

ANEXOS

**ANEXO I -
ROTEIRO DE EXPLORAÇÃO DA PÁGINA:
“ENTROPIA E DESORDEM”**

Escola Secundária da Trofa
Química - 12.º ano de escolaridade
Roteiro de exploração da página: “Entropia e Desordem”
Nomes: _____

NOTA: O tempo ao lado é uma estimativa de sequência, para se conseguir o objectivo de concluir este trabalho durante duas aulas (não deixar de seguir o ritmo próprio, apesar destas indicações). No caso de inconclusão, completar em casa ou na escola, via *Internet*, usando o endereço: <http://fc.up.pt/qui/educa/links/soft/entropia>

PARTE I

Leia com atenção o texto sobre entropia e o enunciado da segunda Lei da Termodinâmica. Algumas ideias poderão não ficar ainda bem claras mas a interacção computacional que se seguirá ao texto ajudará.

minuto 0

Entropia

Para descrever o sentido de uma transformação foi proposta por Rudolf Clausius, uma nova grandeza física denominada entropia, S .

A entropia é uma medida do estado de desordem de um sistema. Como os estados desordenados são mais prováveis do que os estados ordenados, existe a tendência dos sistemas evoluírem de um estado de menor entropia para um estado de maior entropia (maior desordem).

ΔS_{sist} (variação da entropia do sistema)

Para todas as substâncias, as partículas estão mais ordenadas no estado sólido do que no estado líquido e neste mais do que no estado gasoso. Assim, para uma dada quantidade de uma qualquer substância, em iguais condições de pressão e temperatura, a entropia é menor no estado sólido do que no líquido e também é menor neste do que no estado gasoso.

ΔS_{ext} (variação da entropia do exterior)

Para processos a pressão constante, a troca de energia como calor é igual à variação da entalpia do sistema (ΔH_{sist}). O sinal de ΔH_{sist} indica-nos o sinal de ΔS_{ext} , pois têm sinais contrários.

- Se a reacção é exotérmica é $\Delta H_{\text{sist}} < 0$ e $\Delta S_{\text{ext}} > 0$
- Se a reacção é endotérmica é $\Delta H_{\text{sist}} > 0$ e $\Delta S_{\text{ext}} < 0$

Se $\Delta H < 0$ a reacção é exotérmica e há libertação de energia do sistema para o exterior. O exterior recebe aquele acréscimo de energia e passam a existir mais níveis de energia por ocupar, logo, maior dispersão, mais desordem pelos diferentes níveis de energia, maior entropia.

O contrário acontece se $\Delta H > 0$, o exterior cede energia e há uma diminuição da desordem pelos diferentes (agora menos) níveis de energia.

A segunda Lei da Termodinâmica

A segunda Lei da Termodinâmica relaciona o sentido das transformações espontâneas com o aumento de desordem do Universo (aumento de entropia do Universo).

Como o Universo é constituído pelo sistema e pelo exterior, a variação da entropia do Universo (ΔS_{univ}) é: $\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sist}} + \Delta S_{\text{ext}}$

A segunda Lei da Termodinâmica pode ser enunciada da seguinte forma:

“Uma reacção química num sistema fechado (não isolado) ocorre até que ΔS_{univ} atinja o máximo de entropia.”

Como $\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sist}} + \Delta S_{\text{ext}}$, para avaliar a espontaneidade de uma transformação química, tem de se averiguar os sinais de ΔS_{sist} e de ΔS_{ext} e a relação entre $|\Delta S_{\text{sist}}|$ e $|\Delta S_{\text{ext}}|$.

Se num dado processo $\Delta S_{\text{univ}} < 0$ significa que o processo não é espontâneo na direcção descrita mas na direcção inversa.

PARTE II

Para compreender melhor a segunda Lei da Termodinâmica propõe-se a exploração deste conjunto de módulos digitais da página: “Entropia e Desordem”.

Siga os seguintes passos e responda às questões na folha de respostas.

- Clique em *Entropia e Desordem*, passados alguns segundos, aparece a seguinte imagem:



Está agora na página da **Entropia e Desordem**.


Módulo 1 - O DEMÓNIO DE MAXWELL

- Clique em **Demónio de Maxwell**.




- E aparece a seguinte página:






- Seleccione o , para acompanhar os passos e dar início à simulação.


1 - Qual é a probabilidade de 50 bolas caírem no mesmo compartimento da caixa?


2 - Clique no botão  para saber como se determina a probabilidade.




- 3 - Seleccione o botão nº 50 e verifique se chegou ao mesmo valor.
- 4 - Clique no botão *play* , para dar início à simulação.
- 5 - Para acelerar as bolas rode o botão em baixo à esquerda. 
- 6 - Espere até todas as bolas caírem nas caixas. 
- 7 - **Como é que ficaram distribuídas as bolas? Ficaram todas “arrumadas” num dos compartimentos?**

NOTA: É natural que não tenha chegado ao mesmo valor fazendo uma só experiência. Em casa ou noutra circunstância poderá confirmar a previsão feita em 1 repetindo, por exemplo, 20 vezes.

- 8 - Observe o “entropímetro”  (ver “Ajuda”, em baixo). **O que acontece à entropia?**

- 9 - Agora o “Demónio de Maxwell” vai actuar! 
- 10 - Veja a “Ajuda” na página para saber o que é o “Demónio de Maxwell”.

- 11 - Clique no botão *play* , para dar início à simulação.
- 12 - Clique, largue e desloque a caixa bicompartimentada com o rato.
- 13 - Arrume o máximo possível de bolas no mesmo compartimento.
- 14 - **O que observa no “entropímetro”?**
- 15 - **O que pode concluir?**

Na simulação existe a “Ajuda” que dá informação mais detalhada sobre entropia.

Módulo 2 - ESPONTANEIDADE DE REACÇÕES QUÍMICAS E A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Na simulação anterior refere-se que os sistemas físico-químicos isolados tendem a aumentar a sua desordem espontaneamente, de acordo com a segunda Lei da Termodinâmica. Agora vai-se analisar a espontaneidade de várias reacções químicas.


- Clique em **Espontaneidade de Reações Químicas e a Segunda Lei da Termodinâmica**

minuto 20



- E aparece a seguinte página:




- Veja, inicialmente, na “Ajuda” o significado de espontaneidade de reações químicas.
- Clique em  para analisar a espontaneidade de várias reações químicas.



- Considerando que cada uma delas ocorrem em sistemas fechados, à pressão de 1 bar e à temperatura de 298 K. Para cada uma das reações responda às seguintes questões e vá completando a tabela 1, à medida que decorre a simulação.

- **A variação da entropia do sistema (ΔS_{sist}) é positiva ou negativa?** Clique em + se

aumentou ou em - se diminuiu . Verifique o que acontece nas barras.

- Clique em  para saber se a reação é endotérmica ou exotérmica. **A variação da entropia do exterior (ΔS_{ext}) é positiva ou negativa?** Clique em + se aumentou ou em - se diminuiu.

- **A variação da entropia do Universo (ΔS_{univ}) é positiva ou negativa?** Clique em + se aumentou ou em - se diminuiu.

