

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONIA –UNIR
CAMPUS JI-PARANA**

A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO
Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Seqüência didática de conteúdos conceituais de mecânica clássica para aplicação no ensino médio

Marcos Rogério Barbieri

Ji-paraná, agosto de 2017

SUMÁRIO

1. Apresentação	2
2. Dinâmica do programa “Ciência do absurdo”.....	2
3. Ficha técnica do programa.....	3
4. Sequência didática e instruções ao professor.....	3
4.1. Sequência didática do material instrucional professor.....	3
Aplicação 1 - Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica.....	5
Formulários dos questionários para o aluno.....	10
Aplicação 2. - Gravidade e trajetória parabólica – Motocross.....	15
Formulários dos questionários para o aluno.....	22
Aplicação 3 – Terceira lei de Newton e o recuo das armas.....	27
Formulário dos questionários para o aluno.....	33
Aplicação 4 – Primeira lei de Newton e o centro de massa – Andando de triciclo	37
Formulário dos questionários para o aluno.....	43
Aplicação 5 – Força, atrito e equilíbrio – Subindo na escada.....	46
Formulário dos questionários para o aluno.....	53

A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO

Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

1 Apresentação

Este material instrucional tem como objetivo aproximar os fenômenos do cotidiano com o pensamento científico. Sabemos que o desafio de ensinar hoje, diante das mudanças que ocorrem na sociedade, tanto de valores quanto de interesses individuais, requer, de nós professores, a renovação nas estratégias de ensino de modo a despertar o interesse do aluno. Diante disto, procuramos inovar desenvolvendo um produto que, de maneira divertida, faça o aluno observar os conceitos de física que se fazem constantemente presentes no dia a dia das pessoas e que passam despercebidos.

Neste trabalho selecionamos algumas cenas de alguns episódios do programa Ciência do absurdo, apresentado no canal National Geographic, e procuramos explicar certas situações através de conceitos físicos abordados no Ensino Médio. Trata-se da elaboração de aulas divertidas, que fogem do tradicional, cujo objetivo é mostrar que a física se faz presente na vida das pessoas, que todo acontecimento tem explicação lógica e, compreende-los, fazem parte do instinto curioso da humanidade.

Pretende-se, principalmente, despertar no estudante o hábito de interpretação cientificamente os fenômenos que ele observa no cotidiano. Através de suas experiências cotidianas e seus conhecimentos adquiridos empiricamente, quer-se com esta sequência didática que os alunos observem o mundo a sua volta com uma visão culturalmente científica, sem “achismo” ou suposições errôneas.

Preferencialmente sugerimos que este material instrucional seja aplicado para turmas de 1º ano do Ensino Médio, embora nada impeça que estas sequências didáticas possam ser apresentadas para outras séries. A ideia aqui desenvolvida não é teorizar de maneira aprofundada os conceitos e nem os explicar por meios de representações matemáticas abstratas, mas sim fazer com que o estudante compreenda os conceitos envolvidos e, através dessa compreensão, aplique estes conceitos em situações que possa vir a precisar ou que reflita sobre como a Física influencia a natureza.

Partindo desta premissa, esperamos que após as aulas os estudantes possam, com observações de seus próprios atos em sua rotina diária, experimentar o prazer de compreender os fenômenos físicos e, assim, despertar neles uma cultura científica.

2 Dinâmica do programa “Ciência do absurdo”

O apresentador inicia o programa relacionando a loucura de certos indivíduos com suas peripécias e as leis da física, aproximando a ciência do absurdo. Explora a irracionalidade de pessoas que fazem coisas inimagináveis, colocando sua integridade em risco, sem medir as possíveis consequências que seus atos podem ocasionar.

Na sequência são identificados alguns conceitos físicos que aparecerão no decorrer das apresentações, seguido de comentários hilários sobre algumas cenas para descontrair. Em seguida o apresentador analisa o que deu de errado e aponta quais princípios físicos estão envolvidos no contexto.

Durante o programa há sempre uma pergunta básica referente a qual princípio científico deixou de ser observado na ação realizada pelo personagem da cena. Após um intervalo o programa retorna com a resposta, explicando a lei ou princípio científico envolvido na cena.

3 Ficha técnica do programa

Título: Science of Stupid

Ano produção: 2014

Estreia: 5 de Abril de 2014 (Brasil)

Duração: 30 minutos

Classificação: Livre para todos os públicos

Gênero: Nacional

País de origem: Estados Unidos da América

Sinopse: Ciência do Absurdo é um programa apresentado pelo humorista Paulo Bonfá no canal Nat Geo., que combina ciência com alguns dos mais malucos, espetaculares e dolorosos vídeos já gravados por pessoas comuns (<https://filmow.com/ciencia-do-absurdo-1a-temporada-t108095/ficha-tecnica>. Acesso em 02/08/2016.).

4. Sequência didática e instruções ao professor

Cada aula/aplicação é composta sequencialmente de seis tópicos, sendo que o primeiro e o quarto são exclusivos para o professor. Enquanto o primeiro tópico fornece uma visão geral dos conceitos que serão desenvolvidos com os alunos durante a aula, o quarto apresenta um pequeno texto de apoio explicativo sobre o fenômeno estudado.

4.1 Sequência didática do material instrucional

I. Conceitos prévios

Trata-se dos conceitos necessários que deverão ser trabalhados com os alunos antes do início da dinâmica. Como o objetivo desta proposta é puramente conceitual, apresentamos uma síntese, também conceitual, daquilo que se faz necessário para a compreensão dos fenômenos e sua relação com os eventos que serão apresentados durante os vídeos. Portanto, pode-se apenas apresentar os conceitos seguido de algum exemplo de aplicação, de modo que durante o desenvolvimento das outras etapas estes conceitos ajudem a compreender o fenômeno estudado.

II. Questionário intuitivo

É o primeiro momento da aula, onde os alunos demonstram sua intuição sobre o fenômeno que será apresentado. O que importa nessa etapa é colher do aluno a sua experiência, aquilo que ele acha da situação problema apresentada e permitir que ele expresse sua visão das observações vivenciadas. Respostas corretas e de cunho científico não são tão importantes nesta etapa, pois o que se quer colher são as noções empíricas que os alunos possuem sobre o tema. Cabe ao professor, portanto, deixá-los à vontade, sem cobrança de respostas certas, para que eles possam responder da maneira que acharem melhor.

Após responderem o questionário, inicia-se o debate com a manifestação de cada um em suas respostas. Na condução deste, o professor deve valorizar as respostas dos alunos e conduzir, nas situações equivocadas, a uma explicação plausível dos fenômenos, sempre confrontando suas respostas através de indagações que levem a uma conclusão mais próxima do correto.

As questões apresentadas juntamente com possíveis respostas são sugestões para o desenvolvimento da intuição do aluno e poderão ser adaptadas conforme as características da turma.

III. Exibição do vídeo

Os vídeos selecionados são trechos do programa, correspondente ao tema/conteúdo que será desenvolvido durante as aulas. O tempo de cada vídeo varia entre três e quatro minutos e poderão ser acessados no link do tópico correspondente.

A apresentação do vídeo torna-se o momento mais atraente da dinâmica aplicada, pois são cenas que retratam situações hilárias e promove a descontração dos alunos, além de apresentar o fenômeno que sua intuição procurou explicar no questionário anterior. Ocorre, durante este, a complementação e o início da construção da lógica do fenômeno em estudo, passando a ter uma conotação científica, relacionando os fatos com suas observações e experimentações empíricas.

Sugerimos ao professor que peça aos alunos para anotarem, durante a exibição, os termos ou conceitos físicos que observarem durante o programa.

IV. Explicação do fenômeno

Apesar de voltar ao método tradicional, este momento procura introduzir uma explicação mais científica do fenômeno apresentado. Há em cada tema de aplicação um pequeno texto, sintetizando de maneira lógica, do porque os eventos ocorrem da maneira apresentada no vídeo. Os conceitos prévios juntamente com esta explicação ajudam o professor a explorar e construir novos conceitos, unificando as explicações científicas com o cotidiano dos alunos.

O texto é apenas um apoio, uma sugestão de transposição didática do fenômeno estudado, possibilitando, juntamente com as explicações do professor, o desenvolvimento na compreensão de conceitos, levando o aprendiz a compreender os eventos presentes na vida diária.

V. Reexibição do vídeo

É o momento de complementação da etapa anterior, possibilita observar os detalhes que não foram absorvidos durante a apresentação integral do vídeo. No decorrer dessa reapresentação, algumas cenas foram selecionadas para pausas e, durante esta, promover debates de modo a verificar, juntamente com os alunos, o que deu de errado e o que causou o efeito na ação apresentada no vídeo.

Em cada aula/aplicação foram escolhidos as cenas e os instantes de cada uma, seguido de da descrição do fato ocorrido.

VI. Questionário aplicando o princípio científico

Trabalhada a intuição do aluno, observados os eventos presentes no cotidiano e desenvolvendo a explicação lógica dos fenômenos, encerramos a aplicação dessa dinâmica com um questionário cujo objetivo é aplicar a compreensão científica dos fatos. Adquirido nas outras etapas, o conhecimento agora passa a ter uma linguagem diferente da aplicada no primeiro questionário, sendo os diálogos, as referências ao vídeo e as explicações anteriores, as bases do desenvolvimento desta etapa.

Terminado o questionário, o professor deve iniciar a discussão/correção ouvindo as respostas dos alunos e, nos casos em que aparecem desenhos como respostas, observá-las. Ao transcrever a

correção no quadro, fazer referência à resposta do aluno e, quando não expressa corretamente, transformar os erros em momento de aprendizagem, de modo que a turma observe por que o fenômeno ocorreu daquela forma e naquelas circunstâncias.

Desejamos a todos um bom trabalho.

A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO
Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Aplicação 1

Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica

VELOCIDADE, ACELERAÇÃO E A ESTEIRA ERGOMÉTRICA

INTRODUÇÃO

- Neste episódio veremos pessoas que procuram entrar numa esteira ergométrica funcionando. Essas situações acarretam quedas quando alguns princípios científicos básicos não forem seguidos, como por exemplo, a aceleração, a manutenção da velocidade constante e a direção de entrada da esteira. Algumas experiências absurdas também são apresentadas e com elas as explicações do que deu errado.
- Conceitos e elementos explorados:
 - velocidade e aceleração
 - noção de vetores e sua aplicação.

CONCEITOS PRÉVIOS

• Velocidade média

Refere-se com que rapidez um corpo se desloca. Relaciona, então, o espaço percorrido ou o deslocamento com o tempo gasto para percorrê-lo. Matematicamente podemos representar a velocidade média da seguinte maneira:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

onde: v_m é a velocidade média;
 Δs é o espaço percorrido;
 Δt é o intervalo de tempo.

• Aceleração média

É a grandeza que indica a rapidez com que a velocidade de um móvel aumenta ou diminui. Trata-se da variação da velocidade, ou seja, se quisermos aumentar a velocidade, aceleramos e, se quisermos diminuir a velocidade, freamos.

Matematicamente podemos representar por:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

onde: a_m é a aceleração
 Δv é a variação de velocidade
 Δt é a variação de tempo

• Vetores

Uma grandeza física é um escalar quando pode ser caracterizada apenas por um número, sem necessidade de associar-lhe alguma orientação.

Exemplos:

- Massa de uma bola;
- Intervalo de tempo para um corpo mover-se por certa distância;
- Temperatura de um corpo.

Outras grandezas físicas não podem ser representadas apenas por um número; elas necessitam também de uma orientação, ou seja, uma direção e um sentido.

Considere um veículo que está a uma velocidade de 80 km/h, somente essa informação não é suficiente para caracterizar o movimento, é necessário informar a direção e o sentido. Portanto, podemos definir o vetor como a representação de uma grandeza vetorial, que possui módulo, direção e sentido.

Por exemplo:

Um móvel desloca conforme mostra o mapa da figura ao lado entre dois pontos A e B cuja distância equivale a aproximadamente 450 km. Temos então o vetor deslocamento que compreende:

Módulo = 450 km;

Direção = reta AB que liga as duas cidades;

Sentido = de A para B, ou sentido da Cacoal para Porto Velho.



DESENVOLVIMENTO DA DINÂMICA NA AULA

PRIMEIRO MOMENTO: QUESTIONÁRIO INTUITIVO

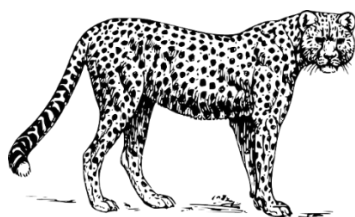
Questões sugeridas

1. O que é velocidade e qual informação o seu valor nos fornece? Por exemplo: um móvel tem uma velocidade de 40 km/h.
2. Qual o limite máximo de velocidade que um ser humano pode alcançar?
3. Faça uma estimativa da velocidade máxima que os animais abaixo podem chegar em km/h.

