



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Material Instrucional para o Aluno
Contextualização e levitação do MAGLEV

Anderson da Silva Cunha
Deise Miranda Vianna
Marcos Binderly Gaspar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Anderson da Silva Cunha, intitulada Levitando com a Física, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Janeiro de 2018

SUMÁRIO

| | |
|---|----------|
| Capítulo 1: Introdução | 3 |
| Capítulo 2: Contextualização e levitação do MAGLEV | 4 |
| 2.1 Primeira etapa – Contextualização e problematização do MAGLEV | 5 |
| 2.2 Segunda etapa – Tecnologia envolvida no MAGLEV | 11 |
| 2.3 Terceira etapa – A Física envolvida no MAGLEV | 12 |

Capítulo 1

Introdução

Material para o estudante

Este material didático, que é destinado para estudantes do ensino médio regular e da Nova Educação de Jovens e Adultos (NEJA), contém uma sequência de atividades com o objetivo de contextualizar e problematizar o trem supercondutor na sociedade e abordar alguns conceitos Físicos necessários para o entendimento da causa da sua levitação.

Capítulo 2

Contextualização e levitação do MAGLEV

O Trem de Levitação Magnética Maglev



Figura 2.1. Ilustração de um trem voando.

(Fonte: <https://apkpure.com/br/flying-train-in-sky/com.WorldGameSimulator.FlyingOldTrain>) Acesso em Janeiro de 2018.

2.1 Primeira etapa – Contextualização e problematização do MAGLEV



Figura 2.2. Ilustração do tráfego urbano.

(Fonte: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>) Acesso em Janeiro de 2018.

Leia atentamente os textos e discuta com seus colegas de grupo qual (ou quais) ponto(s) dos textos chamou mais a sua atenção.

Texto 1

Poluição veicular: um problema global e local

Em todo o mundo, as megacidades com mais de 10 milhões de habitantes enfrentam sérios problemas causados pela poluição veicular. Ao contrário do que se poderia supor, a poluição não é mais grave nos países mais ricos e desenvolvidos. Atualmente, grandes metrópoles como Paris, Nova York, Londres e Tóquio são menos poluídas do que muitas cidades de países em desenvolvimento, como a Cidade do México, Buenos Aires e São Paulo. Nesse ranking, os países pobres levam desvantagem, pois carecem de investimentos em transporte coletivo e outras medidas capazes de melhorar a qualidade do ar.

No Brasil, os paulistanos são os que mais sofrem com a poluição do ar. São Paulo tem sido apontada como a quinta cidade mais poluída do planeta. Em 2003, segundo dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento

Ambiental (Cetesb), órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no Estado, a região metropolitana possuía uma frota de 7,5 milhões de veículos e cerca de 2 mil indústrias. Estima-se que essas fontes de poluição são responsáveis pelas emissões para a atmosfera de: 1,8 milhões de t/ano de CO, 415 mil t/ano de HC, 409 mil t/ano de NOx, 67 mil t/ano de MP e 37 mil t/ano de SOx. Desses totais, os veículos são responsáveis por 98% das emissões de CO, 97% de HC, 97% de NOx, 52% de MP e 55% de SOx¹. Da frota que circula na região metropolitana de São Paulo, 5,8% dos veículos são movidos a óleo diesel (cerca de 400 mil veículos, entre ônibus, caminhões e caminhonetes) e despejam anualmente 12,4 mil toneladas de fumaça preta na atmosfera, colocando em risco o meio ambiente e a saúde da população.

Para os governos de todo o mundo, a poluição representa um grande ônus, pois é preciso manter mecanismos sofisticados de medição da qualidade do ar e estabelecer políticas de controle da poluição. Em muitos países, essas medidas têm contribuído para dar um alívio à população. Na Cidade do México, por exemplo, depois de dez anos de um programa que incluiu o rodízio de automóveis, a inspeção dos veículos a cada seis meses e o melhoramento dos combustíveis, os índices de poluição se tornaram mais baixos. Mesmo assim, a cidade ocupa o terceiro lugar na lista das mais poluídas do mundo.