- Esta reacção é espontânea ou não espontânea? Clique na opção correcta



para verificar se a resposta está certa e a razão da espontaneidade ou da não espontaneidade.

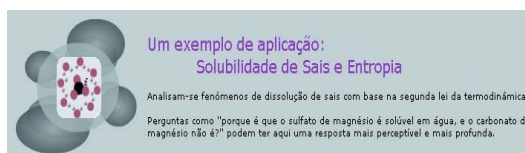
Processos	ΔS_{sist}	Reacção endotérmica ou exotérmica?	ΔS_{ext}	ΔS_{univ}	É espontânea ou não espontânea?
$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$					
$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$					
$\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$					
$3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$					
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) + \text{água} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$					

Tabela 1

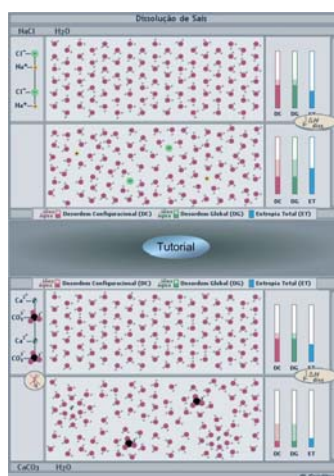
Módulo 3 - UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO: SOLUBILIDADE DE SAIS E ENTROPIA

- Clique em: **Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia**

minuto 40



- E aparece a seguinte página:




- Selecione **Tutorial** para seguir os passos. Veja, em baixo na “Ajuda”, como se pode interpretar a dissolução dos sais a partir da segunda Lei da Termodinâmica.


1 - Esta figura representa o “antes” e o “depois” para a dissolução de igual quantidade de NaCl e CaCO₃ em igual quantidade de água, num sistema isolado. Verifique, em baixo na “Ajuda”, porque é que é usada esta figura estática.

2 - Observe a figura com atenção para conseguir responder à seguinte questão:

“Porque é que o carbonato de cálcio (giz) não é solúvel em água mas o cloreto de sódio (sal das cozinhas) já é?”

3 - Passe com o rato em desordem configuracional , para saber o que significa.

4 - Durante a dissolução do cloreto de sódio o que é que acontece à desordem configuracional dos iões e das moléculas de água?

5 - Passe com o rato em , para determinar o valor da entalpia de dissolução deste sal.

6 - O que é que acontece à desordem não configuracional?


7 - Passe o rato em desordem global , para saber o que significa.

8 - O que é que acontece à desordem global dos iões e das moléculas de água na dissolução do cloreto de sódio?

9 - Passe o rato em entropia total , para saber o que significa.

10 - O que é que acontece à entropia total?

11 - Durante a dissolução do carbonato de cálcio o que é que acontece à desordem configuracional dos iões e das moléculas de água?

12 - Passe com o rato em , para determinar o valor da entalpia de dissolução deste sal (carbonato de cálcio).


13 - O que é que acontece à desordem não configuracional?

14 - O que é que acontece à desordem global dos iões e das moléculas de água, na dissolução?

15 - O que é que acontece à entropia total?


16 - Com base nestas observações, tente agora responder à questão inicialmente proposta:

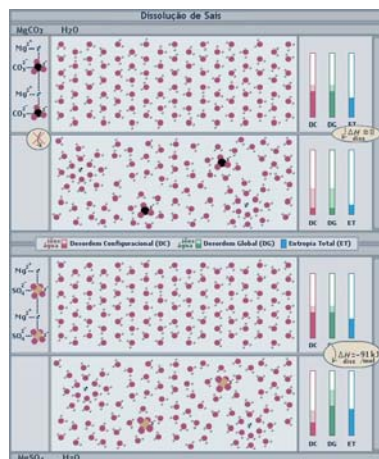
“Porque é que o carbonato de cálcio (giz) não é solúvel em água mas o cloreto de sódio (sal das cozinhas) já é?”


17 - Verifique , em baixo na “Ajuda”, para saber porque é que o cloreto de sódio é solúvel em água e porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água.

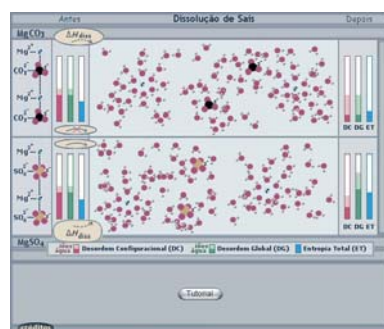
18 - Chegou-se ao final do Tutorial.


2ª parte

- Vai-se agora analisar outra situação, clique em  e aparece a seguinte página:



- Clique em  e observe o que acontece a cada um dos sais. **Verifica alguma diferença entre os sais?**



- Clique em  e siga os passos da simulação.

1 - Observe a simulação com atenção para conseguir responder à seguinte questão:

“Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?”

2 - Passe em  para determinar o valor da entalpia de dissolução de cada sal.

3 - Como pode verificar, esta simulação é dinâmica. Veja, em baixo na “Ajuda”, o significado de Simulação Dinâmica.

4 - Durante a dissolução do carbonato de magnésio o que é que acontece à desordem não configuracional ?

5 - E o que é que acontece à desordem configuracional dos iões e das moléculas de água?

6 - E o que é que acontece à desordem global dos iões e da água, nesta dissolução?

7 - O que é que acontece à entropia total ?

8 - Durante a dissolução do sulfato de magnésio o que é que acontece à desordem não configuracional ?


9 - E o que é que acontece à desordem configuracional dos iões e das moléculas de água?


10 - O que é que acontece à desordem global dos iões e da água, na dissolução?

11 - O que é que acontece à entropia total ?

12 - Tente agora responder à questão inicialmente proposta:

“Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?”

13 - Confirme a sua resposta, verificando em baixo na “Ajuda”, porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água 

14 - Verifique, em baixo na “Ajuda”, porque é que o carbonato de magnésio não é solúvel em água. 

- Terminou o Tutorial.

MÓDULO 4 - QUESTÕES SOBRE ENTROPIA

minuto 60

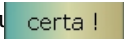
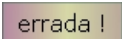
- Clique em **Questões sobre Entropia**.



- E aparece a seguinte página:




- Para cada uma das questões acerca da segunda Lei da Termodinâmica seleccione a resposta correcta.

- Depois da resposta dada, verifique no écran se a resposta está  ou 

Clique em  para responder às restantes questões.

- Verifique no final o resultado que obteve e registre o número de questões certas e erradas.

- Para reiniciar este módulo clique em .

minuto 80

**ANEXO II -
FOLHA DE RESPOSTAS**

**ANEXO III -
GUIÃO DA ENTREVISTA**

GUIÃO DA ENTREVISTA

Q₁ - Que idade tem?

Q₂ - Tem computador em casa?

Q₃ - O que faz com o computador em sua casa?

Q₄ - Em que situações já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

Q₅ - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

Q₆ - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

Q₇ - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente? O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

Q₈ - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

Q₉ - O tempo disponibilizado foi suficiente?

Q₁₀ - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas? E o que teve menos? Porquê?

Q₁₁ - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? *Eu relembro*¹...

Q₁₂ - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

Q₁₃ - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?
Aquele em que...

