



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

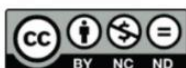


UMA PROPOSTA DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO NÍVEL MÉDIO ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA

Maria Lúcia Grillo Perez Baptista
Eduardo Pinheiro Correa

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



É livre a reprodução exclusivamente para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.



O PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO NÍVEL MÉDIO ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA

Eduardo Pinheiro Correia

Rio de Janeiro

Dezembro, 2020

Sumário

1 O PRODUTO EDUCACIONAL.....	0
1.1 Introdução	6
1.2 Objetivo geral.....	7
1.3 Objetivos específicos.....	7
1.4 Fundamentação teórica	7
1.5 Metodologia	8
1.6 Problematização	8
1.6.1 Situação-problema.....	9
1.7 Revisão sobre notação científica e ordem de grandeza.....	9
1.7.1 Notação científica.....	10
1.7.2 Ordem de grandeza.....	12
1.8 Trabalhando com escalas de medidas	13
1.8.1 Teste de sondagem sobre trabalhando com escalas de medidas	13
1.8.2 Calculando a estimativa da espessura de uma folha de papel.....	13
1.8.3 Calculando a estimativa da largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil	14
1.9 Introdução aos conceitos de átomos e moléculas.....	14
1.9.1 Teste de sondagem sobre introdução aos conceitos de átomos e moléculas	14
1.9.2 Utilização do programa Phet simulações interativas estados da matéria: básico	15
1.9.3 Realizando o experimento do movimento Browniano.....	15
1.10 Nanotecnologia e Nanociência uma inovação científica	16
1.10.1 Teste de sondagem sobre Nanotecnologia e Nanociência e análise de texto complementar.....	16
1.10.2 Nanotecnologia e Nanociência: Uma inovação tecnológica inserida através de filmes de ficção científica	17
1.10.3 Teste de sondagem - filme Homem-Formiga	17
1.11 Alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho	18
1.11.1 Teste de sondagem sobre alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho	19
1.11.2 A variação da razão área/volume de um material: experimento com grãos de café.....	19
1.11.3 A variação da razão área/volume de um material: experimento geométrico	20

1.11.4 A variação da razão área/volume de um material: acelerando as reações químicas	20
1.12 Experimentos de situações de nanomateriais.....	21
1.12.1 Calculando a espessura de um filme fino de óleo sobre a água	21
1.12.2 Auto-arranjos: estratégia bottom-up	22
1.13 Apresentação de vídeos sobre os nanomateriais à base de carbono na indústria,	22
potenciais aplicações da nanotecnologia e seus impactos na saúde e meio ambiente	22
1.13.1 Vídeos apresentados	22
1.13.2 Os nanomateriais a base de carbono na indústria	23
1.13.3 Potenciais aplicações da nanotecnologia.....	23
1.13.4 Impactos na saúde e no meio ambiente através da nanotecnologia	23
APÊNDICE A – 1ª AULA.....	24
APÊNDICE B – 2ª AULA.....	30
APÊNDICE C - 3ª AULA (PARTE 1)	32
APÊNDICE C – 3ª AULA (PARTE 2)	32
APÊNDICE D – 4ª AULA.....	33
APÊNDICE E – 5ª AULA.....	36
APÊNDICE F – 6ª AULA	38
ANEXO I.....	41
REFERÊNCIAS	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a. Representação de um objeto nanométrico.....	9
Figura 1b. Representação de um objeto nanométrico.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1a – Prefixos do SI (Sistema Internacional de Medidas).....	11
Tabela 2a – Exemplos de prefixos utilizados no SI.....	11
Tabela 1b – Prefixos do SI (Sistema Internacional de Medidas).....	26
Tabela 2b – Exemplos de prefixos utilizados no SI.....	27

1 O PRODUTO EDUCACIONAL

1.1 Introdução

Caro Professor,

Desde o início do isolamento provocado pela pandemia do novo Coronavírus, diversas modificações ocorreram em vários aspectos de nossas vidas. Quando nos referimos à questão da educação, tivemos uma permuta que foi do ensino presencial para o ensino remoto. Com base nisso, este material, foi elaborado na forma de uma sequência didática, que pode ser aplicado tanto no ensino presencial, quanto no ensino remoto. Ele apresenta aspectos da Física Moderna e Contemporânea através da Nanotecnologia e Nanociência, voltados para o 3º ano do Ensino Médio e foi preparado de acordo com as seguintes metodologias de ensino: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria da sala de aula invertida, que é uma metodologia ativa que se encaixa muito bem no ensino remoto. Deste modo, todo o trabalho foi desenvolvido considerando o conhecimento prévio dos alunos como principal fator que influencia o processo de aprendizagem. A sequência didática, aqui apresentada, é dividida em 14 tempos, sendo que cada etapa deve ser aplicada em aulas de cinquenta minutos. A fundamentação teórica necessária envolve o estudo de átomos; moléculas; estruturas cristalinas; novos materiais; e, por fim, os nanomateriais. Parte desse conteúdo os alunos já estudaram nos anos anteriores do nível médio, principalmente em Química. Para que os alunos possam ter ideia de o que é um nanomaterial, é importante lembrar de alguns conceitos, como notação científica, ordem de grandezas e escalas de medidas e orientar para que eles façam algumas medidas de materiais pequenos, como a medida da espessura de uma folha de papel; de uma trilha de gravação de um disco de vinil; e de um filme de óleo sobre a água. Desta forma, poderão ter uma noção melhor sobre nanomateriais. O uso de alguns programas de computadores, videoaulas, textos, experimentos, etc., podem, também, contribuir para o aprendizado. Este produto educacional é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física, no polo da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. O objetivo principal desta sequência didática é apresentar uma proposta de inserção de aspectos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

1.2 Objetivo geral

- Elaborar um produto focado no tema nanotecnologia e nanociência, em especial na relação produção-aplicabilidade de nanopartículas, e a sua importância voltada para a aplicação tecnológica e análise de suas possíveis contribuições no processo de ensino-aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física.

1.3 Objetivos específicos

- Elaborar um recurso educacional sobre nanociências e nanotecnologia, com foco na produção-aplicabilidade de nanopartículas;
- Identificar aspectos relativos à aprendizagem dos estudantes sobre um tópico de Física Moderna e Contemporânea, a partir da intervenção proposta com base no material desenvolvido;
- Expor as possibilidades de contribuição da intervenção para o processo ensino-aprendizagem de alunos do Ensino de Física em manual do professor disponibilizado como parte do recurso educacional aberto.

1.4 Fundamentação teórica

Qualquer material é composto por átomos. Os átomos se juntam para formar as moléculas. As ligações atômicas podem ser de muitos tipos, o que dá, então, origem às mais variadas moléculas, umas com poucos átomos e outras com grande quantidade deles. As moléculas também formam conjuntos, com ligações que podem ser, também, muito diferentes umas das outras, dando origem aos mais variados materiais. Conforme o tipo de ligação química e da temperatura, os materiais podem ser sólidos, líquidos, gasosos.

São muito conhecidos os tipos de materiais sólidos, cristalinos e amorfos. Os materiais cristalinos podem ser monocristalinos ou policristalinos. Uma grande mudança nas ciências e na tecnologia vem ocorrendo com a criação de novos materiais. Mais recentemente, uma nova forma de material surgiu, com estruturas diferentes das até então conhecidas, com novas propriedades e aplicações, o que deu origem a uma verdadeira revolução científica. A grande vantagem desses materiais, além do seu tamanho, lógico, é a potencialização das suas propriedades físicas e químicas, o que proporciona grande interesse e uma gama de

possibilidades de aplicações. Dentre elas, podemos citar, a nanobiotecnologia; os nanofármacos; a nanoeletrônica; a gravação e leitura magnética.

1.5 Metodologia

O trabalho será desenvolvido com a elaboração de uma sequência didática baseada em conceitos de nanociência e com enfoque no estudo dos nanomateriais. Após cada questionário respondido e cada atividade realizada, o professor deverá explicar, aos alunos, todo o conteúdo envolvido. Filmes, vídeos e programas de computadores podem ser utilizados para um melhor aprendizado. Aqui foram usados os seguintes programas: Phet Simulações Interativas e Brownian Motion. Esses programas podem ser baixados nos seguintes links:

- https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics (Phet Simulações)
- http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/brownian_motion.html (Brownian Motion)

O PRODUTO EDUCACIONAL

MATERIAL DO PROFESSOR

1ª AULA

Duração da aula: 2 tempos de 50 minutos.

1.6 Problematização

Objetivo Geral: Essa atividade tem o objetivo de chamar a atenção dos alunos para a existência de uma tecnologia que está voltada para o estudo e manipulação de objetos em escalas de ordem manométrica.

Procedimento Didático: O professor apresentará uma problematização para os alunos, com uma pergunta que visa verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da evolução tecnológica do tamanho dos objetos.

1.6.1 Situação-problema

Temos visto que os materiais, que utilizamos com o passar do tempo, sofreram diversas modificações em suas dimensões, ou seja, os materiais estão se tornando cada vez menores, mais compactos, e com mais eficiência. Essa evolução dos materiais só foi possível devido ao surgimento de novas tecnologias, capazes de manusear a estrutura atômica e molecular da matéria. Com essa tecnologia, é possível reduzir esses materiais até atingir a escala da ordem “Nano”.

