

Volume 1 • Módulo 2 • Física • Unidade 9

A segunda lei de Newton e a eterna queda da Lua

Andreia Mendonça Saguia, Angelo Longo Filho, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizadas e/ou adaptadas, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Esse material poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 9 – A segunda lei de Newton e a eterna queda da Lua – procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isto, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de maneira a explorar os preceitos básicos da 2ª Lei de Newton. Atividades como o das folhas inseparáveis despertam no aluno o interesse pelo mecanismo atuante no processo, ou seja, as forças. Desta maneira, o professor poderá abordar a existência destas forças desde escalas microscópicas a escalas macroscópicas, como a atuação da gravidade em nosso planeta. Por ser um tema que exige certa abstração, applets e vídeos que ilustrem a atuação destas forças aparecem no sentido de elucidar algumas

questões. No material abaixo, o professor encontrará algumas sugestões que poderão complementar suas aulas com atividades de baixo custo e applets de fácil assimilação. Vale notar que, pela similaridade de conteúdo, as Seções 3 e 4 foram agrupadas.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao lado do professor com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

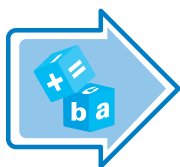
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	1	2	9	4 aulas de 2 tempos

Título da unidade	Tema
A segunda lei de Newton e a eterna queda da Lua	
Objetivos da unidade	
Definir os conceitos básicos relacionados à segunda lei de Newton;	
Aplicar a segunda lei de Newton a problemas simples de Mecânica.	
Descrever o movimento dos planetas em torno do Sol.	
Seções	Páginas
Seção 1 - Forças, massa e aceleração	265
Seção 2 - Massa e Peso	270
Seção 3 - Gravitação	272
Seção 4 - Quem pesou a Terra?	274
Seção 5 - Plano Inclinado	53 a 62

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



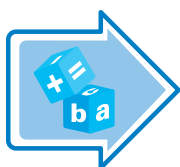
Atividade Inicial

Um experimento de baixo custo onde o interesse dos alunos seja despertado por meio de algo diferente de sua intuição.



Multimídia

Recursos que necessitarão de um projetor e computador, sendo estes constituídos de applets ou vídeos.



Experimento

Atividade experimental com recursos de baixo custo que pode ser realizada pelo professor em sala de aula. Algumas montagens são acompanhadas de imagens e/ou vídeos das mesmas. .



Atividade

Recurso em que o professor poderá interagir com os alunos ou estes interagirem em grupos, tendo uma atividade inicial norteadora.



Consolidação e Avaliação:

Listas de exercícios que consolidam o material do aluno por meio de questões conceituais e objetivas.

Atividade Inicial



O poder da força de atrito

Descrição sucinta: Utilizar uma atividade lúdica para mostrar que, embora a força de atrito faça parte do nosso cotidiano, muitas vezes não percebemos seu poder.

Material necessário: Uma garrafa pet de 600 ml, 1 Kg de arroz cru e um lápis grande.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 15 minutos.

Aspectos operacionais

Este experimento tem como principal objetivo aguçar a curiosidade dos estudantes em torno de um conceito que será trabalhado nesta Unidade: a força de atrito. Mostraremos aos alunos como suspender uma garrafa pesada usando um simples lápis. Com esse experimento, teremos a oportunidade de explorar o poder da força de atrito e mostrar como o estudo da dinâmica pode ser divertido e interessante.

Passos:

- Encha a garrafa pet com arroz cru até a boca. Não balance muito a garrafa; nesse primeiro momento, o arroz deve ficar meio soltinho. Faça um teste enfiando o lápis com a ponta para baixo dentro da garrafa e verifique que ainda não é possível erguê-la.
- Inicie o experimento mostrando aos alunos a garrafa e lançando o desafio de levantá-la colocando o lápis dentro do arroz. Peça para um aluno fazer o teste. Provavelmente, ele falhará.
- Agora, bata de leve com o fundo da garrafa na mesa (ou no chão) de modo a compactar o arroz.
- Empurre o lápis dentro do arroz e tente tirá-lo.
- Repita os dois últimos passos e você perceberá que cada vez será mais difícil tirar o lápis de dentro da garrafa; por fim, o lápis ficará completamente preso ao arroz e a garrafa será erguida.

Aspectos pedagógicos

Provavelmente, o aluno ficará tentado a repetir o experimento e entender a diferença entre as duas situações

apresentadas: primeiro com o arroz soltinho e depois com ele compactado.

É importante deixar claro para os alunos que não há truque ou mágica nesse experimento e que a diferença entre as duas situações apresentadas está na força de atrito. Na 1ª situação, o atrito entre o arroz e o lápis é menor porque existe uma grande quantidade de ar entre os grãos de arroz e, por isso, o contato do arroz com o lápis é menor. Quando o arroz é compactado, o ar é expulso e a interação entre lápis e arroz aumenta, aumentando a força de atrito.

Seção: 1 – Forças, massa e aceleração

Página no material do aluno

256 a 269



Transportando cargas

Descrição sucinta: Consolidar os conceitos sobre a Segunda Lei de Newton e suas implicações, utilizando um recurso multimídia.

Material necessário: Projetor e computador com o software GeoGebra (Fisica_Mod1_Un9_Sec1.html), contido no material anexo do professor.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

A simulação em questão é particularmente útil para ilustrar como uma máquina, neste caso um trator, pode desenvolver diferentes acelerações dependendo da carga que é transportada.

A simulação apresenta um trator que pode imprimir uma força constante de 200 N à sua carga. É possível variar o tamanho da carga e saber qual será a aceleração obtida. Quanto maior a carga, menor a aceleração. Assim fica claro que a aceleração obtida por um corpo, neste caso a carga, sujeito a uma força constante, é inversamente proporcional à sua massa. Pode-se então fazer a ponte entre esta conclusão e a famosa expressão $F = m \cdot a$ ($a = F/m$).

Uma conversa inicial sobre o esforço envolvido em se carregar objetos com diferentes massas ou de arrastar móveis de diferentes materiais (ferro, aço, madeira, mdf, etc.) pode tornar o entendimento mais significativo.

