
KIT QUANTUM (Q)

Química Quântica:

Laboratório para alunos do ensino
fundamental

Manual do Professor



WOMEN SUPPORTING
WOMEN IN THE SCIENCES

Declaração de missão

A missão deste laboratório é ensinar alunos do ensino fundamental (idades entre 5 e 11 anos) sobre átomos por meio de actividades práticas.

Índice

1. Introdução aos kits de laboratório WS2	4
1.1. Informações sobre WS2	4
1.2. Usando o Guia.....	4
1.3. Vocabulário-chave.....	5
1.4. Pergunta-chave.....	6
1.5. Objectivo	6
1.6. Conceitos científicos fundamentais abordados	6
1.7. Habilidades práticas	6
2. Contexto dos Tópicos Principais	7
2.1. O Átomo.....	7
3. Resumo dos Experimentos.....	8
3.1. Lista de suprimentos.....	9
3.2. Informações de segurança	9
3.3. Pré-laboratório do professor.....	9
4. Experimentos.....	9
4.1. Parte I. Modelos Atômicos de Doces	10
4.1.1. Perguntas pré-actividade	10
4.1.2. Materiais.....	10
4.1.3. Procedimento e Análise (trabalho em grupos de 2 a 4)	10
4.1.4. Perguntas pós-actividade.....	11
5. Desafio de Extensão	12
5.1 Perguntas de extensão.....	13
5.2 Esboço de extensão.....	14

6. Fontes	15
7. Apêndice.....	15

1. Introdução aos kits de laboratório WS2

1.1. Informações sobre WS2

A Women Supporting Women in the Sciences (WS2), uma organização internacional que une e apoia mulheres de nível de pós-graduação e profissional e aliadas em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), recebeu um Fundo de Inovação da Sociedade Americana de Física (APS) em 2020 para formar equipes internacionais para projectar e distribuir kits de laboratório de física e ciência dos materiais de baixo custo para alunos do ensino fundamental e médio, predominantemente na África Oriental. Os kits de laboratório utilizaram recursos locais e incluíram tópicos especialmente relevantes para meninas, a fim de estimular seu interesse em disciplinas STEM. De 2020 a 2023, mais de 5.100 alunos da África Oriental em mais de 40 escolas se envolveram com nossos kits de laboratório, sendo 62% meninas.

A WS2 recebeu seu segundo Fundo de Inovação da APS em 2025 para apoiar outra Iniciativa de Kits de Laboratório, desta vez com foco em tópicos quânticos. Para mais informações sobre a WS2, visite nosso site em ws2global.org.

O WS2 é patrocinado pelo Fundo de Inovação da APS, pelo Fórum de Educação da APS, pelo Centro de Pesquisa em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Northwestern e pelo Departamento de Assuntos Estudantis Multiculturais da Universidade Northwestern. O WS2 é extremamente grato aos voluntários responsáveis pelo design do kit de laboratório pelo seu trabalho árduo e aos consultores externos (SciBridge e Projekt Inspire) pela orientação. O WS2 também agradece e reconhece o PhysicsQuest (<https://www.aps.org/initiatives/physics-education/physicsquest>) e o Quantum Explorations Student Toolbox (QuEST) pelos experimentos que serviram de base para o conteúdo do kit de laboratório.

1.2. Usando o Guia

Este manual deve ser utilizado pelo professor ou facilitador do kit de laboratório e possui conteúdo semelhante ao manual do aluno, mas pode conter material adicional, a saber: Conceitos Fundamentais de Ciências Abordados, Habilidades Práticas, Resumo de Experimentos, Pré-Laboratório do Professor e Solução de Problemas. Essas seções adicionais visam fornecer ao professor o conhecimento e a base essenciais para a implementação bem-sucedida deste kit de laboratório em sala de aula. Recomenda-se que os professores deste kit de laboratório leiam o guia do início ao fim para se familiarizarem com o conteúdo antes de ensinar o kit de laboratório aos alunos. Dúvidas sobre o conteúdo podem ser direcionadas a qualquer momento para

ws2global.org@gmail.com, usando o assunto "Dúvidas sobre o Conteúdo do Kit de Laboratório".

