

A QUÍMICA DO INVISÍVEL

Professoras das disciplinas de Química, Filosofia e Biologia discutem e apresentam uma proposta de atividade interdisciplinar sobre o documentário

A Química do Invisível, que mostra como os químicos vêm e representam os elementos químicos e as suas ligações e como essa visualização é essencial para a criação de novos compostos.

CONSULTORES

Professora Mônica M. G. Torkomian – Matemática
Professor Joanes Leonel de Souza - Física
Professor Helio Alberto Bellintani - Química

TÍTULO DO PROJETO

Ordem de grandeza: do invisível ao inimaginável

❖ MATERIAL NECESSÁRIO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE:

- Béquer ou qualquer outro recipiente de vidro
- Água potável
- Pipeta graduada (25 mL)
- cubo de vidro, acrílico ou outro material que possa ser cheio com água
- Uma garrafa de água mineral contendo 1 litro desse líquido
- papel
- lápis
- borracha
- barbante e tesoura
- cópias dos textos sugeridos e das questões
- se possível, computador com acesso a internet

❖ PRINCIPAIS CONCEITOS QUE SERÃO TRABALHADOS EM CADA DISCIPLINA

➔ QUÍMICA

- Conceito de mol
- Massa e volume de uma molécula

➔ MATEMÁTICA

- Ordem de grandeza
- Potências de dez
- Estimativas

➔ FÍSICA

- corpo extenso e ponto material
- referencial, repouso e movimento
- posição, deslocamento, velocidade, aceleração
- movimento uniforme
- representação gráfica do movimento uniforme
- noções intuitivas de medidas de tempo, comprimento, massa e demais extensões.

❖ DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Principais etapas e estratégias para trabalho interdisciplinar sugerido

Nossa atividade baseia-se no pressuposto de que nosso cérebro nos permite entender um mundo de objetos de porte médio movendo-se em três dimensões com velocidades moderadas. Somos mal equipados para compreender o “muito pequeno” (e neste contexto, invisível) e o “muito grande” (neste contexto, inimaginável), coisas cuja duração se mede em picossegundos ou gigaaños, partículas que não têm posição, forças e campos que não podemos ver ou tocar. Julgamos a Física e a Química complicadas porque temos dificuldade de entendê-las e porque os livros de Física e de Química estão repletos de Matemática difícil. E, no entanto, os objetos que os físicos e os químicos estudam são basicamente objetos simples: nuvens de gás, partículas diminutas ou agregados de matéria uniforme como os cristais, com padrões atômicos repetidos quase infinitamente. Mesmo objetos físicos muito grandes, como as estrelas, têm um conjunto razoavelmente limitado de componentes, arranjados mais ou menos acidentalmente. O comportamento dos objetos físicos, não biológicos, é tão simples que é possível descrevê-lo com a linguagem matemática à nossa disposição, razão pela qual os livros de Física e de Química estão cheios de matemática.

Nossa atividade interdisciplinar envolvendo as disciplinas, Matemática, Física e Química, tem a pretensão de sair do lugar comum na forma de ensinar “ordem de grandeza” no Ensino Médio.

1ª Etapa: Aquecimento, ordem de grandeza, notação científica

A) **Aquecimento e debate:** toda a classe junta, se possível com as carteiras dispostas em roda.

O professor de matemática começa a atividade com uma conversa com os alunos, em relação a quantos são os números. Diante da esperada resposta – infinitos – pode questionar sobre a necessidade ou não de infinitos números para quantificar nosso mundo físico. Algumas perguntas provocativas podem motivar os alunos para o debate: “se não há necessidade de infinitos números por que eles foram ‘inventados’?”; “se há necessidade, como se faz para operar com eles, ou mesmo, falar destes números?”; “os números que usamos para quantificar nossa realidade são os mesmos que nossos ancestrais usaram?”.

Pode pedir para os alunos relacionarem unidades de medidas não clássicas às quais têm sido expostos, como por exemplo: gigabyte, nanossegundo, micrometro, ano-luz. Encaminhar a conversa para os rumos do conhecimento humano, que transpõe o que é sensível e tangível a fim de melhor conhecê-lo.