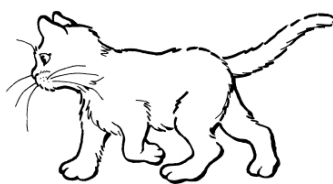
Respostas

É uma grandeza que relaciona o espaço percorrido com o tempo gasto. Ela nos informa o quão rápido um móvel se desloca. O valor, neste caso, indica que em uma hora o móvel percorre 40 km, se manter esta velocidade constante.

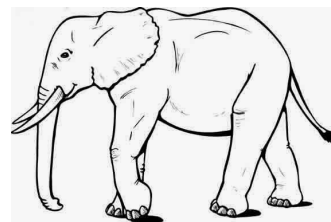
O recorde de um atleta olímpico é de 37,58 km/h com pico de 44,72 km/h numa corrida de 100 m rasos (Nesta questão é possível verificar se os alunos têm noção de quão rápido pode ser o ser humano fazendo uma comparação com sua experiência quando andam de bicicleta, de moto ou de carro).



Pode chegar a 100 km/h.



Pode chegar a 48 km/h.



Pode chegar a 40 km/h.

4. Que fatores influenciam as velocidades dos animais, diferenciando sua rapidez um do outro?
5. Que nome damos ao ato de aumentar ou diminuir a velocidade de um móvel?
6. Considere uma esteira ergométrica em funcionamento. O que poderá ocorrer ao subir nela sem as devidas precauções?

O tamanho dos passos e a movimentação das patas.

Aceleração. Num veículo pisamos no acelerador para aumentar a velocidade e no freio para diminuir a velocidade (desacelerar).

Poderá levar uma queda se a esteira estiver em alta velocidade ou se não acelerar rapidamente seus passos para atingir a mesma velocidade da esteira.

SEGUNDO MOMENTO: EXIBIÇÃO DO VÍDEO “VELOCIDADE, ACELERAÇÃO E A ESTEIRA ERGOMÉTRICA”

Acesso: https://www.youtube.com/watch?v=K_xoL9Xquwo&feature=youtu.be

Duração: 03:12

Antes da exibição do vídeo, pedir ao aluno que registrem os termos ou conceitos físicos que aparecem durante sua exibição e, ao término, enumerar juntamente com eles aqueles que conseguiram anotar para futura discussão.

TERCEIRO MOMENTO: EXPLICAÇÃO DO FENÔMENO

O conceito de velocidade no vídeo é aplicado quando se refere ao limite de rapidez que um ser humano pode alcançar. Isso depende do comprimento dos passos e da movimentação das pernas. O ato de subir numa esteira ergométrica requer que as velocidades sejam iguais, da esteira e de quem sobe nela, para que não haja queda. Isso é adquirido quando aceleramos para atingir a mesma velocidade da esteira, em módulo, direção e sentido.

O tempo para acelerar ao subir na esteira é muito curto e, caso não acelere convenientemente, seus pés serão puxados e, pela inércia (tendência de o corpo ficar em repouso) da parte superior do corpo, a pessoa vai girar.

Abordando o conceito de vetor, evidenciamos o fato de que a velocidade da esteira tem a mesma direção da velocidade da pessoa que sobe nela, porém com sentido contrário ao movimento da parte superior da esteira. Quando alguém tenta entrar de lado na esteira, as direções das velocidades da esteira e da pessoa são diferentes, o que também facilita uma queda.

QUARTO MOMENTO: REEXIBIÇÃO DO VÍDEO “VELOCIDADE, ACELERAÇÃO E A ESTEIRA ERGOMÉTRICA”

Análise de algumas situações no vídeo

- Instante 01:35 – Como conseguir entrar em uma esteira em movimento? (Explicação)
- Instante 02:10 – Correndo na direção errada, uma resultante de velocidade em outra direção.
- Instante 02:19 – O tamanho dos passos eleva a velocidade, mas o que deu errado nessa tentativa com perna de pau?
- Instante 02:53 – Andar de bicicleta na esteira dar certo? O que houve de errado nessa cena?

QUINTO MOMENTO: QUESTIONÁRIO APLICANDO O PRINCÍPIO CIENTÍFICO

Questões sugeridas

Respostas

1. Como foi visto no vídeo, o que é necessário para subir numa esteira em movimento e não cair?

Acelerar os passos o mais rápido possível para que a velocidade coincida à da esteira e na mesma direção da velocidade da esteira.

2. Quando uma pessoa entra numa esteira em movimento sem acelerar adequadamente, ela tende a cair. Qual o motivo disto?

Ao entrar na esteira em movimento com velocidade inferior a da esteira, haverá uma diferença momentânea entre a velocidade dos pés da pessoa e da parte superior do corpo, fazendo com que o corpo tenda a girar.

3. Na figura ao lado existem duas velocidades, a da pessoa e a da esteira. Estas velocidades podem ser representadas por setas que chamamos de vetor. Desenhe na figura ao lado os vetores velocidade da pessoa e da esteira na parte superior.

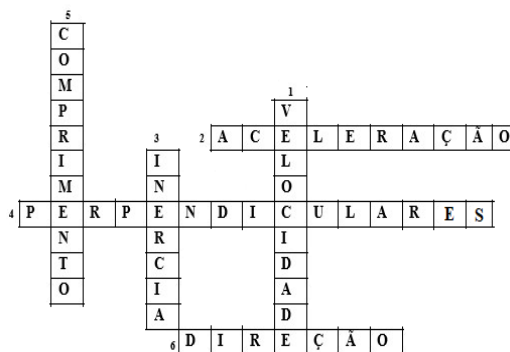


4. Na figura do exercício anterior, o que ocorre se a velocidade da esteira for maior que a velocidade da pessoa e vice-versa?

Se a velocidade da esteira for maior a pessoa será lançada para traz. Se a velocidade da pessoa for maior, então ela se deslocará sobre a esteira.

5. Complete as palavras cruzadas

- 1) Relaciona o espaço percorrido por um móvel com o tempo gasto.
- 2) Variação da velocidade.
- 3) Condição que faz o corpo girar ao entrar na esteira em movimento.
- 4) Direções que maximiza a facilidade de queda quando se entra numa esteira em movimento.
- 5) A velocidade de um ser humano é limitada pelo (.....) dos passos.
- 6) Para entrar em uma esteira em movimento é preciso que as velocidades tenham a mesma (.....).



6. Uma pessoa tem uma passada de 2,0 m. Sabendo-se que ela dá em média 3 passadas por segundo numa corrida, responda:
 - a) Quantos metros ela irá percorrer em 10 segundos?
 - b) Quantos quilômetros esta pessoa fará em 1 hora?

a) $3 \text{ s}^{-1} \times 2,0 \text{ m} = 6 \text{ m/s}$
 $6 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 60 \text{ m}$

⇒ A pessoa irá percorrer 60 metros.

b) Se em 10 segundo ela percorre 60 m isto significa que sua velocidade é de 6 m/s.

Como em 1 hora temos 3600 s, segue que:

$6 \text{ m} \times 3600 \text{ s} = 21600 \text{ m} = 21,6 \text{ km}$.

⇒ A pessoa percorrerá em 1 hora 21,6 km.

ANEXOS

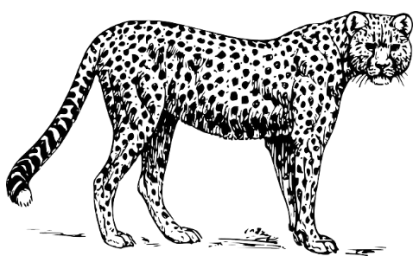
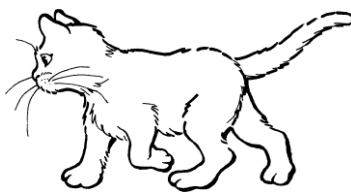
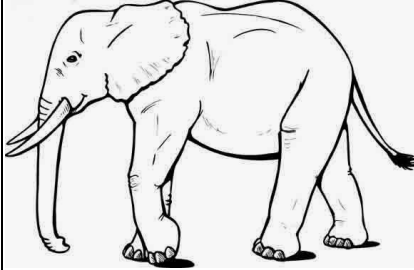
FORMULARIOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ALUNO

Vivendo com a física
Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica
(Questionário intuitivo)

1. O que é velocidade e o qual informação o seu valor nos fornece? Por exemplo: um móvel tem velocidade de 40 km/h.

2. Qual o limite máximo de velocidade que um ser humano pode alcançar?

3. Faça uma estimativa da velocidade máxima que os animais abaixo podem chegar em km/h.

4. Que fatores influenciam as velocidades dos animais diferenciando sua rapidez um do outro?

5. Que nome damos ao ato de aumentar ou diminuir a velocidade de um móvel?

6. Considere uma esteira ergométrica em funcionamento, o que poderá ocorrer ao subir nela sem as devidas precauções?

Vivendo com a física
Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica
(Questionário aplicando o princípio científico)

1. Como foi visto no vídeo, que é necessário para subir numa esteira em movimento e não cair?

2. Quando uma pessoa entra numa esteira em movimento sem acelerar adequadamente, ela tende a cair. Qual o motivo disto?

3. Na figura existem duas velocidades, a da pessoa e a da esteira. Estas velocidades podem ser representadas por setas que chamamos de vetor. Desenhe na figura ao lado os vetores velocidade da pessoa e da esteira na parte superior.



4. Na figura do exercício anterior, o que ocorre se a velocidade da esteira for maior que a velocidade da pessoa e vice-versa?

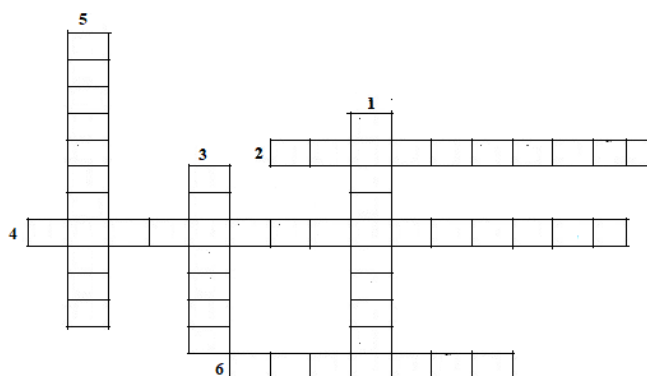
5. Uma pessoa tem uma passada de 2,0 m. Sabendo que ela dá em média 3 passadas por segundo numa corrida, responda:

a) Quantos metros ela irá percorrer em 10 segundos?

b) Quantos quilômetros esta pessoa fará em 1 hora?

6. Complete as palavras cruzadas com os devidos termos e conceitos.

1. Relaciona o espaço percorrido por um móvel com o tempo gasto.
2. Indica a variação da velocidade.
3. Condição que faz o corpo girar ao entrar na esteira em movimento.
4. Direções que maximizam a facilidade de queda quando entra numa esteira em movimento.
5. A velocidade de um ser humano é limitada pelo (.....) dos passos.
6. Para entrar em uma esteira em movimento é preciso que as velocidades tenham a mesma (.....).



A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO
Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Aplicação 2

Gravidade e trajetória parabólica – motocross

GRAVIDADE E TRAJETÓRIA PARABÓLICA – MOTOCROSS

INTRODUÇÃO

- Neste vídeo, que apresenta saltos de motocross, é feita uma análise do que ocorre de errado durante a saída das motocicletas da rampa, em relação a velocidade e o ângulo de inclinação da mesma, ocasionando quedas espetaculares
- Conceitos e elementos explorados:
 - A trajetória (parabólica) que um corpo descreve ao saltar de uma rampa, ou seja, o lançamento oblíquo.
 - A composição do movimento horizontal (uniforme) com o vertical (uniformemente variado) que produz a trajetória parabólica.
 - A influência do ângulo de inclinação da rampa nos alcances horizontal e vertical.

CONCEITOS PRÉVIOS

- **Movimento**
Chama-se de movimento a mudança de posição aparente de um corpo em relação ao tempo.
- **Referencial**
Conjunto de pontos rigidamente fixos entre si, cuja posição se supõe conhecida.
- **Repouso e movimento**
Um corpo está em repouso ou em movimento em relação a outro quando sua posição, em relação a este outro, não varia ou varia com o tempo.
- **Partícula**
Uma partícula é um corpo que pode ser localizado por um único ponto do espaço.
- **Trajetoória**
Curva orientada contendo todos os pontos ocupados por uma partícula durante seu movimento.
- **Origem**
Ponto qualquer da trajetória cuja localização é conhecida.
- **Posição**
Distância da partícula à origem da trajetória, medida ao longo da trajetória com sinal adequado.
- **Movimento Uniforme**
É o movimento cuja velocidade é constante e diferente de zero. Podemos exemplificar com um veículo em movimento, onde o velocímetro indica sempre o mesmo valor.
- **Movimento uniforme variado**

É o movimento onde a velocidade varia (aumenta ou diminui) uniformemente. Há, então, uma aceleração responsável pela variação desta velocidade, cujo valor é constante. Exemplo deste movimento é um corpo em queda livre (que sofre influência apenas da Terra), cuja velocidade varia a uma taxa constante de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, representada por g .