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

- Este kit de laboratório destina-se ao uso com alunos do ensino fundamental (idades entre 5 e 11 anos), mas, dependendo da formação educacional específica dos alunos, o conteúdo pode precisar ser modificado pelo professor para torná-lo mais simples ou mais complexo. O professor também é incentivado a abordar o conteúdo no ritmo que melhor se adapte aos alunos; alguns alunos mais jovens podem precisar de mais tempo e atenção do professor e/ou facilitador para analisar as questões e os experimentos, enquanto alunos mais velhos podem ser mais independentes e exigir menos atenção do professor e/ou facilitador. Portanto, o conteúdo abordado, a profundidade da abordagem e o ritmo ficam a critério do professor e/ou facilitador.
- O conteúdo deste manual de kit de laboratório pode não se adequar ao currículo específico da escola em que está sendo ensinado. Fica a critério do(s) facilitador(es) e do(s) professor(es) introduzir novos conteúdos ou pular determinadas seções que não sejam aplicáveis às suas salas de aula.
- Em certas áreas, pode ser necessário fazer modificações na lista de materiais, dependendo da disponibilidade de materiais na área específica em que o laboratório está sendo ministrado. Tentamos listar algumas alternativas na lista de materiais, mas entendemos que esta lista de alternativas não é exaustiva.
- Nos experimentos, os alunos são divididos em grupos de três a quatro. Se os materiais permitirem, os alunos podem ser divididos em grupos de dois.

1.3. Vocabulário-chave

- Átomo: a menor unidade de um elemento que ainda é esse elemento
- Elétron: partícula com carga negativa que forma uma "nuvem" ao redor do núcleo do átomo
- Núcleo: centro denso do átomo, constituído por nêutrons e prótons

1.4. Pergunta-chave

- Quais são as principais características do modelo atômico de Rutherford?
 - *Resposta: O modelo de Rutherford possui um núcleo denso com elétrons ao redor e contém muito espaço vazio. Este modelo foi criado após o famoso experimento da folha de ouro.*

1.5. Objectivo

O objectivo deste manual de laboratório é permitir que os alunos compreendam os átomos por meio da teoria e da demonstração. O manual apresenta aos alunos os modelos atômicos.

1.6. Conceitos científicos fundamentais abordados

Este kit de laboratório apresenta o tópico da química quântica, relevante para diversas áreas, incluindo física, química e biologia, para alunos do ensino fundamental. Especificamente, o kit de laboratório incentiva os alunos a pensar sobre o bloco de construção da matéria, o átomo, por meio de um modelo. Os alunos obterão as seguintes conclusões principais: (1) modelos atômicos construídos uns sobre os outros, com o modelo actual descrevendo átomos como tendo um núcleo denso com prótons, nêutrons e elétrons em orbitais.

1.7. Habilidades práticas

- Os alunos compreenderão a estrutura do bloco de construção básico da matéria, o átomo, que forma tudo ao nosso redor.
- Os alunos ganharão experiência contando e montando itens em um modelo de outra coisa.

2. Contexto dos Tópicos Principais

2.1. O Átomo

O átomo é o bloco de construção básico da matéria, compondo tudo ao nosso redor. Os átomos são essencialmente a menor unidade de um elemento (exemplos de elementos são carbono, níquel, alumínio e hidrogênio) que ainda é esse elemento. Os átomos são incrivelmente pequenos e não podem ser vistos a olho nu, mas são extremamente importantes. Os átomos determinam o funcionamento das coisas, desde as cadeiras de metal em que nos sentamos até o ar que respiramos. A partir do século XIX, os cientistas tentaram descrever o átomo. Em 1808, John Dalton propôs que os átomos eram esferas sólidas, pequenas e indivisíveis. J. J. Thomson baseou-se nesse modelo e, em 1904, propôs o modelo do "pudim de ameixa", que descrevia o átomo como uma esfera de carga positiva com elétrons negativamente incorporados, como ameixas encontradas dentro de um pudim (semelhante a mirtilos ou outros pedaços de fruta dentro de um bolo ou muffin), e essas cargas opostas se igualam. Os elétrons, que são extremamente leves, desempenham um papel fundamental na forma como as reações químicas ocorrem e também são os transportadores que fluem na electricidade.

O conceito de núcleo atômico surgiu em 1911, quando Ernest Rutherford descreveu átomos com um meio denso que contém carga positiva, o chamado núcleo. Os elétrons então se movem ao redor do núcleo e o átomo consiste em muito espaço vazio (Figura 1). Rutherford chegou a essa descrição após realizar o que ficou famoso como o "experimento da folha de ouro" (veja a Figura 2). Rutherford e sua equipe miraram partículas em uma fina folha de ouro. Rutherford pensou que essas partículas passariam directamente pela folha. A maioria dessas partículas passava pela folha, mas ocasionalmente, algumas ricocheteavam. Essa foi uma descoberta notável e levou à