B) Potências de dez e ordem de grandeza

O professor pode comentar que muitas vezes não precisamos saber uma medida exata ou o número de elementos exatos que constituem um conjunto, mas apenas sua ordem de grandeza, ou seja, a **potência de dez, mais próxima do valor encontrado para a grandeza**.

Com a classe organizada em grupos de 4, pedir que os alunos leiam o texto abaixo, adaptado de um artigo de Luiz Barco, na revista “Superinteressante”:

VOCÊ SABE ESCREVER UM BILHÃO?

Luiz Barco (adaptado)

Ouvi recentemente um jovem pai repreendendo seu filho traquinas: “Eu já não disse um bilhão de vezes que não é para mexer nas coisas?” É

possível que trinta anos antes, o avô daquela criança repreendesse o pai, então criança também, com igual força: “Eu já disse um milhão de vezes...”. Ambos exageraram, é claro. Mesmo que admoestasse o filho sessenta vezes por dia o avô levaria mais de 45 anos para falar um milhão de vezes.

(...)

O fato é que milhão, bilhão, trilhão são expressões que entraram para o nosso dia-a-dia. A gente fala e muitos nem se dão conta do que estão dizendo.

(...)

Para escrever números deste tipo os cientistas escrevem o número como potência de 10. Assim, 100 é resultado da multiplicação de 10 por 10, ou seja, 10^2 ; 1000 é o resultado da multiplicação de 10 por 10 por 10, ou seja, 10^3 , e assim por diante. Observe que o expoente da potência é o número de zeros que acompanham o 1.

(...)

Além dessa clareza, a notação exponencial tem outra vantagem: ela é muito prática para fazer multiplicações de números muito grandes. Por exemplo: 1.000.000.000 multiplicado por 10.000 dá um número imenso, 10.000.000.000.000. Usando a notação exponencial, podemos escrever: $10^9 \times 10^4$ que é igual a 10^{13} . Observe que na multiplicação de duas potências que têm a mesma base, basta repetir a base e somar os expoentes.

O astrônomo americano Carl Sagan escreveu num artigo: “Se numa galáxia existem em média 10^{11} estrelas e se existem 10^{11} galáxias no Universo, então temos 10^{22} estrelas”. Agora, façam as atividades propostas, em grupos: **(respostas em vermelho)**

1) Complete a tabela abaixo, que relaciona o nome dos números, com a notação decimal e a notação científica:

Um	1	10^0
Mil	1.000	10^3
Milhão	1.000.000	10^6
Bilhão	1.000.000.000	10^9
trilhão	1.000.000.000.000	10^{12}
Quatrilhão	1.000.000.000.000.000	10^{15}
Quintilhão	1.000.000.000.000.000.000	10^{18}
Sextilhão	1.000.000.000.000.000.000.000	10^{21}
Sextilhão	1.000.000.000.000.000.000.000.000	10^{24}
décimo	0,1	10^{-1}
Centésimo	0,01	10^{-2}
milésimo	0,001	10^{-3}
micro	0,000001	10^{-6}

2) Voltem ao primeiro parágrafo do texto e calculem quantos anos levaria o pai do menino para dizer um bilhão de vezes para seu filho que “não é para mexer nas coisas”. Considere, como o

autor, que ele falasse isso sessenta vezes por dia (que já é uma enormidade!!!) **aproximadamente 460.000 anos**

3) Discutam e procurem alguns exemplos reais de coisas que sejam contadas e medidas na ordem dos bilhões. **População humana da Terra, por exemplo**

4) A facilidade de aumentar os números apenas somando alguns números ao expoente de uma potência de dez, faz com que se perca a noção de como este aumento se dá. Para melhorar esta percepção, cortem barbantes de 10^0 m, 10^{-1} m (10 centímetros), 10^{-2} m (1 centímetro), 10^1 m, e coloque-os lado a lado, percebendo, fisicamente, o que acontece com os comprimentos ao se aumentar (ou diminuir) uma unidade no expoente da potência de dez.