- **Força gravitacional**

É uma força que existe naturalmente entre corpos que possuem massa. Segundo a Lei da Gravitação Universal, esta força é tal que duas partículas se atraem com forças cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

- **Força peso ou peso (P)**

É a força gravitacional que a terra exerce sobre os corpos que estão próximos a ela, fazendo-os cair (é interessante enfatizar que tudo que é lançado para cima diminui de velocidade pela ação da aceleração da gravidade (peso) que atrai os corpos em direção ao centro da Terra, fazendo-os descer). Como próximo à superfície da Terra os corpos em queda livre caem com a mesma aceleração g , segue que o módulo da força peso atuando num corpo de massa m é dada por $P = mg$, que é a mesma força que atua neste corpo quando ele é abandonado de uma certa altura na ausência de resistência do ar.

- **Grandeza física**

São todas as grandezas que aparecem nas equações físicas, como tempo, distância, temperatura, etc.

- **Grandeza escalar**

Uma grandeza física é chamada de escalar quando pode ser caracterizada por apenas por um número (e sua unidade de medida).

Exemplos:

– Massa de uma bola: 0,25 kg.

– Tempo para a luz emitida pelo Sol alcançar a Terra: 8,3 minutos (aproximadamente 8 min e 19 s).

– Temperatura de ebulição da água: $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

- **Grandeza vetorial**

Uma grandeza física é dita vetorial quando, para ser determinada, necessita, além de um número (intensidade) e de sua unidade de medida, uma direção e um sentido.

Assim, por exemplo, dizer que um veículo está a uma velocidade de 80 km/h não caracteriza seu movimento.

É preciso também informar em que direção ele se desloca e em qual sentido ele se desloca nesta direção.

- **Vetor**

É uma seta que representa uma grandeza vetorial associando-se ao seu comprimento a sua intensidade, a linha que contem a seta a sua direção e a ponta da seta ao seu sentido. Os pontos extremos do vetor são chamados de origem (onde não se encontra a seta) e extremidade (onde se encontra a seta).

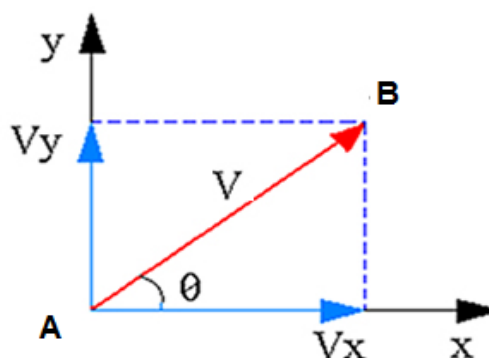
- **Soma de vetores**

Por definição, a soma de dois vetores resulta em outro vetor, chamado de vetor resultante. Para se obter o vetor resultante deve-se dispor os vetores a serem somados de forma que a extremidade de um coincida com a origem do outro. Neste caso, a origem e a extremidade do vetor resultante coincidirão com a origem e extremidade dos vetores que estão sendo somados e que não coincidem.

- **Decomposição de um vetor**

Por definição, a componente de um vetor segundo duas direções não paralelas consiste de dois vetores possuindo cada um uma destas direções e cuja soma vetorial resulta no vetor que se quer decompor. Os vetores assim obtidos são chamados de componentes vetoriais do vetor em questão nas direções desejadas.

Considere, na figura ao lado, que \vec{v} é o vetor deslocamento entre dois pontos A e B. Na horizontal temos a componente do vetor \vec{v} que é \vec{v}_x e na vertical a componente \vec{v}_y . Estas duas componentes formam o vetor \vec{v} , informando que o deslocamento diretamente de A para B pode ser obtido também através de um deslocamento horizontal e outro vertical.



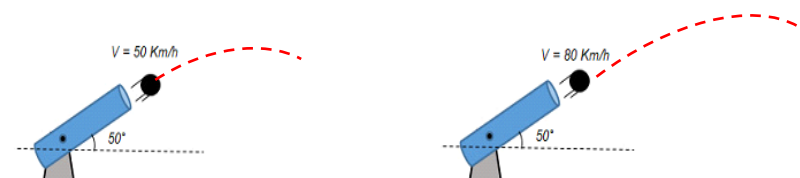
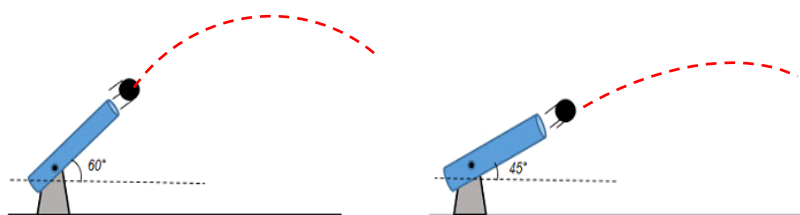
DESENVOLVIMENTO DA DINÂMICA NA AULA

PRIMEIRO MOMENTO DA AULA: QUESTIONÁRIO INTUITIVO

Questões sugeridas

1. Desenhe a trajetória que a bola faz ao sair do canhão, considere o ângulo de inclinação e a velocidade de saída da bola.

Respostas



2. Qual o nome dessa trajetória?
3. Por que a trajetória tem essa forma?
4. Se o canhão lançasse uma pedra no lugar da bala esférica, a trajetória seria a mesma? Por que?

Trajétória parabólica.

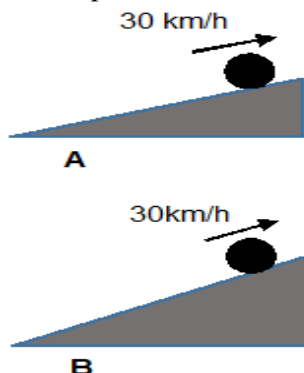
Durante o movimento existe apenas a aceleração de queda livre, que é vertical. Assim, durante o movimento, a velocidade horizontal do corpo não se altera enquanto que a velocidade vertical diminui durante a subida e aumenta durante a descida.



Sim, pois a aceleração de queda livre não depende nem da

massa nem da forma dos corpos.

5. Que diferenças você espera do movimento de um corpo lançado com a mesma velocidade nas rampas A e B mostradas ao lado.



Na rampa B a maior parte da velocidade de lançamento (componente) está direcionada para cima, de forma que o corpo fica muito tempo no ar (sobe muito), mas acaba se deslocando muito pouco horizontalmente. No caso A a maior parte da velocidade de lançamento está direcionada horizontalmente (componente), de forma que o corpo fica pouco tempo no ar (sobe pouco) e acaba também se deslocando pouco horizontalmente.

6. Qual deveria ser o ângulo de inclinação de uma rampa para que um corpo lançado alcance a maior distância horizontal possível?

Lançando-se o corpo com um ângulo de 45° ele ficará um tempo razoável no ar e, desta forma, se deslocará bastante horizontalmente, pois uma parte considerável de sua velocidade de lançamento está na direção horizontal.

SEGUNDO MOMENTO DA AULA: EXIBIÇÃO DO VÍDEO “TRAJETÓRIA PARABÓLICA E GRAVIDADE – MOTOCROSS”

Acesso em: <https://youtu.be/SyhZzLatYDs>

Duração: 3:57

Antes da exibição do vídeo, pedir ao aluno que registrem os termos ou conceitos que aparecem durante sua exibição e, ao término, enumerar juntamente com eles aqueles que conseguiram anotar para futura discussão.

TERCEIRO MOMENTO DA AULA: EXPLICAÇÃO DO FENÔMENO

Quando um objeto é lançado obliquamente sua trajetória será sempre parabólica, pois resulta da composição de dois movimentos independentes: o movimento uniforme horizontal, que faz com que a componente horizontal de sua velocidade não varie, e o movimento uniformemente variado na vertical, que faz com que a componente vertical da sua velocidade diminua durante a subida e aumente durante a descida.

A forma da parábola do lançamento oblíquo dependerá do módulo da velocidade e do ângulo de lançamento. Naturalmente, quanto maior a velocidade de lançamento, maior a altura alcançada e distância percorrida pelo corpo, se o ângulo de lançamento é mantido constante. Por outro lado, mantendo-se a velocidade de lançamento constante, o alcance máximo alcançado por um corpo lançado obliquamente é de 45° , sendo que para ângulos maiores ou menores pelo mesmo valor que 45° o alcance é o mesmo.

No caso de um salto realizado por uma moto, para o salto ter êxito a rampa para a aterrissagem da moto deve ser disposta de forma que acompanhe a trajetória parabólica que a moto irá descrever.

QUARTO MOMENTO DA AULA: REEXIBIÇÃO DO VÍDEO “TRAJETÓRIA PARABÓLICA E GRAVIDADE – MOTOCROSS”

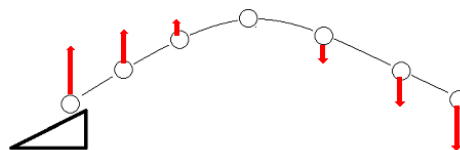
Análise de algumas situações no vídeo

- Instante 01:15 – Explicação científica do fenômeno, ângulo da rampa de lançamento e a importância da velocidade.
- Instante 02:36 – O que ocasionou a aterrissagem da moto com a roda da frente?
- Instante 03:38 – Que fatores ocasionaram a queda?

QUINTO MOMENTO: QUESTIONÁRIO APLICANDO O PRINCÍPIO CIENTÍFICO

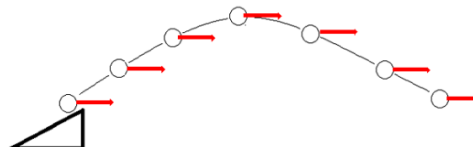
Questões sugeridas

1. A figura abaixo mostra vários instantes da trajetória de uma bola lançada obliquamente. Desenhe em cada instante a componente da velocidade vertical da bola.



As setas deverão ter tamanhos diferentes, considerando a variação da velocidade em cada ponto.

2. A figura abaixo mostra vários instantes da trajetória de uma bola lançada obliquamente. Desenhe em cada instante a componente da velocidade horizontal da bola.



As setas deverão ter o mesmo tamanho, pois a velocidade é constante.

3. Como se comporta as velocidades tanto na horizontal ou na vertical?

Na horizontal a velocidade é constante e na vertical a velocidade é uniformemente variada devido a aceleração da gravidade.

4. Considere um salto com uma motocicleta conforme mostra a figura ao lado.

a) O que aconteceria se a velocidade de saída da rampa for baixa?

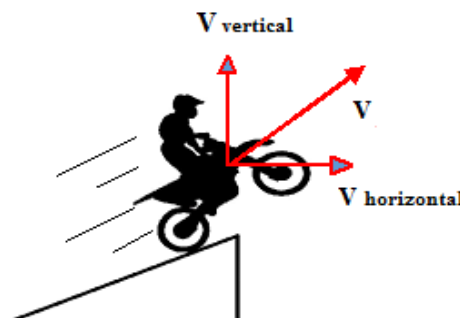


b) O que deveria ter do outro lado da rampa para que na aterrissagem seja suave?

a) A motocicleta ficaria sujeita rapidamente a força da gravidade e não atingiria o local ideal de pouso, pois a força gravitacional a faria girar e a queda seria inevitável.

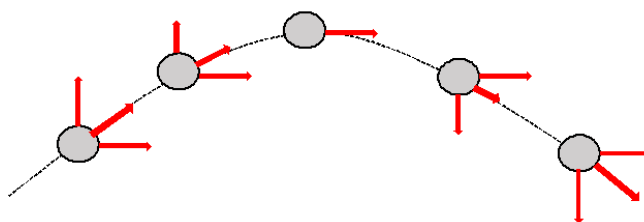
b) Outra rampa com inclinação que acompanhasse a trajetória da motocicleta no salto.

5. Na figura ao lado, escolha um ponto na moto e desenhe o vetor velocidade do salto e suas componentes na horizontal e vertical.



6. Na figura ao lado, desenhe os vetores que indicam as velocidades na horizontal e na vertical e a composição dessas velocidades determinando a trajetória parabólica.

Observar o tamanho das componentes do vetor velocidade. Na vertical eles vão diminuindo até atingir a altura máxima e depois aumentam durante a queda. Na horizontal permanece constante.

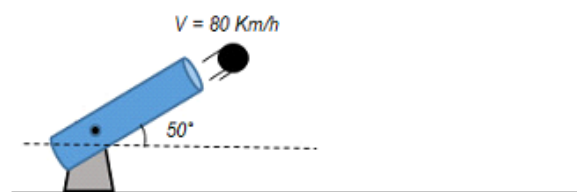
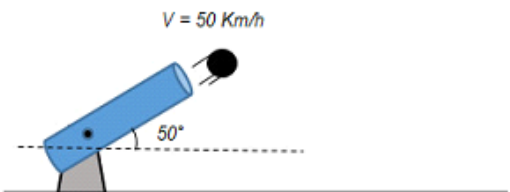
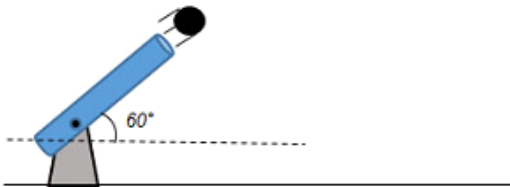


ANEXOS

FORMULARIOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ALUNO

Vivendo com a física
Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica
(Questionário intuitivo)

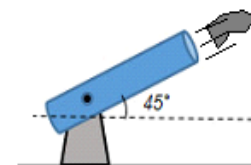
1. Desenhe a trajetória que a bola faz ao sair do canhão, considere o ângulo de inclinação e a velocidade de saída da bola.