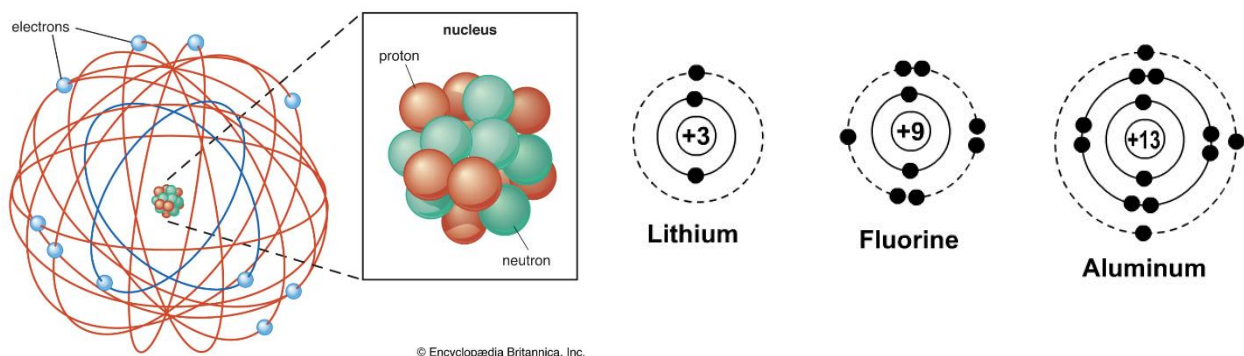


Figura 1. No modelo atômico de Rutherford (à esquerda), o núcleo é uma densa concentração de massa no centro do átomo e há muito espaço vazio. No modelo atômico de Bohr (à direita), os elétrons orbitam o núcleo com órbitas de tamanhos e energias bem definidos. Esta foto, de autor desconhecido, está licenciada sob CC BY-SA-NC.

famosa citação de Rutherford: "Era quase tão incrível como se você disparasse uma bala de 15 polegadas em um pedaço de papel de seda e ela voltasse e atingisse você". Essa descoberta levou Rutherford a concluir que os átomos têm um núcleo denso onde a maior parte de sua massa está concentrada. Agora descrevemos o núcleo como contendo tanto prótons, que são partículas carregadas positivamente que definem a identidade de um elemento, quanto nêutrons, que são partículas sem carga e com massa semelhante à dos prótons. Para efeito de comparação, prótons e nêutrons são cerca de 2.000 vezes mais pesados que os elétrons.

Melhorias no modo do átomo diziam respeito aos elétrons. Em 1913, Niels Bohr afirmou que os elétrons orbitam o núcleo (da mesma forma que os planetas orbitam o Sol), e que as órbitas bem definidas têm tamanhos e energias específicos (ver Figura 1), mas isso foi posteriormente aprimorado por Erwin Schrödinger em 1926, que afirmou que os elétrons são encontrados em nuvens, ou orbitais, ao redor do núcleo, que contém prótons e nêutrons. Os orbitais dos elétrons são áreas com alta probabilidade de conter elétrons. Este modelo do átomo, conhecido como modelo da mecânica quântica, é como ainda descrevemos os átomos hoje.

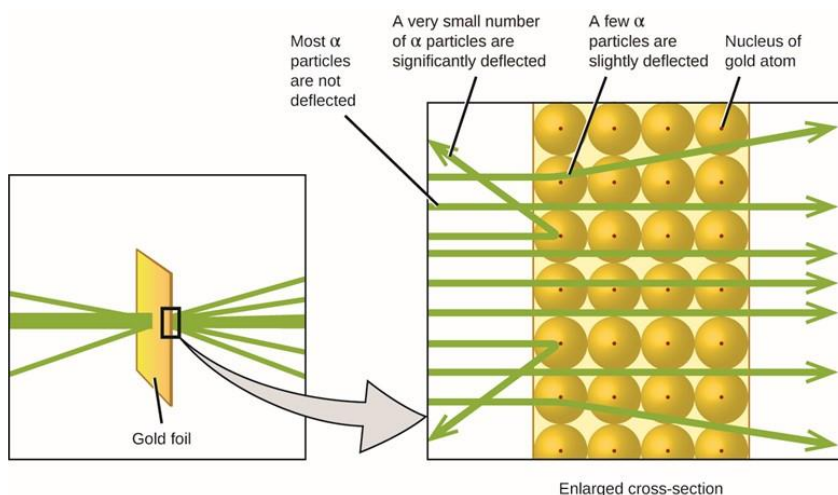


Figura 2. Esquema experimental com folha de ouro. A maioria das partículas alfa atravessou a folha de ouro, mas um número muito pequeno é desviado ao atingir o núcleo denso. Esta foto, de autor desconhecido, está licenciada sob CC BY-SA-NC.