Após esta discussão, a simulação será de fácil entendimento.

- Selecione o tamanho da carga a ser transportada e então clique no botão iniciar. O movimento será realizado.
- Para escolher um tamanho diferente para a carga, deve-se, primeiramente, clicar no botão reiniciar.

Aspectos pedagógicos

Nesta atividade, ficará clara a relação entre massa e aceleração, inferindo desta maneira a relação de proporcionalidade entre elas. Vale ressaltar aos alunos que a aferição de determinadas expressões matemáticas pode ser realizada por meio de mecanismos como o ilustrado no applet acima, onde alteramos uma massa e observamos de que maneira a aceleração será modificada.

Seção: 1 – Forças, massa e aceleração

Página no material do aluno

256 a 269



Construindo um acelerômetro

Descrição sucinta: Construção de um acelerômetro utilizando materiais de fácil manuseio.

Material necessário: Recipiente transparente com tampa, 1 bola de isopor, barbante, cola quente.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 20 minutos.

Aspectos operacionais

Um acelerômetro é um dispositivo utilizado para medição da aceleração. Tal dispositivo está presente em diversos recursos eletrônicos, tais como celulares, tablets e laptops e possuem diversas aplicações nos mesmos. Nesta atividade, o professor construirá um acelerômetro de uma maneira muito simples e, com isso, terá a oportunidade de apresentar a seus alunos uma maneira de visualizar a 2ª Lei de Newton.

A construção do acelerômetro seguirá as seguintes etapas:

1. Amarre um pedaço de barbante em uma bolinha de isopor.
2. Com o uso de uma pistola de cola quente, prenda a extremidade do barbante à tampa do frasco.
3. Encha o frasco com água e feche-o com a utilização da tampa.
4. Ao virar o frasco de cabeça para baixo, tem-se um acelerômetro pronto para ser utilizado.



Fonte: Felipe Mondaini.

Aspectos pedagógicos

Uma maneira interessante de utilizar o acelerômetro é colocá-lo em cima de uma base móvel; desta maneira, ao se aplicar uma força, veremos a bolinha de isopor mover-se no sentido da aplicação da força, o que é contraintuitivo, pois o senso comum nos diz que a bolinha de isopor irá se mover no sentido contrário. Além disso, podemos propor uma caminhada com uma velocidade constante, notando, desta forma, que a bolinha não irá se mover, o que está de acordo com o movimento em que a aceleração é igual a zero.

O número de aplicações é muito vasto, pois qualquer tipo de movimento poderá ser investigado por meio do uso do acelerômetro, proporcionando assim uma visão mais clara do que seja a aceleração e o entendimento da 2ª Lei de Newton.

modificada.

Seção: 1 – Forças, massa e aceleração

Página no material do aluno

256 a 269



Dinamômetro

Descrição sucinta: Consolidar os conceitos sobre a Segunda Lei de Newton e suas implicações, utilizando um dinamômetro.

Material necessário: Mola (espiral de caderno), fita métrica, sacola plástica, seringa de 20cc (20ml).

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

Apresentando a famosa balança de peixeiro, podemos desenvolver uma espécie de dinamômetro usando uma espiral de caderno. Com este projeto, o professor poderá estabelecer uma relação íntima entre a massa e a força peso exercida sobre os objetos, e mais tarde poder usá-lo no estudo da Lei de Hooke.

Na sequência, apresentamos o passo a passo para a construção do experimento.

1. Fixe, em um suporte ou na mesa escolar, uma das extremidades da espiral de caderno.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

2. Prenda a sacola plástica na outra extremidade da mola (a extremidade pendente).



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

3. Acrescente 20ml de água (uma seringa de 20 cc ou 20ml). Teremos aproximadamente 0,2N de força sobre a mola.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

4. Gradue sua mola em função da extensão obtida com o aumento gradativo da massa de água dentro da sacola plástica.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

5. Estabelecendo uma escala até pelo menos 1 a 2N, determine a aceleração da gravidade da região.

Aspectos pedagógicos

A priori, o projeto parece simples e de fácil execução, porém os alunos podem não ter paciência em calibrar lentamente o dinamômetro. Vale o professor evidenciar que a melhor precisão da escala do dinamômetro ocorre quando acrescentamos lentamente 20ml de água no saco plástico.

Não exagere na graduação, pois a espiral de caderno pode não suportar valores de massa excessiva. Outro ponto importante é marcar frações da força, a fim de uma melhor precisão.

Seção: 1 – Forças, massa e aceleração

Página no material do aluno

256 a 269



As folhas inseparáveis

Descrição sucinta: Fazendo uso de apenas duas listas telefônicas, o conceito de força de atrito desafia nossa intuição e propõe um divertido passatempo entre os alunos.

Material necessário: Duas listas telefônicas

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

Utilizando duas listas telefônicas com suas folhas intercaladas, testaremos o poder da força de atrito, necessitando da participação dos alunos que, ao se envolverem com a atividade, serão estimulados a conhecer melhor o motivo pelo qual isto ocorre.

- As listas telefônicas a serem utilizadas devem ser preferencialmente de um mesmo formato, pois irá facilitar a boa condução da atividade.
- O processo de intercalação das folhas deve ser feito na frente dos alunos para demonstrar que não há nenhuma cola entre as folhas.
- A intercalação poderá ser feita folha a folha ou, de um modo mais rápido, sem um cuidado, a princípio, na pro-

porção de folhas intercaladas; porém, quanto mais cuidadosa for a intercalação, melhor será o resultado final.

- Peça, ao final, que dois alunos segurem as listas telefônicas em suas brochuras e façam força no sentido de separá-las.
- Dado o insucesso dos alunos, o professor poderá então sugerir que mais alunos tentem separar as listas.



Fonte: Felipe Mondaini.

Aspectos pedagógicos

A experiência desperta nos alunos uma interessante reação, pois muitos irão se aventurar a separar as listas por não acreditarem na impossibilidade do feito.