Figura 1 a. Representação de um objeto nanométrico



Fonte: (GONÇALVES, 2017)

Pergunta-se: você já ouviu falar na palavra Nano? Em caso afirmativo justifique.

R.: Em caso de “Sim”. Justificativa: O prefixo NANO tem origem na palavra grega, nanos, que significa “anão”, e que representa a bilionésima parte de qualquer unidade de medida denotado por um fator 10^{-9} .

1.7 Revisão sobre notação científica e ordem de grandeza

Objetivo Geral: Fazer uma breve revisão sobre os conteúdos de notação científica e ordem de grandeza. Esses conteúdos são essenciais na obtenção do conhecimento do tema central deste produto educacional, que é a Nanotecnologia e Nanociência.

Procedimento Didático: O professor fará uma revisão sobre “Notação Científica e

Ordem de Grandeza”, pois são conceitos que os alunos devem possuir para ter a compreensão de medidas muito pequenas ou muito grandes, e para que possam ser capazes de fazer estimativas dessas medidas.

1.7.1 Notação científica

Para Bagnato & Muniz (2013), é muito comum expressarmos números que são muito grandes ou muito pequenos em ciência de forma geral. Devido a esse fato, é comum utilizarmos a “notação científica”, para representar os números de forma compacta e a sua ordem de grandeza. Ainda de acordo com Bagnato & Muniz (2013), essa notação tem sua ideia baseada no uso da potência de base 10, em vez de ficar escrevendo todos os algarismos de uma determinada medida. A notação científica é representada da seguinte forma:

$$N \times 10^y$$

São representados pelo “N”, que é a mantissa ou coeficiente, e “y” o expoente ou ordem de grandeza. O valor de N tem que ser maior ou igual a 1 e menor que 10, e o y representa quantas vezes a mantissa N tem que ser multiplicada por 10, para se obter o valor original.

Obs.: Quando a vírgula é deslocada para a esquerda, o expoente da base 10 fica positivo (10^{+y}); quando a vírgula é deslocada para direita o expoente da base 10 fica negativo. (10^{-y}).

Veja os exemplos abaixo:

Exemplo:01

A velocidade da luz é um número bem grande e, geralmente, é expresso em notação científica, é representado por $c = 300000,0 \text{ km/h} = 3,0 \times 10^5 \text{ km/h}$ ou $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Exemplo:02

O tamanho do diâmetro de um átomo, que é muito pequeno, e vale $0,0000000001 \text{ m}$. Ele é expresso em notação científica da seguinte forma: $0,0000000001 \text{ m} = 1,0 \times 10^{-10} \text{ m}$.

Obs.: Também pode ser escrito em função dos prefixos do SI, segundo as tabelas 1a e 2a. Seu valor, na forma simplificada, ficaria $0,1 \text{ nm}$.

Exercício complementar

A distância percorrida em 1 ano-luz é de, aproximadamente, 9,5 trilhões de quilômetros.

Experimente escrever esse número sem a notação científica ou os prefixos do SI! R.:

$$9500.000.000.000,0km = 9,5 \times 10^{12}km$$

Tabela 1a – Prefixos do SI (Sistema Internacional de Medidas)

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	Deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	Centi	c
10^3	quilo	k	10^{-3}	Mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Fonte: (BAGNATO & MUNIZ, 2013)

Tabela 2a– Exemplos de prefixos utilizados no SI

Prefixo	Multiplicador	Símbolo (exemplos)
Pico	$x 10^{-12} = 0,000000000001$	p (pm, ps)
Nano	$x 10^{-9} = 0,000000001$	n (nm, ns)
Micro	$x 10^{-6} = 0,000001$	μ (μm , μs)
Mili	$x 10^{-3} = 0,001$	m (mm, ms)
Centi	$x 10^{-2} = 0,01$	c (cm)
Quilo	$x 10^3 = 1000$	k (km, kg)
Mega	$x 10^6 = 1000000$	M (MHz)
Giga	$x 10^9 = 1000000000$	G (GHz)
Terá	$x 10^{12} = 1000000000000$	T (THz)

Fonte: (BAGNATO & MUNIZ, 2013)

1.7.2 Ordem de grandeza

Bagnato & Muniz (2013) nos dizem que a ordem de grandeza (O.G.) significa estimar os valores de medidas, que não podem ser conhecidas com grande precisão. Isso facilita muito quando queremos ter uma noção da magnitude de determinada grandeza, sem se preocupar com os algarismos significativos. Ainda segundo Bagnato & Muniz, “por exemplo, pode ser útil saber se o débito da sua conta no banco é da ordem de centenas, milhares ou milhões de reais! Neste caso, alguns reais a mais ou a menos podem não fazer muita diferença.” (BAGNATO & MUNIZ, 2013, p. 238).

Segundo Bagnato & Muniz (2013), a ordem de grandeza possui as seguintes regras:

1ª Se a ordem de grandeza de um determinado número for menor que a mantissa 3,16, a ordem de grandeza será 10^y .

2ª Se a ordem de grandeza de um determinado número for maior que 3,16, a ordem de grandeza será 10^{y+1} .

O parâmetro para análise na ordem de grandeza vale $\sqrt{10} \cong 3,16$, que é o valor da mantissa.

Exemplo:03

Determine a ordem de grandeza das medidas a baixo:

- a) $5,0 \times 10^2 \text{kg} \implies \text{O.G.} = 10^3 \text{kg}$
- b) $3,0 \times 10^2 \text{km} \implies \text{O.G.} = 10^2 \text{km}$
- c) $2,0 \times 10^{-1} \text{m} \implies \text{O.G.} = 10^{-1} \text{m}$
- d) $8 \times 10^{-3} \text{dm} \implies \text{O.G.} = 10^{-3+1} = 10^{-2} \text{dm}$

Exercício complementar

Determine a ordem de grandeza dos valores abaixo:

- a) $3,6 \times 10^3 \text{kg} = \text{R.: } 10^4 \text{kg}$ b) $1,5 \times 10^{-1} \text{s} = \text{R.: } 10^{-1} \text{s}$
c) $2,5 \times 10^2 \text{km} = \text{R.: } 10^2 \text{km}$ d) $4,0 \times 10^{-2} \text{m} = \text{R.: } 10^{-1} \text{m}$

1.8 Trabalhando com escalas de medidas

Objetivo Geral: O objetivo deste tema, consiste em verificar se os alunos são capazes de realizar medidas com aproximações, principalmente com relação as escalas macro, micro e nano, em objetos que fazem parte do seu dia a dia (FAGAN, 2020a).

ATIVIDADES

1.8.1 Teste de sondagem sobre trabalhando com escalas de medidas

Procedimento didático: O professor irá aplicar um teste de sondagem, a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de escalas de medidas.

a) Que instrumentos podemos utilizar para medir a sala de aula?

R.: Pode ser medido a partir de objetos convencionais, como régua, trena, etc. e objetos não convencionais, como passos, palmos, etc.

b) É possível medir a espessura de uma folha de caderno? Justifique.

R.: Sim. Ao pegarmos um caderno, verificamos o seu total de folhas, e medimos a sua espessura com uma régua. Logo após, dividimos a sua espessura pelo número de folhas existentes no caderno. Dessa forma obteremos a espessura de uma folha.

1.8.2 Calculando a estimativa da espessura de uma folha de papel

Procedimento didático: Esta atividade tem o objetivo de fazer com que os alunos consigam descobrir uma maneira de achar a espessura de uma folha de papel. A ideia é que eles consigam achar, aproximadamente, 0,1mm ou 100 μm de espessura da folha. A atividade será realizada por 5 grupos de 4 alunos. Cada grupo receberá uma pacote de 500 folhas e uma régua de 30 cm. Os alunos terão que medir o tamanho da espessura do pacote de folhas, com a régua de 30 cm. Após ter medido a espessura do pacote, terão que dividir o valor da espessura achada

pelo número de folhas existentes no pacote. Achando, assim, a espessura de uma folha de papel (SCHULZ, 2007).

1.8.3 Calculando a estimativa da largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil

Procedimento didático: Neste tema, os alunos terão que buscar meios para encontrar a espessura de uma trilha de uma faixa musical de um disco de vinil. A ideia é que eles consigam achar, aproximadamente, entre 50 μm e 100 μm de espessura da trilha. Esta atividade seguirá o mesmo padrão de divisão de grupos da atividade anterior. Serão formados 5 grupos compostos por 4 alunos. O procedimento consiste em primeiro lugar em escolher uma faixa musical, e, logo após, medir a faixa com a régua que foi fornecida na atividade anterior. Os alunos deverão verificar o tempo de duração da faixa sonora na capa do disco fornecido. Sabe-se que um disco de vinil tem uma rotação de 33,3 rpm. Uma vez conhecendo a espessura da faixa, a frequência e o tempo de duração, os alunos serão capazes de estimar o número de trilhas existentes em uma faixa. Com base nisso, conseguem calcular a espessura de uma única trilha de gravação do disco (SCHULZ, 2007).

2ª AULA

Duração da aula: 2 tempos de 50 minutos.

1.9 Introdução aos conceitos de átomos e moléculas

Objetivo Geral: O objetivo deste tema é abordar com os alunos os conceitos de átomos e moléculas.