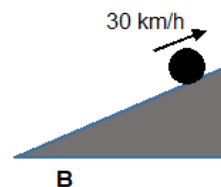
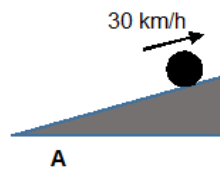
2. Qual o nome desta trajetória?

3. Por que a trajetória tem essa forma?

4. Se o canhão lançasse uma pedra com mesma massa e mesma velocidade da bala de canhão, a trajetória seria a mesma? Por que?



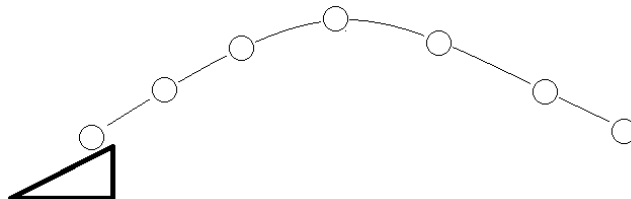
5. Que diferenças você espera do movimento de um corpo lançado com a mesma velocidade nas rampas A e B mostradas abaixo?



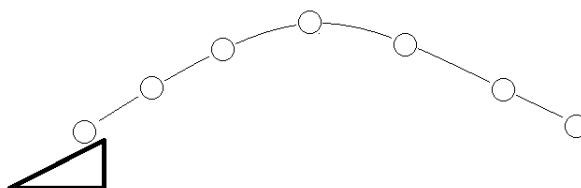
6. Qual deveria ser o ângulo de inclinação de uma rampa para que um corpo lançado alcance a maior distância horizontal possível?

Vivendo com a física
Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica
(Questionário aplicando o princípio científico)

1. A figura abaixo mostra vários instantes da trajetória de uma bola lançada obliquamente. Desenhe em cada instante a componente da velocidade vertical da bola.



2. A figura abaixo mostra vários instantes da trajetória de uma bola lançada obliquamente. Desenhe em cada instante a componente da velocidade horizontal da bola.



3. Como se comporta as velocidades tanto na horizontal como na vertical?

4. Considere um salto com uma motocicleta conforme mostra a figura ao lado e responda justificando sua resposta.



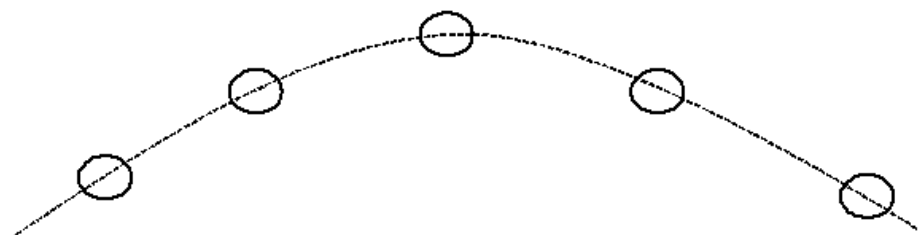
- a) O que aconteceria se a velocidade de saída da rampa for baixa?

- b) O que deveria ter do outro lado da rampa para que na aterrissagem seja suave?

5. Na figura lado, escolha um ponto na moto e desenhe o vetor velocidade do salto e suas componentes na horizontal e vertical.



6. Na figura abaixo, desenhe os vetores que indicam as velocidades na horizontal e na vertical e a composição dessas velocidades determinando a trajetória parabólica.



A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO

Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Aplicação 3

A terceira lei de Newton e o recuo das armas

TERCEIRA LEI DE NEWTON E O RECUO DAS ARMAS

INTRODUÇÃO

- Este vídeo apresenta atiradores praticando tiro ao alvo com diferentes tipos de arma. As ideias centrais do estudo é a causa do recuo após o disparo de uma arma de fogo e os diferentes efeitos causados nos atiradores conforme as dimensões e o poder de fogo das armas. Para explicar tais fatos evidenciamos a conservação da quantidade de movimento.
- Os conceitos explorados são:
 - Terceira lei de Newton ou a lei da ação e reação;
 - Conservação da quantidade de movimento.

CONCEITOS PRÉVIOS

• Vetores

Uma grandeza física é um escalar quando pode ser caracterizada apenas por um número, sem necessidade de associar-lhe alguma orientação.

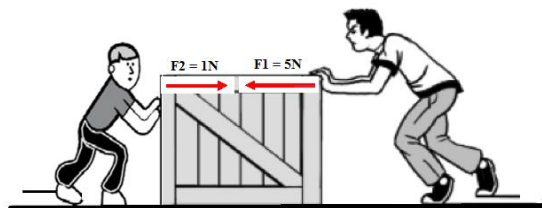
Exemplos:

- Massa de uma bola;
- Tempo para um corpo mover-se por certa distância;
- Temperatura de um corpo.

Outras grandezas físicas não podem ser representadas apenas por um escalar, elas necessitam de orientação: uma direção e um sentido.

Considere um veículo que está a uma velocidade de 80 km/h. Somente esta informação não é suficiente para caracterizar o movimento. É necessário informar a direção e o sentido. Portanto, podemos definir o vetor como a representação de uma grandeza vetorial, que possui módulo, direção e sentido.

Na figura ao lado vemos duas pessoas empurrando um caixote. Como se observa, há a atuação de duas forças de sentidos opostos que estão sendo aplicadas num único objeto. Temos que \vec{F}_1 é horizontal para a esquerda e \vec{F}_2 horizontal para a direita. Como \vec{F}_1 é maior que \vec{F}_2 , a resultante destas forças será o vetor \vec{F}_R na mesma direção, horizontal, e orientado para a esquerda, de módulo 4N.



• Força

É algo capaz de alterar o estado de movimento ou de repouso.

• Quantidade de movimento ou momento linear ou momento

O momento linear \vec{p} de uma partícula de massa m que desloca com velocidade \vec{v} é definido por $\vec{p} = m\vec{v}$. Já a quantidade do momento linear de um sistema de partículas é definido pela soma vetorial dos momentos de cada partícula do sistema.

• Segunda Lei de Newton

Originalmente a Segunda Lei de Newton foi enunciada como a força resultante que atua numa partícula é igual a taxa de variação da quantidade de movimento desta partícula. No caso da massa de uma partícula ser constante, esta formulação é igual a formulação mais usual de que a força resultante é igual ao produto da massa pela aceleração, visto que, sendo a massa constante, a taxa de variação do momento será igual ao produto da massa pela taxa de variação da velocidade da partícula, que é igual a aceleração da partícula.

• Terceira Lei de Newton

Se um corpo A exerce uma força num corpo B, o corpo B exerce uma força igual e contrária no corpo A.

• Conservação da quantidade de movimento ou momento linear

Pode-se mostrar que num sistema de partículas isolado, isto é, livre de qualquer influência externa, a quantidade de movimento do sistema se conserva. Desta forma, se medirmos a quantidade de movimento do sistema num instante anterior e em outro instante posterior, devemos obter o mesmo valor, isto é:

$$\sum \vec{p}_{\text{antes}} = \sum \vec{p}_{\text{depois}}$$

Isto implica que quando o sistema é formado de apenas duas partículas, sempre que a quantidade de movimento de uma aumenta a quantidade de movimento da outra deve diminuir. Se tivermos então dois corpos A e B que colidem, podemos expressar a conservação da quantidade de movimento indicando com (') as grandezas após a colisão pela seguinte equação:

$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{v}'_A + m_B \vec{v}'_B$$

Antes da colisão

Depois da colisão



<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/lei-conservacao-quantidade-movimento.htm>

A conservação da quantidade de movimento decorre das Leis de Newton. Assim, no caso de uma partícula isolada, a primeira lei diz que sua velocidade permanece constante. Como $\vec{p} = m\vec{v}$, então \vec{p} é constante. Já no caso de duas partículas isoladas que colidem, pela Terceira Lei de Newton temos que as forças que uma exerce na outra são iguais e contrárias, de forma que a soma destas forças é nula. Como a força que cada uma exerce na outra é a força resultante atuando em cada partícula e ser igual a taxa de variação do momento da partícula, pela Segunda Lei, segue que a soma das variações dos momentos das duas partículas deve ser nula, o que implica na conservação do momento do sistema de partículas.

DESENVOLVIMENTO DA DINÂMICA NA AULA

PRIMEIRO MOMENTO: QUESTIONÁRIO INTUITIVO

Questões sugeridas

Respostas

- | | |
|--|---|
| 1. Quando alguém chuta uma bola, os efeitos no pé e na bola são iguais? | <i>Embora a força que o pé faz na bola seja a mesma, em intensidade, que a bola exerce no pé, os efeitos são diferentes, pois elas atuam em corpos diferentes, que possuem massas bem diferentes.</i> |
| 2. Porque observamos efeitos bem distintos quando se exerce a mesma força, através de um chute, numa bola de futebol e numa pedra esférica com mesmo volume que a bola de futebol? | <i>Como as massas da bola e da pedra são bem diferentes, seus movimentos, após a aplicação de uma mesma força, serão bem diferentes, pela Segunda Lei. Por outro lado, embora a força de reação da bola e da pedra sobre o pé seja a mesma, a situação é semelhante ao que encontramos quando esmurramos uma parede e uma mola presa na parede com a mesma força.</i> |
| 3. O que acontece com uma arma na mão de um atirador quando é disparada? | <i>Dá um recuo ou coice em quem atira.</i> |

4. Há algo em comum entre chutar uma bola e atirar com uma arma?

Sim, o princípio da ação e reação (O aluno ao responder essa questão poderá dizer que não, pois os efeitos observados em ambos os fenômenos são bem distintos e com particularidades próprias. Cabe ao professor relacionar a força de reação da bola no pé e a força de reação do projétil na arma).

5. Represente as forças de ação e reação na figura abaixo.



6. Represente as forças de ação e reação na figura abaixo.



SEGUNDO MOMENTO: EXIBIÇÃO DO VÍDEO “TERCEIRA LEI DE NEWTON E O RECUIO DAS ARMAS

Acesso em: https://youtu.be/-MIH_pCIObs

Duração: 04:14

Antes da exibição do vídeo, pedir ao aluno que registrem os termos ou conceitos que aparecem durante sua exibição e, ao término, enumerar juntamente com eles aqueles que conseguiram anotar para futura discussão.

TERCEIRO MOMENTO: EXPLICAÇÃO DO FENÔMENO

O recuo de uma arma de fogo, após o disparo, ocorre em decorrência da Terceira Lei de Newton, que diz que para toda ação há uma reação de mesma direção e intensidade e de sentidos contrários. Do ponto de vista da conservação do momento, temos que antes do disparo tanto a arma como a bala disparada estão em repouso, de forma que o momento deste sistema é nulo. Desta forma, após o disparo, o momento adquirido pela bala deve ser igual e contrário ao momento da arma e, em alguns casos, o suporte da arma. Como existe uma grande diferença de massa entre a bala disparada e a arma juntamente com seu suporte, haverá uma grande diferença de velocidade entre a bala e a arma e seu suporte.

Como exemplo, vamos considerar uma arma de 3 kg (3000 g) que dispara uma bala de 15 g a uma velocidade de 800 km/h. Pela conservação do momento e considerando que sendo o movimento unidimensional podemos representar grandezas vetoriais como grandezas escalares acrescentados de sinais + e - para representar o sentido dos vetores, temos que a velocidade da arma após o disparo será dada por:

$$\begin{aligned} \sum p_{\text{antes}} &= \sum p_{\text{depois}} \\ m_a v_a + m_b v_b &= m_a v'_a + m_b v'_b \\ 3500 \cdot 0 + 15 \cdot 0 &= 3000 v'_a + 15 \cdot 800 \\ 0 &= 3000 v'_a + 12000 \\ v'_a &= -4 \text{ km/h} \end{aligned}$$

Observe que a velocidade de recuo da arma é muito inferior à velocidade com que o projétil é disparado. Apesar da Terceira Lei afirmar que a força de ação e reação são iguais, esses pares de força agem em corpos diferentes, no projétil e na arma, proporcionando efeitos também diferentes.