O professor, após as tentativas frustradas dos alunos, poderá lhes afirmar que a força necessária para separar as listas não seria obtida nem mesmo se todos os alunos estivessem envolvidos na atividade. O motivo para a dificuldade em separar as listas é atribuído ao fato de que o atrito será entre cada uma das folhas, sendo seu valor diferente para cada folha, porém um valor médio desta força de atrito deverá ser multiplicado pelo número de folhas envolvidas, o que resultará em um valor bem alto. Além disso, a força com a qual seguramos a brochura das listas aumenta o valor da força normal a ser considerada neste problema e, com isto, aumentando a força de atrito envolvida.



Enganando a balança - peso aparente e aceleração

Descrição sucinta: Verificar a diferença entre o peso real de um objeto e o seu peso aparentemente maior ou menor devido à aceleração.

Material necessário: Uma balança digital pequena (como aquela usada na cozinha) e um objeto que possa ser pesado nesta balança.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 20 minutos.

Aspectos operacionais

Neste experimento, utilizaremos uma pequena balança para discutir com os alunos a relação entre os conceitos de massa, peso e força normal. Impelindo uma aceleração vertical à balança, mostraremos a diferença entre o peso real de um objeto e o seu peso aparentemente maior ou menor devido a esta aceleração.

Para motivar a participação da turma, podemos começar a atividade perguntando aos alunos se eles saberiam explicar o porquê daquela incomoda sensação de peso maior e menor que temos ao andar de elevador (principalmente, em elevadores mais antigos). Após algum debate, propomos a realização do experimento.

Passos:

- Inicialmente, deixe a balança parada sobre a mesa e pese um pequeno objeto (uma borracha, por exemplo).
- Num segundo momento, segure a balança e estimule no conjunto balança + objeto uma aceleração vertical, erguendo e abaixando a balança subitamente.
- Acompanhando a medida da massa do objeto no sobe e desce da balança, perceberemos que, no movimento de subida, a massa do objeto aumenta, enquanto na descida, ela diminui.
- O experimento deve ser repetido pelos alunos divididos em pequenos grupos, para que todos possam observar a marcação na balança durante o movimento.

Aspectos pedagógicos

Em geral, os alunos têm dificuldade em compreender a relação entre massa, peso e aceleração. Esse ponto deve ser revisado após o experimento para que qualquer dúvida que reste seja dissipada.

Para fixar os conceitos, é importante chamar a atenção dos alunos para alguns pontos. Por exemplo, é sempre bom ressaltar que peso (P) é a força que a Terra exerce sobre os corpos que possuem massa e que massa é uma propriedade intrínseca da matéria. Essas duas grandezas permanecem constantes em todas as etapas do experimento. No entanto, a balança registra a massa do objeto através da força de reação normal da balança sobre o objeto, e essa força normal (N) depende da aceleração vertical (a) da balança. Na 1ª situação (balança parada), a força normal é igual ao peso do objeto e a balança fornece a massa (m) correta desse objeto. Quando o objeto é acelerado para cima, a Segunda Lei de Newton nos diz que a força normal é maior que o seu peso real ($N - P = m \cdot a$) e, por isso, a balança registra uma massa maior que a massa real m . No movimento acelerado para baixo, temos N menor que P ($P - N = m \cdot a$), e a balança registra uma massa menor que m .

Seções: 3 – Gravitação 4 – Quem pesou a Terra?

Página no material do aluno

272 a 274



A ação da gravidade

Descrição sucinta: Ilustrar de forma qualitativa a dependência da força gravitacional com a distância, utilizando um recurso multimídia.

Material necessário: Projetor e computador com o software Algodoo

(Fisica_Mod1_Un9_Sec3.phz), presente no material anexo do professor.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 20 minutos.

Aspectos operacionais

Este objeto de aprendizagem apresenta um modelo com um corpo celeste, que pode ser o nosso planeta Terra. Objetos celestes menores (meteoritos, por exemplo) estão se movendo na vizinhança da Terra. A distância entre cada um deles e a Terra é diferente, de modo que a força sofrida por cada um deles não será a mesma. Ao iniciar a simulação, os objetos apresentarão diferentes deflexões em suas trajetórias, sendo os mais defletidos aqueles que apresentam menor distância com relação à Terra.

Desta forma, pode-se explorar o fato de que a força gravitacional é proporcional ao inverso da distância.

Aspectos pedagógicos

Este applet, dada a simplicidade do mesmo, poderá ser explorado à exaustão pelos alunos, cabendo ao professor comentários extras, como a trajetória de meteoros, de planetas, galáxias.

**Seções: 3 – Gravitação
4 – Quem pesou a Terra?**

Página no material do aluno

272 a 274



Laboratório de Força Gravitacional

Descrição sucinta: Ilustrar de forma qualitativa a dependência da força gravitacional com a distância, utilizando um recurso multimídia.

Material necessário: Applet (gravity-force-lab_pt_BR.jnlp), presente no material anexo do professor.

Fonte: Simulações Interativas PhET

Universidade do Colorado

<http://phet.colorado.edu>

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 20 minutos.

Aspectos operacionais

A atividade propõe visualizar a interação gravitacional entre dois corpos diferentes, permitindo verificar como a força gravitacional varia de acordo com as massas desses corpos e a distância entre eles.

Este recurso apresenta dois objetos cujas massas e distância entre eles podem ser variadas, mostrando a força gravitacional que cada um dos corpos exerce sobre o outro. Primeiramente, é possível observar que a força gravitacional atua aos pares, exemplificando assim a Terceira Lei de Newton. Você pode questionar os alunos: O que deve acontecer com a força gravitacional, se variarmos a massa de cada um dos objetos? E se variarmos a distância entre eles? Apresentando cada uma das situações com o uso do applet, os alunos poderão ser conduzidos a obter uma equação que relaciona a massa, a distância e a força gravitacional. Por fim, use as medidas obtidas para determinar o valor da constante gravitacional universal.

Aspectos pedagógicos

O professor poderá conduzir a atividade de maneira que os alunos observem a interação de corpos celestes, criando assim uma oportunidade de abordar temas como o das marés. O número de aplicações é grande, cabendo ao professor a melhor forma de conduzir a atividade de acordo com a resposta dos alunos.