Se for possível, o professor pode pedir que os alunos acessem o site <http://micro.magnet.fsa.edu/primer/java/scienceopticsu/powerof10/index.html> onde há uma bela série de fotos relacionando comprimentos que aumentam e diminuem da mesma forma.

5) Vamos agora fazer algumas estimativas de distâncias. Para isso, muitas vezes é útil conhecer algumas medidas de nosso corpo (ou de objetos comuns que possam ser usados como referência e comparação).

Efetuem as seguintes medições, completando a tabela (todos os integrantes do grupo devem ter suas medidas anotadas).

Palmo	
Altura	
Passo	
Outro objeto útil (qual?)	

Usando alguma destas medições e os barbantes cortados estimem e expliquem o raciocínio usado:

- qual o comprimento e a largura de sua sala de aula? (sugestão: atravessem a sala contando seus passos)
- qual é a altura dela?
- quanto mede um quarteirão?
- quantos passos precisamos dar para percorrer 1 quilômetro?
- quantas folhas precisam ser empilhadas para a pilha ter 1 centímetro de altura?
- quantas pessoas “cabem”, aglomeradas, numa área de 100 metros quadrados? (sugestão: desenhem com giz, no chão, um quadrado de 1 metro quadrado, ou seja, com lados de 1m. Usem os colegas para testar quantos de vocês conseguem se “aglomerar” nesta área)

C) Desafios

Para enfatizar o poder desta notação e também a dificuldade de imaginar/estimar números muito grandes, o professor pode propor alguns desafios aos grupos. Pode ser interessante pedir que eles, primeiro, “chutem” um valor, em notação científica, para depois confrontarem com cálculos ou pesquisas.

1) Sabendo que em 1 cm^3 cabem aproximadamente 20 gotas de água, quantas gotas caberiam numa banheira? **(primeiro é necessário estimar as dimensões da banheira. Digamos que ela tenha**

180 cm x 70 cm x 50 cm. Seu volume seria $6,3 \times 10^5 \text{ cm}^3$. Então, a ordem de grandeza do número de gotas na banheira é 10^7 , ou 10 milhões de gotas)

2) Se medíssemos a superfície do globo terrestre em milímetros quadrados, qual seria a ordem de grandeza desta medida? Dica: um apartamento bom tem 10^8 mm^2 de área. **A superfície do globo terrestre é de $5 \times 10^{20} \text{ mm}^2$.**

3) Quanto tempo equivale a um milhão de segundos? E a um bilhão de segundos? **(o resultado é muito interessante para ilustrar toda esta discussão: um milhão de segundos são aproximadamente 11 dias e meio, e 1 bilhão de segundos são 32 anos!!!)**

2ª Etapa: Exibição do vídeo

Em seguida os professores de Matemática e de Química, juntos, exibirão o vídeo, “A Química do invisível”, e pedirão que os alunos respondam, oralmente, às seguintes questões:

- qual a relação entre a discussão anterior e o vídeo?
- qual a necessidade de lidar com o que é invisível ou com o que é inimaginável?
- quais as dificuldades de lidar com estas ordens de grandeza?

A partir do que for respondido, o professor de química poderá dar seqüência, analisando mais detidamente o “muito pequeno” e o “muito grande”.

3ª Etapa: A Química do inimaginável (o “muito grande”)

Nesta etapa, o professor de Química entregará uma cópia do texto abaixo para cada um de seus alunos e pedirá que após leitura atenta do mesmo, respondam às questões abaixo.

A ÁGUA NOSSA DE CADA DIA

Helio A. Bellintani

A hidrosfera é o envoltório descontínuo de água – doce, salgada e sólida – da superfície da Terra. Compreende os oceanos e seus mares e golfos contíguos, os lagos, as águas dos rios e córregos, as águas subterrâneas, a neve e o gelo, e todo o vapor d’água da atmosfera.

Quanta água existe no planeta?