QUARTO MOMENTO: REEXIBIÇÃO DO VÍDEO “TERCEIRA LEI DE NEWTON E O RECUO DAS ARMAS”

Análise de algumas situações no vídeo

02:00 - a falta de apoio para conter o recuo da arma faz a força de reação lançá-la distante do atirador

02:14 – como combater a força de recuo das armas

QUINTO MOMENTO: QUESTIONÁRIO APLICANDO O PRINCÍPIO CIENTÍFICO

Questões sugeridas

Respostas

- O que causa o impacto de uma arma num atirador, por intermédio da arma?
Para a arma lançar a bala ela deve exercer uma força no projétil, pela Segunda Lei, e receber uma força igual e oposta, pela Terceira Lei.
- Enuncie, de sua maneira, o princípio que causa o recuo de uma arma de fogo em decorrência de um disparo?
Para toda ação há uma reação de mesma intensidade e direção, mas de sentidos contrários.
- Se força de ação é igual a reação, por que a arma não é lançada com a mesma velocidade com que sai o projétil do cano?
Como o par de forças atua em corpos diferentes, o projétil terá uma velocidade maior do que a da arma pelo fato de ter uma massa menor que a arma.
- Em qual cena do vídeo podemos ver claramente que a força de reação de um tiro não afeta o atirador? Qual a explicação para esse fenômeno?
A cena em que uma pessoa obesa atira com uma semiautomática. Como esta pessoa tem uma grande massa, a força de atrito estático atuando nela é também grande, o que impede que pequenas forças a façam se deslocar.
- Porque não se consegue perceber o recuo quando se atira com o brinquedo, mostrado abaixo, que lança dardos de plástico?
Por que a massa e a velocidade com que os dardos são lançados são pequenos. Isto implica que a força exercida pelo brinquedo no dardo é pequena e, pela Terceira Lei, também é pequena a força que o dardo exerce na arma.
- Considere uma arma de massa 1500 g que dispara um projétil de 10 g com velocidade de 300 km/h. Qual será a velocidade de recuo da arma contra o atirador?



Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento temos:

$$\text{Massa da arma } m_a = 1500 \text{ g}$$

$$\text{Massa do projétil } m_p = 10 \text{ g}$$

$$\text{Velocidade da arma} = v_a$$

$$\text{Velocidade do projétil} = 300 \text{ km/h}$$

$$\sum P_{\text{antes}} = \sum P_{\text{depois}}$$

$$m_a v_a + m_p v_p = m_a v'_a + m_p v'_p$$

$$1500 \cdot 0 + 10 \cdot 0 = 1500 v'_a + 10 \cdot 300$$

$$0 = 1500 v'_a + 3000$$

$$v'_a = -2 \text{ km/h}$$

A velocidade de recuo da arma será de 2 km/h.

ANEXOS

FORMULARIOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ALUNO

A terceira lei de Newton e o recuo das armas

Vivendo com a física
Velocidade, aceleração e a esteira ergométrica
(Questionário intuitivo)

1. Quando alguém chuta uma bola, os efeitos no pé e na bola são iguais?

2. Porque observamos efeitos bem distintos quando se exerce a mesma força, através de um chute, numa bola de futebol e numa pedra esférica com mesmo volume que a bola de futebol?

3. O que acontece com uma arma na mão de um atirador quando é disparada?

4. Há algo em comum entre chutar uma bola e atirar com uma arma?

5. Represente as forças de ação e reação na figura ao lado.



6. Represente as forças de ação e reação na figura abaixo.



Vivendo com a física
Terceira lei de Newton e o recuo das armas
(Questionário aplicando o princípio científico)

1. O que causa o impacto de uma arma num atirador, por intermédio da arma?

2. Enuncie, de sua maneira, o princípio que causa o recuo de uma arma de fogo em decorrência de um disparo?

3. Se força de ação é igual a reação, por que a arma não é lançada com a mesma velocidade com que sai o projétil do cano?

4. Em qual cena do vídeo podemos ver claramente que a força de reação de um tiro não afeta o atirador? Qual a explicação para esse fenômeno?

5. Porque não se consegue perceber o recuo quando se atira com o brinquedo, mostrado ao lado, que lança dardos de plástico?



6. Considere uma arma de massa 1500 g que dispara um projétil de 10 g com velocidade de 300 km/h. Qual será a velocidade de recuo da arma contra o atirador?

A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO
Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Aplicação 4

Primeira lei de Newton e o centro de massa – andando de triciclo

PRIMEIRA LEI DE NEWTON E O CENTRO DE MASSA – ANDANDO DE TRICÍCLO

INTRODUÇÃO

- Este vídeo apresenta pessoas andando de triciclo. Compara a estabilidade entre veículos de três rodas e o de quatro rodas, evidencia os elementos responsáveis pelo equilíbrio do condutor em movimento e principalmente quando este encontra obstáculo, demonstra que a posição do mesmo em relação a base de sustentação do veículo fornece a estabilidade necessária para o movimento.
- O princípio da inércia é evidenciado quando ocorre o choque dos triciclos com obstáculos, projetando o condutor na direção do movimento.
- Os conceitos a serem explorados são:
 - O centro de massa de um corpo e a influência da sua posição no movimento
 - A primeira lei de Newton ou lei da inércia.

CONCEITOS PRÉVIOS

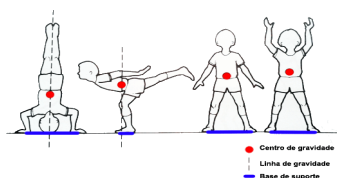
• Centro de massa e centro de gravidade

Centro de massa de um corpo pode ser descrito como o ponto que informa a posição média da massa do corpo, ou seja, se toda sua massa for concentrada nesse ponto, a força gravitacional seria a mesma, tanto nesse ponto em que se concentra a massa, quanto ao corpo todo considerando apenas o centro de massa.

O centro de gravidade refere-se ao ponto no corpo onde uma única força gravitacional terrestre, tem o mesmo efeito tanto exercida nesse, quanto exercido no corpo como um todo.

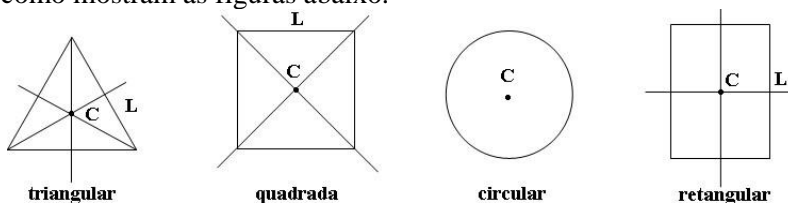


Centro de massa e centro de gravidade numa barra



Centro de massa no corpo humano

Em figuras planas com massa distribuída homogeneamente, o centro de gravidade coincide com o seu centro geométrico, como mostram as figuras abaixo.

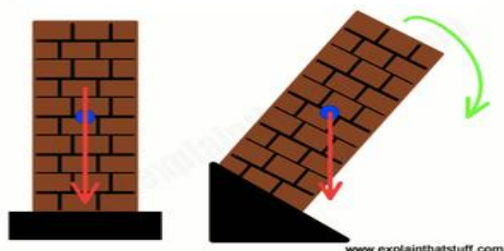


• Linha gravitacional

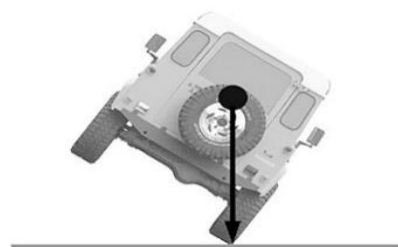
A linha gravitacional é uma linha imaginária vertical que passa pelo centro de gravidade de um corpo.

• Condição de equilíbrio para corpos apoiados numa base

Para que um corpo fique em equilíbrio, a condição necessária é que sua linha gravitacional não ultrapasse sua base de sustentação. Observe os exemplos:



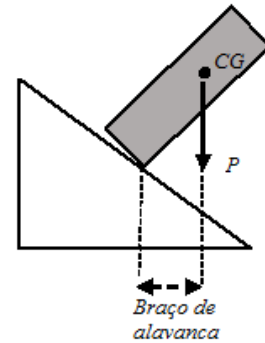
Quando a linha gravitacional ultrapassa a base de sustentação de um corpo, ele tende a girar.



Se a linha do centro de gravidade num veículo ultrapassar o pneu, o veículo tomba.

- **Braço de alavanca**

Em relação ao ponto de apoio, é a distância entre o ponto de giro do objeto até a linha de aplicação da força, formando um ângulo reto entre si.



- **Momento linear**

É o que caracteriza o estado de movimento do corpo e, por definição, é dado pelo produto da massa (m) pelo vetor velocidade (\vec{v}). É uma grandeza vetorial que possui direção e sentido iguais ao da velocidade e cujo módulo é dado pelo produto da massa pela velocidade.

Quando aplicamos uma força num corpo, seu momento linear é alterado, pois haverá variação no valor da velocidade.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

- **Enunciados da Lei da inércia ou Primeira Lei de Newton**

“Na ausência de forças, um objeto continua a mover-se com movimento retilíneo e com velocidade constante”.

“Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula, este corpo permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme”.

Esta Lei pode ser observada quando ocorre uma colisão frontal de um carro em movimento. Neste caso o condutor será arremessado no sentido do movimento, por inércia. Por este motivo é obrigatório o uso do cinto de segurança para amenizar os possíveis danos numa colisão.

- **Segunda lei de Newton**

Ao aplicar uma força num corpo, alteramos o seu estado de movimento, ou seja, modificamos o seu momento linear. Essa força é diretamente proporcional ao produto da massa m do corpo e a variação do momento Δp durante o intervalo de tempo Δt em que é aplicada a força. Podemos, então, definir matematicamente o princípio fundamental da dinâmica do seguinte modo:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

Logo, a força aplicada num corpo é igual ao produto da massa pela aceleração adquirida por ele.

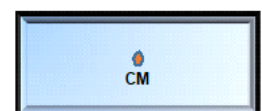
DESENVOLVIMENTO DA DINÂMICA NA AULA

PRIMEIRO MOMENTO: QUESTIONÁRIO INTUITIVO

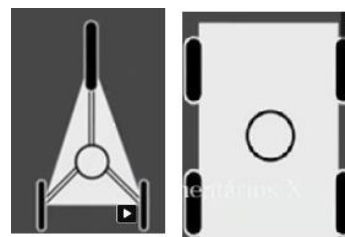
Questões sugeridas

Respostas

1. Considere as figuras ao lado como planas, com a massa distribuída de forma homogênea, e marque o ponto em que se situa seu centro de massa.



2. As figuras mostradas ao lado formam as bases de um triciclo e de um quadriciclo, respectivamente. Em quais delas o centro de massa está mais próximo de suas rodas, que são a base de suporte dos veículos?

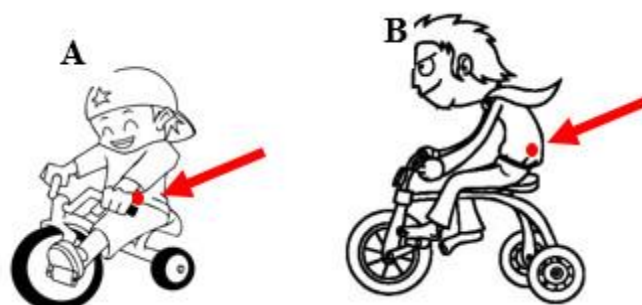


Na figura de forma triangular.

3. Qual veículo tem maior estabilidade: um triciclo ou um quadriciclo? Por que?

O quadriciclo, pois seu centro de massa encontra-se mais distante das rodas, que são suas bases de suporte.

4. Nos triciclos A e B com seus condutores representados nas figuras abaixo, indique, na própria figura, onde fica o centro de massa do conjunto e responda:



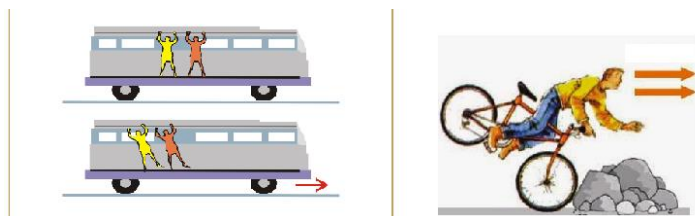
a) Em qual deles o centro de massa está mais alto em relação ao solo?

O triciclo B

b) Qual deles tem maior estabilidade durante o movimento?

O triciclo A, pois o seu centro de massa se encontra mais próximo ao solo.

5. Observe as duas figuras abaixo. Existe algo em comum referente a alguma lei física entre os fenômenos?



Sim. Apesar de apresentar comportamentos diferentes, os dois casos referem-se a mesma lei, a inércia, que é a tendência do corpo ficar em repouso (apresentada na primeira figura) ou em movimento retilíneo uniforme (conforme mostra a segunda figura).

http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-mecanica_5.html
<https://brainly.com.br/tarefa/3566247>

6. Na figura abaixo, a bicicleta está a 30 km/h quando se choca com uma pedra. Determine com que velocidade o ciclista será lançado para frente?



Será lançado com a mesma velocidade no momento que ocorre o choque. Isto ocorre por que o condutor tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme (1ª lei de Newton).