Q₁₄ - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

Q₁₅ - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

Q₁₆ - Quando é que uma reacção química é espontânea?

Q₁₇ - Uma reacção endotérmica pode ser espontânea? Explique.

Q₁₈ - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

Q₁₉ - Porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

Q₂₀ - Porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água mas o cloreto de sódio já é?

¹ Existem algumas sugestões assinaladas a itálico.

Q₂₁ - Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é? *Eu ajudo...*

Q₂₂ - Relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”, considera-lo útil? *Porquê?*

Q₂₃ - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais?

**ANEXO IV -
TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS**

TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS

ALUNO A_B

E - Que idade tem?

A - 18.

E - Tem computador em casa?

A - Sim.

E - O que é que costuma fazer com o computador em sua casa?

A - Trabalhos...*Internet* não, porque não tenho, às vezes quando tenho tempo, também alguns jogos.

E - E aqui na escola já utilizou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Sim em informática.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe agrada mais? Porquê?

A - Eu acho que em algumas matérias é mais interessante com computadores, porque não sei...é mais interessante, acho que nós estamos mais incentivados para aprender e que funciona melhor.

E - Relativamente à aula qual foi o aspecto que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos?

A - Aquela parte das questões acho que era uma boa forma de avaliar os conhecimentos do que tínhamos aprendido ao longo de todos aqueles módulos. Apesar de aquela parte da solubilidade dos sais, acho que estava um pouco confusa para compreender, era mais complicada.

E - E os restantes módulos digitais?

A - Acho que estava acessível.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Foi em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Sozinha permite-nos avaliar os nossos conhecimentos, em grupo podemos trocar opiniões.

E - O que prefere?

A - Acho que em grupo é melhor.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Sim, acho que sim.

E - E o tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Acho que não, foi um bocado curto.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - Foi o tal, aquele da solubilidade.

E - E o que teve menos? Porquê?

A - O da espontaneidade...e o primeiro também era acessível.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo 1?

A - Acho que permitia-nos ver a variação da entropia no início e no final e que...e...tipo arranjar uma definição para o significado da entropia. Permitia-nos ver maior/menor desordem, maior ou menor entropia.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao segundo “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - O segundo acho que também era interessante também nos permitia aplicar conhecimentos anteriores, nós já sabíamos que no estado sólido há maior ordem que no estado gasoso, isso aí já nos permitia ver algumas coisas.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3, o da solubilidade dos sais?

A - Assim à primeira vista, nós não chegamos a responder às questões, acho que era um bocado confuso de compreender.

E - E qual é a sua opinião relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - Gostei de aplicar os conhecimentos que tivemos ao longo dos módulos digitais e mesmo doutras matérias.

E - Relativamente ao módulo 1 “Demónio de Maxwell” qual é o papel do Demónio de Maxwell”?

A - Pois, isso aí eu não percebi muito bem.

E - Não repararam que quando o Demónio de Maxwell actuava andavam com o rato a mover a caixa, era para tentar fazer o quê?

A - Aumentar a ordem e diminuir a entropia.

E - Relativamente aos fenómenos que acontecem, isso é possível?

A - Acho que não, o Demónio de Maxwell não existe.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 “Espontaneidade de reacções e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - ...Como já disse aquilo do estado sólido a entropia é menor porque as partículas estão mais ordenadas e a espontaneidade...eu acho que nós tivemos pouco tempo para assimilar os conhecimentos, foi assim muito rápido.

E - Quando é que a reacção é espontânea?

A - Isso, eu acho que tem a ver com a variação da entropia do Universo, que nós sabemos que era igual à variação da entropia do sistema mais a variação da entropia do exterior. Quando fosse maior, não tenho bem a certeza, tínhamos de relacionar com os módulos, e quando a variação de entropia do Universo acho que era maior, era espontânea, se fosse menor era não espontânea, tínhamos de ver o módulo e comparar.

E - Uma reacção endotérmica pode ser espontânea?

A - Já não me lembro. Não sei.

E - À partida está à espera que sejam quais as espontâneas? As que libertam ou absorvem energia, ou qualquer uma pode ser?

A - Na libertação, se não espontânea temos de fornecer energia para...

E - Então está à espera que as exotérmicas sejam espontâneas?

A - Não sei.

E - Das reacções que viram no módulo digital, havia reacções endotérmicas e exotérmicas, havia alguma reacção que era não espontânea?

A - Houve, acho que sim.

E - E não se lembra?

A - Não.

E - Eu lembro tinha uma reacção endotérmica espontânea e havia outra que era não espontânea.

A - Então as reacções exotérmicas e endotérmicas podem ser ou não espontâneas.

E - O que é que pode concluir acerca do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Nós nem chegamos a ler tudo passamos logo para as questões.

E - Porque é que num caso a figura era estática e noutra caso era uma simulação dinâmica?

A - Nós nem sequer chegamos a ver.

E - Relativamente ao módulo 4, o das questões, considera-lo útil?

A - Acho que sim, pela razão que já disse.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais?

A - O módulo 3 devia ser mais claro. Relativamente ao 1 e 2 não tenho nada a dizer, acho que está óptimo. No último acho que quando nós errámos não dizem qual é a resposta certa, acho que devia aparecer a resposta certa e a justificação para nós sabermos porque é que não acertamos.

E- Obrigado.

ALUNO A_c

E - Que idade tem?

A - 17.

E - Tem computador em casa?

A - Sim.

E - O que costuma fazer com o computador em sua casa?

A - Eu faço os resumos da matéria no computador, vou à *Internet* e basicamente é isso.

E - Em que situações já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Nas aulas de informática e na *Internet*.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

A - É assim a aula de hoje é diferente porque não é aquela maçadora, que a pessoa tem de estar ali a meter a matéria na cabeça, é mais lúdica é mais interessante que a pessoa vê figuras, vê tudo a mexer é interessante.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - Eu gostei muito do módulo 1, das bolinhas. Eu acho que é interessante a pessoa estar a ver aquilo tudo a mexer e as coisas doutra maneira. Porque nos livros as figuras estão paradas, no computador não, podemos

ver a mexer. O que menos me agradou, se calhar o tempo não foi muito para nós vermos tudo com mais pormenor.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Em grupo. Eu acho que é melhor porque temos uma opinião de outra pessoa, se calhar é melhor.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Sim.

E - O tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Não, porque alguns chegaram muito atrasados.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - O 3, nós não o chegamos a fazer, mas pelo que vi achei um bocadinho confuso.

E - E o que teve menos dificuldades?

A - O primeiro. É um espectáculo.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? Porque é que gostou muito do primeiro?

A - Era giro tentar apanhar as bolas para uma caixa só, era interessante e depois vermos que a desordem no início era maior e se tentássemos pôr só numa caixa a ordem era maior, era giro.

E - Qual é a sua opinião acerca do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Este já era mais sério, este já tinha de pensar mais se era maior do que zero ou menor do que zero; relacionar a temperatura, se era endotérmica se era exotérmica. Já tínhamos de pensar mais, mas era interessante. Esse aí para aprender em termos de entropia tínhamos de pensar mais do que o outro, tínhamos de raciocinar, enquanto que o outro já víamos se era maior ou menor já dava para concluir mais rapidamente.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Esse aí nem sei, porque não fizemos mesmo, passamos mesmo à frente.