Os oceanos cobrem uma área de $3,61 \times 10^8 \text{ km}^2$ (71% da superfície da Terra). Considerando que a profundidade média dos oceanos é de $3,8 \times 10^3 \text{ m}$, o volume das águas oceânicas é de $1,372 \times 10^9 \text{ km}^3$ ($1,372 \times 10^{21} \text{ dm}^3$). Considerando que a densidade média da água do mar a 0°C é de $1,03 \text{ kg/dm}^3$, podemos afirmar que a massa total dos oceanos é de $1,413 \times 10^{21} \text{ kg}$. Segundo os cientistas, a massa de água salgada corresponde a 98% da massa da hidrosfera. Os 2% restantes da massa da hidrosfera, isto é, $2,88 \times 10^{19} \text{ kg}$ corresponde à água doce distribuída da seguinte maneira: gelo e neve permanente respondem por $1,98 \times 10^{19} \text{ kg}$; a água subterrânea corresponde a $8,49 \times 10^{18} \text{ kg}$; os rios e lagos correspondem a uma massa de água doce de $7,0 \times 10^{16} \text{ kg}$; a água doce dos solos, alagados e biotas correspondem a uma massa de $3,0 \times 10^{16} \text{ kg}$; e finalmente o vapor d’água atmosférico responde por $3,0 \times 10^{16} \text{ kg}$.

O desencontro

Os lençóis de água subterrâneos contêm 100 vezes mais massa de água do que os lagos e os rios, porém a maior parte deles está numa profundidade inacessível. Os lençóis mais rasos estão se esgotando em diversos pontos do planeta. Grande parte da água da superfície da Terra flui para o mar nas enchentes ou acaba em lugares distantes das regiões sedentas. O Canadá, por exemplo, contém 10% da água doce da superfície porém menos de 1% da população global, hoje estimada em 6×10^9 pessoas.

Para responder às questões abaixo a classe pode ser dividida em grupos de quatro alunos.

Questões

1ª) Quais as grandezas físicas mencionadas no texto, por ordem de surgimento?

Comentário

Espera-se que os alunos percebam as grandezas: área, comprimento (profundidade), volume (entendido como o produto da área pela profundidade), densidade (entendida como a razão da massa pelo volume), massa (obtida pelo produto da densidade pelo volume).

2ª) Completar a seguinte tabela

TIPO DE ÁGUA		MASSA (em kg)
Salgada	----	$1,413 \times 10^{21}$
Doce	Proveniente de gelo e neve permanente	$1,98 \times 10^{19}$
Doce	Subterrânea	$8,6 \times 10^{18}$
Doce	Proveniente de rios e lagos	$7,0 \times 10^{16}$
Doce	Proveniente de solos, alagados e biotas	$3,0 \times 10^{16}$
Doce	Vapor d'água atmosférico	$3,0 \times 10^{16}$

Observação: As respostas estão dadas em vermelho.

3ª) Analise as frases abaixo e marque (V) nas verdadeiras e (F) nas falsas:

a) (V) Os lençóis de água subterrâneos contêm 100 vezes mais massa de água que os rios e lagos.

- b) (V) 69% de toda a massa de água doce do planeta está na forma de gelo e neve permanente.
c) (V) 30% de toda a massa de água doce da Terra é subterrânea.

Observação: As respostas estão dadas em vermelho.

4ª) Considerando que a densidade da água doce em qualquer uma das suas aparições fosse de 1 g/mL, qual seria a ordem de grandeza do volume de água doce total (expresso em mL)?

4ª Etapa: A Química do invisível (“o muito pequeno”)

Para cumprir esta etapa, o professor de Química vai novamente dividir a classe em grupos de quatro alunos e cada grupo vai executar o seguinte experimento:

- (1) Com o auxílio de uma pipeta graduada, meça 1 mL de água potável.
- (2) Derrame gota a gota o volume medido e conte o número de gotas.
- (3) Calcule o volume (em mL) de uma gota d'água.
- (4) Considerando que 18 g de água contêm $6,02 \times 10^{23}$ moléculas dessa substância e que a densidade da água é igual a 1 g/mL, determine:
 - a) O volume e a massa de uma gota d'água.
 - b) O número de moléculas existentes numa gota d'água.
 - c) A massa e o volume de uma molécula de água.

