



Transforma

Disciplina:
Física

ATIVIDADE: A FÍSICA NA VELA – NAVEGANDO COM VETORES

MARÇO DE 2026

REALIZAÇÃO



COMITÊ OLÍMPICO DO
BRASIL

Tema: Vetores, Soma Vetorial, Cinemática Vetorial, Velocidade Relativa

Público-alvo: 2ª série do Ensino Médio

Valor Olímpico: Excelência

Habilidade socioemocional: Criatividade e curiosidade

BNCC: EF09FI01, EF09FI02

Versão do Material: V1

Objetivo da Atividade

////////

Utilizar a vela para explicar a soma vetorial e a velocidade relativa, promovendo a compreensão da cinemática por meio da análise de situações reais de navegação à vela em competições olímpicas.

Estrutura da Atividade: "A Física na Vela: Navegando com Vetores"

////////

1. Conceito de Vetor usando Vento (10 minutos)

- » Apresente as três características do vento: módulo, direção e sentido.
- » Relacione com representação matemática de vetores.
- » Use desenhos no quadro para visualização.
- » Estabeleça uma conexão entre a grandeza física e sua representação gráfica.

2. Soma Vetorial em Navegação (15 minutos)

- » Demonstre velocidade final como soma de vetores.
- » Aplique métodos do paralelogramo e regra poligonal.
- » Analise diferentes condições de vento.
- » Compare situações com vento favorável e desfavorável.

3. Velocidade Relativa e Bordejamento (10 minutos)

- » Explique a técnica do zigue-zague contra o vento.
- » Calcule ângulos e velocidades otimizadas.
- » Demonstre como navegação indireta pode ser mais eficiente.
- » Relacione com o conceito matemático de velocidade relativa.

4. Decomposição Vetorial da Força do Vento (10 minutos)

- » Analise como veleiros navegam contra o vento.
- » Decomponha a força do vento em componentes úteis.
- » Explique o paradoxo da navegação contra o vento.
- » Relacione com a aerodinâmica das velas.

5. Resolução de Problemas de Navegação (10 minutos)

- » Divida grupos para diferentes situações de navegação.
- » Aplique a soma vetorial para estratégias otimizadas.
- » Compare as soluções encontradas pelos grupos.
- » Discuta as aplicações práticas em regatas reais.

Conceitos Físicos Fundamentais

////////

1. Vetores na Vela

Definição de Vetor

Vetor: Grandeza física caracterizada por módulo (intensidade), direção e sentido.

Vetores Relevantes na Vela

Velocidade do vento (V_w)

- > **Módulo:** Intensidade em nós ou m/s
- > **Direção:** Norte, Sul, Leste, Oeste (ou graus em relação ao norte)
- > **Sentido:** Para em que o vento sopra

Velocidade do barco (V_b)

- > **Módulo:** Velocidade por meio da água
- > **Direção:** Rumo do barco
- > **Sentido:** Direção de movimento

Velocidade resultante (V_r)

- > **Resultado:** Soma vetorial de todas as velocidades
- > **Importância:** Determina movimento real do barco
- > **Aplicação:** Navegação e estratégia de regata

Representação Gráfica

V_w = Velocidade do vento (vetor)

V_b = Velocidade do barco (vetor)

V_r = $V_w + V_b$ (soma vetorial)

2. Soma Vetorial

Método do Paralelogramo

Procedimento:

1. Desenhe os dois vetores com origem comum.
2. Complete o paralelogramo.
3. A diagonal representa o vetor resultante.
4. Meça módulo, direção e sentido do resultado.

Aplicação na vela:

- » **Vetores:** Velocidade do barco + velocidade do vento.
- » **Resultado:** Velocidade real do barco em relação ao solo.
- » **Importância:** Determina trajetória efetiva.

Método da Regra Poligonal

Procedimento:

1. Desenhe o primeiro vetor.
2. A partir da extremidade, desenhe o segundo vetor.
3. O vetor resultante liga a origem do primeiro à extremidade do segundo.

Vantagem: Permite somar múltiplos vetores (vento + corrente + movimento do barco).

3. Velocidade Relativa

Definição

Velocidade relativa: Velocidade de um objeto em relação a outro que também está em movimento.