ATIVIDADES

1.9.1 Teste de sondagem sobre introdução aos conceitos de átomos e moléculas

Procedimento didático: O professor irá aplicar um teste de sondagem, para saber se os alunos possuem conhecimentos prévios sobre átomos e moléculas.

1. O que é matéria?

R.: *É tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço.*

2. Do que são feitas todas as coisas? Justifique.

R.: *De átomos e moléculas.*

3. Quem é maior o átomo ou a molécula? Justifique.

R.: *A molécula é maior que o átomo, pois as moléculas são compostas pelos átomos.*

4. De que é feito o grafite? E o diamante? Por que eles são tão diferentes? R.: *O grafite e o diamante são substâncias simples compostas apenas por átomos de carbono. A diferença entre eles está na forma geométrica em que os átomos de carbono estão ligados entre si.*

1.9.2 Utilização do programa Phet simulações interativas estados da matéria: básico

Procedimento didático: Nesta atividade será utilizado o programa Phet Simulações Interativas Estados da Matéria: Básico, pois, o mesmo, serve como uma ferramenta tecnológica, que auxilia, didaticamente o professor, na introdução dos conceitos de átomos e moléculas. O professor deve baixar o Phet Simulações Interativas em seu computador e projetar a imagem do computador em uma tela, utilizando um datashow, para que ele possa demonstrar o funcionamento do programa aos alunos.

1.9.3 Realizando o experimento do movimento Browniano

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor deve realizar o experimento do movimento Browniano. Deverão ser utilizados os seguintes materiais: água, leite e um fio de cabelo. Mistura-se 30 ml de água com duas gotas de leite em um recipiente. Então pega-se o fio de cabelo e o coloca em forma de um círculo sobre a lâmina. Logo após, deve-se pingar uma gota da mistura de leite com água dentro do círculo de cabelo. Em seguida, os alunos devem começar a fazer observações do movimento das moléculas do leite imersas na camada de água, através de um microscópio (UMSNH, 2018).

Obs.: Caso não consiga reproduzir com êxito o experimento do movimento Browniano, o professor pode baixar o programa Brownian Motion, para demonstrar como seria o movimento das moléculas.

3ª AULA

Duração da aula: 4 tempos de 50 minutos.

OBS.: Caro Professor, a 3ª aula será dividida em 2 partes. Sendo que cada parte tem uma duração de 2 tempos de 50min.

1.10 Nanotecnologia e Nanociência uma inovação científica

Objetivo Geral: Este tema tem como objetivo apresentar aos alunos a definição de Nanociência e Nanotecnologia, através de textos em anexo, e filmes de ficção científica.

ATIVIDADES

1ª PARTE - (2Tempos de 50 min)

1.10.1 Teste de sondagem sobre Nanotecnologia e Nanociência e análise de texto complementar

Procedimento didático: Primeiramente, o professor irá aplicar um teste de sondagem, a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Nanotecnologia e Nanociência. Após o teste de sondagem, os alunos receberão um texto complementar sobre Nanotecnologia e Nanociência, que será lido e analisado em sala de aula junto ao professor.

1. Descreva, com suas palavras, o que você entende por Nanotecnologia e Nanociência?

R.: Nanociência é o estudo dos fenômenos e manipulação dos materiais em escala atômica ou molecular. Já a Nanotecnologia é a tecnologia empregada no manuseio de matéria na escala nano, com o objetivo de produzir novas estruturas, materiais e dispositivos e suas aplicações.

2. Você conhece alguma aplicação de Nanotecnologia? Em caso afirmativo, a descreva.

R.: *Caso a resposta seja Sim: Os Processadores eletrônicos que podem ter o tamanho de 45nm. Esses dispositivos conseguem trabalhar em altíssimas velocidades de processamento, e também possuem um alto poder de armazenamento.*

2ª PARTE – (2 Tempos de 50 min)

1.10.2 Nanotecnologia e Nanociência: uma inovação tecnológica inserida através de filmes de ficção científica

Procedimento Didático: O professor irá passar em sala de aula, o filme de ficção científica “Homem-Formiga” para os alunos assistirem. O objetivo é que os alunos possam, através do filme, relacionar a Nanotecnologia e Nanociência com a inovação tecnológica proposta pelo filme. O filme “Homem-Formiga” (2015), com uma duração de 1h e 57min é interpretado e dirigido por Peyton Reed. Esse filme conta a história de Scott (interpretado por Paul Rudd) que, embora no passado tenha recorrido à prática de assaltos para sustentar sua família, é, essencialmente, um homem bom. Após sair da prisão, ele tem o objetivo de se tornar um excelente pai para sua filha Cassie. Ainda que não tenha características de um herói tradicional, seu amplo conhecimento em tecnologia, sua capacidade física e sua personalidade, tornam Scott um excelente candidato para utilizar a incrível roupa do Homem-Formiga. Então, ele aceita realizar uma missão para o Doutor Hank Pym, que é roubar a roupa do Jaqueta Amarela, uma arma que possui o poder de destruir a humanidade.

Obs.: O professor pode usar um DVD ou baixar o filme “Homem-Formiga” através do programa μ Torrente. Segue o link: <https://utorrent.br.uptodown.com/windows>. Após baixar o programa μ Torrente, o professor deve instalar o programa, e, logo em seguida, baixar o arquivo do filme através do seguinte link: <https://www.torrentdosfilmes.tv/homem-formiga-torrentbluray-720p1080p-dual-audio-2015-dublado-download/>.

1.10.3 Teste de sondagem - filme Homem-Formiga

Procedimento didático: Ao término do filme, o professor irá aplicar um teste de sondagem, com o objetivo de verificar se os alunos são capazes de fazer algum tipo relação da Nanotecnologia e Nanociência, através da inovação tecnológica proposta pelo filme.

1. Daria para estimar a ordem de grandeza do tamanho do Homem-Formiga em sua primeira miniaturização? Em caso afirmativo, justifique sua resposta.

R.: *Sim. Por volta de $0,005\text{ m} = 5,0 \times 10^{-3}\text{ m} = 10^{-2}\text{m}$.*

2. Na cena final do filme, O Homem-Formiga diz que só conseguiria entrar na roupa do vilão jaqueta amarela, encolhendo em nível molecular. Pergunta-se: o que significa encolher em nível molecular?

R.: *Significa encolher na ordem de grandeza de uma molécula, ou seja, estar entre 10^{-9}m e 10^{-10}m .*

Obs.: Caso o Professor ache necessário passar outros filmes de ficção científica, que venham a estimular o interesse dos alunos pela inovação científica e que possam ser analisados em sala de aula, seguem aqui algumas sugestões: “Viagem insólita” (1987), “Querida encolhi as crianças” (1990), “Homem-Formiga e Vespa” (2018).

4ª AULA

Duração da aula: 2 tempos de 50 minutos.

1.11 Alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho

Objetivo Geral: Este tema tem o objetivo de verificar que, quanto menor for o tamanho do material, mais importantes ficam os efeitos de superfície, promovidos pelo aumento da relação entre sua área e seu volume.

ATIVIDADES

1.11.1 Teste de sondagem sobre alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá buscar, através de um teste de sondagem, os conhecimentos prévios dos alunos sobre a alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho.

1. Em quantas vezes podemos dividir um pedaço de giz e os pedacinhos menores continuarem a ser giz?

R.: *Ele tem que ser dividido até atingir o tamanho de uma molécula.*

2. O que muda quando diminuimos o tamanho do giz?

R.: *O que ocorre, é que à medida que o giz vai diminuindo, mais importantes se tornam os efeitos de superfície, pelo aumento da proporção entre sua área e seu volume.*

3. O que acontece quando tentamos dissolver em água um comprimido de Sonrisal inteiro e outro triturado? Justifique sua resposta.

R.: *O Sonrisal triturado dissolve mais rápido que o inteiro devido ao aumento da superfície de contato que aumenta a velocidade de reação.*

1.11.2 A variação da razão área/volume de um material: experimento com grãos de café

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá realizar um experimento que evidencia a importância do tamanho de um material, pois, em muitos materiais, só aparecem determinadas evidências quando estão em escalas menores, como é o caso do café. Serão utilizados os seguintes materiais: um fogão, um coador, um filtro de café, um bule e dois tipos de café, um triturado e outro em grãos. Em seguida, deve-se pegar um pouco de água com o bule e colocar para ferver no fogão. Logo após, colocar o coador, já com o filtro e café com grãos triturados, no bule. Ao adicionar água fervida no coador, será visualizado o café sair na cor preta pelo coador. Depois, será feito o mesmo procedimento, só que com o café em grãos.

Já nessa situação, o café já sai pelo coador com uma cor bem mais clara em relação ao procedimento anterior. Essa diferença de tonalidades de cor está relacionada com a variação da área superficial do material (FAGAN, 2020a).

1.11.3 A variação da razão área/volume de um material: experimento geométrico

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá propor aos alunos que realizem o cálculo de razão entre a área e o volume de um cubo de 1cm de aresta, em contato com o ar. Em seguida, eles devem pegar o cubo e dividir em pedaços menores, com aresta de 0,1 cm, isso fornece um total de 1000 cubos desse mesmo tamanho. E, novamente, devem calcular a razão área/volume. Agora eles devem pegar o cubo, só que dessa vez devem dividir em partes menores, com aresta de 0,01 cm, isso fornece um total de 10^6 cubos de mesmo tamanho. E, por fim, devem calcular a razão área/volume. Assim, os alunos verificaram que, à medida que diminuimos o lado do cubo em partes cada vez menores, a área superficial é aumentada mesmo mantendo o volume total constante (SCHULZ, 2007).

