

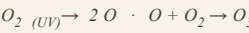
Ficha — Ozono e radicais livres

10.º Ano Física e Química A 4 páginas 12 exercícios

Objetivo: Distinguir o papel do ozono na troposfera e na estratosfera, interpretar as reações de formação e destruição do ozono, reconhecer radicais livres e o seu carácter catalítico nas reações em cadeia.

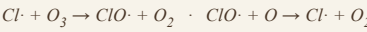
Revisão rápida

Ozono (O₃) — molécula com **três átomos** de oxigénio, alotropa do O₂, com cheiro característico e forte poder oxidante. Forma-se quando a radiação ultravioleta quebra O₂:



Camada	Papel do O ₃	Efeito
Troposfera (perto do solo)	poluente (secundário)	irrita as vias respiratórias — indesejável
Estratosfera (camada de ozono)	protetor	absorve a radiação UV do Sol — essencial à vida

Radicais livres — espécies químicas com **eletrões desapareados**, extremamente **reativas**. Reagem com qualquer coisa à procura do eletrão em falta e, como podem **regenerar-se** ao fim de cada reação, atuam de forma **catalítica**: um radical destrói **milhares** de moléculas. É assim que a estratosfera é atacada por radicais Cl· (provenientes dos CFC) e NO·:



Estratégia: identificar a **camada** (tropo = poluente · estrato = protetor) → equilibrar as equações → na reação em cadeia, verificar que o radical **aparece nos reagentes e nos produtos** (é regenerado) → a soma das etapas dá o resultado líquido.

Exercícios

1. Completar: a fórmula do ozono é _____, uma molécula com _____ átomos de oxigénio. Na troposfera o ozono é um _____; na estratosfera forma a _____ que absorve a radiação _____.

2. Calcula a massa molar do O₃ e a quantidade de matéria em 96,0 g de ozono (M(O) = 16,0 g/mol).

3. Na formação do ozono: $3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{O}_3$ (energia UV). Indica a massa de O_3 obtida a partir de 96,0 g de O_2 e explica por que razão as massas coincidem.

4. Completar a comparação: o mesmo gás, o O_3 , é _____ na troposfera porque _____, e é _____ na estratosfera porque _____. Por isso fala-se em «bons e maus» ozonos.

5. Escreve as duas etapas da formação do ozono na estratosfera (fotodissociação do O_2 e formação do O_3) e indica em cada uma a fonte de energia ou o que se forma.

6. Completa o ciclo de destruição do ozono por um radical cloro e responde: $\text{Cl}\cdot + \text{O}_3 \rightarrow \text{_____} + \text{O}_2$ · $\text{ClO}\cdot + \text{O} \rightarrow \text{_____} + \text{O}_2$. Porque é que o $\text{Cl}\cdot$ não é consumido no processo?

7. Completar: um radical livre é uma espécie com _____ eletrões, o que o torna extremamente _____. Como se regenera ao fim de cada etapa, atua como _____ e destrói milhares de moléculas de ozono.

8. Ligar: associa cada espécie ao seu papel.

- a) O_3 na estratosfera — poluente das vias respiratórias
- b) O_3 na troposfera — absorve a radiação ultravioleta
- c) $Cl\cdot$ dos CFC na estratosfera — catalisador que destrói o ozono
- d) Radicais $NO\cdot$ no smog — componente do smog fotoquímico

9. Verdadeiro ou falso. Corrige as falsas.

- a) O ozono e o oxigénio são moléculas diferentes formadas pelo mesmo átomo. (V/F)
- b) A radiação ultravioleta é necessária para formar ozono na estratosfera. (V/F)
- c) Um radical livre é estável e pouco reativo, pelo que não altera o ozono. (V/F)
- d) No ciclo $Cl\cdot/ClO\cdot$ o radical cloro é regenerado na segunda etapa. (V/F)
- e) Reduzir o ozono da troposfera e proteger o ozono da estratosfera são objetivos contraditórios. (V/F)

10. Explica por que razão a destruição do ozono da estratosfera por radicais livres é particularmente preocupante, referindo o efeito da radiação ultravioleta sobre os seres vivos.

11. Calcula a massa de ozono correspondente a 0,500 mol e a massa de O_2 que a produziria, segundo $3 O_2 \rightarrow 2 O_3$.

12. Soma as duas etapas do ciclo do cloro (exercício 6) e escreve a reação líquida obtida. O que acontece à quantidade de $Cl\cdot$ ao fim de uma volta completa?