3. Resumo dos Experimentos

Este kit de laboratório consiste em uma actividade e um desafio de extensão para compreender conceitos relacionados à química quântica. Esta investigação começará fornecendo informações relevantes sobre átomos antes de modelar e demonstrar fenômenos-chave. Os objectivos da actividade e do desafio são os seguintes:

Parte I: Modelar o átomo usando um doce que exiba um núcleo denso de prótons, nêutrons e elétrons ao redor do núcleo.

Desafio de Extensão: Modelar um átomo adicional à escolha do aluno.

3.1. Lista de suprimentos

- Balas esféricas de três cores (ou bolas de papel alumínio comprimido de três cores)
- Palitos de dente
- Barbante escuro (ou limpadores de cachimbo)
- Papel
- Marcador

3.2. Informações de segurança

Antes de os alunos iniciarem o laboratório, leve em consideração as seguintes questões de segurança:

- Os alunos não devem comer ou provar os itens durante os experimentos.

3.3. Pré-laboratório do professor

Os professores podem organizar os materiais para os experimentos e actividades com antecedência. Para cada aluno ou grupo de 2 a 4 alunos, os materiais necessários são: balas esféricas de três cores (pelo menos 8 por grupo) (ou bolas de papel alumínio/papel comprimido de três cores), vários palitos de dente, um pedaço de barbante escuro (aproximadamente ~0,5 m) (ou ~4 a 5 limpadores de cachimbo), papel (pelo menos 2 pedaços) e uma caneta ou lápis.

4. Experimentos

Nota para professores:

Incentive a discussão aberta e as perguntas da turma ao apresentar os experimentos.

4.1. Parte I. Modelos Atômicos de Doces

4.1.1. Perguntas pré-atividade

1. Quais partículas são encontradas no centro do átomo (núcleo)?
 - a. Resposta: Prótons (carregados positivamente) e nêutrons (sem carga).
2. Quais partículas circundam o núcleo?
 - a. Resposta: Elétrons (carregados negativamente).
3. Quais são as principais características do modelo de Rutherford do átomo?
 - a. Resposta: Núcleo denso no centro do átomo e elétrons que circundam o núcleo. O átomo é composto principalmente de espaço vazio.

4.1.2. Materiais

- Balas esféricas de três cores (ou bolinhas de papel alumínio/papel comprimido de três cores) (pelo menos 8 de cada por grupo)
- Palitos de dente
- Barbante escuro (ou limpadores de cachimbo)
- Papel
- Caneta hidrográfica

4.1.3. Procedimento e Análise (trabalho em grupos de 2 a 4)

1. Separe doces de cores diferentes (ou crie bolas de papel/alumínio com três cores diferentes).
2. Selecione 8 doces de duas cores cada e use palitos de dente para uni-los formando um núcleo compacto. Coloque esse núcleo sobre um pedaço de papel.
 - a. O que esses dois doces representam? Identifique isso no papel.
 - i. Resposta: Prótons e nêutrons.
3. Use dois pedaços de barbante escuro (ou limpadores de cachimbo) e desenhe círculos concêntricos ao redor do núcleo.
 - a. O que esses círculos representam? Identifique isso no papel.
 - i. Resposta: Órbitas ou orbitais.

4. Selecione 8 balas da cor restante e coloque-as nos círculos concêntricos.
 - a. O que esses doces representam? Identifique isso no papel.
 - i. Resposta: Elétrons.
5. Agora, coloque 2 balas no círculo interno e 6 no círculo externo. Isso representa como os elétrons preenchem os orbitais mais externos deste elemento (o primeiro nível contém 2 elétrons e o segundo nível contém 6 elétrons, embora possa conter até 8 elétrons no total). Veja a Figura 3 para um exemplo do modelo do átomo de bala.



Figura 3. Exemplo do modelo do átomo de doce com o núcleo densamente compactado e as órbitas dos elétrons.

4.1.4. Perguntas pós-actividade

1. Qual elemento você modelou nesta actividade? Dica: para descobrir, conte o número de prótons e, em seguida, vá até a tabela periódica (veja o Apêndice) e encontre o elemento que possui esse número de prótons (ele estará marcado com um oito!)
 - a. Resposta: Oxigênio. O oxigênio tem 8 prótons, e sabemos disso pela tabela periódica, que mostra que o número atômico do oxigênio é 8.