No Contexto da Navegação

- » **Velocidade por meio da água:** Velocidade do barco em relação à água.
- » **Velocidade sobre o solo:** Velocidade real considerando correntes.

- » **Velocidade aparente do vento:** Vento percebido pelo velejador em movimento.

Fórmula Fundamental

$$V_r = V_a + V_b$$

Em que:

- » V_r = Velocidade do barco em relação ao solo
- » V_a = Velocidade da corrente ou do vento em relação ao solo
- » V_b = Velocidade do barco em relação à água

Navegação Contra o Vento (Bordejamento)

Princípio Físico

Impossibilidade direta: Barcos à vela não podem navegar diretamente contra o vento.

Solução: Navegação em zigue-zague (bordejamento).

Ângulo limite: Veleiros modernos conseguem navegar até 30-45° do vento.

Análise Vetorial

1. Decomposição da força do vento:

- > Componente perpendicular à vela: Cria força propulsora.
- > Componente paralela: Compensada pela quilha.

2. Trajetória otimizada:

- > Ângulos de bordejamento calculados.
- > Velocidade média maximizada.
- > Distância total minimizada.

Cálculo de Eficiência

Velocidade média de avanço:

$$V_m = V_b \times \cos(\theta)$$

Em que:

- » V_m = Velocidade média em direção ao objetivo
- » V_b = Velocidade do barco

» θ = Ângulo entre rumo do barco e direção desejada

Situações Práticas de Navegação

///////

Situação 1: Vento de Popa (Vento por trás)

Características

- » **Direção do vento:** Mesma direção do movimento desejado.
- » **Tipo de navegação:** Mais simples e direta.
- » **Velocidade:** Soma direta dos vetores.

Análise Vetorial

- » **Velocidade do vento:** 10 nós na direção norte.
- » **Velocidade do barco:** 6 nós na direção norte.
- » **Velocidade resultante:** 16 nós na direção norte.

Cálculo

$$V_r = V_w + V_b = 10 + 6 = 16 \text{ nós}$$

Situação 2: Vento Lateral (Través)

Características

- » **Direção do vento:** Perpendicular ao movimento desejado.
- » **Complexidade:** Requer cálculo vetorial.
- » **Estratégia:** Aproveitamento máximo da força do vento.

Análise Vetorial

- » **Velocidade do vento:** 10 nós de Leste para Oeste.
- » **Velocidade do barco:** 8 nós de Sul para Norte.
- » **Velocidade resultante:** Calculada pelo teorema de Pitágoras.

Cálculo

$$V_r = \sqrt{(V_w^2 + V_b^2)} = \sqrt{(10^2 + 8^2)} = \sqrt{(100 + 64)} = \sqrt{164} \approx 12,8 \text{ nós}$$

Direção resultante:

$$\theta = \arctan(V_w/V_b) = \arctan(10/8) \approx 51^\circ \text{ a Oeste do Norte}$$

Situação 3: Vento Contrário (Bordejamento)

Características

- » **Direção do vento:** Oposta ao movimento desejado.
- » **Navegação:** Impossível diretamente.
- » **Solução:** Zigue-zague com ângulos calculados.

Estratégia de Bordejamento

1. **Primeira pernada:** 45° à direita do objetivo.
2. **Segunda pernada:** 45° à esquerda do objetivo.
3. **Alternância:** Mudanças regulares de bordo.
4. **Resultado:** Avanço gradual contra o vento.

Análise de Eficiência

- » **Distância direta ao objetivo:** 1000 metros
- » **Ângulo de bordejamento:** 45°
- » **Distância real navegada:** $1000/\cos(45^\circ) \approx 1414$ metros
- » **Eficiência:** Aproximadamente 70,7%

Situação 4: Correntes Marítimas

Complexidade Adicional

Vetores envolvidos:

1. Velocidade do vento.
2. Velocidade do barco.
3. Velocidade da corrente marítima.

Exemplo Prático

- » **Vento:** 8 nós de Norte para Sul.
- » **Barco:** 6 nós de Leste para Oeste.
- » **Corrente:** 2 nós de Sul para Norte.

