



Transforma

Disciplina:
Física

ATIVIDADE: ENERGIA EM MOVIMENTO – O SALTO COM VARA

MARÇO DE 2026

REALIZAÇÃO



COMITÊ OLÍMPICO DO
BRASIL

Tema: Conservação de Energia, Transformações de Energia, Trabalho Mecânico

Público-alvo: 1ª série do Ensino Médio

Valor Olímpico: Excelência

Habilidade socioemocional: Resiliência

BNCC: EM13CNT103, EM13CNT102

Versão do Material: V1

Objetivo da Atividade

////////

Abordar as transformações de energia e a conservação da energia mecânica por meio do esporte olímpico do salto com vara, desenvolvendo a resiliência por meio da compreensão de como a energia acumulada pode ser transformada em resultados concretos e mensuráveis.

Estrutura da Atividade: "Energia em Movimento: O Salto com Vara"

////////

1. Análise das Fases do Salto (10 minutos)

- » Exiba vídeo de salto com vara olímpico.
- » Identifique as fases: corrida, encaixe, flexão, extensão e ultrapassagem.
- » Relacione cada fase a diferentes formas de energia.
- » Discuta as transformações observadas.

2. Trabalho Mecânico na Corrida (8 minutos)

- » Explique o conceito de trabalho realizado pelo atleta.
- » Apresente a fórmula: Trabalho = Força × Distância.
- » Calcule energia cinética acumulada durante a corrida.
- » Relacione a velocidade com a energia disponível para o salto.

3. Transformações de Energia Durante o Salto (12 minutos)

- » Análise energia cinética convertendo-se em energia elástica.
- » Demonstre energia elástica transformando-se em energia potencial gravitacional.
- » Quantifique as transformações usando dados reais.
- » Aplique equações específicas para cada tipo de energia.

4. Lei da Conservação da Energia (10 minutos)

- » Apresente o princípio da conservação da energia mecânica.
- » Compare energia total no início e no final do salto.
- » Discuta perdas por atrito e resistência do ar.
- » Verifique a conservação usando cálculos práticos.

5. Cálculos com Dados Reais (15 minutos)

- » Divida a turma em grupos com dados de atletas olímpicos.
- » Calcule diferentes formas de energia envolvidas.
- » Compare resultados teóricos com valores reais.
- » Analise a eficiência do processo de transformação.

Conceitos Físicos Fundamentais

////////

1. Trabalho Mecânico

Definição

Trabalho é a grandeza física que mede a energia transferida para um objeto quando uma força é aplicada ao longo de uma distância.

Fórmula Básica

$$W = F \times d \times \cos(\theta)$$

Onde:

- » W = trabalho realizado (J)
- » F = força aplicada (N)
- » d = distância percorrida (m)
- » θ = ângulo entre força e deslocamento

No Salto com Vara

Durante a corrida, o atleta realiza trabalho contra:

- » **Resistência do ar:** Proporcional ao quadrado da velocidade.
- » **Atrito com o solo:** Força necessária para impulsão.
- » **Força gravitacional:** Durante mudanças de altura mínimas.

Cálculo do Trabalho na Corrida

Para um atleta de 70 kg correndo 40 metros a 10 m/s:

Energia Cinética = $(1/2) \times m \times v^2$

$E_c = (1/2) \times 70 \times 10^2$

$E_c = 3.500 \text{ J}$

2. Energia Cinética

Definição

Energia associada ao movimento de um objeto, dependente de sua massa e velocidade.

Fórmula

$E_c = (1/2) \times m \times v^2$

Aplicação no Salto com Vara

- » **Fase da corrida:** Máxima energia cinética.
- » **Momento do encaixe:** Energia cinética horizontal.
- » **Durante flexão da vara:** Conversão em energia elástica.
- » **Na ultrapassagem:** Energia cinética mínima (apenas vertical).

3. Energia Elástica

Definição

Energia armazenada em um objeto quando este é deformado elasticamente, como uma mola ou vara flexionada.

Fórmula

$E_{el} = (1/2) \times k \times x^2$

Onde:

- » k = constante elástica da vara (N/m)
- » x = deformação máxima da vara (m)

Características da Vara de Salto

- » **Material:** Fibra de vidro ou fibra de carbono.
- » **Comprimento:** 4,0 a 5,2 metros.
- » **Flexibilidade:** Varia conforme peso do atleta.
- » **Constante elástica:** Aproximadamente 2000-4000 N/m.

4. Energia Potencial Gravitacional

Definição

Energia associada à posição de um objeto em um campo gravitacional.

Fórmula

$$E_{pg} = m \times g \times h$$

Onde:

- » m = massa do atleta (kg)
- » g = aceleração gravitacional ($9,8 \text{ m/s}^2$)
- » h = altura alcançada (m)

No Salto com Vara

- » **Altura inicial:** Aproximadamente 2 metros (altura do centro de massa).
- » **Altura final:** Altura do sarrafo ultrapassado.
- » **Ganho de altura:** Diferença entre altura final e inicial.