Seções: 3 – Gravitação
4 – Quem pesou a Terra?

Página no material do aluno

272 a 274



Desafiando a Gravidade

Descrição sucinta: Provocar os alunos a desafiarem a força da gravidade: deitarem-se em decúbito dorsal sem encostar as costas no chão. Demonstrar o equilíbrio entre a força de contato e a força gravitacional.

Material necessário: Quatro cadeiras simples (não pode ser a universitária).

Divisão da turma: Turma dividida em grupos de 8 alunos cada

Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

Nesta atividade, propomos um desafio que envolve habilidade e equilíbrio. Nesta prática, os alunos irão se dispor em grupos de 8 componentes e 4 cadeiras sem braço (não podemos usar cadeiras universitárias). Pretendemos propor um equilíbrio entre a posição de decúbito dorsal e a ação da força gravitacional.

Passos:

1. Posicione 4 cadeiras na seguinte arrumação:



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

2. Posicione 4 alunos sentados com o lado direito do dorso (braço direito) voltado para o apoio da cadeira.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

3. Solicite que, um a um, repouse a cabeça sobre as pernas do outro, formando um quadrado. Note que os pés de cada aluno estão apoiados sobre o chão, mantendo um ângulo reto entre a parte posterior da coxa e a panturrilha.

4. Com todos os alunos posicionados e já devidamente apoiados, peça que o conjunto exerça uma força ligeiramente oposta ao apoio das costas.

5. Solicite que os outros 4 alunos do grupo retirem as cadeiras sob os alunos em decúbito dorsal e perceba o equilíbrio do conjunto.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

Aspectos pedagógicos

O grupo pode hesitar, achando que o conjunto entrará em colapso, temendo a queda com as costas ao chão. Estimule os alunos a manterem o equilíbrio, contrabalançando a força gravitacional com a força de reação de contato exercida pelas pernas (pilares) do sistema.

É de suma importância manter o sistema em equilíbrio e, para tal, a manutenção do ângulo reto feito pelas pernas de cada aluno. Outro fator importante é que o sistema não ficará em equilíbrio por muito tempo, e é fundamental que as cadeiras retornem o mais rápido possível sob o sistema em equilíbrio.

Seção: 5 – Plano Inclinado

Página no material do aluno

274 a 286



Decomposição de forças no plano inclinado

Descrição sucinta: Neste experimento, mostramos qualitativamente a relação entre a componente da força peso na direção do plano inclinado e o ângulo de inclinação da rampa.

Material necessário: Um pedaço de elástico (látex é uma ótima opção), carrinho de brinquedo suficientemente pesado, cadernos para construir uma rampa e fita adesiva.

Divisão da turma: Turma dividida em pequenos grupos.

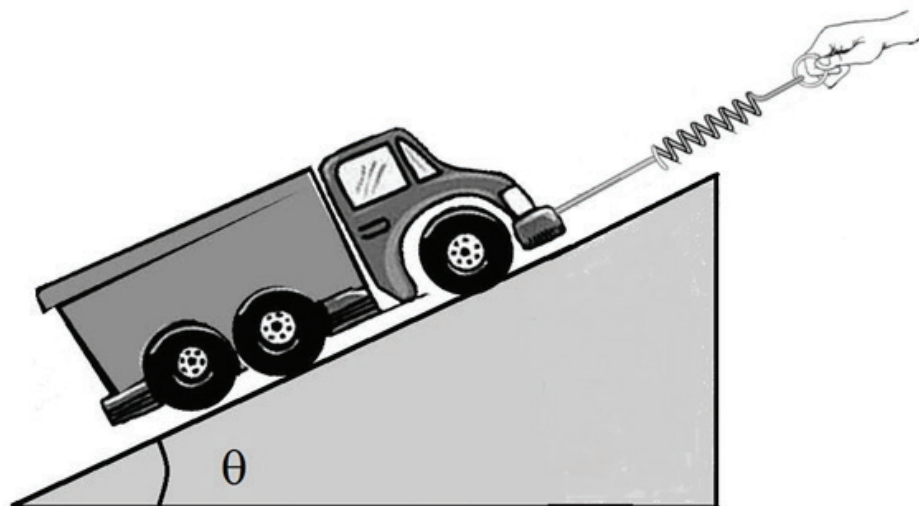
Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

- Cada grupo de alunos deve estar munido de um pedaço de elástico e um carrinho de brinquedo suficientemente pesado.
- Peça aos alunos para construírem uma pequena rampa, de inclinação θ , sobre suas carteiras, utilizando seus livros e cadernos. Inicialmente, θ deve ser pequeno.
- Peça a eles também para amarrar o elástico no carrinho (eles devem usar a fita adesiva, se não houver outro jeito).
- Agora o carrinho deve ser mantido parado sobre a rampa. Um dos componentes do grupo deve segurar a extremidade livre do elástico mantendo este paralelo ao plano (veja figura esquemática abaixo).

- Os alunos devem ser instruídos a aumentar o ângulo θ de inclinação da rampa até 90° e observar como o elástico estica mais e mais, indicando a presença de uma força cada vez maior.

Figura esquemática:



Aspectos pedagógicos

Em geral, os alunos têm muita dificuldade em compreender as funções trigonométricas e ainda mais de decompor grandezas físicas utilizando essas funções. A discussão qualitativa apresentada neste experimento serve de base para um melhor entendimento do tema.

Para que os alunos possam compreender como a força está relacionada com o ângulo de inclinação da rampa, pode-se apresentar um exemplo no quadro negro, mostrando diagramaticamente as forças que atuam num determinado objeto colocado sobre este plano. Explique, então, que a função seno é uma função que varia de zero ($\theta = 0^\circ$) até um ($\theta = 90^\circ$). Relacione a componente da força peso ao longo do plano (F_x) com o ângulo θ e mostre que ao aumentar θ , aumentamos F_x .