SEGUNDO MOMENTO: EXIBIÇÃO DO VÍDEO “Primeira lei de Newton e o centro de massa – andando de triciclo”

Acesso em: <https://youtu.be/c6E329QdkU>

Duração: 3:28

Antes da exibição do vídeo, pedir ao aluno que registrem os termos ou conceitos que aparecem durante sua exibição e, ao término, enumerar juntamente com eles aqueles que conseguiram anotar para futura discussão.

TERCEIRO MOMENTO: EXPLICAÇÃO DO FENÔMENO

A estabilidade de veículo, principalmente quando estão em movimento, depende do posicionamento do seu centro de massa. Assim, se o centro de massa estiver muito alto em relação a base, sua estabilidade é comprometida durante o movimento, principalmente nas laterais. Numa curva, por exemplo, se o centro de massa for alto, o móvel ficará mais propenso a tombar devido também a Primeira Lei de Newton. Quando, neste mesmo caso, alguma força atingir sua lateral, a possibilidade de capotagem será maior. Em colisões frontais, um centro de massa alto possibilita que o veículo gire por cima do obstáculo.

Portanto, quanto mais próximo do solo estiver o centro de massa ou centro de gravidade do móvel, maior será sua estabilidade. Isso por que as forças que agirem sobre o mesmo terão um braço de alavanca menor, ficando mais difícil um possível tombamento.

O centro de massa e sua posição é um dos elementos mais importantes para a estabilidade dos veículos. A posição geométrica do conjunto condutor e veículo determinam a estabilidade do conjunto. No vídeo vemos adultos andando de triciclo que proporcionam um alto centro de massa, desestabilizando o móvel e provocando as quedas, principalmente nas decidas.

Nos choques com os obstáculos que são apresentados no vídeo, observa-se a projeção dos condutores para frente. A inércia, ou primeira Lei de Newton, expressa esta tendência natural de todos os corpos.

QUARTO MOMENTO: REEXIBIÇÃO DO VÍDEO “Primeira de Newton e o centro de massa – andando de triciclo”

Análise de algumas situações no vídeo

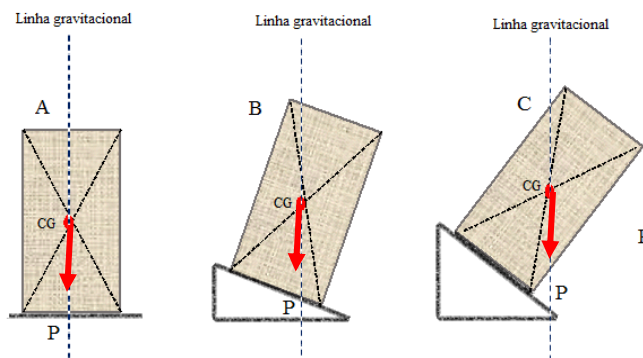
- Instante 00:48 – Observância da 1ª lei de Newton.
- Instante 01:10 – Estudo da posição geométrica do centro de massa do triciclo e quadriciclo e sua altura em relação a base.
- Instante 02:12 até 02:32 – Posição do centro massa alto e baixo em relação a base.

QUINTO MOMENTO: QUESTIONÁRIO APLICANDO O PRINCÍPIO CIENTÍFICO

Questões sugeridas

1. Nas figuras ao lado, representamos três torres A, B e C e suas inclinações. Marque nelas o ponto que indica o centro de gravidade, a linha gravitacional e o vetor indicando a força peso.

Respostas

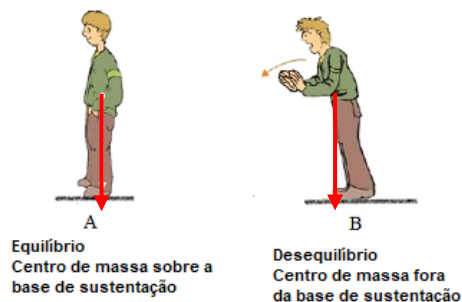
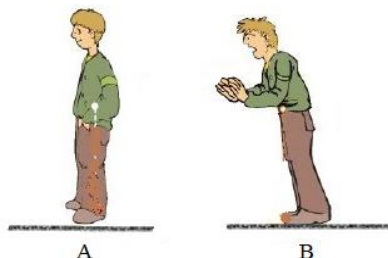


2. Qual dessas torres irá tombar? Que explicação científica podemos dar a essa queda?

A torre C, pois a linha gravitacional está fora da base de sustentação.

3. O que faz uma pessoa desequilibrar-se e tender a cair? Explique este fenômeno baseando-se nas duas figuras abaixo.

A pessoa está em equilíbrio quando sua linha gravitacional se encontra sobre a base de apoio, no caso os pés. É o que ocorre na figura A. No momento que esta linha ultrapassa a base de apoio, há o desequilíbrio contribuindo para a queda, como mostrado na figura B.



4. As bicicletas indicadas na figura apresentam instabilidades diferentes. O que justifica essa diferença? Qual delas é mais estável?

O centro de massa do conjunto bicicleta mais condutor, sendo que quanto mais alto estiver este centro de massa do solo, menor é a estabilidade. Assim a bicicleta menor será mais estável.



5. Considere os dois veículos da figura ao lado, um caminhão e um automóvel em movimento com a mesma velocidade.



a) O que é necessário para fazê-los parar?

Uma força no sentido contrário ao do movimento

b) O grau de dificuldade para parar estes veículos será o mesmo em ambos os casos?

Não, é maior para o corpo de maior massa, que possui maior momento linear e consequentemente maior inércia. Pode-se ver também que tendo o caminhão um maior momento, para pará-lo devemos ter uma maior variação desse momento e, pela Segunda Lei, devemos aplicar uma maior força.

c) O princípio físico que dificulta fazer o móvel parar é o mesmo para fazê-lo entrar em movimento?

O princípio é o mesmo, o da INÉRCIA, que é definido como a resistência que todo corpo tem de modificar seu estado de movimento. Pois, quando um corpo está em repouso ele resiste para entrar em movimento e estando em movimento ele resiste em modificar sua velocidade.

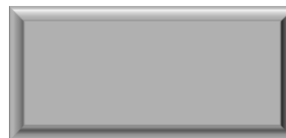
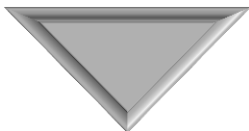
ANEXOS

FORMULARIOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ALUNO

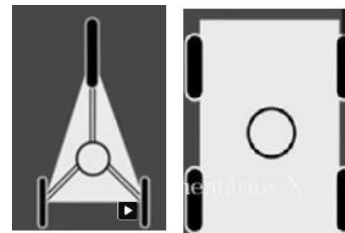
Primeira lei de Newton e o centro de massa – andando de triciclo

Vivendo com a física
Primeira lei de Newton e o centro de massa – andando de triciclo
(Questionário intuitivo)

1. Considere as figuras como planas e massa distribuída de forma homogênea, marque o ponto em que se situa seu centro de massa.

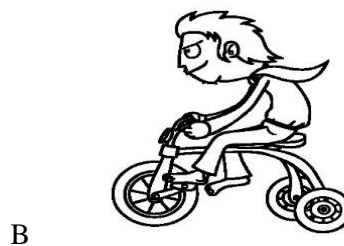
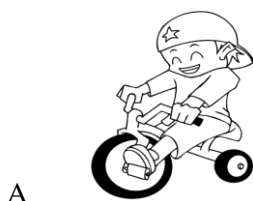


2. As figuras representadas ao lado formam as bases de um triciclo e de um quadriciclo respectivamente. Em quais delas o centro de massa está mais próximo de suas rodas, que são as bases de suporte dos veículos?



3. O que tem maior estabilidade, um triciclo ou um quadriciclo? Por que?

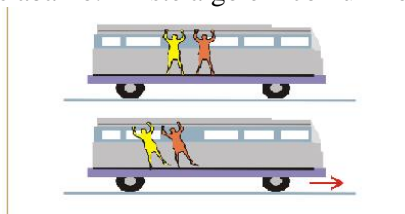
4. Nos triciclos A e B com seus condutores representados nas figuras abaixo, indique, na própria figura, onde fica o centro de massa do conjunto e responda.



- a) Em qual deles o centro de massa está mais alto em relação ao solo?

- b) Qual deles tem maior estabilidade durante o movimento?

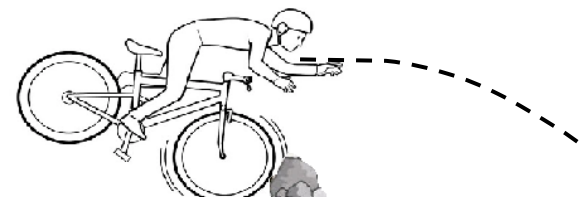
5. Observe as duas figuras abaixo. Existe algo em comum referente a alguma lei física entre os fenômenos?



http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-mecanica_5.html

<https://brainly.com.br/tarefa/35662>

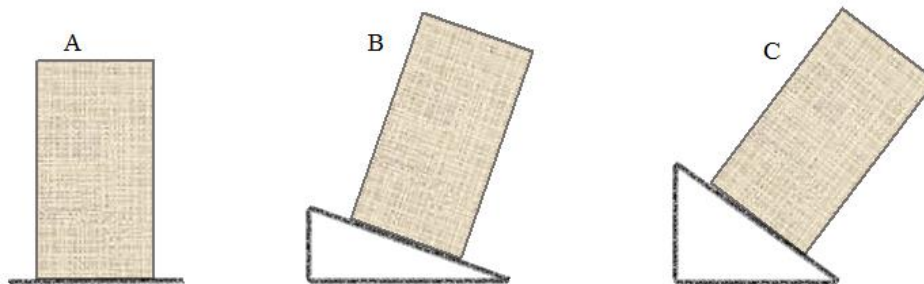
6. Na figura abaixo, a bicicleta está a 30 km/h quando se choca com uma pedra. Determine com que velocidade o ciclista será lançado para frente?



Vivendo com a física

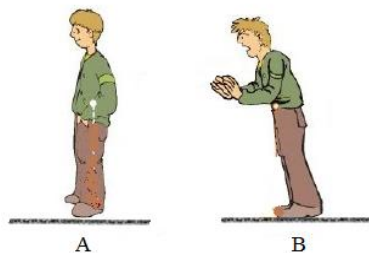
Primeira lei de Newton e o centro de massa – andando de triciclo (Questionário aplicando o princípio científico)

1. Nas figuras abaixo representamos três torres A, B e C, e suas inclinações. Marque nelas o ponto que indica o centro de gravidade, a linha gravitacional e o vetor indicando a força peso.



2. Qual dessas torres irá tombar? Que explicação científica podemos dar a essa queda?

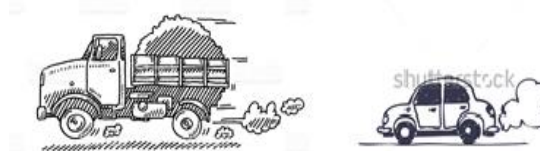
3. O que faz uma pessoa desequilibrar-se e tender a cair? Explique esse fenômeno baseando-se nas duas figuras.



4. As bicicletas indicadas na figura apresentam instabilidades diferentes. O que justifica essa diferença? Qual delas é mais estável?



5. Considere os dois veículos da figura, um caminhão e um automóvel em movimento com a mesma velocidade. Responda:



- a) O que é necessário para fazê-los parar?

- b) O grau de dificuldade para parar esses veículos será o mesmo em ambos os casos? Por que?

- c) O princípio físico que dificulta a fazer o móvel parar é o mesmo para fazê-lo entrar em movimento?

A MECÂNICA DE NEWTON E O COTIDIANO
Uma aproximação do saber científico da experiência vivencial

Aplicação 5

Força, atrito e equilíbrio – Subindo na escada

FORÇA, ATRITO E EQUILÍBRIO – SUBINDO NA ESCADA.

INTRODUÇÃO

- Neste episódio veremos que o ato de subir em uma escada engloba vários conceitos físicos, como de força (peso, normal e atrito), torque e momento angular;
- Os elementos a serem trabalhados são as superfícies que suportam a escada, o ângulo de inclinação e as forças que dão equilíbrio a uma escada encostada na parede.

O conceito a serem explorados são:

- Atrito estático, que é evidenciado quando o pé de uma escada fique imóvel, não deslizando quando alguém sobe nela.
- Atrito dinâmico, verificado quando os pés da escada se move, deslizando no solo e na parede.
- Coeficientes de atrito, dinâmico e estático.
- Condição de equilíbrio de corpos rígidos.
- Força e torque.