5ª Etapa: A Física em nossa vida diária

Neste momento, é muito importante o professor procurar relacionar algumas atividades diárias dos alunos que se relacionam diretamente com os conceitos ensinados pela física e propostos nos livros didáticos. Os alunos não gostam de estudar Física porque na leitura sugerida pelos livros para dar as explicações sobre determinados fenômenos físicos, não há relação entre o que o aluno vivencia e o texto do livro. Quando se trata de deslocamento, por exemplo, há quase uma exigência do livro didático em fazer o aluno usar a letra grega delta, para designar deslocamento. Onde é que o estudante aplica “esse tal delta” na sua vida? Será que é importante entender o “delta” para só então compreender o que é deslocamento? Seria tão mais simples o professor explicar que o deslocamento se dá quando o aluno sai da sua casa e vai até a escola ou ao teatro, ou ao trabalho ou à praça, enfim, que há uma verdadeira medida entre o ponto de saída e o ponto de chegada. É nesse instante que a Física deve aparecer visivelmente no entendimento do estudante. Porque ele sabe que em certo momento ele vai sair de sua casa e chegar em outro lugar qualquer. Ele tem este conhecimento. O mais importante para fazer o aluno gostar da Física

é “valorizar” seu conhecimento prévio, adquirido na sua vida diária, e não o que ele conseguiu através dos livros. O conhecimento de visa do estudante necessita apenas ser organizado e sistematizado. Na maioria das vezes, os conceitos que os livros didáticos tentam formalizar, acabam complicando um conhecimento já adquirido informalmente pelo estudante, causando seu desinteresse pela sua leitura.

A principal estratégia para promover trabalhos interdisciplinares é a de valorizar o conhecimento prévio do estudante, aproveitar a rebeldia do adolescente e mostrar-lhe que aquele conhecimento que ele traz da sua história de vida é o ponto de partida para uma aprendizagem significativa.

A quantidade de passos que ele dá para realizar um deslocamento pode ser uma ordem de grandeza da física e se ele dividir cada passo seu em várias partes construirá submúltiplos que podem ser representados por potências de dez. Por outro lado, juntando uma grande quantidade de passos ele conseguirá ter uma representação mais rápida do valor que aquelas quantidades de passos representa.

É importante aqui, o professor fazer uma comparação entre a quantidade de passos de um estudante com a quantidade de passos de outro estudante e demonstrar que as medidas de um mesmo deslocamento poder variar conforme a quantidade de passos, por que os passos das pessoas não têm o mesmo comprimento. Isso cria a necessidade de padronizar a medida de comprimento. É chegado o momento de se explicar o surgimento do **metro**.

Nesta mesma linha de entendimento está a forma de dar as explicações requeridas pela cinemática: os conceitos de posição, corpo extenso, ponto material, velocidade, aceleração. Mostrar que na vida diária, vivemos constantemente com a cinemática e tudo é tão visível, porque percebemos que, enquanto o tempo passa, alguma coisa em nossa vida está mudando de lugar, portando há a aceleração e a velocidade.

Nesta etapa, o professor de Física lembrará que há variações entre a unidade de área do Sistema Internacional, e outras unidades desta grandeza usadas em algumas regiões do país. Por exemplo, a geometria ensina que cubo é um sólido geométrico formado seis quadrados. Porém, na região nordeste do Brasil, a palavra “cubo” tem outro significado: cubo é uma medida feita com uma vara de madeira de 2,20 m de comprimento, que é utilizada no trabalho da lavoura canavieira, que é uma das principais atividades econômicas da região, onde a maioria dos jovens trabalha, principalmente os do ensino noturno. Nesse caso, o professor pode explicar que o cubo é medido através de uma vara de madeira, com 2,20m de comprimento e é calculado apenas em duas dimensões formando um quadrado. Então, leva-se o educando a viajar no infinito, pensando da seguinte forma: deito uma vara de 2,20m em um sentido e faço uma marca; já tenho um segmento de reta. Em seguida, pego aquela mesma vara e coloco na posição perpendicular a uma das extremidades, repito a operação no outro extremo e agora fecho o quadrado. Além de estar trabalhando com unidade de medida, também temos áreas, diagonais, posição de retas, tipos de ângulos, vetores e o mais importante, a presença da física como ordem de grandeza para aquela realidade. Vou calcular um perímetro de 8,80 m e uma área de 4,84 m². Isto é a unidade de medida de uma quadra, que é a tarefa diária de um bóia-fria ou cortador de cana, como é conhecido no nordeste. Mas naquele quadrado está uma grande quantidade de canas, em pé, que o trabalhador deve cortar e arrumar em um pacote, aonde mais tarde a carregadeira vem apanhar e colocar em cima de um caminhão. Olha quanta riqueza de conceitos físicos está envolvido somente naquele pedacinho de vida de um adolescente que trabalha para se manter. Pergunte a ele o que é um cubo e quanto deve medir sua quadra que ele irá fazer tantos cálculos com ordem de grandeza, sem utilizar sequer uma calculadora. Tudo por meio da vara, que é chamada de braça. Então para