E - Qual é a sua opinião acerca do módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - Esse achei interessante dava para testar os nossos conhecimentos, se realmente valeu a pena estarmos a percorrer aqueles módulos todos, chegar ao fim e não acertar nenhuma era a mesma coisa que não fazer nada.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - Sei que a entropia mede a desordem. A segunda Lei da Termodinâmica relaciona a temperatura com a variação de entropia exterior. Eu percebi aquela parte que se a temperatura é maior do que zero a variação de entropia do exterior é menor e vice-versa. Depois que a variação de desordem do exterior e do sistema é igual à variação da do Universo. A variação da entropia do Universo tende a ser maior do que zero. Eu li numa das questões, dizia que, acho que era de verdadeiro ou falso, o Universo tende mais para a desordem do que para a ordem e a entropia do Universo tende a aumentar.

E - No primeiro módulo digital, qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Agrupar as...ou não era desagrupar, nós é que tínhamos de agrupar nós tínhamos que contrariar...

E - Contrariar o quê?

A - A desordem.

E - Então qual é o papel do Demónio de Maxwell?

A - Era desordenar, ou então...se calhar era ordenar no mesmo caixote.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Espontaneidade...não sei...nós tínhamos de relacionar se era endo ou exo com a variação de entropia do exterior com a do sistema e ver se a do Universo também era maior do que zero. Tinha na “Ajuda” vários tópicos que dizia se as duas fossem maior do que zero, que a do Universo também era e que ocorria espontaneamente e a outra era ao contrário. Depois temos de ver o módulo de cada uma delas para ver se fosse maior a do exterior que a do sistema era espontânea.

E - Então quando é que uma reacção química é espontânea?

A - Eu acho que é quando a variação de entropia do Universo é maior que zero.

E - Verificou a existência de reacções endotérmicas e exotérmicas. Quais as reacções que são espontâneas, as endotérmicas ou as exotérmicas, ou as duas poderão ser?

A - As exotérmicas porque é assim, as endotérmicas nós temos que dar calor para elas ocorrer, por isso, eu acho que as exotérmicas é que ocorreriam mais espontaneamente...mas não sei.

E - Nos exemplos que existiam havia duas reacções endotérmicas, lembra-se se eram espontâneas ou não espontâneas?

A - Eu acho que sim, não sei, eu sei que havia uma que não ocorria espontaneamente.

E - Uma era endotérmica não espontânea e outra espontânea, então o que pode concluir?

A - Então também podem ser espontâneas. O que interessa é a variação de entropia do Universo.

E - Chegou a desenvolver o módulo 3?

A - Não.

E - Porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - Não sei, não cheguei a ver isso.

E - Relativamente ao módulo 4, o das questões, achou-o importante?

A - Sim.

E - Porquê?

A - Porque servia para testar se nós tínhamos adquirido algum conhecimento dos módulos anteriores. Porque nós podíamos chegar ao fim e pensar será que sei, será que não sei?

E - A que conclusão chegou?

A - Não sei, algumas coisas sabíamos mais outras menos, por exemplo, as questões de solubilidade errámos quase todas, nós errámos quatro.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais?

A - Acho que não, não sei. Se calhar o acesso às respostas, ao carregar logo no N vimos logo a probabilidade...dava logo a resposta, mas eu acho que estava bem representado.

E - O que alteraria no módulo 2?

A - Acho que está bem, vê-se a quantidade de entropia e depois o + ou - serve para ver o que nós achámos se aumenta se diminui, acho que está bem.

E - Em relação ao módulo da solubilidade, o que tiveram mais dificuldades, o que alteraria para não ser tão difícil?

A - Eu sinceramente, eu não sei, se é difícil ou não, há primeira vista parecia, porque tinha muitas caixinhas mas como nós não seguimos o roteiro, porque tínhamos pouco tempo, se calhar ele até não era complicado só que o tempo é que foi pouco.

E - O que alteraria no módulo 4?

A - É assim, eu inicialmente pensei que quando déssemos a resposta errada iria aparecer a resposta certa mas depois pensei que não, nós nem nos íamos dar ao trabalho de ver tudo de novo para tentar fazer outra vez, por isso, eu acho que está bem assim.

E - Obrigado.

A - De nada.

ALUNO A_D

E - Que idade tem?

A - 17 anos.

E - Tem computador em casa?

A - Tenho.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A - Trabalhos, jogar computador, ir à *Internet*.

E - E aqui na escola é usual utilizar os computadores por indicação dos professores?

A - De vez em quando.

E - Normalmente o que fazem?

A - Procurar qualquer coisa na *Internet*.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

A - Com computador é mais prática, gosto mais.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, na aula em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - Gostei, acho que foi prática compreende-se melhor a matéria.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Em grupo. Porque é melhor estamos mais juntas, fazer sozinho é mais solitário.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objetivos estavam claros?

A - Sim, mais ao menos, o módulo 3 é que era o mais...

E - E o tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Deveria ser mais.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - O módulo 3.

E - Porquê?

A - Era mais teórico, acho que era mais complicado de perceber.

E - E o que teve menos?

A - O primeiro.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo 1?

A - O módulo 1 era engraçado.

E - O que alteraria nesse módulo?

A - Está bem assim.

E - O que achou do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - O módulo 2 está bem feito.

E - Tem alguma sugestão para melhorar este módulo?

A - Não.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - É mais difícil, é mais teórico, a matéria é mais teórica, portanto é mais difícil.

E - O que alteraria neste módulo?

A - Alterar não sei. A matéria já de si é teórica e assim já está muito mais facilitada. Não sei outra maneira de facilitar.

E - O problema está nos conceitos?

A - Sim.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao último módulo, o das questões?

A - Acho que é útil.

E - Neste módulo faria alguma alteração?

A - Não. Só que devia ter as respostas certas quando errássemos.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - Não sei. É a tendência dos sistemas de se espalharem, desordenarem.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - Numa primeira situação havia mais desordem e depois ordem.

E - O que acontecia à entropia?

A - A entropia aumentava com a desordem e diminuía com a ordem.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Diminuir a entropia.

E - No 2º módulo digital quando é que uma reacção química é espontânea?

A - Quando ocorre sem interferirmos.

E - Só isso. O que estiveram a analisar nesse módulo digital?

A - A entropia do sistema, a do exterior e a do Universo.

E - Para o que é que olhava para ver se é espontânea?

A - A entropia do Universo.

E - Quando é que dizia que era espontânea?

A - Quando é maior do que zero.

E - Uma reacção endotérmica pode ser espontânea?

A - Não.

E - Porquê?

A - A única que nós demos endotérmica não era espontânea.

E - Havia duas?

A - Há, uma era espontânea e a outra não espontânea, então podem ser as duas.

E - Relativamente ao módulo 3, porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - Não sei, víamos a temperatura.

E - Não havia termómetro lá.

A - Pois fomos ver a variação de entalpia, numa é aproximadamente igual a zero e na outra é aproximadamente igual a - 91...Então quer dizer que não havia praticamente agitação nenhuma ali e na de variação de entalpia igual a - 91 era exotérmica e havia libertação de energia.

E - Porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água mas o cloreto de sódio já é?

A - É por causa da entropia, num aumentava e noutra diminuía.

E - Em qual é que aumentava e em qual é que diminuía?

A - Aumentava no solúvel, o NaCl e diminuía no insolúvel, o CaCO₃.

E - Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?

A - Era onde havia mais agitação que era mais solúvel.

E - Porquê?

A - Devia ser devido à entropia.

E - O que acontece à entropia?

A - Aumenta.

E - Relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”, considera-lo útil?

A - É importante.

E - Obrigado.

ALUNO A_E

E - Que idade tem?

A - 18.

E - Tem computador em casa?

A - Sim.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A - Passar relatórios basicamente, às vezes jogo um bocadinho só.

E - Em que situações já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Nas aulas de I.T.I.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

A - Se calhar a dos computadores é mais engraçada uma pessoa tem mais curiosidade em estar a mexer naquilo do que estar aqui numa aula, sempre a ouvir o professor, se for muito teórica começa a ficar um bocado seca.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - Em relação à aula gostei muito, por acaso foi muito interessante. Em relação aos módulos acho que foi o terceiro aquele dos sais, ao princípio é que não percebi muito bem mas depois ainda conseguimos fazer.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo do Demónio de Maxwell?

A - Gostei, foi interessante tentar apanhar as bolinhas só numa caixinha o máximo, por acaso, foi fixe.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria deste módulo digital?

A - Acho que não.

E - E o módulo da espontaneidade das reacções químicas, o que achou dele?

A - Também foi fixe, porque se errasse dizia que está errado e conseguia perceber porque é que errou e tinha sempre a “Ajuda” em baixo também para nos explicar, estava interessante.

E - Neste módulo tem alguma sugestão para o melhorar?

A - Não.

E - O que achou do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - O módulo 3 no princípio não percebíamos pela questão do Português o que queria dizer, mas depois conseguimos resolver. Não estávamos a perceber, mesmo o próprio desenho, o que é queria dizer mas depois

a professora foi lá e explicou.

E – O que se poderia fazer para melhorar este módulo?

A – Eu acho que se calhar é mais da nossa parte, a gente ler melhor o que está na introdução a querer explicar o que é que vem, dizia não é, mas nós avançamos logo, a gente não olha, parte do erro é nosso. E se calhar a introdução deveria chamar mais a atenção, por exemplo, a negrito, assim lê a introdução e percebe o resto da experiência.

E - O que achou do módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A – É interessante faz-nos jeito para nós, para exame nacional.

E - Tem alguma sugestão para melhorar este módulo?

A – Não. Se calhar era só pôr mais questões mesmo.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Sim.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - Tem a ver com a variação da entropia do Universo fiquei a perceber que a variação é dada pela variação do sistema e do meio exterior. Essa parte fiquei a saber e fiquei a perceber mais ao menos o que é que era a variação do exterior e do sistema, assim por alto, porque ainda não estive a estudar.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - São proporcionais, quanto maior a entropia maior a variação da entropia do Universo. Acho que é assim...

E - No módulo 1, que acontecia inicialmente às bolas na primeira parte?

A - Estavam desordenadas.

E - O que acontecia à entropia?

A - A entropia aumentava.

E - Na segunda parte, o que acontecia?

A - Na segunda parte a ordem está a aumentar e a entropia desce.

E - O que pode concluir?

A - Quanto maior a ordem menor a entropia.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - ...

E - Quando é que começava a actuar?

A - Quando a gente estava a mexer nas caixas.

E - O que estavam a tentar fazer?

A - Estávamos a ordenar o sistema e a contrariar a segunda Lei.

E - Quando é que a reacção é espontânea?

A - Quando a variação de entropia do sistema era maior do que zero, a variação do exterior é menor do que zero, a variação de entropia do Universo é maior do que zero.

E - Mas havia situações que mudava, o que é que olhavam preferencialmente?

A - Era quando a variação de entropia do Universo era maior do que zero, a reacção seria espontânea.

E - As reacções endotérmicas e exotérmicas podem ser ambas espontâneas?

A - Podem ser, quer uma quer outra.

E - Relativamente ao módulo 3 porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - É por causa da variação de entalpia ser aproximadamente igual a zero na figura estática e é -91 kJ na dinâmica.

E - Porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água mas o cloreto de sódio já é?

A – É solúvel por causa da entropia.

E - O que acontecia à entropia do cloreto de sódio?

A - Diminuí, aí não aumentava a entropia, já não me lembro. Ai...sei que a água diminuí e a dos iões aumentava. No cloreto de sódio, a desordem vai aumentar e aumenta a entropia.

E - Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?

A - Pela mesma razão, a entropia também aumentava por causa da agitação.

E - Obrigada.

ALUNO A_L

E - Que idade tem?

A – 18.

E - Tem computador em casa?

A - Não.

E - Aqui na escola já usou o computador, por indicação dos professores?

A - Em ITI, uma disciplina do 12º ano.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais?

A - A tradicional.

E - Porquê?

A - Não sei, se calhar por estar mais habituada.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos.

A - Achei interessante a aula com o computador.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Percebiam-se.

E - E o tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Poderia ser mais.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dificuldades?

A - O 4.

E - E o que teve menos?

A - Se calhar foi o 2, gostei bastante do 2, se calhar foi o que gostei mais.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do primeiro?

A - Gostei.

E - Tem alguma sugestão para melhorar o módulo?

A - Não, acho que está bem assim, não tenho nenhuma sugestão.

E - O que achou do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - O módulo 2 foi o que eu gostei mais, acho que está bem assim.

E - O que achou do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Este aqui achei um bocado complicado à primeira vista, mas depois percebi com a ajuda da professora. Porque havia coisas que nós não sabíamos bem o que queriam dizer.

E - Então o que é que acha que deveria ser feito para se tornar mais fácil?

A - Não sei. Também tem a “Ajuda” no final que tem as definições das...Não sei, acho que está bem assim.

E - O que achou do último módulo, o das questões?

A - Não sei muito bem.

E - É importante ele existir?

A - Acho que sim.

E - Tem alguma sugestão para melhorar este módulo?

A - Não. Normalmente é o que costuma aparecer nos testes. É assim de escolha múltipla de verdadeiro e falso.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - A segunda Lei da Termodinâmica...relaciona o sentido das transformações espontâneas com o aumento da entropia do Universo.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - A entropia na segunda parte diminuía...maior desordem, maior entropia, maior ordem, menor entropia.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Era contrariar a lei, ia diminuir a entropia.

E - Relativamente ao módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas”, quando é que uma reacção química é espontânea?

A - Se a entropia aumentar no sentido directo, ela será espontânea nesse sentido.

E - Qual entropia?

A - Era a do exterior.

E - Só a do exterior?

A - Não, a variação de entropia do Universo.

E - O que é a variação de entropia do Universo?

A - É a soma da variação da entropia do exterior mais a variação da entropia do sistema. A reacção é espontânea quando a entropia do Universo aumenta.