CONCEITOS PRÉVIOS

- **Força gravitacional**

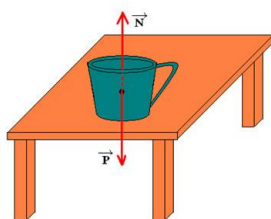
É uma força que existe espontaneamente entre corpos que possuem massa. Segundo a lei da gravitação universal, esta força é tal que duas partículas se atraem com forças cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa;

- **Força peso ou peso (P)**

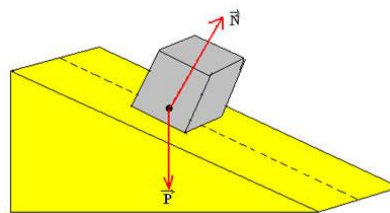
É a força gravitacional que a terra exerce sobre os corpos que estão próximos a ela, fazendo-os cair (é interessante enfatizar que tudo que é lançado para cima diminui de velocidade pela ação da aceleração da gravidade (peso) que atrai os corpos para a Terra, fazendo-os descer). Como próximo à superfície da Terra os corpos caem com a mesma aceleração \vec{g} , segue que o módulo da força peso atuando num corpo de massa m é dada por $P = mg$, que é a força que atua neste corpo quando ele é abandonado de uma certa altura na ausência de resistência do ar.

- **Força normal (N)**

Quando um corpo está em repouso ou se desloca sobre uma superfície seu movimento não é mais vertical para baixo, isto é, ele não está mais em queda livre. Desta forma conclui-se que a superfície exerce sobre ele uma força que juntamente com a força peso produz ou não o movimento do corpo. Por definição, a componente desta força exercida pela superfície na direção normal à superfície é chamada de força normal. Assim, por exemplo, no caso de um corpo que se encontra em repouso sobre uma superfície plana, o módulo da força normal deve ser igual ao módulo da força peso. Quando a superfície é inclinada e o corpo está em repouso, o módulo da força normal é igual a componente da força peso na direção da mesma.



Força normal sobre um objeto numa superfície plana



Força normal sobre um objeto numa superfície inclinada

- **Forças de atrito estático e cinético (f_e ou f_c)**

Quando tentamos puxar ou empurrar um objeto que se encontra apoiado sobre uma superfície, percebe-se uma maior dificuldade para colocá-lo em movimento e uma menor dificuldade para mantê-lo em movimento. Estas dificuldades se explicam pela existência de uma força entre o objeto e a superfície, cuja componente tangencial é chamada de **força de atrito**. Assim, a força de atrito atua paralelamente à superfície e no sentido oposto ao movimento (atrito cinético) ou a tentativa de movimento (atrito estático).

- **Coeficientes de atrito estático e cinético (μ_e ou μ_c)**

Por definição, os coeficientes de atrito estático (μ_e) e cinético (μ_c) são dados pela razão entre o módulo da força de atrito estático ou cinético atuando num corpo, respectivamente, e o módulo da força normal atuando também no corpo. Desta forma, estes coeficientes relacionam a dificuldade de se mover ou se tentar mover um objeto apoiado em outro (força de atrito), com a intensidade da interação entre os objetos em contato (força normal). Como se observa, estes coeficientes resultam num valor numérico adimensional que caracteriza a dificuldade de um corpo se deslocar sobre o outro, que se deve as características físicas das superfícies dos corpos em contato. Assim, quanto mais “lisas” forem as superfícies em contato, menor serão as forças de atrito e, em consequência, menor serão os coeficientes de atrito. Pela definição dos coeficientes de atrito e pelas características das forças de atrito, segue que $\mu_e > \mu_c$.

- **Braço de alavanca de uma força (r)**

Por definição, o braço de alavanca r de uma força em relação a um ponto é a distância deste ponto a reta que tem a mesma direção da força e que passa pelo ponto onde a força é aplicada.

- **Torque (M)**

É a grandeza física associada a capacidade de uma força rodar um corpo, sendo também chamado de momento de uma força. Por definição, se uma força \vec{F} atua num corpo, o vetor torque ou momento \vec{M}_F em relação a um ponto O é dado pelo produto vetorial desta força pelo vetor posição d que é a distância do ponto de aplicação da força ao ponto O, isto é, pela relação:

$$\vec{M}_F = \vec{F} \cdot d$$

No caso de O ser um ponto do eixo em torno do qual um objeto pode girar, temos que quanto mais distante de O a força for aplicada, maior será o torque (e a capacidade de se girar o objeto) e quanto maior for a intensidade da força maior também será o torque (e a capacidade de se girar o objeto).

É possível se mostrar que o módulo do torque \vec{M}_F de uma força \vec{F} em relação a um ponto O pode ser obtido simplesmente multiplicando-se o módulo da força pelo seu braço de alavanca r , isto é:

$$\vec{M}_F = \vec{F} \cdot r$$



Quando um corpo gira em torno de um eixo, os torques da força serão necessariamente na direção deste eixo sendo que os sentidos dos torques que tendem a fazer o corpo girar num sentido iguais. Este fato nos permite escrever facilmente na forma escalar equações que envolvem o vetor torque.

- **Equilíbrio de corpos rígidos**

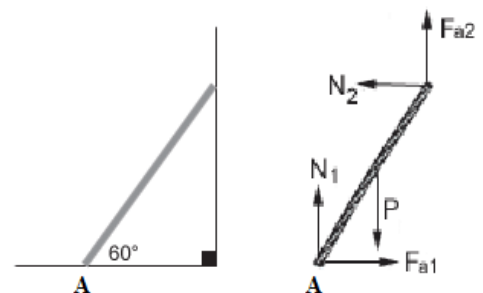
Para que um corpo rígido (formado de partículas cujas distancias entre si é constante) esteja em equilíbrio estático em relação a um referencial inercial é necessário que suas partículas estejam em repouso em relação a este referencial. Para isto são necessárias e suficientes que as seguintes condições sejam satisfeitas:

- ✓ A soma das forças externas que atuam no corpo sejam nulas, isto é, $\sum \vec{F} = 0$;
- ✓ A soma dos torques externos que atuam sobre o corpo sejam nulos, isto é, $\sum \vec{M} = 0$.

Como exemplo, vamos considerar a escada em equilíbrio apoiada na parede mostrada na figura ao lado. Neste caso, a condição de que a soma das forças externas seja nula nos fornece a seguintes relações:

$$N_1 + F_{a2} = P \quad \text{e} \quad F_{a1} = N_2$$

Sendo L o comprimento da escada, a condição que a soma dos torques externos seja nula nos permite obter, em relação ao ponto A situado no pé da escada, que:



$$M_P = M_{N_2} + M_{f_{a2}}$$

$$P \frac{L}{2} \cos 60^\circ = L N_2 \sin 60^\circ + L F_{a2} \cos 60^\circ$$

$$\frac{P}{2} \cos 60^\circ = N_2 \sin 60^\circ + F_{a2} \cos 60^\circ$$

$$\frac{P}{2} = N_2 \operatorname{tg} 60^\circ + F_{a2}$$

Como se observa, com as três equações acima mais as relações entre as forças de atrito e as respectivas normais nas duas extremidades da escada nos permite determinar as forças atuando na escada.

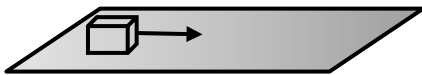
DESENVOLVIMENTO DA DINÂMICA NA AULA

PRIMEIRO MOMENTO: QUESTIONÁRIO INTUITIVO

Questões sugeridas

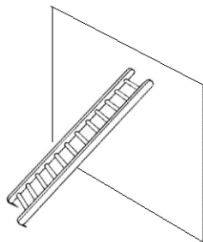
Respostas

1. Ao se lançar um objeto sobre uma superfície plana, qual será o tipo de movimento e que fatores influenciam nele?



O objeto descreve um movimento desacelerado. Quanto maior a velocidade de lançamento, maior a distância percorrida pelo objeto. Durante o movimento atua no objeto apenas a força de atrito, sendo que quanto menor o coeficiente de atrito (mais lisa for a superfície), maior será a distância percorrida por ele.

2. Quando se apoia uma escada numa parede, que fatores influenciam no seu equilíbrio?

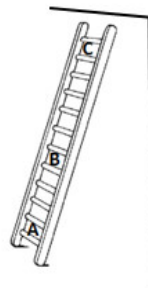


Os coeficientes de atrito da escada com a parede e o solo (quanto maior eles forem, menor a chance da escada escorregar) e o ângulo de inclinação da escada (quanto maior o ângulo, maior a força normal atuando no pé da escada e, assim, maior a força de atrito atuando sobre o pé da escada, o que deixa a escada mais estável).

3. A medida que se sobe numa escada apoiada na parede, a escada fica mais ou menos propensa a escorregar? Por que?

Mais, pois o peso da pessoa passa a “influenciar” mais a parte da escada em contato com a parede e menos em contato com o chão.

4. Quando uma pessoa sobe numa escada como mostrada na figura ao lado, sabemos de nossa experiência cotidiana que ela pode fazer com que a escada escorregue nas superfícies em contato com suas extremidades, produzindo um giro como resultado. As questões abaixo se referem a situação mostrada na figura ao lado.



- a) quais as forças que impedem a escada de escorregar ou girar?

As forças de atrito estático exercidas pela parede e pelo solo nas extremidades da escada.

- b) se uma pessoa subir na escada e esta escorregar, em quais dos pontos mostrados na figura seria mais provável ocorrer este fato?

No ponto C.

b) Se antes da pessoa subir na escada a superfície em contato com o pé da escada for deixada mais lisa *Menos*. (menor coeficiente de atrito estático), a pessoa conseguiria se aproximar mais ou menos da parede que no caso anterior, antes da escada começar a escorregar?

SEGUNDO MOMENTO: EXIBIÇÃO DO VÍDEO “FORÇA, ATRITO E EQUILÍBRIO - SUBINDO NA ESCADA”

Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=hnciEyzgJsY&t=4s>

Duração: 03:50

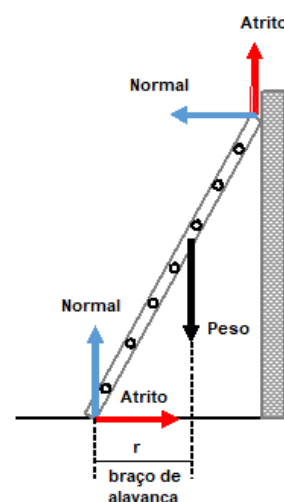
Antes da exibição do vídeo, pedir ao aluno que registrem os termos ou conceitos que aparecem durante sua exibição e, ao término, enumerar juntamente com eles aqueles que conseguiram anotar para futura discussão.

TERCEIRO MOMENTO: EXPLICAÇÃO DO FENÔMENO

• Forças e torques atuando numa escada inclinada

Quando uma escada de massa desprezível está apoiada em duas superfícies perpendiculares, como mostrado ao lado, atuam na escada duas forças de atrito (mostradas em vermelho) e duas forças normais (mostradas em azul). A medida que uma pessoa vai subindo na escada o torque produzido pelo seu peso (mostradas em preto) no sentido horário aumenta, quando medido em relação ao ponto O no qual a escada se apoia no solo, visto que o braço de alavanca r do peso da pessoa aumenta. Como as forças atuando no solo não produzem torque, este aumento do torque da pessoa ao subir na escada deve ser compensado por um aumento do torque no sentido anti-horário, para que a escada fique em equilíbrio. Isso se deve ao torque da força de atrito estático na parede e ao torque da normal na parede. Como os braços de alavanca destas forças não variam, segue que este aumento do torque do peso se deve a um aumento da intensidade da força normal da parede e, possivelmente, da força de atrito também na parede.

Em consequência, a força normal no pé da escada tende a diminuir e, para que a escada não escorregue, a força de atrito estático atuando nesse ponto deve aumentar para impedir que a escada se desloque nas direções vertical e horizontal. Ocorre, no entanto, que essas duas forças estão relacionadas, sendo que a diminuição da força normal produz uma diminuição da força de atrito estático máximo entre o solo e o pé da escada que, quando ultrapassado, faz com que a escada deslize.



QUARTO MOMENTO: REEXIBIÇÃO DO VÍDEO “FORÇA, ATRITO E EQUILÍBRIO - SUBINDO NA ESCADA”

Análise de algumas situações no vídeo

- Instante 01:07 – Explicação científica do porque a escada escorrega quanto mais inclinada for.
- Instante 02:00 – Qual a causa principal da escada cair?
- Instante 02:38 – O que causou a queda da escada neste momento?

QUINTO MOMENTO: QUESTIONÁRIO APLICANDO O PRINCÍPIO CIENTÍFICO

Questões sugeridas

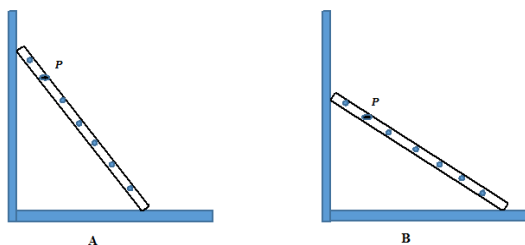
1. Nas escadas A e B mostradas na figura ao lado, nos pontos P se encontram duas pessoas de mesma massa e à mesma distância, medida em relação ao pé da escada.

a) desenhe em cada caso a força que cada pessoa exerce na escada e seu braço de alavanca em relação ao pé da escada.

b) sendo os coeficientes de atrito entre a escada e as superfícies iguais em ambos os casos, explicar em qual caso a escada terá maior chance de escorregar?