Esse experimento pode ser explorado também do ponto de vista quantitativo. Neste caso, os alunos vão, necessariamente, precisar do dinamômetro para medir F_x , de uma balança para determinar o peso do carrinho, de um transferidor para medir θ e de uma calculadora científica para determinar $\sin(\theta)$. Com esse material extra, eles serão capazes de mostrar que $F_x = P \cdot \sin(\theta)$.

Seção: 5 – Plano Inclinado

Página no material do aluno

274 a 286



Rampa de Atrito

Descrição sucinta: Por meio desse experimento, o aluno poderá observar os componentes atuantes no movimento em um plano inclinado, utilizando materiais de simples aquisição.

Material necessário: 2 tampinhas de refrigerante, 1 lixa, fita adesiva, 2 retângulos de papelão rígido.

Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.

Tempo estimado: 30 minutos.

Aspectos operacionais

A força de atrito é uma força de resistência à tendência de movimento de um objeto. Porém como estudá-la de uma maneira que os alunos possam visualizá-la mesmo quando o objeto está parado? Na experiência do plano inclinado, esta pergunta é esclarecida pela simples observação, por parte dos alunos, de que um objeto, mesmo sob ação de uma força peso que o conduz a descer, não realiza tal movimento devido à presença da força de atrito.

- Nesta experiência, o primeiro procedimento a ser adotado é unir uma das extremidades dos retângulos de papelão, permitindo desta maneira uma abertura do sistema agora formado sob um ângulo de escolha do professor.
- O próximo passo é cortar um pedaço da lixa de um tamanho tal que possa ser colada na base de uma das tampinhas de refrigerante.
- Na sequência, coloque as duas tampinhas no alto da rampa e inicie a demonstração com uma pequena inclinação para, então, aumentá-la gradativamente, observando o que ocorre com as duas tampinhas.

Aspectos pedagógicos

A força de atrito costuma ser melhor aceita pelos alunos na situação em que os corpos estão em movimento, porém os mesmos possuem dificuldades em visualizá-la quando o objeto está sujeito a uma força, mas mantém-se parado. Em um plano horizontal, a necessidade de uma força sendo aplicada na horizontal insuficiente para superar a força de atrito é substituída pela ação do peso no plano inclinado e, desta maneira, de fácil entendimento. O fato de a tampinha com a lixa colada em sua base demorar mais a descer ilustra o importante papel da força de atrito, assim como o ângulo de inclinação da rampa.

O professor poderá, se for de seu interesse, mensurar os objetos envolvidos no problema em questão para que informações a respeito da força de atrito possam ser extraídas. Ficará a critério do professor aprofundar-se ou não na demonstração da dependência com a força de atrito e a inclinação da rampa por meio das leis de Newton.

O vídeo (planoinclinado.wmv), disponível no material anexo do professor, apresenta outras ideias e abordagens para o uso do plano inclinado em sala de aula.

Avaliação



Segunda Lei de Newton

Descrição sucinta: A lista de exercícios a seguir aborda o tema "Segunda Lei de Newton". Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.

Material necessário: Lápis e papel

Divisão da turma: Atividade Individual

Tempo estimado: 1 aula.

Aspectos operacionais

Para o momento da avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 9. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade.
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios: Segunda Lei de Newton

1. (G1 - UTFPR 2012) Associe a Coluna I (Afirmação) com a Coluna II (Lei Física).

Coluna I – Afirmação

1. Quando um garoto joga um carrinho, para que ele se desloque pelo chão, faz com que este adquira uma aceleração.
2. Uma pessoa tropeça e cai batendo no chão. A pessoa se machuca porque o chão bate na pessoa.
3. Um garoto está andando com um skate, quando o skate bate numa pedra, parando. O garoto é, então, lançado para frente.

Coluna II – Lei Física

- () 3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação).
- () 1ª Lei de Newton (Lei da Inércia).
- () 2ª Lei de Newton

A ordem correta das respostas da Coluna II, de cima para baixo, é:

- a) 1, 2 e 3.
- b) 3, 2 e 1.
- c) 1, 3 e 2.
- d) 2, 3 e 1.
- e) 3, 1 e 2.

2. (UFRN 2012) Em tirinhas, é muito comum encontrarmos situações que envolvem conceitos de Física e que, inclusive, têm sua parte cômica relacionada, de alguma forma, com a Física.

Considere a tirinha envolvendo a “Turma da Mônica”, mostrada a seguir.



Copyright ©1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

Supondo que o sistema se encontra em equilíbrio, é correto afirmar que, de acordo com a Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton),

- a) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que os meninos exercem sobre a corda formam um par ação-reação.
- b) a força que a Mônica exerce sobre o chão e a força que a corda faz sobre a Mônica formam um par ação-reação.
- c) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que a corda faz sobre a Mônica formam um par ação-reação.
- d) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que os meninos exercem sobre o chão formam um par ação-reação.

3. (UFPA 2013) Na Amazônia, devido ao seu enorme potencial hídrico, o transporte de grandes cargas é realizado por balsas que são empurradas por rebocadores potentes. Suponha que se quer transportar duas balsas carregadas, uma maior de massa M e outra menor de massa m ($m < M$), que devem ser empurradas juntas por um mesmo rebocador, e considere a figura abaixo que mostra duas configurações (A e B) possíveis para este transporte. Na configuração A, o rebocador exerce sobre a balsa uma força de intensidade F_a , e a intensidade das forças exercidas mutuamente entre as balsas é f_a . Analogamente, na configuração B, o rebocador exerce sobre a balsa uma força de intensidade F_b , e a intensidade das forças exercidas mutuamente entre as balsas é f_b .