que o trabalhador consiga fechar um dia de serviço, é necessário ele cortar pelo menos cem cubos de cana, depende do tipo da cana, maior, menor, mais fina, mais grossa, maior quantidade em cada broto ou menor quantidade. São tantas variações de ordem de grandeza que ao chegar na escola, eles são capazes de explicar aos outros educandos e até aos professores o quanto ele cortou de cana naquele dia, inclusive quantas toneladas serão conseguidas para serem transformadas em açúcar. Para que eles consigam cortar os cem cubos de cana, devem ser feitas as seguintes medidas: 10 braças de comprimento e 10 braças de largura, portanto teremos 10 X 10 braças quadradas, que vão representar 22m X 22m e teremos uma área de 484 metros quadrados. Essa é a quadra, que tem como ordem de grandeza, o cubo. São conceitos físicos e matemáticos, que estão inter-relacionados com a Matemática, a Química e outras disciplinas, e os livros nem fazem referência a isso.

❖ ETAPA INTERDISCIPLINAR

Projeto – Ordem de grandeza: do invisível ao inimaginável

❖ RESUMO DA ATIVIDADE

Uma passadinha rápida em todo o processo

1ª etapa: Aquecimento, ordem de grandeza e potências de dez

2ª Etapa: Exibição do vídeo

3ª Etapa: A Química do inimaginável (o “muito grande”)

4ª Etapa: A Química do invisível (“o muito pequeno”)

5ª Etapa: A Física na nossa vida diária

❖ COMO VOCÊS AVALIARIAM ESSE TRABALHO?

Hora de avaliar a atividade

Sugerimos avaliar este trabalho segundo três critérios:

- 1) participação e envolvimento nas conversas e discussões coletivas, avaliadas através de observação do professor, durante as aulas.
- 2) participação, colaboração e comprometimento nas atividades realizadas em pequenos grupos, avaliada pela observação do professor e por uma auto-avaliação escrita.
- 3) compreensão dos conceitos trabalhados, avaliada pela correção das atividades escritas e pela qualidade da participação nas atividades.

**❖ EM QUAL ANO OU ANOS DO ENSINO MÉDIO SERIA MELHOR
APLICAR ESSE TRABALHO?**

Hora de avaliar a aplicabilidade da atividade

Este trabalho presta-se bem ao primeiro ano do ensino médio, já que lida com idéias centrais e indispensáveis das três disciplinas.

SUGESTÕES DE LEITURAS

1.1. Livros e periódicos:

- Ifrah, Georges, Os Números, a História de uma Grande Invenção, Rio de Janeiro: Globo, 1989 (particularmente a Conclusão: Para Além da perfeição, das p 320 a 339)
- Alvarenga, Beatriz et al., Curso de Física, volume 1, São Paulo: Ed. Scipione, 2006 de Ivan,
- Revistas da Sociedade Brasileira de Física e o livro
- Explorando o Ensino da Física, volume 7 do MEC

1.2. Páginas da Rede (internet) que podem ser consultadas pelos professores e estudantes para complementar esse trabalho.

<http://micro.magnet.fsa.edu/primer/java/scienceopticsu/powerof10/index.html>