2. Este átomo estava carregado nesta actividade? Dica: para descobrir, conte o número de prótons e o número de elétrons no seu átomo. Eles são iguais? Se sim, o átomo é neutro, o que significa que não tem carga. Se forem diferentes, o átomo está carregado.
- a. *Resposta:* Não, o átomo não estava carregado. Isso ocorre porque o número de cargas positivas (prótons) é igual ao número de cargas negativas (elétrons).
 - b. Pergunta complementar: Como você imaginaria tornar este átomo carregado?
 - i. *Resposta:* Se removêssemos ou adicionássemos um elétron, o átomo de oxigênio ficaria carregado. Se removêssemos um elétron, o átomo ficaria carregado positivamente, e se adicionássemos um elétron, o átomo ficaria carregado negativamente. Não que o átomo não seria oxigênio se alterássemos o número de prótons. Lembre-se de que o número de prótons determina qual elemento temos.
3. Quais melhorias adicionais você poderia fazer em seu modelo para representar um átomo de forma mais realista? Considere os outros modelos atômicos que seguiram Rutherford. Experimente essas melhorias e registre suas observações.
- a. *Resposta:* Incentive a criatividade dos alunos. Algumas opções possíveis: (1) Poderíamos tentar representar o modelo da mecânica quântica com nuvens de elétrons. Talvez pudéssemos usar algodão em vez de círculos planos neste caso. Pedacos de algodão representariam orbitais e a natureza probabilística da descoberta de elétrons. (2) Também poderíamos representar melhor os tamanhos das partículas subatômicas. Os elétrons são muito menores que os prótons ou nêutrons, então poderíamos usar um doce muito menor para representá-los.

5. Desafio de Extensão

O Desafio: Criar outro átomo de um elemento diferente

Vimos na demonstração anterior que o número de prótons determina o elemento que temos. Selecione outro elemento da tabela periódica nas duas primeiras linhas e tente modelá-lo com seus doces! Alguns pontos importantes para lembrar: para este modelo,

o número de nêutrons será igual ao número de prótons em seu núcleo, um átomo neutro contém o mesmo número de elétrons e prótons, e o primeiro orbital eletrônico (círculo) pode conter 2 elétrons e o segundo orbital eletrônico (círculo) pode conter 8 elétrons.