Configuração A



Interbits®

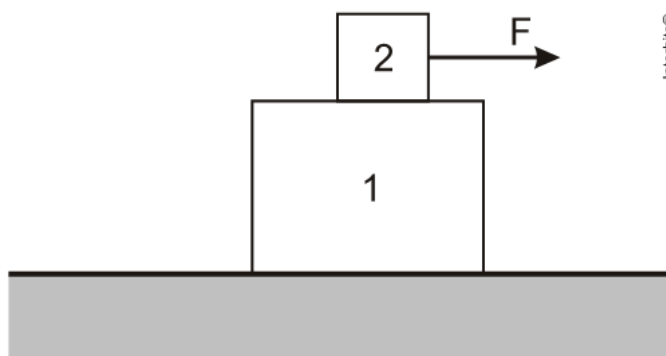
Configuração B



Considerando uma aceleração constante impressa pelo rebocador e desconsiderando quaisquer outras forças, é correto afirmar que

- a) $F_A = F_B$ e $f_a = f_b$
- b) $F_A > F_B$ e $f_a = f_b$
- c) $F_A < F_B$ e $f_a > f_b$
- d) $F_A = F_B$ e $f_a < f_b$
- e) $F_A = F_B$ e $f_a > f_b$

4. (PUCRJ 2013) Sobre uma superfície sem atrito, há um bloco de massa $m_1 = 4,0$ kg sobre o qual está apoiado um bloco menor de massa $m_2 = 1,0$ kg. Uma corda puxa o bloco menor com uma força horizontal F de módulo 10 N, como mostrado na figura abaixo, e observa-se que nesta situação os dois blocos movem-se juntos.



Interbits®

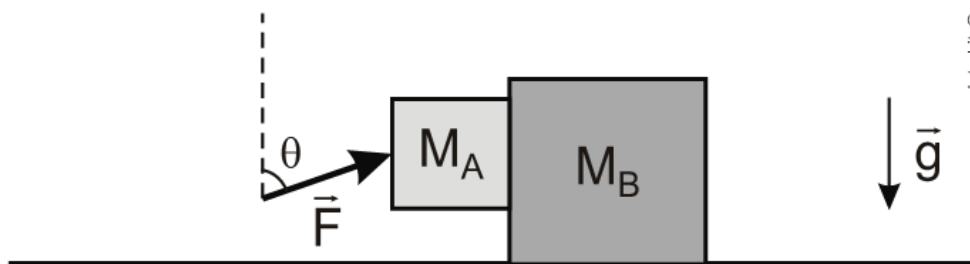
A força de atrito existente entre as superfícies dos blocos vale em Newtons:

- a) 10
- b) 2,0
- c) 40
- d) 13
- e) 8,0

5. (UFTM 2012) Analisando as Leis de Newton, pode-se concluir corretamente que:

- a) O movimento retilíneo e uniforme é consequência da aplicação de uma força constante sobre o corpo que se move.
- b) A lei da inércia prevê a existência de referenciais inerciais absolutos, em repouso, como é o caso do centro de nossa galáxia.
- c) Para toda ação existe uma reação correspondente, sendo exemplo dessa circunstância a força normal, que é reação à força peso sobre objetos apoiados em superfícies planas.
- d) Se um corpo é dotado de aceleração, esta certamente é consequência da ação de uma força ou de um conjunto de forças de resultante diferente de zero, agindo sobre o corpo.
- e) A força centrífuga é uma força que surge em decorrência da lei da inércia sobre corpos que obedecem a um movimento circular e que têm como reação a força centrípeta.

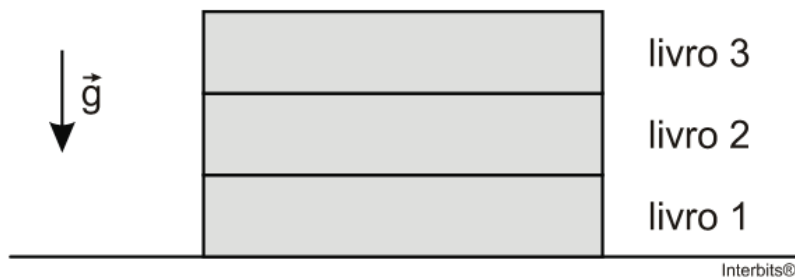
6. (UFPE 2013) A figura a seguir ilustra dois blocos A e B de massas m_A e m_B . Não existe atrito entre o bloco B e a superfície horizontal, mas há atrito entre os blocos. Os blocos se movem com aceleração de $2,0 \text{ m/s}^2$ ao longo da horizontal, sem que haja deslizamento relativo entre eles. Se F é qual o módulo, em newtons, da força aplicada no bloco A?



7. (ESPCEX (AMAN) 2012) Um corpo de massa igual a m é submetido à ação simultânea e exclusiva de duas forças constantes de intensidades iguais a F e F respectivamente. O maior valor possível para a aceleração desse corpo é de:

- a) $10,0 \text{ m/s}^2$
- b) $6,5 \text{ m/s}^2$
- c) $4,0 \text{ m/s}^2$
- d) $3,0 \text{ m/s}^2$
- e) $2,5 \text{ m/s}^2$

8. (UESPI 2012) Três livros idênticos, de peso 8 N cada, encontram-se em repouso sobre uma superfície horizontal (ver figura). Qual é o módulo da força que o livro 2 exerce no livro 1?

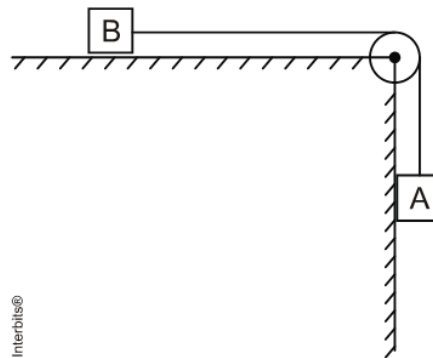


- a) zero
- b) 4 N
- c) 8 N
- d) 16 N
- e) 24 N

9. (ESPCEX (AMAN) 2012) Um elevador possui massa de 4000 kg . Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 a tração no cabo do elevador, quando ele sobe vazio, com uma aceleração de 2 m/s^2 é de:

- a) 4500 N
- b) 6000 N
- c) 15500 N
- d) 17000 N
- e) 19500 N

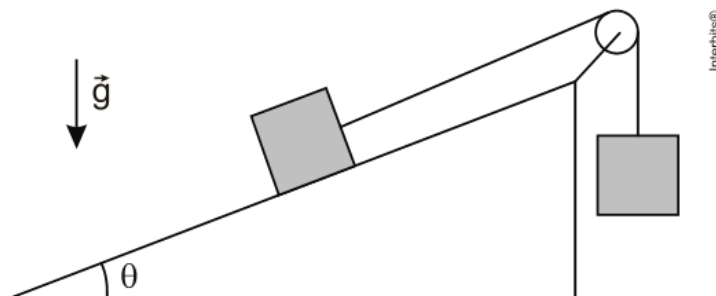
10. (G1 - CFTMG 2012) Na figura, os blocos A e B, com massas iguais a 5 e 20 kg, respectivamente, são ligados por meio de um cordão inextensível.