Cálculo Vetorial

1. Soma vento + corrente:
 - » Resultante parcial: $8 - 2 = 6$ nós de Norte para Sul

1. Soma resultado anterior + movimento do barco:
 - > $V_r = \sqrt{6^2 + 6^2} = \sqrt{72} \approx 8,5$ nós
 - > Direção: 45° a Sul do Oeste

Experimentos e Demonstrações

////////

Experimento 1: Soma Vetorial com Barquinhos

Material necessário:

- » Bacia grande com água.
- » Barquinhos de papel com velas.
- » Ventilador para simular vento.
- » Régua e cronômetro.

Procedimento:

1. Posicione o barquinho na água.
2. Ligue o ventilador em direção conhecida.
3. Meça velocidade e direção do barquinho.
4. Mude direção do ventilador.
5. Compare resultados com cálculos teóricos.

Experimento 2: Decomposição Vetorial com Ímãs

Material necessário:

- » Ímãs pequenos.
- » Superfície lisa inclinável.
- » Papel milimetrado.
- » Cronômetro.

Procedimento:

1. Posicione ímã sobre papel milimetrado.
2. Aplique uma força magnética em determinado ângulo.
3. Observe movimento resultante.
4. Decomponha força aplicada em componentes.
5. Compare movimento real com previsão teórica.

Experimento 3: Simulação de Bordejamento

Material necessário:

- » Papel milimetrado grande
- » Régua e transferidor
- » Lápis de cores

Procedimento:

1. Marque o ponto de partida e objetivo.
2. Desenhe a direção do vento.
3. Trace o bordejamento com ângulos de 45° .
4. Calcule a distância total navegada.
5. Compare a eficiência de diferentes ângulos.

Atividades para os Grupos

////////

Grupo 1: Navegação com Vento Favorável

Situação proposta:

- » Objetivo: Navegar 5 km para Norte.
- » Vento: 12 nós de Sul para Norte.
- » Velocidade do barco: 8 nós.

Tarefas:

1. Calcular velocidade resultante.
2. Determinar tempo de viagem.
3. Analisar as vantagens dessa situação.
4. Propor estratégia de navegação.

Conceitos aplicados:

- » Soma vetorial simples.
- » Velocidade relativa.
- » Otimização de rota.

Grupo 2: Navegação com Vento Contrário

Situação proposta:

- » Objetivo: Navegar 3 km para Norte.
- » Vento: 10 nós de Norte para Sul.
- » Velocidade do barco: 7 nós.

Tarefas:

1. Explicar a impossibilidade de navegação direta.
2. Calcular a estratégia de bordejamento.
3. Determinar ângulos otimizados.
4. Calcular o tempo total de viagem.

Conceitos aplicados:

- » Bordejamento.
- » Decomposição vetorial.
- » Otimização angular.

Grupo 3: Navegação com Vento Lateral

Situação proposta:

- » Objetivo: Navegar para ponto 4 km a Nordeste.
- » Vento: 15 nós de Oeste para Leste.
- » Velocidade do barco: 6 nós.

Tarefas:

1. Calcular a soma vetorial complexa.
2. Determinar a trajetória resultante.
3. Calcular a correção necessária.
4. Propor rota otimizada.

Conceitos aplicados:

- » Teorema de Pitágoras.
- » Trigonometria aplicada.
- » Correção de rota.

Grupo 4: Navegação com Correntes

Situação proposta:

- » Objetivo: Navegar 2 km para Leste.
- » Vento: 8 nós de Sul para Norte.
- » Velocidade do barco: 5 nós.
- » Corrente: 3 nós de Norte para Sul.

Tarefas:

1. Identificar todos os vetores envolvidos.
2. Calcular a soma vetorial múltipla.
3. Determinar a trajetória real.
4. Propor correções estratégicas.

Conceitos aplicados:

- » Soma de múltiplos vetores.
- » Sistemas complexos.
- » Análise multifatorial.

Fórmulas e Cálculos Aplicados

////////

Soma Vetorial

Para vetores perpendiculares:

$$|V_r| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$\theta = \arctan(V_y/V_x)$$

Para vetores em ângulo qualquer:

$$|V_r| = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2\cos(\alpha)}$$

Em que α é o ângulo entre os vetores.