Dados: O volume do cubo (V_C) e a área superficial do cubo (S_C) são dados pelas seguintes expressões $V_C = L^3$ e $S_C = 6L^2$.

1.11.4 A variação da razão área/volume de um material: acelerando as reações químicas

Procedimento Didático: Nesta atividade, o professor irá realizar um experimento capaz de demonstrar como à variação da razão área/volume ocasionam mudanças das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho. Essa atividade consiste em pegar uma bateria, de 9v, e uma palha de aço. Ao encostar a palha de aço nos polos da bateria, percebe-se que a corrente elétrica aquece os fios da palha de aço, ao ponto de pegar fogo. Mesmo depois de tirar a palha de aço dos polos da bateria, ela continua pegando fogo. Devido aos fios serem muito finos, isso resulta em uma quantidade de átomos de ferro em contato com o oxigênio presente no ar grande o suficiente para ocasionar a combustão (SCHULZ, 2007).

5ª AULA

Duração da aula: 2 tempos de 50 minutos.

1.12 Experimentos de situações de nanomateriais

Objetivo geral: Este tema, tem o objetivo de realizar experimentos capazes de representar situações de nanomateriais.

ATIVIDADES

1.12.1 Calculando a espessura de um filme fino de óleo sobre a água

Benjamin Franklin, por volta de 1757, observou que dois barcos, que faziam parte da frota, permaneciam parados, enquanto os outros se moviam com o vento. Ao verificar o motivo desse fenômeno, o capitão falou para ele que, possivelmente, os cozinheiros do barco tinham jogado óleo ao lado do barco. Indagando mais a respeito, ficou sabendo que habitantes das ilhas do pacífico jogavam óleo no mar para evitar que o vento agitasse a água, impedindo, assim, a pescaria. No ano de 1774, Benjamin tentou reproduzir esse evento, ele pegou uma colher de 4 ml de óleo, e jogou em um lago. O mais interessante foi que o óleo se espalhou por uma superfície de 2000 m², formando uma película bem fina sobre a superfície da água. Embora Franklin não tivesse essa intenção, esse experimento nos dá a capacidade de calcular com uma boa aproximação o tamanho dessas moléculas. Para isso, basta supor que o óleo se espalhe a tal ponto que se forme uma película de espessura na superfície. Ele conseguiu obter, em seu experimento, uma espessura de 2 nm (INEP, 2016).

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá reproduzir, de forma aproximada, o experimento de Benjamin Franklin, com o intuito de obter a espessura de um filme fino de óleo, de aproximadamente 10 nm. Serão utilizados os seguintes materiais: uma bacia, água, óleo de cozinha, talco, um alfinete fino, uma folha milimetrada e uma régua. Coloca-se água dentro da bacia, e espera até que não tenha nenhuma ondulação na superfície. Logo em seguida, coloca-se talco na superfície da água, mergulha-se o alfinete fino no óleo e ao retirá-lo, pequenas gotas de óleo deslizam pelo alfinete e caem. Então, com o auxílio do alfinete fino, deve-se pingar uma dessas gotas, que tem aproximadamente o diâmetro de 1mm, no centro da bacia com água. Observa-se, então, que a gota de óleo vai se espalhando ao longo da superfície da água, formando um filme fino com a espessura de uma única molécula de óleo, que só pode ser visto a partir do deslocamento das partículas do talco. Essa espessura do filme fino de óleo sobre a água é verificado por uma comparação de volumes. O volume da gota de

óleo é igual ao volume da mancha de óleo na superfície da água. A estimativa da espessura da mancha de óleo é dado pelo razão entre o volume da gota saindo do conta-gotas pela área da mancha do talco deslocado (SCHULZ, 2007).

1.12.2 Auto-arranjos: estratégia bottom-up

Procedimento didático: Nesta atividade, o professor irá realizar um experimento que serve como modelo de simulação do auto-arranjo em nanoescala. Nessa atividade serão utilizados os seguintes materiais: uma bacia contendo água e um jogo de blocos de plástico. Os alunos deverão colocar os blocos na superfície da água de forma espalhada e, depois de um certo tempo, verificarão que os blocos estão todos juntos, ocasionando o auto-arranjo. Isso ocorre devido à diminuição das tensões superficiais, provenientes da reorganização dos blocos. Esse experimento pode ser feito com blocos de Lego ou similares (SCHULZ, 2007).

6ª AULA

Duração da aula: 2 tempos de 50 minutos.

1.13 Apresentação de vídeos sobre os nanomateriais à base de carbono na indústria, potenciais aplicações da nanotecnologia e seus impactos na saúde e meio ambiente

Objetivo geral: Apresentar aos alunos, através de vídeos, os nanomateriais à base de carbono como: o fulereno, os nanotubos de carbono e o grafeno. Também serão apresentadas as aplicações da Nanotecnologia no setor industrial, e, por fim, os seus possíveis impactos à saúde e ao meio ambiente.

1.13.1 Vídeos apresentados

OBS.: Após a apresentação dos vídeos, o professor abrirá um espaço para um bate-papo sobre os vídeos apresentados.

1.13.2 Os nanomateriais a base de carbono na indústria

Procedimento didático: O professor deverá apresentar, em sala de aula, um vídeo com duração de 6 min, para os alunos sobre os nanomateriais à base de carbono, e de suas aplicações na indústria.

Vídeo - Os Incríveis Nanomateriais à base de carbono. (INCT, 2019)

Link do vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=bnOoG_QJZQU

1.13.3 Potenciais aplicações da nanotecnologia

Procedimento didático: O professor irá apresentar, em sala de aula, um vídeo com uma duração de 10 min e 8 s, sobre potenciais aplicações da Nanotecnologia.

Vídeo – Nanotecnologia (FACAMP, 2014).

Link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=wt8lX7wPy4o>

1.13.4 Impactos na saúde e no meio ambiente através da nanotecnologia

Procedimento didático: O professor apresentará um vídeo, com uma duração total de 22 min e 6 s, que tem como objetivo apresentar aos alunos os impactos negativos da Nanotecnologia, à saúde e ao meio ambiente.

Vídeo – Nanotecnologia: Impactos na Saúde e no Meio Ambiente.(RIBEIRO, 2011)

Link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=jnwIK5o5AD8>

APÊNDICE A – 1ª AULA

1. Problematização

Objetivo Geral: Essa atividade tem o objetivo de chamar a atenção dos alunos para existência de uma tecnologia, que está voltada para o estudo e manipulação de objetos em escalas de ordem nanométrica.

Procedimento Didático: O professor apresentará uma problematização para os alunos, com uma pergunta que visa verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da evolução tecnológica do tamanho dos objetos.

1.1 Situação-problema

Temos visto que os materiais, que utilizamos com o passar do tempo, sofreram diversas modificações em suas dimensões, ou seja, os materiais estão se tornando cada vez menores e mais compactos e com mais eficiência. Essa evolução dos materiais, só foi possível devido ao surgimento de novas tecnologias, capazes de manusear a estrutura atômica e molecular da matéria. Com essa tecnologia, é possível reduzir esses materiais até atingir a escala da ordem de “Nano”.

Figura 1b – Representação de um objeto nanométrico



Fonte: (GONÇALVES, 2017)

Pergunta-se: você já ouviu falar na palavra Nano? Em caso afirmativo justifique.

R.: _____

1.2 Revisão sobre notação científica e ordem de grandeza

Objetivo Geral: Fazer uma breve revisão sobre os conteúdos de notação científica e ordem de grandeza. Esses conteúdos são essenciais na obtenção do conhecimento do tema central desse produto educacional que é a Nanotecnologia e Nanociência.

Procedimento Didático: O professor fará uma revisão sobre Notação Científica e Ordem de Grandeza, pois são conceitos que os alunos devem possuir para ter a compreensão de medidas muito pequenas ou muito grandes, e para que possam ser capazes de fazer estimativas dessas medidas.

1.3 Notação científica

Para Bagnato & Muniz (2013), é muito comum expressarmos números que são muito grandes ou muito pequenos em ciência de forma geral. Devido a esse fato é comum utilizarmos a “notação científica”, para representar os números de forma compacta e a sua ordem de grandeza. Ainda de acordo com Bagnato & Muniz (2013), essa notação tem sua ideia baseada no uso da potência de base 10, em vez de ficar escrevendo todos os algarismos de uma determinada medida. A notação científica é representada da seguinte forma:

$$N \times 10^y$$

São representados pelo “N” que é a mantissa ou coeficiente, e “y” o expoente ou ordem de grandeza. O valor de N tem que ser maior ou igual 1 e menor que 10, e o y representa quantas vezes a mantissa N tem que ser multiplicada por 10 para se obter o valor original.

Obs.: Quando a vírgula é deslocada para a esquerda, o expoente da base 10 fica positivo (10^{+y}).

Quando a vírgula é deslocada para direita o expoente da base 10 fica negativo. (10^{-y}).

Veja os exemplos abaixo:

Exemplo:01

A velocidade da luz é um número bem grande e geralmente é expresso em notação científica, é representado por $c = 300000,0 \text{ km/h} = 3,0 \times 10^5 \text{ km/h}$ ou $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Exemplo:02

O tamanho do diâmetro de um átomo, que é muito pequeno, e vale 0,0000000001 m. Ele é expresso em notação científica da seguinte forma: $0,0000000001 \text{ m} = 1,0 \times 10^{-10} \text{ m}$.