5. Conservação da Energia Mecânica

Princípio Fundamental

A energia mecânica total de um sistema isolado permanece constante, podendo apenas transformar-se entre suas diferentes formas.

Equação da Conservação

$$E_{c \text{ inicial}} + E_{pg \text{ inicial}} = E_{c \text{ final}} + E_{pg \text{ final}} + E_{el \text{ máxima}} + \text{Perdas}$$

Aplicação Ideal (sem perdas)

$$(1/2) \times m \times v^2 = m \times g \times \Delta h$$

Simplificando:

$$v^2 = 2 \times g \times \Delta h$$

Dados de Atletas Olímpicos para Cálculos

////////

Recordes Mundiais e Olímpicos

Atleta	Altura (m)	Massa (kg)	Velocidade Aprox. (m/s)	Ano
Armand Duplantis	6,24	79	10,5	2024
Sergey Bubka	6,14	84	10,3	1994
Renaud Lavillenie	6,16	69	10,4	2014
Thiago Braz	6,03	74	10,2	2016

Dados para Cálculos Educacionais

Exemplo de Análise - Thiago Braz (Ouro Rio 2016):

- » **Massa:** 74 kg
- » **Velocidade na corrida:** 10,2 m/s
- » **Altura do salto:** 6,03 m
- » **Altura inicial do centro de massa:** 1,0 m
- » **Ganho real de altura:** 5,03 m

Cálculos Detalhados

////////

Exemplo 1: Energia Cinética Inicial

$$E_c = (1/2) \times m \times v^2$$

$$E_c = (1/2) \times 74 \times (10,2)^2$$

$$E_c = 37 \times 104,04$$

$$E_c = 3.849,48 \text{ J}$$

Exemplo 2: Energia Potencial Final

$$E_{pg} = m \times g \times \Delta h$$

$$E_{pg} = 74 \times 9,8 \times 5,03$$

$$E_{pg} = 3.651,76 \text{ J}$$

Exemplo 3: Eficiência da Conversão

Eficiência = $(E_{pg \text{ final}} / E_{c \text{ inicial}}) \times 100\%$

Eficiência = $(3.651,76 / 3.849,48) \times 100\%$

Eficiência = 94,9%

Análise dos Resultados

A alta eficiência (94,9%) indica que:

- » As perdas por atrito e resistência são mínimas.
- » A técnica do atleta é muito apurada.
- » A vara utilizada é adequada ao peso e velocidade do atleta.

Experimentos Práticos para Sala de Aula

////////

Experimento 1: Simulação com Vara Flexível

Materiais necessários:

- » Vara flexível de plástico ou bambu (1,5-2,0 metros)
- » Massa pequena (50-100g) para simular o atleta
- » Régua para medir alturas
- » Cronômetro

Procedimento:

1. Flexione manualmente a vara, simulando o armazenamento de energia elástica.
2. Solte a massa e observe a altura alcançada.
3. Varie a quantidade de flexão e meça diferentes alturas.
4. Relacione energia elástica armazenada com altura final.
5. Calcule a eficiência das transformações.

Experimento 2: Pêndulo como Analogia

Materiais necessários:

- » Barbante de 1 metro
- » Massa de 100g
- » Suporte para suspensão
- » Régua para medir ângulos

Procedimento:

1. Eleve a massa a diferentes alturas iniciais.
2. Solte e observe a altura máxima do outro lado.
3. Meça a perda de energia em cada oscilação.
4. Compare com as transformações no salto com vara.
5. Discuta a conservação e dissipação de energia.

Experimento 3: Análise de Vídeo

Materiais necessários:

- » Vídeo de salto com vara em câmera lenta
- » Software de análise de movimento (ou observação visual)
- » Cronômetro
- » Papel para anotações

Procedimento:

1. Identifique os momentos de cada transformação de energia.
2. Cronometre cada fase do salto.
3. Estime velocidades e alturas.
4. Calcule energias em cada momento.
5. Verifique conservação da energia total.

Atividades Para os Grupos

////////

Grupo 1: Análise da Corrida e Trabalho Mecânico

Dados fornecidos:

- » Atleta: Armand Duplantis
- » Massa: 79 kg
- » Distância da corrida: 45 metros
- » Velocidade final: 10,5 m/s
- » Tempo da corrida: 4,3 segundos

Tarefas:

1. Calcular a aceleração média durante a corrida.
2. Estimar a força média aplicada pelo atleta.
3. Calcular o trabalho total realizado.
4. Determinar a energia cinética acumulada.

Grupo 2: Transformação Energia Cinética → Elástica

Dados fornecidos:

- » Energia cinética inicial: 4.366 J
- » Constante elástica da vara: 3.200 N/m
- » Deformação máxima observada: 1,8 m

Tarefas:

1. Calcular energia elástica máxima armazenada.
2. Comparar com energia cinética inicial.
3. Estimar perdas durante a conversão.
4. Explicar fatores que afetam a eficiência.