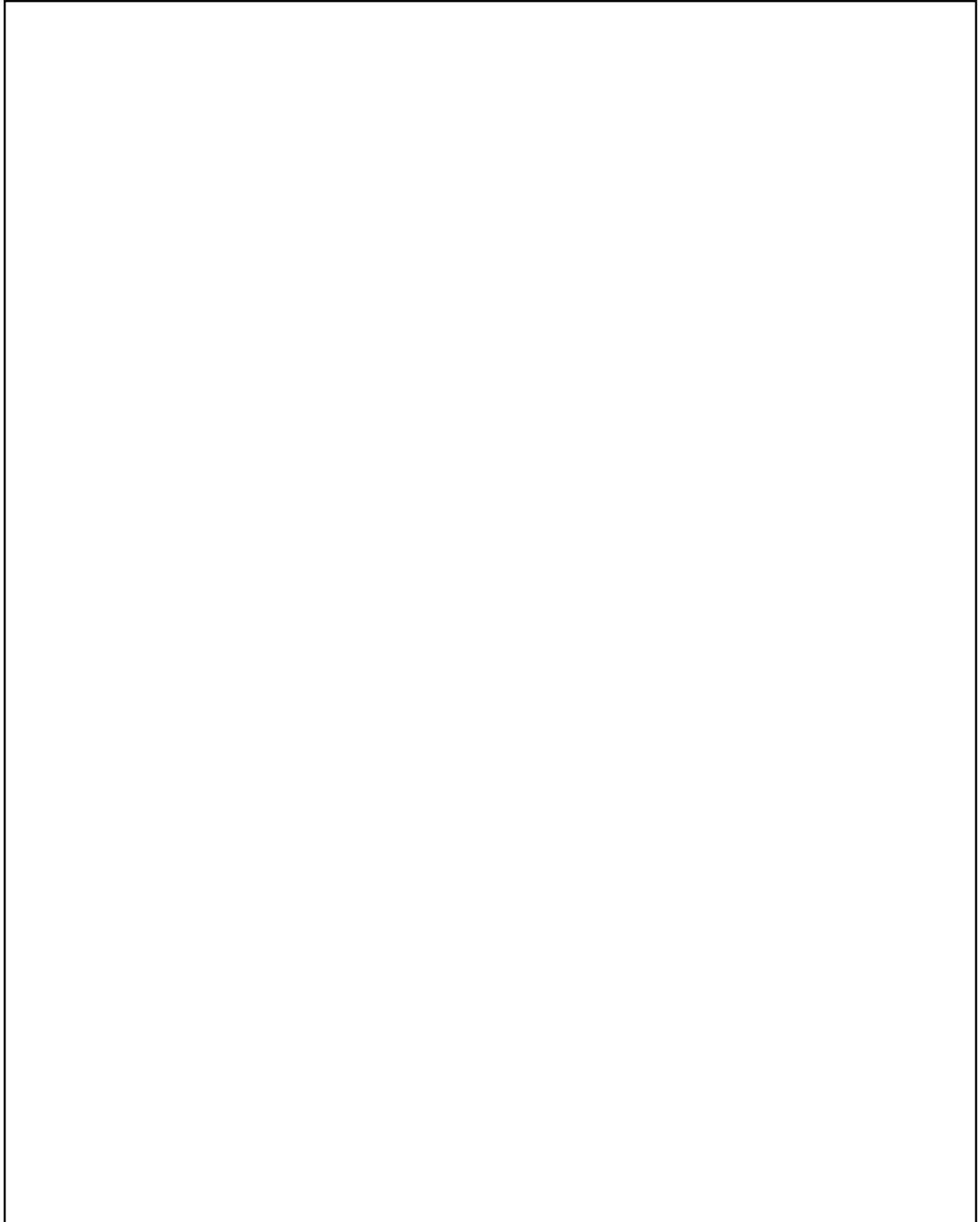
5.1 Perguntas de extensão

1. Qual átomo você escolheu para modelar?
2. Quantos prótons e nêutrons você precisa?
3. Quantos elétrons você precisa? Onde eles ficarão nos seus dois orbitais?

Observação para os professores: As respostas acima serão únicas para cada aluno. Incentive o aluno a folhear a tabela periódica para escolher um elemento para modelar (idealmente, entre os 10 primeiros elementos). O número de prótons e nêutrons será o mesmo e depende do número atômico. O número de elétrons também será o mesmo que o número de prótons em um átomo neutro. Os orbitais serão preenchidos de dentro para fora. 2 elétrons podem entrar no primeiro e até 8 no segundo.

5.2 Esboço de extensão

Esboce o modelo do seu átomo e tente criá-lo com seus doces!



6. Fontes

Átomos e modelos atômicos:

<https://medium.com/@Intlink.edu/a-timeline-of-atomic-models-cb2607b1da85>

7. Apêndice

PERIODIC TABLE
Atomic Properties of the Elements

NIST
National Institute of
Standards and Technology
U.S. Department of Commerce

Physical Measurement Laboratory
www.nist.gov/pml

Standard Reference Data
www.nist.gov/srd

Frequently used fundamental physical constants

For the most accurate values of these and other constants, visit physics.nist.gov/constants

1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of ¹³³Cs

speed of light in vacuum	<i>c</i>	299 792 458 m s ⁻¹	(exact)
Planck constant	<i>h</i>	6.626 07 × 10 ⁻³⁴ J s	(<i>h</i> = <i>h</i> /2π)
elementary charge	<i>e</i>	1.602 177 × 10 ⁻¹⁹ C	
electron mass	<i>m_e</i>	9.109 38 × 10 ⁻³¹ kg	
proton mass	<i>m_p</i>	1.672 622 × 10 ⁻²⁷ kg	
fine-structure constant	<i>α</i>	1/137.035 999	
Rydberg constant	<i>R_∞</i>	10 973 731.569 m ⁻¹	
<i>R_{∞c}</i>		3.289 841 960 × 10 ¹⁵ Hz	
<i>R_{∞hc}</i>		13.605 69 eV	
Boltzmann constant	<i>k</i>	1.380 6 × 10 ⁻²³ J K ⁻¹	