No Brasil também foram adotadas várias medidas para reduzir os níveis de poluição veicular. Merece destaque a iniciativa do Ibama, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores (Proconve). Por meio da Resolução Conama nº 18, de 6 de maio de 1986, o Proconve estabeleceu como objetivo principal a redução da emissão de poluentes por veículos automotores nacionais e importados. A resolução foi ratificada pela Lei nº 8723, de 28 de outubro de 1993.

Desde a sua implantação, o Proconve já promoveu a redução das emissões de monóxido de carbono dos veículos novos em cerca de 97%. O programa também estabeleceu a inspeção periódica dos veículos em circulação para verificação dos níveis de emissão dos escapamentos. O país também foi o primeiro do mundo a produzir gasolina sem chumbo, reduzindo as nocivas emissões de compostos desse metal, e a utilizar combustíveis

¹ Nomenclaturas: CO = Monóxido de Carbono; HC = Alguns Hidrocarbonetos; NO = Monóxido de Nitrogênio; SO = Óxido de Enxofre.

alternativos, como o álcool. Atualmente, não se usa mais gasolina pura nos veículos rodoviários, e sim uma mistura de gasolina e álcool anidro, muito menos poluente. O Proconve também possibilitou o desenvolvimento tecnológico dos veículos, permitindo a introdução do uso de catalisadores no Brasil, a partir de 1992. Um cilindro de aproximadamente 30 cm é colocado antes do cano de escapamento dos veículos automotores, para promover o tratamento dos gases produzidos pela queima de combustível.

Com essas medidas, a qualidade do ar tem melhorado nos últimos anos, mas isso ainda não é suficiente para conter o efeito negativo de uma frota de veículos que não pára de crescer. Só para se ter uma ideia, de 1980 para cá, a frota cresceu 215% (cerca de 12 vezes mais que o crescimento da população, que foi de 18%). Isso significa que, a cada ano, são cerca de 170 mil veículos novos em circulação. Em muitas cidades, o número de automóveis já é tão grande que eles passam a maior parte do tempo presos em longos congestionamentos, o que contribui para aumentar ainda mais as emissões.

(Fonte: CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p. [acesso em 24 de ago 2017]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>)

Responda as seguintes perguntas:

I – Você contribui de alguma maneira para a redução da poluição do ar? (Se sua resposta for “sim”: *Como?*) (Se sua resposta for “não”: *Por quê?*).

II – De que maneira a poluição do ar afeta o seu dia a dia?

Texto 2

Uma opção de transporte

Com o objetivo de incentivar a população a utilizar transportes alternativos em detrimento a veículos, uma boa prática ambiental que contribui para desafogar o trânsito, os servidores da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e do Instituto Estadual do Ambiente (Inea) se mobilizaram e fizeram suas selfies registrando de que forma chegaram ao trabalho neste dia.

Os registros fotográficos foram feitos na última quinta-feira (22/09²), data de atenção ao Dia Mundial Sem Carro. As imagens estarão reunidas em um mural que será montado na entrada da sede da Sea/Inea, na Avenida Venezuela, no Centro do Rio.

A servidora do Inea, a advogada Fernanda Pietro utiliza um ônibus e o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para se deslocar do município de Petrópolis, onde mora, até a sede do Inea, no Centro do Rio.

Já a servidora Lohanna Costa, moradora de Bonsucesso, costuma se deslocar para o trabalho utilizando o transporte ferroviário, ramal de Gramacho.

Mesmo os servidores que precisam utilizar o carro, fizeram desta quinta-feira (22/09) um dia diferente, deixando o automóvel na garagem e aderindo à campanha pelo uso do transporte alternativo. Os servidores participaram ainda de um passeio ciclístico que contou com a presença do Secretário de estado do Ambiente André Corrêa, o Presidente do Inea, Marcus Lima e demais diretores e gerentes.

O ponto de partida foi na sede do Inea, no Centro do Rio, de onde saíram pedalando em 20 triciclos individuais e de família, cedidos pelo Instituto Caminhos da Terra, com destino ao Museu do Amanhã, passando pelo Boulevard Olímpico, onde foi lançado o 2º Inventário de Emissões Veiculares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com destaque para a redução de até 90% das emissões atmosféricas contempladas no 1º inventário publicado em 2004.