Obs.: Também pode ser escrito em função dos prefixos do SI segundo as tabelas 1b e 2b. Seu valor na forma simplificada ficaria 0,1nm.

Exercício complementar

A distância percorrida em 1 ano-luz é de aproximadamente 9,5 trilhões de quilômetros. Experimente escrever esse número sem a notação científica ou os prefixos do SI!

R.: _____

Tabela 1b. Prefixos do SI (Sistema Internacional de Medidas)

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^1	Deca	da	10^{-1}	Deci	d
10^2	Hecto	h	10^{-2}	Centi	c
10^3	Quilo	k	10^{-3}	Mili	m
10^6	Mega	M	10^{-6}	Micro	μ
10^9	Giga	G	10^{-9}	Nano	n
10^{12}	Terá	T	10^{-12}	Pico	p
10^{15}	Peta	P	10^{-15}	Femto	f
10^{18}	Exa	E	10^{-18}	Atto	a
10^{21}	Zetta	Z	10^{-21}	Zepto	z
10^{24}	Yotta	Y	10^{-24}	Yocto	y

Fonte: (BAGNATO & MUNIZ, 2013)

Tabela 2b. Exemplos de prefixos utilizados no SI

Prefixo	Multiplicador	Símbolo (exemplos)
Pico	$x 10^{-12} = 0,000000000001$	p (pm, ps)
Nano	$x 10^{-9} = 0,000000001$	n (nm, ns)
Micro	$x 10^{-6} = 0,000001$	μ (μm , μs)
Mili	$x 10^{-3} = 0,001$	m (mm, ms)
Centi	$x 10^{-2} = 0,01$	c (cm)
Quilo	$x 10^3 = 1000$	k (km, kg)
Mega	$x 10^6 = 1000000$	M (MHz)
Giga	$x 10^9 = 1000000000$	G (GHz)
Terá	$x 10^{12} = 1000000000000$	T (THz)

Fonte: (BAGNATO & MUNIZ, 2013)

1.4 Ordem de grandeza

Bagnato & Muniz (2013) nos diz que a ordem de grandeza O.G. significa estimar os valores de medidas, que não podem ser conhecidas com grande precisão. Isso facilita muito quando queremos ter uma noção da magnitude de determinada grandeza, sem se preocupar com os algarismos significativos. Ainda segundo Bagnato & Muniz (2013, p. 238), “por exemplo, pode ser útil saber se o débito da sua conta no banco é da ordem de centenas, milhares ou milhões de reais! Neste caso, alguns reais a mais ou a menos podem não fazer muita diferença.” Segundo Bagnato & Muniz (2013), a ordem de grandeza possui as seguintes regras:

1ª Se a ordem de grandeza de um determinado número for, menor que a mantissa 3,16 a ordem de grandeza será 10^y .

2ª Se a ordem de grandeza de um determinado número for maior que 3,16 a ordem de grandeza será 10^{y+1} .

O parâmetro para análise na ordem de grandeza vale $\sqrt{10} \cong 3,16$, que é o valor da mantissa.

Exemplo:03

Determine a ordem de grandeza das medidas a baixo: a)

$5,0 \times 10^2 \text{kg}$ \longrightarrow O.G. = 10^3kg

b) $3,0 \times 10^2 \text{km}$ \longrightarrow O.G. = 10^2km



- c) $2,0 \times 10^{-1}m$ O.G.= $10^{-1}m$
d) $8 \times 10^{-3} dm$ O.G.= $10^{-3+1} = 10^{-2}dm$

Exercício complementar

Determine a ordem de grandeza dos valores abaixo:

- a) $3,6 \times 10^3kg=$ R.: _____ . c) $1,5 \times 10^{-1}s=$ R.: _____ .
b) $2,5 \times 10^2km=$ R.: _____ . d) $4,0 \times 10^{-2}m=$ R.: _____ .

1.5 Trabalhando com escalas de medidas

Objetivo Geral: O objetivo desse tema, consiste em verificar se os alunos são capazes de realizar medidas com aproximações, principalmente com relação as escalas macro, micro e nano em objetos que fazem parte do seu dia a dia (FAGAN, 2020a).

ATIVIDADES

1.6 Teste de sondagem sobre trabalhando com escalas de medidas

Procedimento didático: O professor irá aplicar um teste de sondagem a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de escalas de medidas.

- a) Que instrumentos podemos utilizar para medir a sala de aula?

R.: _____

- b) É possível medir a espessura de uma folha de caderno? Justifique.

R.: _____

1.7 Calculando a estimativa da espessura de uma folha de papel

Procedimento didático: Essa atividade tem o objetivo de fazer com que os alunos, consigam descobrir uma maneira de achar a espessura de uma folha de papel. A ideia é que eles consigam achar aproximadamente 0,1mm ou 100 μm de espessura da folha. Essa atividade será realizada por 5 grupos de 4 alunos. Cada grupo receberá um pacote de 500 folhas e uma régua de 30 cm. Os alunos terão que medir o tamanho da espessura do pacote de folhas, com a régua de 30 cm. Após ter medido a espessura do pacote, terão que dividir o valor da espessura achada pelo número de folhas existentes no pacote. Achando assim a espessura de uma folha de papel. (SCHULZ, 2007)

R.: _____

1.8 Calculando a estimativa da largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil

Procedimento didático: Nesse tema, os alunos terão que buscar meios para encontrar a espessura de uma trilha de uma faixa musical de um disco de vinil. A ideia é que eles consigam achar aproximadamente entre 50 μm e 100 μm de espessura da trilha. Essa atividade seguirá o mesmo padrão de divisão de grupos da atividade anterior. Serão formados 5 grupos compostos por 4 alunos. O procedimento consiste em primeiro lugar escolher uma faixa musical, e logo após medir a faixa com a régua que foi fornecida na atividade anterior. Os alunos deverão verificar o tempo de duração da faixa sonora na capa do disco fornecido. Sabe-se que um disco de vinil tem uma rotação de 33,3rpm. Uma vez conhecendo a espessura da faixa, a frequência e o tempo de duração, os alunos serão capazes de estimar o número de trilhas existentes em uma faixa. Com base nisso conseguem calcular a espessura de uma única trilha de gravação do disco. (SCHULZ, 2007)

R.: _____

APÊNDICE B – 2ª AULA

2 Introdução aos conceitos de átomos e moléculas.

Objetivo Geral: O objetivo desse tema é abordar com os alunos os conceitos de átomos e moléculas.

ATIVIDADES

2.1 Teste de sondagem sobre introdução aos conceitos de átomos e moléculas

Procedimento didático: O professor irá aplicar um teste de sondagem para saber se os alunos possuem conhecimentos prévios sobre átomos e moléculas.

1. O que é matéria?

R.: _____

2. Do que são feitas todas as coisas? Justifique.

R.: _____

3. Quem é maior o átomo ou a molécula? Justifique.

R.: _____

4. De que é feito o grafite? E o diamante? Por que eles são tão diferentes?

R.: _____

2.2 Utilização do programa phet simulações interativas estados da matéria: básico

Procedimento didático: Nessa atividade será utilizado o programa Phet Simulações Interativas Estados da Matéria: Básico, pois o mesmo serve como uma ferramenta tecnológica, que auxilia didaticamente o professor, na introdução dos conceitos de átomos e moléculas. O professor deve baixar o Phet Simulações Interativas em seu computador. O professor deve projetar a imagem do computador em uma tela, utilizando um datashow, para que ele possa demonstrar o funcionamento do programa aos alunos.

2.3 Realizando o experimento do movimento browniano

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor deve realizar o experimento do movimento Browniano. Deverão ser utilizados os seguintes materiais: água, leite e um fio de cabelo. Mistura-se 30 ml de água com duas gotas de leite em um recipiente. Então pega-se o fio de cabelo e o coloca em forma de um círculo sobre a lâmina. Logo após, deve-se pingar uma gota da mistura de leite com água dentro do círculo de cabelo. Em seguida os alunos devem começar a fazer observações do movimento das moléculas do leite imersas na camada de água, através de um microscópio. (UMSNH, 2018)

APÊNDICE C - 3ª AULA (PARTE 1)

3 Nanotecnologia e Nanociência uma inovação científica

Objetivo Geral: Esse tema tem como objetivo apresentar aos alunos a definição de Nanociência e Nanotecnologia, através de textos em anexo, e filmes de ficção científica.

ATIVIDADES

3.1 Teste de sondagem sobre Nanotecnologia e Nanociência e análise de texto complementar.

Procedimento didático: Primeiramente, o professor irá aplicar um teste de sondagem a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Nanotecnologia e Nanociência. Após o teste de sondagem, os alunos receberão um texto complementar sobre Nanotecnologia e Nanociência, que será lido e analisado em sala de aula junto ao professor.

