menor erosão, mais CO_2 libertado para a atmosfera e aquecimento consequente.

Este mecanismo regulador “não funciona” na segura de Vénus, porque não há oceano nem H_2CO_3 , estando ausente a erosão. O mecanismo regulador também não se manifesta no pequeno planeta Marte, porque a sua massa é apenas 11% da massa da Terra. Aquele planeta liberta o calor gerado radioactivamente através dos mecanismos da convexão e radiação térmica; não há tectónica de placas activas no Planeta Desértico.

Trabalha bem o mecanismo de regulação na Terra? Nem por isso... As estimativas indicam que a realimentação geológica (de CO_2) é muito débil: a sua potência real pode ser mesmo inferior a 1% da eficácia requerida... A regulação biológica do clima é um mecanismo-chave nesta questão, como se abordará num segundo artigo (II), a publicar no próximo número da Gazeta de Física.

PHYSICS STUDIES FOR TOMORROW'S EUROPE

Univ. Gent, Bélgica, 7-8 Abril 1995

Esta conferência é organizada por iniciativa da Universidade de Gent e da Comissão Europeia, financiada pelos programas ERASMUS e TEMPUS, e tendo em vista a preparação do programa SOCRATES. Conta com o apoio da Sociedade Europeia de Física, através do Comité de Mobilidade para o intercâmbio de estudantes de Física e do Interdivisional Group on Physics Education.

- The Conference will try to frame how physics studies and training should be organized in tomorrow's Europe.
- National reports will be established by the members of a scientific committee and will be provided to the conference participants.
- The main issues to be discussed will be:
 - (i) A critical reflection on the various national ways of studying physics.
 - (ii) An identification of the new requirements to be taken into account when elaborating future physics curricula.
 - (iii) The implementation of those future needs in a European exchange, cooperation and mobility context.

A conferência terá lugar na Aula-complex da Universidade de Gent, Voldersstraat 9, B-9000 Gent, com início às 8h30 do dia 7 de Abril.

As actas da conferência serão publicadas pela Comissão Europeia, na série "Studies". Não haverá qualquer propina de inscrição, nem qualquer pagamento pelos relatórios nacionais e pelas actas da conferência.

Inscrições e informações:

Mrs. B. Desmedt
Universiteit Gent
Proeftuinstraat 86

B-9000 Gent, Belgium

Tel: 00 32 9 264 65 39

Fax: 00 32 9 264 66 99

E-mail: physteu@rug.ac.be