Decomposição Vetorial

Componentes retangulares:

$$V_x = V \times \cos(\theta)$$

$$V_y = V \times \sin(\theta)$$

Bordejamento Otimizado

Velocidade média de avanço:

$$V_m = V_b \times \cos(\theta)$$

Distância total navegada:

$$D_t = D_o / \cos(\theta)$$

Em que:

- > D_o = Distância direta ao objetivo
- > θ = Ângulo de bordejamento

Eficiência de Navegação

Percentual de eficiência:

$$E = (D_o/D_t) \times 100\%$$

$$E = \cos(\theta) \times 100\%$$

Em que D_o é a distância direta ao objetivo e D_t é a distância total navegada.

Questões para Reflexão

////////

Questões Conceituais:

1. Por que é impossível navegar à vela diretamente contra o vento?
2. Como a soma vetorial explica o movimento real dos barcos?
3. Qual a relação entre ângulo de bordejamento e eficiência?
4. Como correntes marítimas complicam cálculos de navegação?

Questões de Aplicação:

1. Como calcular o tempo mínimo para chegar a um destino?
2. Qual o ângulo ótimo de bordejamento para cada situação?
3. Como prever a trajetória real considerando múltiplos fatores?
4. Que estratégias usam velejadores em regatas reais?

Questões de Investigação:

1. Como tecnologias modernas auxiliam cálculos de navegação?
2. Qual a influência da forma da vela na eficiência?
3. Como condições meteorológicas afetam estratégias de regata?

4. Que papel a física tem no design de barcos competitivos?

Avaliação

////////

Critérios para Criatividade e Curiosidade:

1. **Resolução criativa:** O aluno encontra soluções inovadoras para problemas de navegação?
2. **Questionamento ativo:** O aluno faz perguntas sobre as aplicações práticas dos conceitos?
3. **Conexões interdisciplinares:** Relaciona física com meteorologia, geografia e estratégia?
4. **Experimentação:** Demonstra interesse em testar diferentes abordagens?

Instrumentos de Avaliação:

- » **Cálculos vetoriais:** Precisão na aplicação de fórmulas.
- » **Análise de situações:** Qualidade na interpretação de cenários complexos.
- » **Estratégias de navegação:** Criatividade nas soluções propostas.
- » **Apresentações:** Clareza na explicação de conceitos físicos.

Recursos Necessários

////////

Materiais Básicos:

- » Papel milimetrado para diagramas vetoriais.
- » Régua, transferidor e compasso.
- » Calculadora científica.
- » Lápis de cores para diferenciação de vetores.

Recursos Audiovisuais:

- » Vídeos de regatas olímpicas para análise.
- » Simuladores de navegação online.
- » Aplicativos de previsão meteorológica.
- » Software de desenho vetorial (opcional).

Materiais para Experimentos:

- » Bacia grande e barquinhos de papel.
- » Ventilador pequeno.

- » Cronômetro e régua.
- » Ímãs e superfícies lisas.

Interdisciplinaridade

////////

Com Geografia:

- » Rosa dos ventos e orientação geográfica.
- » Correntes oceânicas e sua influência.
- » Meteorologia aplicada à navegação.
- » Cartografia náutica e coordenadas.

Com Matemática:

- » Trigonometria em cálculos de navegação.
- » Geometria analítica e sistemas de coordenadas.
- » Otimização e cálculo diferencial.
- » Estatística aplicada a previsões meteorológicas.

Com História:

- » Evolução das técnicas de navegação.
- » Grandes navegadores e descobrimentos.
- » A presença da vela nos Jogos Olímpicos.

Valor Olímpico em Destaque: Excelência

////////

Esta atividade desenvolve a excelência por meio da compreensão de que alta performance no iatismo requer domínio científico além de habilidade prática. Os alunos aprendem que velejadores olímpicos são também físicos aplicados, calculando constantemente vetores, otimizando ângulos e prevendo trajetórias. A excelência se manifesta na busca contínua por compreensão mais profunda dos princípios físicos que governam a navegação, na criatividade para resolver problemas complexos de rota e na curiosidade para explorar como ciência e esporte se integram harmoniosamente.

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

REALIZAÇÃO



COMITÊ OLÍMPICO DO
BRASIL