Passada mais de uma década da primeira publicação, durante a qual foram aplicadas diversas medidas de controle de emissões veiculares, tanto em âmbito nacional quanto estadual, as emissões estimadas foram reduzidas em aproximadamente 90% para monóxido de carbono (CO) e 75% para os óxidos de nitrogênio (NOx). Em relação ao somatório das emissões estimadas em 2004 e 2016, a redução alcançou 90% mesmo com a ampliação, de 186 para 1.233 de vias inventariadas e da frota (de 885.716 para 1.352.561) consideradas no estudo.

“O inventário de emissão veicular é uma das ferramentas mais úteis na gestão do controle da poluição atmosférica. Por meio do levantamento das

² Ano: 2016.

emissões de poluentes emitidos pela frota de veículos automotores de uma região, o inventário permite a elaboração de diagnósticos que norteiam e reforçam as ações governamentais preventivas e corretivas e também contribuem para o desenvolvimento de ações pontuais de controle”, disse o secretário estadual do ambiente, André Corrêa.

(Fonte: <http://200.20.53.3:8081/Portal/Noticias/INEA0127231&lang=#ad-image-0>.

Notícia publicada em 26/09/2016. (Acesso em Janeiro de 2018)

Responda as seguintes perguntas:

III – Qual atividade podemos propor aos nossos amigos para proporcionar a redução da poluição do ar no nosso bairro? (A resposta deve ser a mesma para todos os membros do grupo!).

IV – Na sua família, que medidas podem ser tomadas para contribuir com a proposta mencionada no item anterior?

Texto 3

Uma decisão estratégica

A necessidade de transporte público eficiente, não poluidor e com custos de implantação e manutenção competitivos, faz parte das prioridades do mundo moderno, onde uma grande parte da população concentra-se em metrópoles.

Cidades que dispõem de uma extensa malha de metrô subterrâneos são consideradas como modelos de solução. No entanto, o custo de implantação destas vias encontra-se na faixa de 100 a 300 milhões de reais por km, dependendo do tipo de solo.

É na busca de uma solução que contemple questões operacionais de manutenção e implantação, além de custos, que surge a Tecnologia MagLev Cobra.

A tecnologia MagLev cobra é a proposta de um veículo urbano de levitação magnética com articulações múltiplas, que lhe permite efetuar curvas com raios de 50 metros, vencer aclives de até 15% e operar em vias elevadas ou ao nível do solo a uma velocidade aproximada de 70km/h.

O custo de implantação desta revolucionária tecnologia é da ordem de 1/3 do necessário para um metrô.

O sistema MagLev Cobra vale-se das propriedades diamagnéticas dos supercondutores de elevada temperatura crítica Y-Ba-Cu-O e do campo magnético produzido por ímãs de Nd-Fe-B para obter a levitação.

Estes materiais só foram produzidos a partir do final do século passado e ainda não existe no mundo nenhum veículo que use esta tecnologia.

Isso significa, em outras palavras, que o Brasil está na vanguarda tecnológica, o que nos permitirá galgar um importante degrau no crescimento científico aplicado, uma verdadeira revolução com inúmeros desdobramentos.

A tração é obtida através da ação de um motor linear, tecnologia que também abre novas expectativas para o parque industrial brasileiro.

Sendo movido pela energia elétrica, cuja produção no Brasil é predominantemente de origem hidráulica, o sistema MagLev Cobra opera sem nenhuma emissão de gases poluentes.

Por não depender de atrito mecânico, o sistema MagLev Cobra, além de menor consumo energético, não produz poluição, podendo harmonizar-se com a arquitetura das cidades em vias elevadas, apresentando uma imagem futurista dos locais onde for instalado.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em parceria com o instituto Leibniz (IFW), da Alemanha, comprovou a aplicação desta tecnologia através de modelos funcionais em escala reduzida.

Após o enorme sucesso que representaram as demonstrações públicas da tecnologia através dos modelos em escala, a FAPERJ e o BNDES apoiaram o projeto, investindo nas pesquisas que estão em processo de viabilização de um protótipo funcional em escala real.

Este protótipo³ em escala real operará em uma linha de testes com 223m de extensão em uma área já doada pela prefeitura da Cidade Universitária, ligando os dois Centros de Tecnologia. A UFRJ aposta no projeto como uma solução de apelo mundial para a redução dos gases poluentes responsáveis pelo aquecimento global.