1. Descreva com suas palavras, o que você entende por nanotecnologia e nanociência?

R.: _____

2. Você conhece alguma aplicação de nanotecnologia? Em caso afirmativo, a descreva.

R.: _____

APÊNDICE C – 3ª AULA (PARTE 2)

3.2 Nanotecnologia e Nanociência: uma inovação tecnológica inserida através de filmes de ficção científica.

Procedimento Didático: O professor irá passar em sala de aula, o filme de ficção científica “Homem-Formiga” para os alunos assistirem. O objetivo é que os alunos possam através do filme, relacionar a Nanotecnologia e Nanociência com a inovação tecnológica proposta pelo filme. O filme Homem-Formiga (2015), com uma duração de 1h e 57min é interpretado e dirigido por Peyton Reed. Esse filme conta a história de Scott (interpretado por Paul Rudd) que embora no passado tenha recorrido à prática de assaltos para sustentar sua família, é essencialmente um homem bom. Após sair da prisão, ele tem o objetivo de se tornar um excelente pai para sua filha Cassie. Ainda que não tenha características de um herói tradicional, seu amplo conhecimento em tecnologia, sua capacidade física e sua personalidade, tornam Scott um excelente candidato para utilizar a incrível roupa do Homem-Formiga. Então, ele aceita realizar uma missão para o Doutor Hank Pym, que é roubar a roupa do jaqueta amarela, uma arma que possui o poder de destruir a humanidade.

3.3 Teste de sondagem - filme homem-formiga

Procedimento didático: Ao término do filme, o professor irá aplicar um teste de sondagem com o objetivo de verificar se o alunos são capazes de fazer algum tipo relação da Nanotecnologia e Nanociência, através da inovação tecnológica proposta pelo filme.

1. Daria para estimar a ordem de grandeza do tamanho do Homem-Formiga em sua primeira miniaturização? Em caso afirmativo justifique sua resposta.

R.: _____

2. Na cena final do filme, O Homem-Formiga diz que só conseguiria entrar na roupa do vilão jaqueta amarela, encolhendo em nível molecular. Pergunta-se o que significa encolher em nível molecular?

R.: _____

APÊNDICE D – 4ª AULA

4 Alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho

Objetivo Geral: Esse tema tem o objetivo de verificar, que quanto menor for o tamanho do material, mais importantes ficam os efeitos de superfície, promovidos pelo aumento da relação entre sua área e seu volume.

ATIVIDADES

4.1 Teste de sondagem sobre alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor irá buscar através de um teste de sondagem, os conhecimentos prévios dos alunos sobre a alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho.

1. Em quantas vezes podemos dividir um pedaço de giz e os pedacinhos menores continuarem a ser giz?

R.: _____

2. O que muda quando diminuimos o tamanho do giz?

R.: _____

3. O que acontece quando tentamos dissolver em água um comprimido de Sonrisal inteiro e outro triturado? Justifique sua resposta.

R.: _____

4.2 A variação da razão área/volume de um material: experimento com grãos de café

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor irá realizar um experimento que evidencia a importância do tamanho de um material, pois em muitos materiais só aparecem

determinadas evidências quando estão em escalas menores, como é o caso do café. Serão utilizados os seguintes materiais: um fogão, um coador, um filtro de café, um bule e dois tipos de café, um triturado e outro em grãos. Em seguida deve-se pegar um pouco de água com o bule e colocar para ferver no fogão. Logo após, colocar o coador já com o filtro e café com grãos triturados, no bule. Ao adicionar água fervida no coador, será visualizado o café sair na cor preta pelo coador. Depois será feito o mesmo procedimento só que com o café em grãos. Já nessa situação o café já sai pelo coador com uma cor bem mais clara em relação ao procedimento anterior. Essa diferença de tonalidades de cor está relacionada com a variação da área superficial do material. (FAGAN, 2020a)

4.3 A variação da razão área/volume de um material: experimento geométrico

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor irá propor aos alunos que realizem o cálculo de razão entre a área e o volume de um cubo de 1cm de aresta, em contato com o ar. Em seguida eles devem pegar o cubo e dividir em pedaços menores com aresta de 0,1 cm, isso fornece um total de 1000 cubos desse mesmo tamanho. E novamente devem calcular a razão área/volume. Agora eles devem pegar o cubo, só que dessa vez devem dividir em partes menores com aresta de 0,01 cm, isso fornece um total de 10^6 cubos de mesmo tamanho. E por fim devem calcular a razão área/volume. Assim os alunos verificaram que, à medida que diminuimos o lado do cubo em partes cada vez menores, a área superficial é aumentada mesmo mantendo o volume total constante. (SCHULZ, 2007)

Dados: O volume do cubo (V_C) e a área superficial do cubo (S_C) são dados pelas seguintes expressões $V_C = L^3$ e $S_C = 6L^2$.

R.: _____

4.4 A variação da razão área/volume de um material: acelerando as reações químicas

Procedimento Didático: Nessa atividade, o professor irá realizar um experimento capaz de demonstrar como a variação da razão área/volume ocasionam mudanças das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho. Essa atividade consiste em pegar uma bateria de 9v, e uma palha de aço. Ao encostar a palha de aço nos polos da bateria, percebe-se que a corrente elétrica aquece os fios da palha de aço, ao ponto de pegar fogo. Mesmo depois de tirar a palha de aço dos polos da bateria, ela continua pegando fogo. Devido aos fios serem muito finos, isso resulta em uma quantidade de átomos de ferro em contato com o oxigênio presente no ar, e grande o suficiente para ocasionar a combustão. (SCHULZ, 2007)

APÊNDICE E – 5ª AULA

5 Experimentos de situações de nanomateriais

Objetivo geral: Esse tema, tem o objetivo de realizar experimentos capazes de representar situações de nanomateriais.

ATIVIDADES

5.1 Calculando a espessura de um filme fino de óleo sobre a água

Benjamin Franklin, por volta de 1757, observou que dois barcos que faziam parte da frota permaneciam parados, enquanto outros se moviam com o vento. Ao verificar o motivo desse fenômeno, o capitão falou para ele que possivelmente os cozinheiros do barco tinham jogado óleo ao lado do barco. Indagando mais a respeito, ficou sabendo que habitantes das ilhas do pacífico jogavam óleo no mar para evitar que o vento agitasse a água impedindo assim a pescaria. No ano de 1774, Benjamin tentou reproduzir esse evento, ele pegou uma colher de 4ml de óleo, e jogou em um lago. O mais interessante foi que o óleo se espalhou por uma superfície de 2000 m², formando uma película bem fina sobre a superfície da água. Embora Franklin não tivesse essa intenção, esse experimento nos dá a capacidade de calcular com uma boa aproximação o tamanho dessas moléculas. Para isso, basta supor que o óleo se espalhe a tal

ponto que se forme uma película de espessura na superfície. Ele conseguiu obter em seu experimento uma espessura de 2nm. (INEP, 2016)

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor irá reproduzir de forma aproximada, o experimento de Benjamin Franklin, com o intuito de obter a espessura de um filme fino de óleo, de aproximadamente 10nm. Serão utilizados os seguintes materiais: uma bacia, água, óleo de cozinha, talco, um alfinete fino, uma folha milimetrada e uma régua. Coloca-se água dentro do balde, e espera até que não tenha nenhuma ondulação na superfície. Logo em seguida coloca-se talco na superfície da água, mergulha-se o alfinete fino no óleo e ao retirá-lo, pequenas gotas de óleo deslizam pelo alfinete e caem. Então com o auxílio do alfinete fino deve-se pingar, uma dessas gotas que tem aproximadamente o diâmetro de 1mm, no centro do balde com água. Observa-se então que a gota de óleo vai se espalhando ao longo da superfície da água, formando um filme fino com a espessura de uma única molécula de óleo, que só pode ser visto a partir do deslocamento das partículas do talco. Essa espessura do filme fino de óleo sobre a água é verificado por uma comparação de volumes. O volume da gota de óleo é igual ao volume da mancha de óleo na superfície da água. A estimativa da espessura da mancha de óleo é dado pelo razão entre o volume da gota saindo do conta-gotas pela área da mancha do talco deslocado. (SCHULZ, 2007)

R.: _____

5.2 Auto-arranjos: estratégia bottom-up

Procedimento didático: Nessa atividade, o professor irá realizar um experimento que serve como modelo de simulação do auto-arranjo em nanoescala. Nessa atividade serão

utilizados os seguintes materiais: uma bacia contendo água e um jogo de blocos de plástico. Os alunos deverão colocar os blocos na superfície da água de forma espalhada e, depois de um certo tempo, verificarão que os blocos estão todos juntos ocasionando o auto-arranjo. Isso ocorre devido à diminuição das tensões superficiais, provenientes da reorganização dos blocos. Esse experimento pode ser feito com blocos de Lego ou similares. (SCHULZ, 2007)

APÊNDICE F – 6ª AULA

6 Apresentação de vídeos sobre os nanomateriais à base de carbono na indústria, potenciais aplicações da nanotecnologia e seus impactos na saúde e meio ambiente.

Objetivo geral: Apresentar aos alunos, através de vídeos, os nanomateriais à base de carbono como: o fulereno, os nanotubos de carbono e o grafeno. Também serão apresentadas as aplicações da Nanotecnologia no setor industrial, e por fim os seus possíveis impactos à saúde e ao meio ambiente.

6.1 Vídeos apresentados

OBS.: Após a apresentação dos vídeos, o professor abrirá um espaço para um bate-papo sobre os vídeos apresentados.

6.2 Os nanomateriais à base de carbono na indústria

Procedimento didático: O professor deverá apresentar em sala de aula um vídeo com duração de 6min, para os alunos sobre os nanomateriais à base de carbono, e de suas aplicações na indústria.