Grupo 3: Transformação Energia Elástica → Potencial

Dados fornecidos:

- » Energia elástica máxima: 5.184 J
- » Altura do salto: 6,24 m
- » Altura inicial do centro de massa: 1,1 m
- » Massa do atleta: 79 kg

Tarefas:

1. Calcular ganho real de altura.
2. Determinar energia potencial final.
3. Comparar energias elástica e potencial.
4. Analisar conservação de energia.

Grupo 4: Análise Completa da Conservação

Dados fornecidos:

- » Todos os dados dos grupos anteriores
- » Resistência do ar estimada: 50 N
- » Atrito com a pista: 20 N
- » Distância total percorrida: 45 m

Tarefas:

1. Calcular perdas totais por resistência e atrito.
2. Aplicar a equação completa da conservação.
3. Verificar o balanço energético total.
4. Propor melhorias para aumentar a eficiência.

Questões para Reflexão e Discussão

////////

Questões Conceituais:

1. Por que atletas mais altos não necessariamente saltam mais alto?
2. Como a flexibilidade da vara afeta a eficiência da conversão de energia?
3. Qual seria a altura teórica máxima para um salto sem perdas energéticas?
4. Como as condições ambientais, como vento e temperatura, afetam o salto?

Questões de Aplicação:

1. Como calcular a velocidade mínima necessária para ultrapassar determinada altura?
2. Que características físicas favorecem um saltador com vara?
3. Como otimizar a técnica para maximizar a conversão de energia?
4. Por que a escolha da vara é crucial para o desempenho?

Questões de Investigação:

1. Como medir experimentalmente as transformações de energia?
2. Que tecnologias são usadas para analisar a técnica dos atletas?
3. Como o treinamento físico específico melhora a eficiência energética?
4. Qual a relação entre biomecânica e física no salto com vara?

Fórmulas Aplicadas Resumidas

////////

Trabalho e Energia Cinética:

$$W = F \times d$$

$$E_c = (1/2) \times m \times v^2$$

Energia Elástica:

$$E_{el} = (1/2) \times k \times x^2$$

Energia Potencial:

$$E_{pg} = m \times g \times h$$

Conservação (caso ideal):

$E_{c \text{ inicial}} = E_{p \text{ final}}$

$(1/2) \times m \times v^2 = m \times g \times \Delta h$

$v = \sqrt{2 \times g \times \Delta h}$

Eficiência:

$\eta = (\text{Energia útil} / \text{Energia total}) \times 100\%$

Avaliação

////////

Critérios para Resiliência:

1. **Compreensão de transformações:** O aluno entende como energia se transforma ao longo do processo?
2. **Aplicação de conceitos:** Consegue aplicar fórmulas a situações reais?
3. **Análise de eficiência:** Identifica fatores que melhoram ou prejudicam conversões de energia?
4. **Persistência em cálculos:** Demonstra determinação para resolver problemas complexos?

Instrumentos de Avaliação:

- » **Cálculos aplicados:** Precisão na aplicação de fórmulas de energia.
- » **Análise de dados:** Interpretação correta de dados reais de atletas.
- » **Experimentos:** Execução e interpretação de experimentos sobre energia.
- » **Discussões:** Participação em reflexões sobre conservação de energia.

Recursos Necessários

////////

Materiais Básicos:

- » Vídeos de salto com vara olímpico.
- » Calculadora científica.
- » Quadro para desenhos e equações.
- » Dados impressos de atletas olímpicos.

Para Experimentos:

- » Vara flexível de plástico ou bambu.
- » Massas pequenas para simulação.
- » Pêndulo simples.
- » Régua e cronômetro.

Recursos Digitais:

- » Simuladores de movimento online.
- » Vídeos em câmera lenta.
- » Planilhas para cálculos.

Interdisciplinaridade

////////

Com Educação Física:

- » Demonstração prática da técnica de salto.
- » Análise biomecânica dos movimentos.
- » Discussão sobre preparação física específica.
- » Compreensão da evolução técnica no esporte.

Com Matemática:

- » Aplicação de equações quadráticas.
- » Análise gráfica de transformações energéticas.
- » Cálculo de eficiências e percentuais.
- » Resolução de sistemas de equações.

Com Química:

- » Materiais utilizados na fabricação de varas.
- » Propriedades elásticas de diferentes materiais.
- » Nanotecnologia aplicada ao esporte.

Valor Olímpico em Destaque: Excelência

////////

Esta atividade desenvolve a excelência por meio da compreensão de como otimizar transformações de energia para alcançar resultados máximos. Os alunos aprendem que buscar a excelência no esporte – e na vida – envolve entender os princípios científicos que governam os processos e aplicá-los de forma eficiente. A análise do salto com vara mostra que a excelência não é apenas questão de força

ou talento, mas também de compreensão técnica e científica. Os estudantes descobrem que pequenas melhorias na eficiência energética podem resultar em grandes ganhos de performance, princípio aplicável tanto no esporte quanto nos estudos e na vida pessoal.

TRANSFORMA | COB - www.cob.org.br/cultura-educacao/transforma

REALIZAÇÃO



COMITÊ OLÍMPICO DO
BRASIL