³ O protótipo já está em funcionamento na Ilha do Fundão desde 01/10/2014.

O investimento na tecnologia é uma decisão estratégica para todo país que reconhecer que o domínio tecnológico será o principal elemento que o diferenciará no futuro, trazendo vantagens econômicas diretas e incontáveis benefícios indiretos.

(Fonte: <http://www.maglevcobra.coppe.ufrj.br/veiculo.html> (Acesso em 08/02/2018))

Responda a seguinte pergunta:

V – O que mais chamou a sua atenção no trem supercondutor?

Debate simulado

Agora a turma irá participar de um debate simulado sobre o tema em questão. Siga as orientações dadas pelo professor e, no fim do debate, responda:

VI – Você concorda com a utilização do trem MAGLEV na nossa sociedade? Justifique sua resposta.

2.2 Segunda etapa – Tecnologia envolvida no MAGLEV



Figura 2.3. MAGLEV-COBRA.

(Fonte: <https://oglobo.globo.com/rio/trem-de-levitacao-magnetica-abre-as-portas-para-publico-na-ufrj-18684652>) Acesso em Janeiro de 2018.

Na etapa anterior, foi vista a importância que o transporte de massa possui no nosso cotidiano e no meio ambiente. Agora, voltemos a nossa atenção para a Física envolvida no trem de levitação magnética. Assista ao vídeo que o professor irá expor e, em seguida, faça as seguintes anotações:

VII – Quais vantagens que você achou mais relevantes no trem supercondutor em relação aos outros trens? E quais as desvantagens que esse meio de transporte pode ter na sociedade?

VIII - O que eu preciso saber para entender a Física presente no MAGLEV?

2.3 Terceira etapa – A Física envolvida no MAGLEV

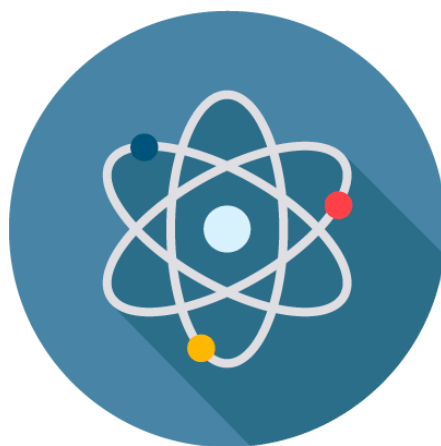


Figura 2.4. Ilustração tradicional do átomo.

(Fonte: <https://aulalivre.net/disciplina/fisica>) Acesso em Janeiro de 2018.

Atividade 1

Para compreender com clareza a Física envolvida nos trens de levitação magnética, será preciso conhecer alguns conceitos fundamentais. Siga as orientações dadas pelo professor e faça as questões a seguir:

Primeiro momento

VI - Com a orientação do professor, desenhe em uma folha separada a figura que está se formando nas vizinhanças do fio condutor.

VII - Qual o significado da figura formada?

VIII - O que o grupo pode concluir da atividade?

Segundo momento

IX - Faça o desenho da imagem que está se formando quando os fios estão dobrados.

X - Explique o que está ocorrendo no interior da espira.

Terceiro momento

XI - Descreva quais as estratégias que podem ser usadas para resolver o problema proposto pelo professor.

XII - Descreva a “melhor” maneira de resolver o problema proposto e explique o critério de você ter considerado como sendo a “melhor” maneira de resolver o enigma.

XIII - Explique a Física envolvida na maneira dada pelo exercício acima.

XIV - Faça um desenho do esquema da maneira que você considerou para resolver o problema.

Atividade 2

Para compreender o funcionamento básico do trem de levitação supercondutora, estudamos na “Atividade 1” o fenômeno do surgimento do campo magnético por uma corrente elétrica que transpassava um fio condutor retilíneo. Contudo, esta atividade abordará outro fenômeno envolvido na Física dos trens supercondutores. Siga as orientações do professor e faça as questões abaixo:

XIV - No início da atividade, o professor colocou o pedaço de madeira no centro da bobina e nada ocorreu. Escreva qual o motivo.