Vídeo - Os incríveis nanomateriais à base de carbono (INCT, 2019).

Link do vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=bnOoG_QJZQU

6.3 Potenciais aplicações da nanotecnologia

Procedimento didático: O professor irá apresentar em sala de aula um vídeo com uma duração de 10 min e 8 s, sobre potenciais aplicações da Nanotecnologia.

Vídeo - Nanotecnologia (FACAMP, 2014).

Link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=wt8lX7wPy4o>

6.4 Impactos na saúde e no meio ambiente através da nanotecnologia

Procedimento didático: O professor apresentará um vídeo com uma duração total de 22 min e 6 s, que tem como objetivo apresentar aos alunos os impactos negativos da Nanotecnologia, à saúde e ao meio ambiente.

Vídeo - Impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente (RIBEIRO, 2011). Link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=jnwIK5o5AD8>

Nanotecnologia

Uma história um pouco diferente

Muitos manuais de introdução à nanotecnologia já foram escritos para divulgar essa aparentemente nova tecnologia, que estuda e manipula a matéria nas dimensões do bilionésimo de metro. No entanto, esses textos têm, em geral, uma característica comum: debruçam-se pouco sobre as origens dessa área multidisciplinar. E, quando o fazem, reforçam datas, feitos e personagens que, sob a luz de uma apuração histórica mais minuciosa, não se sustentam como marcos fundadores da área.

Mesmo que, por vezes, equivocada, essa narrativa histórica traz elementos importantes para entender e contextualizar essa atividade humana, bem como sua divulgação para o grande público.

Peter Schulz
Faculdade de Ciências Aplicadas,
Universidade Estadual de Campinas (SP)

A nanotecnologia baseia-se na investigação e manipulação da matéria na escala dos bilionésimos de metro – ou seja, dos nanômetros –, emprestando esforços de disciplinas vistas, até há pouco tempo, como separadas: biologia, física, química e ciências dos materiais.

Da comunidade científica ao grande público, diversos grupos, quando questionados sobre a história da nanotecnologia, parecem se contentar com poucas informações, que não variam muito de sítio para sítio da internet – caso emblemático é o do chamado Instituto Foresight.

Vejamos, então, alguns dos fatos mais disseminados sobre as supostas origens da nanotecnologia.

O marco fundador da área teria sido a palestra proferida, ainda em 1959, pelo famoso físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988), ‘Há muito espaço lá embaixo’ – voltaremos ao assunto.

Já a palavra nanotecnologia foi cunhada, em 1974, pelo pesquisador japonês Norio Taniguchi (1912-1999). A ‘paternidade’ da tecnologia em si seria do primeiro doutor na área, o engenheiro norte-americano Eric Drexler, autor do livro *Engines of creation: the coming era of nanotechnology* (*Engenhos da criação: o advento da era da nanotecnologia*), de 1986, importante na disseminação dessa nova tecnologia para o grande público.

Naquela década, a descoberta fundamental das moléculas com 60 átomos de carbono, os fulerenos, e a invenção dos microscópios de varredura de prova – entre eles, o microscópio de força atômica, com o qual a ‘manipulação átomo a átomo’ passou a ser, de fato, possível – abririam as portas para essa nova era.

Além dessa nanotecnologia ‘moderna’, haveria também uma nanotecnologia ‘antiga’, remontando às nanopartículas

logia



de ouro e prata, dando características especiais a vidros produzidos na Roma antiga. Evidentemente, aqueles romanos não tinham ideia de que se tratava de partículas coloidais, que, hoje, são chamadas nanopartículas e – fato raramente lembrado nas várias histórias da nanotecnologia – estudadas sistematicamente pelo físico inglês Michael Faraday (1791-1867), em meados do século 19.

Espaço lá embaixo Contar a história desse modo nada acrescenta à compreensão da nanotecnologia como uma atividade humana de pesquisa e inovação, com importantes repercussões sociais. No entanto, esse pequeno conjunto de, digamos, notas de rodapé fornece excelentes pontos de partida para ir um pouco mais a fundo e construir um olhar diferente sobre o tema.

Começemos pela palestra de Feynman – Nobel de Física de 1965 –, adormecida por mais de 20 anos e transformada em uma profecia por, entre outros, Drexler – afinal, nada melhor do que um oráculo renomado para fomentar uma proposta supostamente nova.

O propósito da palestra aparecia logo no começo: “Quero falar sobre o problema de manipular e controlar as coisas na escala atômica”. E uma meta era anunciada em seguida: “Por que não podemos escrever os 24 volumes inteiros da *Enciclopédia Britânica* na cabeça de um alfinete”? Para responder a essa pergunta, Feynman encadeou uma série de elaborações conceituais que hoje soam, de fato, proféticas – e, à época, eram, sem dúvida, interessantes.

Mas seriam assim tão visionárias?

Perscrutando o contexto da época, o leitor pode chegar às próprias conclusões, lembrando que Feynman não

cita resultados científicos em sua palestra, mas certamente era uma pessoa muito bem informada.

O que se passava, então? Em 1958, foi desenvolvida a prova de conceito do circuito integrado (CI), rapidamente reconhecido como a primeira rota eficiente para miniaturização da eletrônica em escala sem precedentes. O físico e engenheiro norte-americano Jack Kilby (1923-2005) – Nobel de Física de 2000 pela invenção do CI – teria anotado, em seu caderno de laboratório, em 1958: “Miniaturização extrema de muitos circuitos elétricos pode ser alcançada, fazendo resistores, capacitores, transistores e diodos em uma única fatia de silício”.

A palavra ‘extrema’ abria as portas para a imaginação em uma época em que competições de miniaturização já eram moda – e isso antes mesmo do prêmio oferecido por Feynman em sua palestra para quem construísse o menor motor do mundo. Assim, a profecia de Feynman não era desprovida de pistas claras de que poderia ser realizada.

A palestra de Feynman tampouco influenciou diretamente o desenvolvimento da nanotecnologia, como aponta o antropólogo cultural norte-americano Chris Toumey, em seu artigo ‘Lendo Feynman no contexto da nanotecnologia’. Nele, Toumey escreve que as reais motivações de Feynman – frequentemente associadas à antecipação da nanotecnologia – vêm sendo discutidas também por historiadores da física. Mesmo assim, a palestra abriu-se para a fama, chancelada por milhares de citações.

Mas seria possível um artigo praticamente desconhecido hoje ter tido, de fato, forte influência direta no desenvolvimento da nanotecnologia?

>>>

Engenharia molecular O físico teuto-americano Arthur von Hippel (1898-2003), três anos antes da palestra de Feynman, publicou na revista *Science* um artigo-manifesto chamado 'Engenharia molecular', que abre com a pergunta: "O que é engenharia molecular?".

A resposta é a própria definição de nanotecnologia: "Em vez de tomarmos materiais pré-fabricados e tentarmos encontrar aplicações de engenharia para eles, consistentes com suas propriedades macroscópicas, podemos construir materiais a partir de átomos e moléculas para um fim desejado... [o engenheiro] pode jogar xadrez com partículas elementares de acordo com regras preestabelecidas, até que novas soluções de engenharia tornem-se aparentes".

As elaborações conceituais oferecidas pelo artigo para alcançar esse objetivo são mais modestas que as de Feynman. Porém, von Hippel ataca o problema de qual seria o arcabouço institucional para isso: "O que estamos tentando criar como resposta para essa situação são laboratórios verdadeiramente interdepartamentais para a ciência e engenharia moleculares". À época, von Hippel chefiava um laboratório no MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), nos EUA, formado por "físicos, químicos, engenheiros elétricos e especialistas em cerâmicas, com a esperança de estabelecer alianças com engenheiros mecânicos, químicos, metalúrgicos, bem como biólogos, com o crescimento da experiência e confiança".

Assim, nota-se que von Hippel não só definiu o escopo da nanotecnologia, mas também antecipou seu ambiente de pesquisa, ou seja, aquele marcadamente interdisciplinar, como observado hoje.

O conceito de engenharia molecular foi logo usado no âmbito da microeletrônica – então nascente – como possível alternativa ao silício, atravessando as portas da indústria à época, com programas ambiciosos que, no entanto, foram revistos anos depois. As razões desse redirecionamento são discutidas no artigo 'A longa história da engenharia molecular: origens microeletrônicas da nanotecnologia', de Hyungsub Choi e Cyrus Mody. As promessas iniciais dessas alternativas acabaram esbarrando em problemas que, em parte, ainda não foram totalmente resolvidos a ponto de elas concorrerem, em condições de igualdade, com a microeletrônica – hoje, já a nanoeletrônica – convencional baseada em silício.

Apesar desse impasse inicial, as ideias ficaram no ar, e um produto delas se concretizou no ano em que a palavra nanotecnologia teria sido cunhada: em 1974, o pesquisador da IBM Ari Aviram e o químico teórico norte-americano Mark Ratner anunciam o desenvolvimento, nos laboratórios daquela empresa, de um diodo molecular, ou seja, o primeiro dispositivo eletrônico da 'engenharia molecular'.