E - Como sabe existem reacções endotérmicas e exotérmicas. Uma reacção endotérmica pode ser espontânea? E uma reacção exotérmica?

A - Acho que podem ser as duas.

E - No módulo 3 porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - Era figura estática porque a variação de entalpia era igual a zero. Era figura dinâmica porque a variação de entalpia é diferente de zero.

E - Porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água mas o cloreto de sódio já é?

E - Na figura estática havia um solúvel e outro não. Tinha a ver com a entropia, onde a entropia aumentava era solúvel.

E - Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?

A - Era no que havia maior agitação, maior entropia era solúvel.

E - Relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”, considera-lo útil?

A - Achei interessante, mas não consegui fazer tudo.

E - Obrigado.

A - De nada.

ALUNO A₀

E - Que idade tem?

A - 17.

E - Tem computador em casa?

A - Sim.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A - Vou para a *Internet*.

E - Em alguma situação já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Não.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

A - Gosto mais das aulas normais, porque com o computador depende do tipo de programa que se utilizar. Hoje de manhã até achei interessante, mas a partir do terceiro começou a dar-me a volta à cabeça, mas os outros eram engraçados, até gostei.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais.

A - Gostei muito do primeiro, o que me agradou menos foi o terceiro.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado?

A - Em grupo é...interessante, porque individual é mais...assim em grupo podemos conversar e tirar ideias uns dos outros.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Sim, estavam claros.

E - O tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Não chegamos bem a acabar.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas? E o que teve menos? Porquê?

A - O módulo 3 é o mais difícil e o módulo 1 é o mais fácil.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - Achei interessante dá para ter uma ideia geral acerca da teoria, gostei muito.

E - O que achou do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Achei interessante e achei engraçado.

E - O que achou do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - É um bocado difícil de compreender, mas...compreende-se.

E - E o que achou do módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - Esse aí até errámos muitas, só acertamos 4.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - Eu lembro-me nós tínhamos de meter as bolas só num compartimento, um número e aquilo depois

variava, quantas mais bolas tivessem num a entropia descia. Depois tinha maior ordem e a entropia era menor.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Eu estive lá a ler, é o senhor lá que metia a ordem.

E - Como é que no módulo conseguiu impor ordem?

A - Ao mexer no rato na caixa.

E - Quando é que uma reacção química é espontânea?

A - Acho que é...quando a variação de entropia do Universo é maior do que zero.

E - As reacções endotérmicas e exotérmicas, qualquer uma delas, pode ser espontânea?

A - Não. Se a variação de entalpia fosse negativo então a variação do exterior era positivo, era ao contrário.

E - Ser endotérmica ou exotérmica espontânea só depende da variação de entropia do exterior?

A - Acho que não.

E - Depende de que mais?

A - Não estou a chegar lá.

E - Há pouco disse que para a reacção ser espontânea depende da variação de entropia do Universo.

A - Então também depende do sistema.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Fizemos só o primeiro.

E - Porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - Nós chegamos a ler mas não percebemos muito bem, está tudo bem explicado, só que não consegui chegar lá. A linguagem andava muito às voltas não ia logo directo ao assunto.

E - Relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”, considera-lo útil?

A - Sim.

E - Porquê?

A - Tinha algumas respostas que não sabíamos e lá descobrimos o que é que é, dava jeito.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais?

Relativamente ao módulo 1, o que alteraria?

A - Está bom.

E - O que alteraria no módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Está bom. Era uma questão de estudar, eu tive dois testes...percebia-se bem, mais ao menos a meio já dominava tudo.

E - E o que alteraria no módulo 3?

A - O módulo 3 deixámos a meio.

E - O que poderia ser alterado para melhorar este módulo?

A - A linguagem podia ser alterada e o modo de explicar ser mais directo.

E - Tem alguma sugestão para melhorar o módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - Não, está bom, está explícito.

E - Obrigado.

A - De nada.

ALUNO A_Q

E - Que idade tem?

A-17.

E - Tem computador em casa?

A- Tenho.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A- Às vezes trabalhos quando é preciso para a escola, jogar computador de vez em quando.

E - Em que situações já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - ...Indicação dos professores não é costume, é mais em casa quando é preciso investigar alguma coisa, os professores dizem eu investigo em casa.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe agrada mais?

A - É com o computador. É mais interessante variar de vez em quando.

E - Porquê?

A - Não sei, nós estamos a errar e aprender, como é que se diz, aplicamos o que aprendemos, não sei. Acho que é mais cansativa a aula quando é a professora a dar é mais maçador.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, na aula em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - O que me agradou mais...não sei...bem o estar a interagir com os meus colegas.

E - E o que agradou menos?

A - Estar um bocado pressionada por causa do tempo.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Em grupo ou em individual? Há várias opiniões, se calhar individual...em grupo se calhar trocamos mais ideias e se calhar as respostas são mais certas, não sei.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - No primeiro sim, no segundo era o das reacções também, no terceiro é que eu já não fui lá ter tão rapidamente e o das perguntas também se percebia bem.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - O terceiro.

E - E o que teve menos?

A - O primeiro.

E - Porquê?

A - Eu percebi logo o que era para fazer, percebi logo que era por causa das caixas, que tínhamos de pôr mais bolas numa caixa, foi o mais fácil, não sei.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - O módulo 1 achei mais fácil mas não sei porque é que estava ali o Demónio de Maxwell.

E - Na segunda parte desse módulo digital, porque é que estavam a mover a caixa?

A - Para tentar aumentar a ordem e diminuir a entropia.

E - Existe essa tendência?

A - Não, existe tendência para a desordem, então o Demónio está a contrariar a tendência de ir para a desordem.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Sinceramente eu não percebi muito bem esta parte, percebi que tinha a ver com os estados físicos...

E - Qual era o objectivo?

A - Saber se era espontânea.

E - E como é que sabiam isso?

A - Pela variação de entropia do sistema.

E - Só a do sistema?

A - Existe a do exterior e a do Universo.

E - Quando é que a reacção é espontânea?

A - Quando a variação de entropia do Universo é positiva.

E - Qual é a sua opinião acerca deste módulo digital?

A - Agora fiquei a perceber melhor, também é interessante.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Era o que eu não apanhava...um bocado mais complicado.

E - Chegaram a fazer os passos todos?

A - Não, não acabamos.

E - Porque é que num caso se representou uma figura estática e noutra uma simulação dinâmica?

A - Era para nós vermos a desordem.

E - Porque é que a figura é estática?

A - Já não me lembro.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo das questões sobre entropia?

A - Nesse nós fizemos muito rápido, nem deu para perceber bem. Achei que este aqui que as respostas quando nós errámos que deveria aparecer a certa, para nós sabermos o que tínhamos mal no raciocínio.

E - Considera-o útil?

A - É, para nós testarmos o que aprendemos dos outros.

E - Quanto à espontaneidade das reacções endotérmicas e exotérmicas. Todas as reacções podem ser espontâneas?

A - Umas endotérmicas eram, outras não.

E - Quando é que não é espontânea?

A - Quando a variação de entropia do Universo é menor do que zero.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - Tem a ver com as variações do sistema e com a variação do exterior, ou variação do Universo. A variação de entropia do Universo é igual à variação de entropia do sistema e do exterior.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica acerca da variação da entropia do Universo?