Desprezando-se as massas do cordão e da roldana e qualquer tipo de atrito, a aceleração do bloco A, em m/s^2 , é igual a

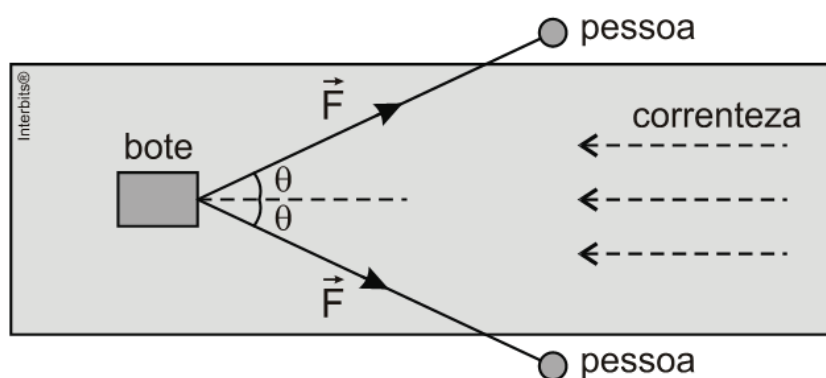
- a) 1,0.
- b) 2,0.
- c) 3,0.
- d) 4,0.

11. (UESPI 2012) Dois blocos idênticos, de peso 10 N cada, encontram-se em repouso, como mostrado na figura a seguir. O plano inclinado faz um ângulo $= 37^\circ$ com a horizontal, tal que são considerados $\sin(37^\circ) = 0,6$ e $\cos(37^\circ) = 0,8$. Sabe-se que os respectivos coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloco e o plano inclinado valem $= 0,75$ e $= 0,25$. O fio ideal passa sem atrito pela polia. Qual é o módulo da força de atrito entre o bloco e o plano inclinado?



- a) 1 N
- b) 4 N
- c) 7 N
- d) 10 N
- e) 13 N

12. (UESPI 2012) A figura a seguir ilustra duas pessoas (representadas por círculos), uma em cada margem de um rio, puxando um bote de massa 600 kg através de cordas ideais paralelas ao solo. Neste instante, o ângulo que cada corda faz com a direção da correnteza do rio vale $= 37^\circ$, o módulo da força de tensão em cada corda é $F = 80 \text{ N}$, e o bote possui aceleração de módulo $0,02 \text{ m/s}^2$, no sentido contrário ao da correnteza (o sentido da correnteza está indicado por setas tracejadas). Considerando $\sin(37^\circ) = 0,6$ e $\cos(37^\circ) = 0,8$, qual é o módulo da força que a correnteza exerce no bote?

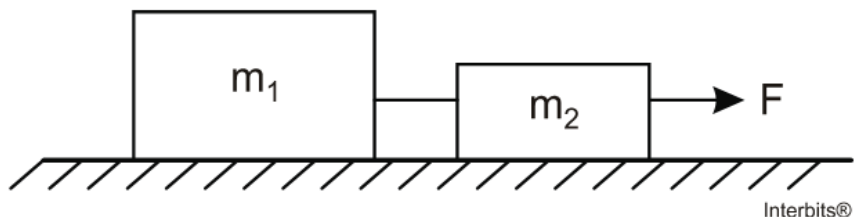


- a) 18 N
- b) 24 N
- c) 62 N
- d) 116 N
- e) 138 N

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Dois blocos, de massas $m_1=3,0$ kg e $m_2=1,0$ kg, ligados por um fio inextensível, podem deslizar sem atrito sobre um plano horizontal. Esses blocos são puxados por uma força horizontal F de módulo $F=6$ N, conforme a figura a seguir.

(Desconsidere a massa do fio).



13. (UFRGS 2012) A tensão no fio que liga os dois blocos é

- a) zero.
- b) 2,0 N.
- c) 3,0 N.
- d) 4,5 N.
- e) 6,0 N.

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1:

[D]

Afirmção 1: relacionada à 2ª Lei de Newton (Lei Fundamental da Dinâmica), pois a resultante das forças aplicadas sobre o carrinho, no seu lançamento, faz com que ele adquira aceleração.

Afirmção 2: relacionada à 3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação). A pessoa bate no chão, o chão reage e bate na pessoa.

Afirmção 3: relacionada à 1ª Lei de Newton (Lei da Inércia). Há uma imprecisão nessa afirmação, pois o garoto não é lançado, mas, sim, continua em movimento, por inércia.

Assim, a correspondência correta é:

(2) 3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação).

(3) 1ª Lei de Newton (Lei da Inércia).

(1) 2ª Lei de Newton

Resposta da questão 2:

[C]

A Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton) afirma que as forças do par Ação-Reação:

- São da mesma interação (Mônica-corda);
- Agem em corpos diferentes (uma na Mônica e a outra na corda), portanto não se equilibram, pois agem em corpos diferentes;
- São recíprocas (Mônica na corda/corda na Mônica) e simultâneas;
- Têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos.