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
IA	IIA		IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	VIII			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	¹ H Hydrogen 1.008 1s																		² He Helium 4.002602 1s ²
2	³ Li Lithium 6.94 1s ² 2s ¹	⁴ Be Beryllium 9.0121831 1s ² 2s ²											⁵ B Boron 10.81 1s ² 2s ² 2p ¹	⁶ C Carbon 12.011 1s ² 2s ² 2p ²	⁷ N Nitrogen 14.007 1s ² 2s ² 2p ³	⁸ O Oxygen 15.999 1s ² 2s ² 2p ⁴	⁹ F Fluorine 18.99840316 1s ² 2s ² 2p ⁵	¹⁰ Ne Neon 20.1797 1s ² 2s ² 2p ⁶	
3	¹¹ Na Sodium 22.98976928 (Ne)3s ¹	¹² Mg Magnesium 24.305 (Ne)3s ²											¹³ Al Aluminum 26.9815385 (Ne)3s ² 3p ¹	¹⁴ Si Silicon 28.0855 (Ne)3s ² 3p ²	¹⁵ P Phosphorus 30.97376200 (Ne)3s ² 3p ³	¹⁶ S Sulfur 32.06 (Ne)3s ² 3p ⁴	¹⁷ Cl Chlorine 35.448 (Ne)3s ² 3p ⁵	¹⁸ Ar Argon 39.948 (Ne)3s ² 3p ⁶	
4	¹⁹ K Potassium 39.0983 (Ar)4s ¹	²⁰ Ca Calcium 40.078 (Ar)4s ²	²¹ Sc Scandium 44.955908 (Ar)3d ¹ 4s ²	²² Ti Titanium 47.867 (Ar)3d ² 4s ²	²³ V Vanadium 50.9415 (Ar)3d ³ 4s ²	²⁴ Cr Chromium 51.9961 (Ar)3d ⁵ 4s ¹	²⁵ Mn Manganese 54.938044 (Ar)3d ⁵ 4s ²	²⁶ Fe Iron 55.845 (Ar)3d ⁶ 4s ²	²⁷ Co Cobalt 58.933194 (Ar)3d ⁷ 4s ²	²⁸ Ni Nickel 58.9334 (Ar)3d ⁸ 4s ²	²⁹ Cu Copper 63.546 (Ar)3d ¹⁰ 4s ¹	³⁰ Zn Zinc 65.38 (Ar)3d ¹⁰ 4s ²	³¹ Ga Gallium 69.723 (Ar)3d ¹⁰ 4s ¹ 4p ¹	³² Ge Germanium 72.630 (Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	³³ As Arsenic 74.921595 (Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	³⁴ Se Selenium 78.9718 (Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	³⁵ Br Bromine 79.904 (Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	³⁶ Kr Krypton 83.798 (Ar)3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	
5	³⁷ Rb Rubidium 85.4678 (Kr)5s ¹	³⁸ Sr Strontium 87.62 (Kr)5s ²	³⁹ Y Yttrium 88.90584 (Kr)4d ¹ 5s ²	⁴⁰ Zr Zirconium 91.224 (Kr)4d ² 5s ²	⁴¹ Nb Niobium 92.90637 (Kr)4d ⁴ 5s ¹	⁴² Mo Molybdenum 95.96 (Kr)4d ⁵ 5s ¹	⁴³ Tc Technetium (98) (Kr)4d ⁵ 5s ²	⁴⁴ Ru Ruthenium 101.07 (Kr)4d ⁷ 5s ¹	⁴⁵ Rh Rhodium 102.90550 (Kr)4d ⁸ 5s ¹	⁴⁶ Pd Palladium 106.42 (Kr)4d ¹⁰	⁴⁷ Ag Silver 107.8682 (Kr)4d ¹⁰ 5s ¹	⁴⁸ Cd Cadmium 112.414 (Kr)4d ¹⁰ 5s ²	⁴⁹ In Indium 114.818 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	⁵⁰ Sn Tin 118.710 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	⁵¹ Sb Antimony 121.760 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	⁵² Te Tellurium 127.60 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	⁵³ I Iodine 126.90447 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	⁵⁴ Xe Xenon 131.29 (Kr)4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶	
6	⁵⁵ Cs Cesium 132.9054520 (Xe)6s ¹	⁵⁶ Ba Barium 137.327 (Xe)6s ²	⁷² Hf Hafnium 178.49 (Xe)4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	⁷³ Ta Tantalum 180.94788 (Xe)4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	⁷⁴ W Tungsten 183.84 (Xe)4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	⁷⁵ Re Rhenium 186.207 (Xe)4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	⁷⁶ Os Osmium 190.23 (Xe)4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	⁷⁷ Ir Iridium 192.222 (Xe)4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	⁷⁸ Pt Platinum 195.084 (Xe)4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	⁷⁹ Au Gold 196.966569 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	⁸⁰ Hg Mercury 200.592 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	⁸¹ Tl Thallium 204.38 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	⁸² Pb Lead 207.2 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	⁸³ Bi Bismuth 208.98040 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	⁸⁴ Po Polonium (209) (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	⁸⁵ At Astatine (210) (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	⁸⁶ Rn Radon (222) (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶		