XV - Depois de colocar madeira, o professor aproximou o ímã do fio de cobre e nada ocorreu, mas depois de um determinado movimento, houve um leve deslocamento da bobina. Como você explica isso?

XVI - O que o grupo fez para resolver o desafio proposto pelo professor? Quais foram os procedimentos tomados pelo grupo?

XVII - Essa atividade possui alguma relação com o conhecimento adquirido na atividade anterior? Como você explica a Física envolvida no fenômeno observado?

XVIII - Agora, tente responder a pergunta dada no início da atividade: “É possível ter corrente elétrica em um fio condutor sem usar uma fonte de tensão convencional? Como?”.

XIX - A figura abaixo representa o esquema do aparato experimental utilizado em sala. Explique (e desenhe se precisar) qual foi o movimento feito pelo grupo para conseguir realizar o desafio do professor.

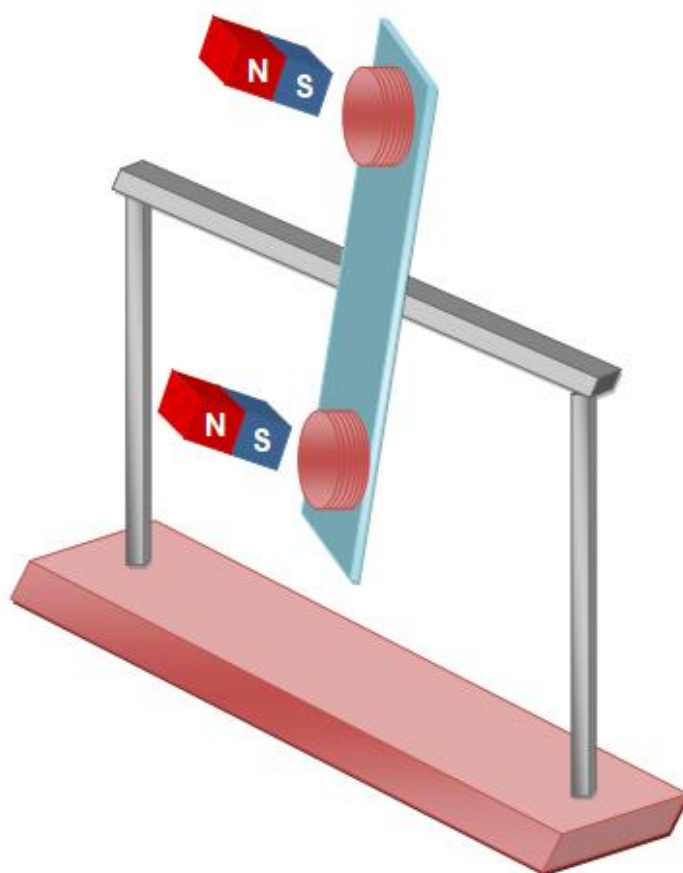


Figura 2.5. Ilustração do aparato experimental usado no dia da atividade.

(Fonte: Autoria própria)

XX - Continuando com a análise do aparato experimental, indique para qual sentido a régua irá se deslocar: horário (a parte superior da régua irá para direita) ou anti-horário (a parte superior da régua irá para esquerda). Justifique sua resposta.