A - A variação de entropia do Universo tem tendência a ser maior que zero.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais? No módulo 1 o que faria?

A - No módulo 1, como eu não percebi logo o objectivo do Demónio, se calhar tornava mais claro o objectivo do Demónio.

E - E relativamente ao módulo 2, o que melhoraria?

A - ...Acho que não mexia nele.

E - E no módulo 3, o que faria?

A - Tinha que mudar alguma coisa para nós percebemos. Agora o quê? Talvez aqui isto aqui dos iões e da água. No início não percebia que a de cima era a dos iões e a outra parte era da água...A da figura estática essa também não percebi.

E - Mas o que é que faria?

A - Se calhar na imagem, para nós compreendermos melhor...ter mais informação na imagem...percebi esta parte da desordem configuracional e global.

E - O que alteraria no último módulo “Questões sobre Entropia”?

A - Acrescentar as respostas, a explicação, mal nós errássemos aparecia a resposta certa e porquê, e a explicação.

E - Obrigado.

A - De nada.

ALUNO A₅

E - Que idade tem?

A - 17.

E - Tem computador em casa?

A - Tenho.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A - Fazer trabalhos, jogar um bocadinho, ouvir música, estudar.

E - Já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Um bocadinho, mas mais para trabalhos.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais?

A - Por exemplo, hoje gostei mais de trabalhar no computador.

E - Mas porquê?

A - Porque neste caso nós é que estávamos a descobrir o que era, acho que é mais interessante do que estarem a dizer mesmo o que é que é as coisas.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas

aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais ?

A - O que me agradou mais ser diferente e sermos nós a tentar descobrir o que é, neste caso, a entropia.

E - O que menos agradou?

A - Às vezes não percebia o que tinha de fazer.

E - Então o roteiro não era suficiente?

A - Se calhar era suficiente só que eu é que não percebia o que estava lá.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Foi em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado?

A - Eu gosto mais em grupo.

E - Porquê?

A - Porque assim estamos a trocar ideias, se estiver alguma coisa errada a colega pode dizer.

E - Ao utilizar os módulos digitais acha que os objectivos estavam claros?

A - Achei.

E - O tempo disponibilizado foi suficiente?

A - O tempo é que não foi muito, mas nós também chegámos atrasadas.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - O módulo 3, porque não tive tempo de ler e perceber o que é que estava lá.

E - E o que teve menos?

A - O primeiro.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital? Qual é a sua opinião quanto ao módulo 1 “Demónio de Maxwell”?

A - Faz um resumo da matéria, para nós percebermos o que é que é a entropia, se está arrumado se não está, acho que dá uma ideia pequenina disso.

E - Tem alguma sugestão para melhorar o módulo?

A - Acho que não.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Está bem explicada a lei, acho que está tudo bem...eu não estava a perceber que era para ver a variação maior ou menor do que zero, nós ao primeiro não percebíamos isso, só isso é que é difícil, mas depois percebemos.

E - Qual é a sua opinião do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Mais complicado, nem sequer acabei.

E - Do que viu alteraria algo?

A - Eu se calhar, às vezes quando começa o programa punha lá uma introdução qualquer a dizer qual era mais ao menos o objectivo.

E - Qual é a sua opinião do módulo 4?

A - O das questões achei que era importante sabíamos se aprendemos ou não alguma coisa com aquilo.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Aumenta a ordem, era o monopolizar a caixa e estava-se a contrariar o aleatório.

E - O que acontecia à entropia?

A - Diminuí.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - É a lei...da espontaneidade das reacções.

E - Quando é que uma reacção química é espontânea?

A - É espontânea quando a variação de entropia é maior do que zero.

E - Qual variação de entropia?

A - Era a do Universo.

E - Uma reacção endotérmica pode ser espontânea?

A - Exo eram espontâneas, acho que havia uma endotérmica que também poderia ser espontânea e outra que não era.

E - O que pode concluir?

A - Tem de se olhar para a variação de entropia do Universo.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 3?

A - Não fizemos.

E - Está tudo. Obrigado.

ALUNO A_T

E - Que idade tem?

A - 20.

E - Tem computador em casa?

A - Não.

E - Aqui na escola já usou o computador, por indicação dos professores?

A - No ano passado tive I.T.I. e na biblioteca em pesquisas.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe agrada mais?

A - Eu acho que são as aulas tradicionais.

E - Porquê?

A - Não sei, no computador temos tendência a nos distrair mais.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - O que me agradou mais foi o 4, o das perguntas. É assim, não houve nenhum que me agradasse menos. Não pudemos fazer o módulo 3 porque estávamos um bocadinho atrasadas.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Foi em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado?

A - Eu acho que em grupo é melhor, há mais ideias e...é melhor.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - Acho que sim.

E - E o tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Foi, só que nós prontos...voltámos a fazer as coisas e perdemos mais tempo, mas acho que dá.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - ...Acho que foi o módulo 3 que não chegamos a fazer.

E - E o que teve menos dificuldades?

A - O 4. E o 1 também era fácil.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital?

A - O módulo 1 achei interessante.

E - Tem alguma sugestão para melhorar este módulo?

A - Acho que estava bem, eu não melhoraria nada.

E - O que achou do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - Poderia ser mais fácil um bocadinho.

E - Como poderia ser feito?

A - Não sei, foi para nós o que nos deu mais que pensar.

E - Mas porquê?

A - Era este que envolvia os módulos e foi mais por isso.

E - O que achou do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - O módulo 3 não fizemos.

E - Qual é a sua opinião quanto ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - Está interessante.

E - Tem alguma sugestão para melhorar este módulo?

A - Está bem assim.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - Há uma desordem do estado sólido para o estado gasoso, a desordem aumenta...há uma tendência para aumentar a desordem.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - O Demónio de Maxwell tinha tendência a equilibrar, então nós tínhamos que tentar colocar mais num do que noutra e aumentava a ordem.

E - O que é que acontecia no “entropímetro” à entropia?

A - A entropia diminuía porque a ordem aumenta.

E - Então qual é o papel do “O Demónio de Maxwell”?

A - Era ordenar.

E – Relativamente ao módulo 2 “Espontaneidade das reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”, quando é que uma reacção química é espontânea?

A - É espontânea quando...a entropia do...exterior...é igual à entropia do sistema.

E - Igual, tinha de ser igual?

A - Não, a do Universo tinha de ser maior do que zero.

E - O que é a entropia do Universo?

A - A variação de entropia do Universo é igual à variação de entropia do sistema mais a variação de entropia do exterior.

E - Então quando é que uma reacção é espontânea?

A - Quando a variação de entropia do Universo é maior do que zero.

E - Reacções endotérmicas e exotérmicas são sempre espontâneas?

A - Acho que umas são e outras não.

E - Tanto faz?

A - Não, é assim quando são endotérmicas a variação de entropia do sistema tem de ser maior do que zero e a do exterior menor. Quando é exotérmica a variação de entropia do sistema tem de ser menor do que zero e a variação de entropia do exterior maior do que zero.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Não fizemos.