2. Desenhe os vetores forças \vec{N} (normal), \vec{F}_{at} (força de atrito) e \vec{P} (peso) que atuam na escada da figura, considerando que ela esteja em equilíbrio estático.

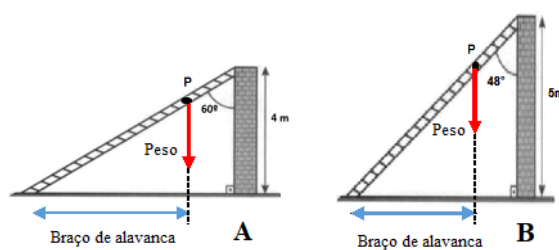
3. Nas escadas da figura ao lado, considere que uma pessoa se encontre no ponto P.



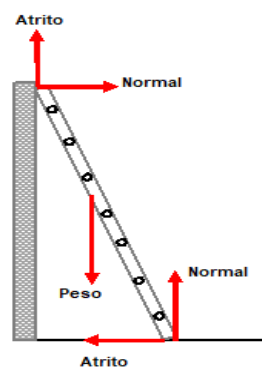
a) qual delas tende a apresentar uma maior força de atrito entre o solo e os pés?

b) não mudando a posição da escada, o que deveria mudar para que a escada B não deslize?

Respostas



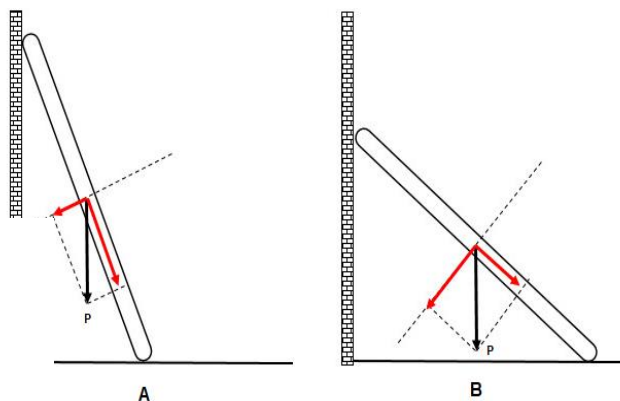
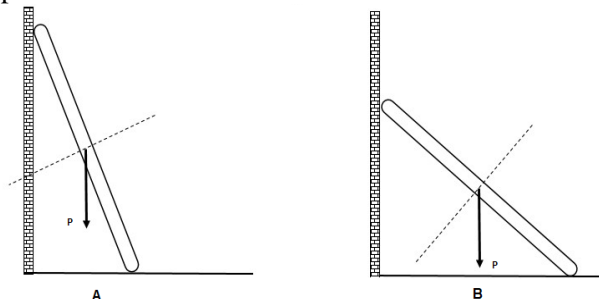
b) Como se observa na figura, quando ambas as pessoas estão no ponto P o braço de alavanca na escada menos inclinada é maior que na escada mais inclinada, enquanto que o braço de alavanca da normal na parede, que dá um torque oposto ao torque do peso, é menor na escada menos inclinada que na escada mais inclinada. Desta forma, a força normal exercida pela parede é maior no caso da escada mais inclinada que na escada menos inclinada. Segue então que a força de atrito no pé da escada menos inclinada será mais solicitada que a força de atrito no pé da outra escada. Assim, quando a escada estiver menos inclinada ela estará mais propensa a escorregar.



a) a escada A por estar menos inclinada

b) o coeficiente de atrito entre o solo e o pé da escada

4. Nas escadas abaixo, temos a indicação das forças peso que se situa no meio das escadas A e B com suas respectivas inclinações. Esta força pode ser decomposta em duas outras forças, uma na direção da própria escada e outra na direção perpendicular a ela, conforme mostra a linha pontilhada. Desenhe os vetores da decomposição da força peso, nas direções paralela e normal a escada.



5. A partir desse desenho é possível compreender fisicamente porque uma escada mais inclinada desliza mais facilmente.

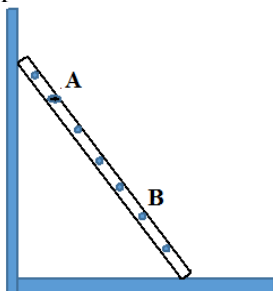
a) O que pode ser observado em relação ao tamanho do vetor projetado nas escadas?

b) Que conclusão em termos de forças podemos ter quanto ao fato da escada escorregar quanto menos inclinada for?

a) A escada mais inclinada (A) apresenta um vetor decomposto maior do que a escada menos inclinada (B).

b) Na escada menos inclinada (B), a componente da força peso no sentido de seu pé de apoio é menor que na escada mais inclinada (A), conseqüentemente a força normal também será menor, diminuindo assim a força de atrito estático, deixando-a mais propensa a deslizar.

6. Seja uma pessoa que sobe numa escada conforme mostra a figura abaixo. Durante o trajeto de A para B algumas forças aumentam ou diminuem. Relacione as colunas entre estas forças com o efeito causado por elas durante o deslocamento da pessoa.



(B) aumenta subindo a escada

(A) diminui subindo a escada

(C) permanece o constante

(D) coeficiente de atrito estático

(A) atrito entre pé da escada e o solo

(B) atrito entre a escada e a parede

(D) é maior quando a pessoa se encontra na posição B

(C) peso da pessoa

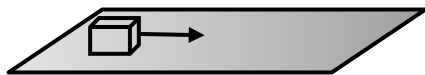
ANEXOS

FORMULARIOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ALUNO

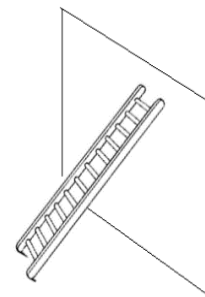
Força, atrito e equilíbrio – Subindo na escada.

Vivendo com a física
Força, atrito e equilíbrio – Subindo na escada
(Questionário intuitivo)

1. Ao se lançar um objeto sobre uma superfície plana, qual será o tipo de movimento e que fatores influenciam nele?

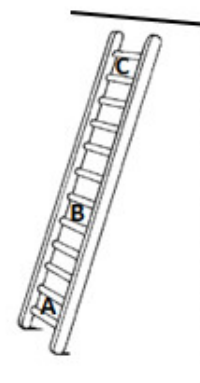


2. Quando se apoia uma escada numa parede, que fatores influenciam no seu equilíbrio?



3. A medida que uma pessoa sobe numa escada apoiada numa parede a escada fica mais ou menos propensa a escorregar? Por que?

4. Quando uma pessoa sobe numa escada como mostrada na figura ao lado, sabemos de nossa experiência cotidiana que ela pode fazer com que a escada escorregue nas superfícies em contato com suas extremidades, produzindo certo giro como resultado. As questões abaixo se referem a situação mostrada na figura ao lado.



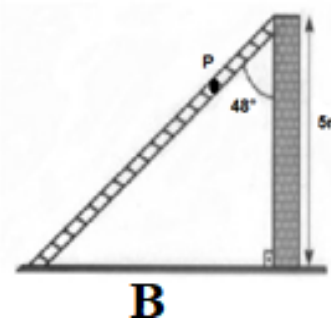
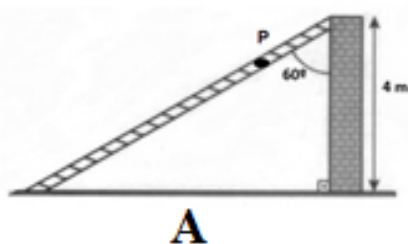
- a) Quais as forças que impedem a escada de escorregar ou girar?

- b) Se uma pessoa subir na escada e esta escorregar, em quais dos pontos mostrados na figura seria mais provável ocorrer este fato?

- c) Se antes da pessoa subir na escada a superfície em contato com o pé da escada for deixada mais lisa (menor coeficiente de atrito estático), a pessoa conseguiria se aproximar mais ou menos da parede que no caso anterior, antes da escada começar a escorregar?

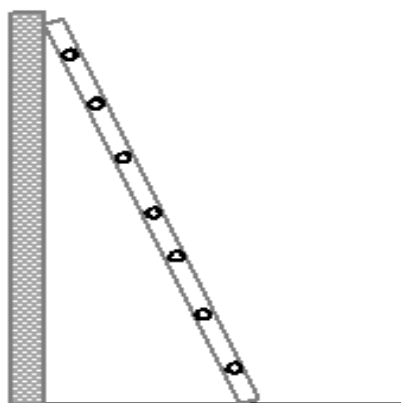
Vivendo com a física
Força, atrito e equilíbrio – Subindo na escada
(Questionário aplicando o princípio científico)

1. Nas escadas mostradas nas figuras abaixo, nos pontos P se encontram duas pessoas de mesma massa a mesma distância, medida em relação ao pé da escada.
 (a) desenhe em cada caso a força que cada pessoa exerce na escada e seu braço de alavanca em relação ao pé da escada.

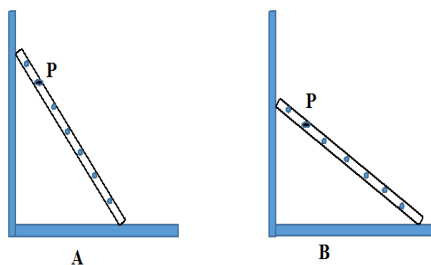


- (b) sendo os coeficientes de atrito entre a escada e as superfícies iguais em ambos os casos, explicar em qual caso a escada terá maior chance de escorregar?
-
-

2. Desenhe os vetores força N (normal), F_{at} (força de atrito) e P (peso) que atuam na escada da figura, considerando que ela esteja em equilíbrio estático.



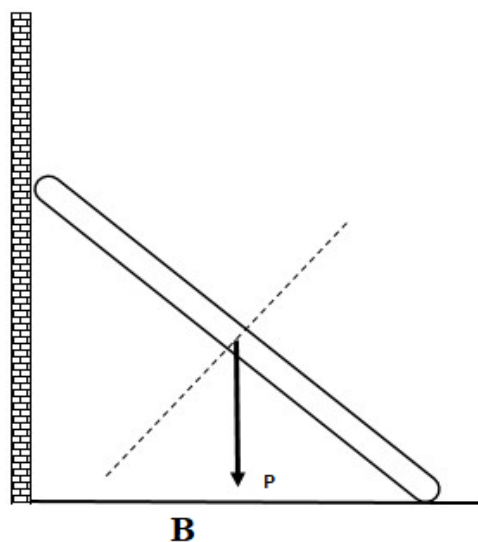
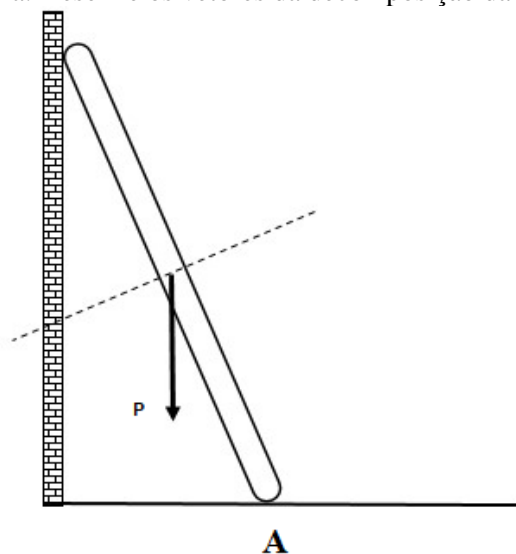
3. Nas escadas da figura ao abaixo, considere que uma pessoa se encontre no ponto P. A distância do pé da escada até esse ponto são iguais nos dois casos.



- a) qual delas tende a apresentar uma maior força de atrito entre o solo e os pés?
-

- b) não mudando a posição da escada, o que deveria mudar para que a escada B não deslize?
-

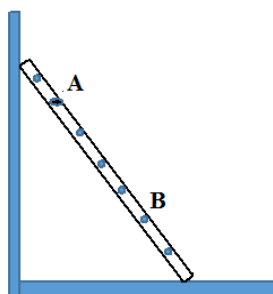
4. Nas escadas A e B abaixo, temos a indicação da força peso que situa no meio da escada. Essa força pode ser decomposta em duas outras forças, uma na direção da própria escada e outra na direção perpendicular a ela. Desenhe os vetores da decomposição da força peso.



- a) O que pode ser observado em relação ao tamanho do vetor projetado na escada?
-

- b) que conclusão em termos de forças, podemos ter quando ao fato da escada escorregar quanto menos inclinada for?
-

5. Considere uma pessoa que sobe numa escada que está em equilíbrio estático conforme a figura, durante o trajeto de B para A algumas forças aumentam ou diminuem. Relacione as colunas dessas forças com o efeito causado durante o deslocamento



- (B) aumenta subindo a escada
 (A) diminui subindo a escada
 (C) permanece o constante
 (D) coeficiente de atrito estático no solo

- () atrito entre pé da escada e o solo
 () atrito entre a escada e a parede
 () É maior quando a pessoa se encontra na posição B
 () peso da pessoa