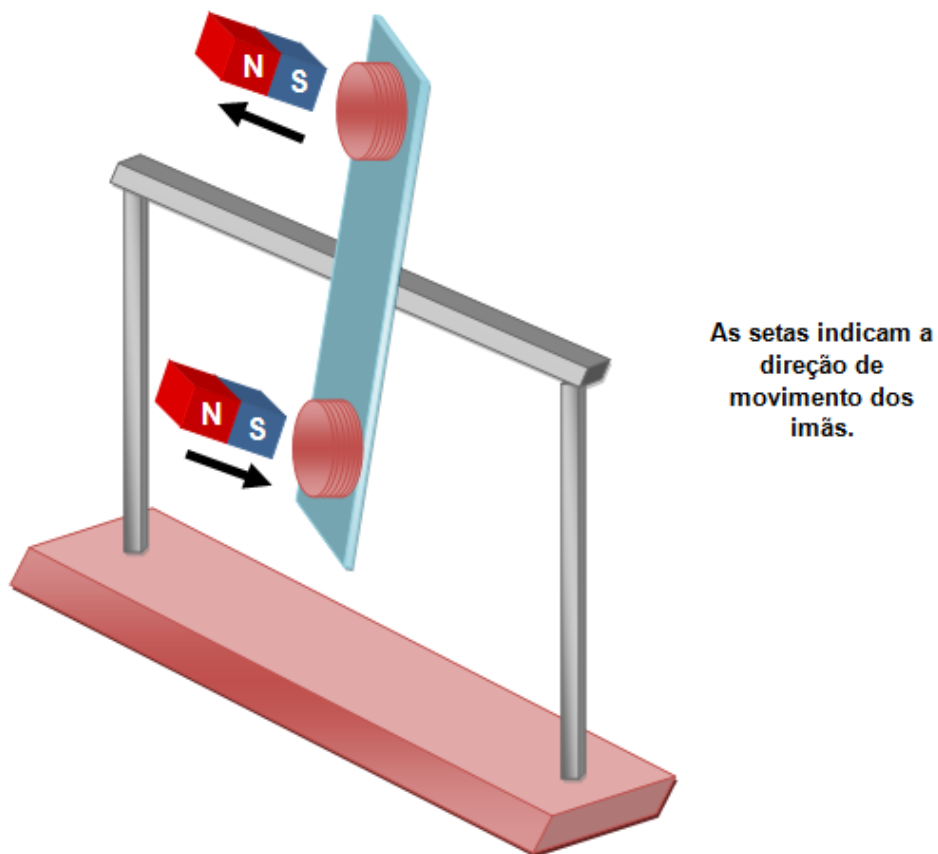


Figura 2.6. Ilustração do aparato experimental usado no dia da atividade.
(Fonte: Autoria própria)

XXI - Desenhe as linhas de campo magnético e a orientação da corrente elétrica na bobina abaixo:

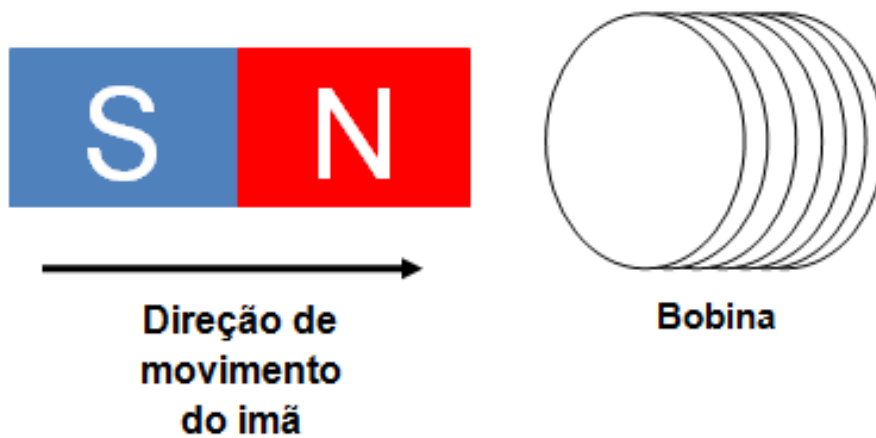


Figura 2.7. Exercício sobre a corrente induzida em uma bobina de cobre.
(Fonte: Autoria própria)

XXII - Faça o mesmo nos esquemas abaixo:

a)



Figura 2.8. Exercício sobre as correntes induzidas em duas bobinas de cobre.

(Fonte: Autoria própria)

b)



Figura 2.9. Exercício sobre as correntes induzidas em duas bobinas de cobre.

(Fonte: Autoria própria)

Atividade 3

Com todo o conceito físico trabalhado nas atividades anteriores, podemos dar início à investigação dos mistérios presentes nos trens que levitam com a tecnologia de supercondução. Siga as orientações do seu professor e faça os exercícios abaixo quando for solicitado.

Primeiro momento

XXII - Como um trem consegue levitar com a tecnologia supercondutora?

XXIII - É neste vídeo que aparece pela primeira vez o supercondutor. Antes de fazermos a investigação sobre suas propriedades, o que ele aparenta ser? Você acha que ele possui alguma propriedade especial?