E - Está tudo. Obrigado.

A - De nada.

ALUNO A_Y

E - Que idade tem?

A - 17.

E - Tem computador em casa?

A - Tenho.

E - O que faz com o computador em sua casa?

A - Faço trabalhos, vou para a *Internet*...também posso jogar lá, não me lembro de mais nada.

E - Em que situações já usou o computador na escola, por indicação dos professores?

A - Para fazer trabalhos.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe cativa mais? Porquê?

A - A aula com o computador porque motiva mais, não é...mais moderno...mais tecnologia, motiva mais.

E - Faça um pequeno comentário sobre o que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos, nas duas aulas em que utilizou o conjunto de módulos digitais?

A - ...Achei interessante colocar a matéria assim no computador...porque dá mais motivação, se dá mais motivação a pessoa aprende melhor. Em relação aos módulos achei que estavam bem feitos, excepto o módulo 3 que era sobre os sais que deveria estar mais organizado. Acho que era quando falava no cloreto de sódio deveria pôr lá o antes e o depois e não tinha lá. E achei que estava um bocado confuso o primeiro e depois o segundo, estavam diferentes deviam seguir o modelo, de maneira que ficassem de forma a ficarem iguais. A apresentação estava boa, as cores também estavam bem e achei que deveria ter sons, acho que ficava mais interessante, mas de resto acho que estava bem.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?

A - Em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Isso depende da pessoa, mas se calhar em grupo possa discutir ideias talvez seja mais agradável para aprender.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?

A - O módulo 3 como já referi achei que devia estar melhor, mas os outros estavam bem, mas uma coisa que achei é que deveria ter sons.

E - O tempo disponibilizado foi suficiente?

A - Sim.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?

A - Talvez aquele módulo digital, acho que era o módulo 2, que uma pessoa tinha de fazer aquela tabela, precisava de ter a entalpia e eu não estava a ver muito bem como devia encontrar, mas depois encontrei e já tive mais facilidade.

E - E o que teve menos? Porquê?

A - ...Menos o primeiro e o quarto. O terceiro achei que não estava muito organizado mas para fazer estava bem, era só carregar no botão de animação e observar.

E - Pode-me dar a sua opinião acerca de cada módulo digital?

A - O módulo 1...achei interessante...não sabia que tinha sido uma cientista que tinha feito isso.

E – Qual é a sua opinião acerca do módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas e a segunda Lei da Termodinâmica”?

A - O módulo 2 era aquele da tabela, sim tive a dificuldade da entalpia, mas a nível de organização e apresentação estava bem.

E - Qual é a sua opinião acerca do módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Como já disse, achei que determinadas coisas faltavam lá pôr, acho que devia ser o mesmo modelo que o primeiro, a mesma estrutura que está representada para as duas partes, mas de resto a apresentação a organização estava bem.

E - Qual é a sua opinião acerca do módulo 4 “Questões sobre Entropia”?

A - O das questões...acho que estava bem...e devia...era que quando uma pessoa se enganasse mostrar qual é a opção correcta ou no fim dizer quais as opções correctas.

E - O que diz a segunda Lei da Termodinâmica?

A - ...Eu penso que a segunda Lei da Termodinâmica é que fala da variação de entropia do Universo que diz que é igual à variação de entropia do sistema e do exterior. E que tendo em conta isso, não é, se a variação de entropia do Universo vai ter um valor maior ou menor do que zero, vai dar um valor, dependendo daí vamos ver se a reacção é espontânea ou não espontânea no sentido directo.

E - E quando é que uma reacção é espontânea?

A - Uma reacção é espontânea quando a variação de entropia do Universo é maior do que zero.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 1 “O Demónio de Maxwell”?

A - Isso era só para ver a entropia, se aumentava ou diminuía...O que eu conclui é que quanto mais organizadas as bolas estivessem, ou seja, quantas mais estivessem no mesmo compartimento, menor seria a entropia.

E - Qual é o papel do “Demónio de Maxwell”?

A - Era se ele fizesse maior organização a entropia diminuía.

E - Existe essa tendência?

A - Acho que não.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 “Espontaneidade de reacções químicas”?

A - Que a maior parte eram espontâneas só uma é que não.

E - Uma reacção endotérmica pode ser espontânea?

A - Pode.

E - Porquê?

A - Porque se for endotérmica então a variação de entalpia é maior do que zero, logo quer dizer que a variação de entropia do exterior vai ser menor do que zero. Depois existe a variação de entropia do sistema que vai fazer variar a variação de entropia do Universo, logo a variação de entropia do exterior não é determinante.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 3 “Um exemplo de aplicação: Solubilidade de Sais e Entropia”?

A - Que os que se dissolviam melhor era...os que tinham entropia maior.

E - Porque é que num caso se representou uma figura estática e noutro caso uma simulação dinâmica?

A - Talvez porque se calhar na segunda parte devido à agitação e na 1ª parte não.

E - E porque é que existia agitação numa parte e não existia na outra?

A - Havia desordem não configuracional talvez porque...

E - Porque é que o carbonato de cálcio não é solúvel em água mas o cloreto de sódio já é?

A - O que tem maior entropia dissolve.

E - Porque é que o sulfato de magnésio é solúvel em água e o carbonato de magnésio não é?

A - Porque é o que tem entropia maior.

E - Porquê?

A - Porque é o que tem maior desordem.

E - Porquê?

A - Devido à maior agitação. Tem a ver com a desordem não configuracional era diferente.

E - Qual é que tinha maior desordem não configuracional?

A - Era o que se agitava mais.

E - Relativamente ao módulo 4 “Questões sobre Entropia”, considera-lo útil? Porquê?

A - Sim, para ver se a pessoa adquiriu conhecimentos ou não, fazer uma avaliação de si própria e verificar as dificuldades que tem.

E - Quer apresentar algumas sugestões para a melhoria do conjunto de módulos digitais?

A - ...Acho, eu não ouvi sons, acho que ficava mais interessante com sons e ...

E - Tem alguma sugestão para melhorar o módulo 1?

A - Acho que não. Se calhar podia haver mais movimento, mais dinâmico e o Demónio de Maxwell podia ser mais dinâmico e movimentar-se mais, já que o módulo tem o nome dele.

A - O que alteraria no módulo 2?

A - Acho que está bem, tendo em conta o objectivo.

E - O que alteraria no módulo 3?

A - Tendo em conta...acho que devia ter uma indicação no primeiro qual era o valor inicial e final, isso não estava indicado.

E - E o que alteraria no módulo 4?

A - Acho que deveria ter mais questões. No final, ficava melhor no final, devia ter a correcção das perguntas acho que ter o erro e mostrar logo acho que não, para a pessoa puder-se avaliar e melhorar as suas dificuldades.

E - Muito obrigado.

A - Não tem de quê.

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

Departamento de Química



FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Delfina Machado Almeida

**Segunda Lei da Termodinâmica,
recursos digitais e ensino de Química.**

Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
para obtenção do grau de Mestre em Química para o Ensino

Tese orientada por:

Professor Doutor João Carlos de Matos Paiva

Professor Doutor Jorge Marques Gonçalves

Porto, Outubro de 2003