7	⁸⁷ Fr Francium (223) (Rn)7s ¹	⁸⁸ Ra Radium (226) (Rn)7s ²	¹⁰⁴ Rf Rutherfordium (261) (Rn)5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	¹⁰⁵ Db Dubnium (268) (Rn)5f ¹⁴ 6d ³ 7s ²	¹⁰⁶ Sg Seaborgium (271) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ²	¹⁰⁷ Bh Bohrium (272) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ²	¹⁰⁸ Hs Hassium (270) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ²	¹⁰⁹ Mt Meitnerium (276) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ²	¹¹⁰ Ds Darmstadtium (281) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ²	¹¹¹ Rg Roentgenium (280) (Rn)5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ²	¹¹² Cn Copernicium (285) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ²	¹¹³ Uut Ununtrium (284) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹	¹¹⁴ Fl Flerovium (289) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ²	¹¹⁵ Uup Ununpentium (293) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³	¹¹⁶ Lv Livermorium (293) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴	¹¹⁷ Uus Ununseptium (294) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵	¹¹⁸ Uuo Ununoctium (294) (Rn)5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶		
			Lanthanides	⁵⁷ La Lanthanum 138.90547 (Xe)5d ¹ 6s ²	⁵⁸ Ce Cerium 140.116 (Xe)4f ¹ 5d ¹ 6s ²	⁵⁹ Pr Praseodymium 140.907 (Xe)4f ² 6s ²	⁶⁰ Nd Neodymium 144.242 (Xe)4f ³ 6s ²	⁶¹ Pm Promethium (145) (Xe)4f ⁴ 6s ²	⁶² Sm Samarium 150.36 (Xe)4f ⁶ 6s ²	⁶³ Eu Europium 151.964 (Xe)4f ⁷ 6s ²	⁶⁴ Gd Gadolinium 157.25 (Xe)4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	⁶⁵ Tb Terbium 158.92535 (Xe)4f ⁹ 6s ²	⁶⁶ Dy Dysprosium 162.500 (Xe)4f ¹⁰ 6s ²	⁶⁷ Ho Holmium 164.93033 (Xe)4f ¹¹ 6s ²	⁶⁸ Er Erbium 167.259 (Xe)4f ¹² 6s ²	⁶⁹ Tm Thulium 168.93422 (Xe)4f ¹³ 6s ²	⁷⁰ Yb Ytterbium 173.054 (Xe)4f ¹⁴ 6s ²	⁷¹ Lu Lutetium 174.967 (Xe)4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	
			Actinides	⁸⁹ Ac Actinium (227) (Rn)5f ⁷ 7s ²	⁹⁰ Th Thorium 232.0377 (Rn)6d ² 7s ²	⁹¹ Pa Protactinium 231.03588 (Rn)5f ² 7s ²	⁹² U Uranium 238.02891 (Rn)5f ³ 7s ²	⁹³ Np Neptunium (237) (Rn)5f ⁴ 7s ²	⁹⁴ Pu Plutonium (244) (Rn)5f ⁶ 7s ²	⁹⁵ Am Americium (243) (Rn)5f ⁷ 7s ²	⁹⁶ Cm Curium (247) (Rn)5f ⁸ 7s ²	⁹⁷ Bk Berkelium (247) (Rn)5f ⁹ 7s ²	⁹⁸ Cf Californium (251) (Rn)5f ¹⁰ 7s ²	⁹⁹ Es Einsteinium (252) (Rn)5f ¹¹ 7s ²	¹⁰⁰ Fm Fermium (257) (Rn)5f ¹² 7s ²	¹⁰¹ Md Mendelevium (258) (Rn)5f ¹³ 7s ²	¹⁰² No Nobelium (259) (Rn)5f ¹⁴ 7s ²	¹⁰³ Lr Lawrencium (262) (Rn)5f ¹⁴ 7p ¹ 7d ¹	

Legend:
■ Solids
■ Liquids
■ Gases
■ Artificially Prepared

Example Element: Cerium (Ce)
 Atomic Number: 58
 Ground-state Level: ¹G₄
 Symbol: Ce
 Name: Cerium
 Standard Atomic Weight: 140.116
 Ionization Energy (eV): 5.5386
 Ground-state Configuration: [Xe]4f¹5d¹6s²

*Based upon ¹²C. (I) indicates the mass number of the longest-lived isotope. *IUPAC conventional atomic weights; standard atomic weights for these elements are expressed in intervals; see purl.org for an explanation and values. For a description of the data, visit physics.nist.gov/data NIST SP 966 (September 2014)

Esta foto de autor desconhecido está licenciada sob CC BY-SA