XXIV - O que ocorreu quando os materiais (madeira, isopor, ferro, ímã, plástico) se aproximaram do supercondutor? Qual material chamou mais a sua atenção? A sua resposta vai de encontro com a resposta da questão XXIII? Por quê?

XXV - O que pode ser concluído das observações feitas?

Segundo momento

XXVI - O que vocês acham que pode acontecer se resfriarmos o supercondutor com N₂ líquido?

XXVII - O que ocorreu quando os materiais (madeira, isopor, ferro, ímã, plástico) se aproximaram do supercondutor resfriado? Qual material chamou mais a sua atenção? Por quê?

XXVIII - O que pode ser concluído das observações feitas?

Terceiro momento

XXIX - Se resfriarmos o supercondutor com o N₂ líquido na presença de algum material, fará alguma diferença?

XXX - O que ocorreu na experiência quando o supercondutor foi resfriado na presença da madeira? Do isopor? Do ferro? Do ímã? Do plástico? Qual material chamou mais a sua atenção? Por quê?

XXXI - O que pode ser concluído das observações feitas?

XXXII - Até agora, qual material chamou mais a sua atenção?

XXXIII - Qual a diferença nos procedimentos realizados nos vídeos 1, 2 e 3?

XXXIV - O que pode ser concluído das observações feitas?

Quarto momento

XXXV - Como você explica a causa do ímã conseguir flutuar?

XXXVI - Faça um desenho da sua explicação no esquema abaixo:

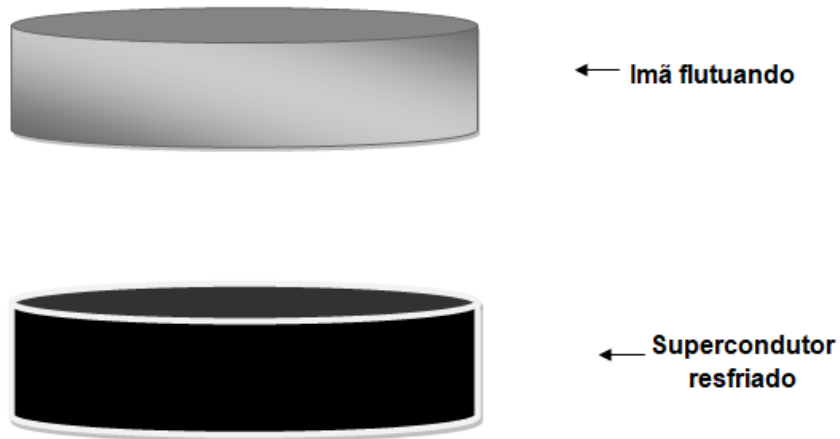


Figura 2.10. Exercício sobre a corrente induzida na superfície de um supercondutor.
(Fonte: Autoria própria)

XXXVII - Se utilizarmos os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores, conseguiremos resolver o enigma acima? Como?

XXXVIII - O que pode ser concluído até o presente momento?

XXXIX - Abaixo, está exposta uma peça do trilho magnético com o supercondutor suspenso. Explique o motivo de o supercondutor estar levitando com o desenho das linhas de campo magnético.

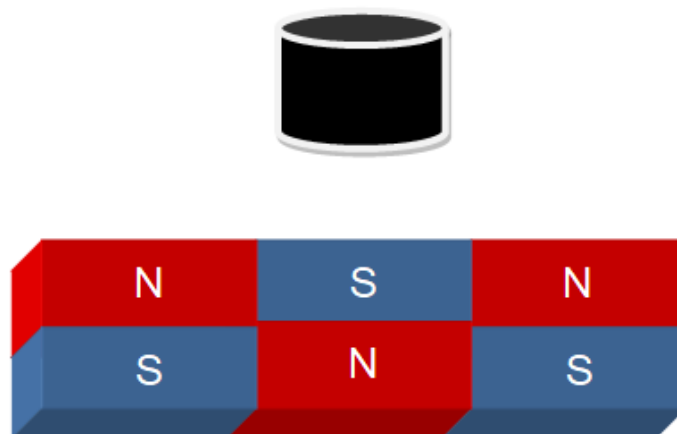


Figura 2.11. Exercício sobre a causa da levitação de um supercondutor sobre um trilho magnético.
(Fonte: Autoria própria)