Os anos seguintes testemunharam um despertar da eletrônica molecular, catalisado por Forrest Carter, químico norte-americano do Laboratório de Pesquisas Navais (EUA). Carter – hoje, praticamente esquecido – conheceu Feynman e buscou construir uma comunidade científica nessa área emergente, promovendo, em 1981, o primeiro Workshop Internacional sobre Dispositivos Eletrônicos Moleculares. É nesse ambiente que se forma, por exemplo, Eric Drexler.

Química dos colóides Qual é o papel de livros de divulgação no fomento de uma nova área do conhecimento? O livro de Drexler faz lembrar outro, mais antigo, *O mundo das dimensões esquecidas*, de 1914, do químico alemão Wolfgang Ostwald (1883-1943). Aqui, voltamos às partículas coloidais – cujas dimensões estão entre milionésimos e bilionésimos de metro –, que não eram mera curiosidade científica no início do século passado.

Para promover essa área do conhecimento, Ostwald dizia que "não conhecia uma área da ciência contemporânea que abordasse tantos e tão distintos campos de interesse, como a química dos colóides. É certo que a teoria atômica e a radioatividade interessam a qualquer ser humano culto. Mas são especiarias intelectuais comparadas com a química dos colóides, que é necessária para várias áreas teóricas e práticas".

Essa ciência dos colóides chegou ao clímax de sua percepção acadêmica com o prêmio Nobel de Química de 1925, para o austríaco Richard Zsigmondy (1865-1928), e, no ano seguinte, para o sueco Theodor Svedberg (1884-1971) e para o francês Jean Perrin (1870-1942) – este último, na categoria Física.

Havia, portanto, todo um projeto de pesquisa interdisciplinar que buscava aplicações tecnológicas e estava baseado em nanopartículas, como resumido pelo historiador da ciência norte-americano Gerald Holton, em seu ensaio 'Subelétrons, pressupostos e a polêmica Millikan-Ehrenhaft': "Acreditava-se, em geral, que a pesquisa dos colóides era uma grande fronteira, tanto para a ciência pura quanto para a aplicada e que poderia constituir uma ponte entre a matéria inorgânica e a orgânica. Esse campo parecia encerrar grandes promessas para a pesquisa médico-biológica e também para a indústria". Ou seja, outra

definição muito próxima das promessas e dos alcances atribuídos à nanotecnologia atualmente.

Bala mágica Associados às nanopartículas – um dos carros-chefe da nanotecnologia –, estão os sistemas de carregamento e liberação de drogas: remédios nanoparticulados encapados por um material que se associa seletivamente a células doentes, permitindo atingir apenas o alvo (a doença) com maior eficiência, necessitando, assim, de doses menores e diminuindo os efeitos colaterais. Anunciada frequentemente como uma revolução viabilizada pela nanotecnologia, essa ideia remonta ao início do século passado, com o conceito de ‘bala mágica’, do médico e cientista alemão Paul Ehrlich (1854-1915), Nobel de Medicina de 1908: remédios que vão apenas e diretamente às células doentes.

Desde então, não parou o desenvolvimento de estratégias para obter essas ‘balas mágicas’. Um caso que serve como ilustração: o artigo ‘Uso de ouro e ouro coloidal radioativo recoberto por prata na mitigação de ascites e efusões pleurais’, de 1958, publicado no *British Journal of Radiology*.

De que se tratava? Ouro radioativo tem efeito terapêutico em doenças enunciadas no artigo, mas se descobriu que chegava à região pretendida apenas quando recoberto com prata. Pode-se dizer que é um exemplo de ‘bala mágica’ viabilizada pela nanotecnologia da década de 1950 e comercializada à época.

Imperativo cultural Podemos nos perguntar o que os exemplos mencionados aqui têm em comum. Vimos que a ‘agenda contemporânea’ da nanotecnologia já havia sido proposta, pelo menos, duas vezes, antecipando tanto a estrutura de instituições interdisciplinares para levar esse projeto adiante quanto a obtenção de projetos ambiciosos de financiamento.

Richard Jones, do Departamento de Física da Universidade de Sheffield (Reino Unido), argumenta que, “em vez de pensar na emergência de um novo campo científico, a nanotecnologia seria mais bem definida como um projeto sociopolítico, resultado de influências tanto da ciência quanto de um clima político, econômico e cultural” – exatamente como nos exemplos mostrados aqui.

Assim, pode-se dizer que estamos presenciando uma ‘nova onda’ da nanotecnologia – com as primeiras ‘ondas’ não recebendo o devido crédito na mídia. Devemos, então, abordar a questão como um todo: a nanotecnologia começando, de fato, com a química dos colóides e ideias como a da ‘bala mágica’.


A nanotecnologia seria um ‘imperativo cultural’, conceito formulado pelo arqueólogo da cultura norte-americano Michael Schiffer, que ilustrou o conceito



O rádio de pilha é um exemplo notável de miniaturização bem-sucedido e que guarda certa analogia com o percurso da nanotecnologia

aplicando-o ao caso do rádio de pilha – notável exemplo de miniaturização bem-sucedido e que guarda certa analogia com o que discutimos aqui.

Imperativo cultural seria um “mandato para um desenvolvimento tecnológico”, “um produto ou ideia intensamente desejados por um grupo – seu ‘círculo eleitoral’ – e considerados inevitáveis e à espera de meios tecnológicos para tornar-se realidade”. Nesse círculo eleitoral, assumem papel de destaque os promotores da ideia (Ostwald, Von Hippel, Carter e Drexler), bem como leigos e a mídia – com veículos de difusão da ideia, como as revistas sobre rádio e eletrônica do começo do século passado, no caso analisado por Schiffer –, que contribuem para manter o interesse, além dos pesquisadores e técnicos propriamente ditos.

Um imperativo cultural pode demorar décadas até que se viabilize, podendo passar por várias rotas de desenvolvimento independentes entre si, como vem ocorrendo com a nanotecnologia. Ao se disseminar, novas rotas tendem a minimizar o papel das outras, recorrendo, às vezes, a imagens que provavelmente nunca passarão de provas de conceito, como é o caso das nanomáquinas, popularizadas nessa ‘terceira onda’ da nanotecnologia. 

Sugestões para leitura

- SCHULZ, P. *A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos*. Rio de Janeiro, Editora Vieira & Lent (2009).
- FERNANDES, M. F. M. *História da ciência do tempo presente: o caso da nanotecnologia*. Disponível em: <http://bit.ly/15eJ3YK>
- CHOI, H. e MODY, C. C. M. ‘The long history of molecular electronics: microelectronics origins of nanotechnology’. *Social Studies of Science*, v. 39, n. 11 (2009). Disponível em: <http://bit.ly/15gt1GU>
- HOLTON, G. *A imaginação científica*. Rio de Janeiro, Zahar (1979).

NA INTERNET

Instituto Foresight (em inglês): <http://www.foresight.org/nano/history.html>

REFERÊNCIAS

BAGNATO, V. S., & MUNIZ, S. R. **Medidas de Grandezas Físicas**. In.: *Fundamentos da Matemática II*, 2013, p. 232-246. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4394891/mod_resource/content/1/MedidasFisicas.pdf

FACAMP, C. **Nanotecnologia**. In.: *1 vídeo (10min:08seg)*, 11 de Agosto de 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw&t=822s > Acesso em 26 de Agosto de 2020.

FAGAN, S. B. **Definições de Nanociências e Nanotecnologia**. In.: S. B. FAGAN, *Nanociências e Nanotecnologia Para Iniciantes*, v. 1, Santa Maria - RS: UFN, 24 de junho de 2020, p. 1-13. Disponível em: ava.ufn.edu:

[https://ava.ufn.edu.br/pluginfile.php/553680/mod_resource/content/1/Definições de Nanociências e Nanotecnologia - Tópico 1 - curso de extensão.pdf](https://ava.ufn.edu.br/pluginfile.php/553680/mod_resource/content/1/Definições%20de%20Nanociências%20e%20Nanotecnologia%20-%20Tópico%201%20-%20curso%20de%20extensão.pdf)

GONÇALVES, G. S. **Novos materiais de construção para Construção Civil**. 2017.

Disponível em: <http://docplayer.com.br/49947346-Novos-materiais-de-construcao-paraconstrucao-civil-geciane-silva-goncalves.html> > Acesso em: 23 de agosto de 2020.

INCT. **Os Incrveis Nanomateriais de Carbono**. In.: *1 Vídeo (6min)*, 21 de maio de 2019.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KseJW3KouOM> > Acesso em 26 de agosto de 2020.

INEP. **INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**.

2016. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/ppl/2016/prova_caderno_branco_9_2016.pdf > Acesso em: 24 de agosto de 2020,

RIBEIRO, S. **Palestra Silvia Ribeiro - Impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente**. In.: *1 Vídeo (22min:05)*, 31 de Janeiro de 2011. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=jnwIK5o5AD8&t=475s> > Acesso em: 26 de agosto de 2020

SCHULZ, P. A. **Nanociência de baixo custo em casa e na escola**. In.: *Física na Escola*, 8, 2007, p. 4-9. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a02.pdf>

_____. **NANOTECNOLOGIA - Uma história um pouco diferente**. In.: *CIÊNCIA HOJE*, 52(308), outubro de 2013, p. 26-29.

UMSNH, I. F. **Movimiento Browniano**. 12 de setembro de 2018). In.: *1 vídeo (3min:12s)*.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KSF8INFO85A&t=60s> > Acesso em: 21 de setembro de 2020.