Soluções — Ozono e radicais livres

10.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

- Fórmula: O_3 , com **três** átomos. Na troposfera é um **poluente**; na estratosfera forma a **camada de ozono**, que absorve a radiação **ultravioleta (UV)**.
 - $M(O_3) = 3 \times 16,0 = 48,0 \text{ g/mol}$. Logo $n = 96,0 \div 48,0 = \mathbf{2,00 \text{ mol}}$ de O_3 .
 - A relação é $3 O_2 \leftrightarrow 2 O_3$; $n(O_2) = 96,0 \div 32,0 = 3,00 \text{ mol} \rightarrow n(O_3) = 2,00 \text{ mol} \rightarrow m = 2,00 \times 48,0 = 96,0 \text{ g}$. As massas coincidem porque **a reação apenas reorganiza átomos de oxigénio** — nenhum átomo é criado nem destruído, e por acaso $3 \times 32 = 2 \times 48 = 96$ (conservação da massa).
 - O O_3 é **indesejável/poluente** na troposfera porque **irrita as vias respiratórias e é tóxico**, e é **essencial/protetor** na estratosfera porque **absorve a radiação ultravioleta que prejudica os seres vivos**.
 - Etapas: $O_2 \xrightarrow{\text{radiação UV}} 2 O$ — a **energia ultravioleta** quebra a ligação do O_2 (fotodissociação). Etapa 2: $O + O_2 \rightarrow O_3$ — o átomo livre **combina-se** com uma molécula de O_2 , formando ozono.
 - Etapas: $Cl\cdot + O_3 \rightarrow ClO\cdot + O_2$, Etapa 2: $ClO\cdot + O \rightarrow Cl\cdot + O_2$. O $Cl\cdot$ **não é consumido: é regenerado** na segunda etapa — atua como **catalisador**, pelo que pode repetir o ciclo milhares de vezes.
 - Um radical livre tem **um (ou mais) eletrões despareados**, o que o torna extremamente **reativo**. Regenera-se ao fim de cada etapa e atua como **catalisador**.
 - a) O_3 estratosfera — **absorve a radiação ultravioleta**. b) O_3 troposfera — **poluente das vias respiratórias**. c) $Cl\cdot$ dos CFC — **catalisador que destrói o ozono**. d) $NO\cdot$ — **componente do smog fotoquímico**.
 - a) V — são allotropos: moléculas diferentes (O_2 e O_3) do mesmo elemento. b) V — é a energia UV que fotodissocia o O_2 e inicia a formação. c) F — o radical tem eletrões despareados, é altamente reativo, e é justamente isso que lhe permite atacar o O_3 . d) V — a segunda etapa devolve o $Cl\cdot$ ao meio. e) F — são complementares: reduzir o ozono do ar que se respira no solo e manter o ozono que protege na alta atmosfera são ambos desejáveis — tratam-se de camadas e funções diferentes.
 - O ozono da estratosfera é o que **absorve a radiação ultravioleta**. Se for destruído por radicais livres (CFC, $NO\cdot$), mais UV chega à superfície: aumenta o risco de **queimaduras, cataratas e danos no ADN** dos seres vivos e afeta ecossistemas (plâncton, colheitas). Como os radicais são **catalíticos**, quantidades mínimas de poluentes causam danos grandes e duradouros — daí a preocupação com a diminuição da camada de ozono.
 - $m = 0,500 \times 48,0 = 24,0 \text{ g}$ de O_3 . Para produzi-la, $n(O_2) = 3/2 \times n(O_3) = 0,750 \text{ mol}$, logo $m(O_2) = 0,750 \times 32,0 = 24,0 \text{ g}$ — de novo, a mesma massa: só há reorganização de átomos.
 - Soma: $Cl\cdot + O_3 + ClO\cdot + O \rightarrow ClO\cdot + O_2 + Cl\cdot + O_2$. Cancelando o $Cl\cdot$ e o $ClO\cdot$ (presentes dos dois lados): **reação líquida: $O_3 + O \rightarrow 2 O_2$** . Ao fim de uma volta a quantidade de $Cl\cdot$ **não diminui** — o radical fica **idêntico ao início**, pronto a destruir outra molécula de ozono: é a definição de **catalisador** e a razão de um único átomo destruir milhares de moléculas.
- Nota:** o tema tem duas ideias-guia: **onde** está o ozono (tropo = poluente · estrato = escudo) e **quem** o destrói (radicais livres regenerados = ação catalítica). Em cálculos, usa sempre $M(O_3) = 48,0 \text{ g/mol}$ e a relação $3 \leftrightarrow 2$ da equação equilibrada.