Resposta da questão 3:

[D]

Sendo $M > m$, aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica às duas configurações, vem:

$$\begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} F_A = (M + m) a \\ f_a = m a \end{array} \right. \\ B \left\{ \begin{array}{l} F_B = (m + M) a \\ f_b = M a \end{array} \right. \end{array} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_A = F_B \\ f_b > f_a \end{array} \right.$$

Resposta da questão 4:

[E]

A força F acelera o conjunto.

$$F_R = ma \rightarrow 10 = 5a \rightarrow a = 2,0 \text{ m/s}^2$$

A força de atrito acelera o bloco de baixo.

$$F_{\text{at}} = ma \rightarrow F_{\text{at}} = 4 \times 2 = 8,0 \text{ N}$$

Resposta da questão 5:

[D]

A Segunda Lei de Newton, conhecida como princípio fundamental da dinâmica, afirma que a resultante das forças atuantes em um corpo, quando não nula, provoca uma variação na quantidade de movimento do mesmo. Evidentemente, a mudança da quantidade de movimento resulta na variação da velocidade do corpo, o que implica o surgimento de uma aceleração.

De forma simplificada, podemos apresentar a relação entre a resultante das forças (R) atuantes em um corpo, a massa (m) e a aceleração (a) da seguinte forma:

$$\vec{R} = m\vec{a}$$

Ou ainda:

$$\vec{a} = \frac{\vec{R}}{m}$$

Desta forma, podemos notar que para uma massa (m) diferente de zero, um vetor a não nulo só é possível caso o vetor da resultante das forças R também não seja.

Resposta da questão 6:

[10N]

Aceleração do sistema deve-se à componente horizontal (F_x) da força F . Assim:

$$F_x = (M_A + M_B)a \Rightarrow F \sin \theta = (M_A + M_B)a \Rightarrow$$

$$F = \frac{(M_A + M_B)a}{\sin \theta} \Rightarrow F = \frac{(2+1)2}{0,6} = \frac{6}{0,6} \Rightarrow$$

$$F = 10 \text{ N.}$$

Resposta da questão 7:

[E]

Como concluímos que a maior aceleração ocorrerá quando a resultante for máxima, isto é, quando as forças agirem na mesma direção e no mesmo sentido.

$$4 + 6 = 4.a \rightarrow a = 2,5 \text{ m/s}^2.$$

Resposta da questão 8:

[D]

Consideremos que os livros 2 e 3 formem um único corpo de peso 16 N. A normal que o livro 1 exerce no livro 2 deve equilibrar o peso desse corpo. Portanto:

$$N_{12} = 16 \text{ N}.$$

Pelo princípio da Ação-reação, o livro 2 exerce no livro 1 uma força de mesma intensidade em sentido oposto. Assim:

$$N_{21} = N_{12} = 16 \text{ N}.$$

Resposta da questão 9:

[E]

Pela Segunda Lei de Newton, temos:

$$F_R = ma \rightarrow T - P = ma \rightarrow T - 15000 = 1500 \times 3 \rightarrow T = 19500 \text{ N}.$$

Resposta da questão 10:

[B]

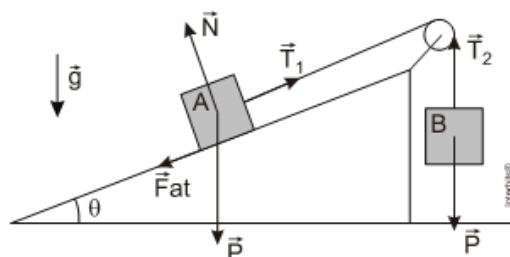
Aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$P_A = (m_A + m_B)a \Rightarrow 2(10) = (2 + 8)a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2.$$

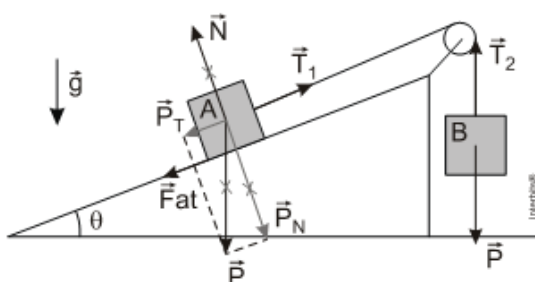
Resposta da questão 11:

[B]

Apresentação das forças atuantes em cada bloco:



Analisando as componentes da força peso do bloco A em relação à direção do movimento, temos:



Em que:

$$|\vec{P}_T| = |\vec{P}| \cdot \sin 37^\circ = 10 \cdot 0,6 = 6,0\text{N}$$

$$|\vec{P}_N| = |\vec{P}| \cdot \cos 37^\circ = 10 \cdot 0,8 = 8,0\text{N}$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

$$|\vec{F}_{at}| = \mu \cdot |\vec{N}|$$

$$|\vec{F}_{at_{m\acute{a}x}}| = 0,75 \cdot |\vec{P}_N| = 0,75 \cdot 8 = 6\text{N}$$

$$|\vec{F}_{at_{cin}}| = 0,25 \cdot |\vec{P}_N| = 0,25 \cdot 8 = 2\text{N}$$

Analisando as forças atuantes no conjunto, percebemos que a soma da componente com a força de atrito estático máxima resulta:

$$|\vec{P}_T| + |\vec{F}_{at_{m\acute{a}x}}| = 6 + 6 = 12\text{N}$$

Isso demonstra que para colocar o sistema em movimento, o módulo da força peso do bloco B deverá ser maior que 12N. Entretanto, devido ao módulo da força peso do bloco B ser igual a 10N, **concluimos**

que o conjunto não entra em movimento. Assim sendo, a soma do módulo da componente com o módulo da força de atrito estático deverá ser igual ao módulo da força peso do bloco B. Logo:

$$|\vec{P}_T| + |\vec{F}_{\text{at. est.}}| = |\vec{P}|$$

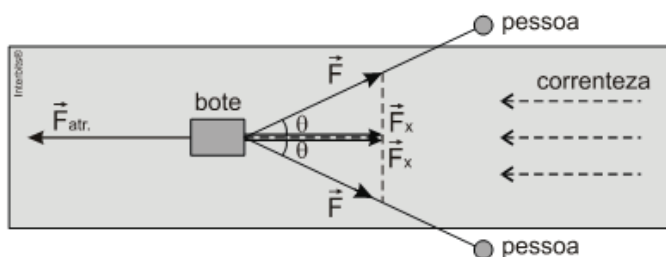
$$6 + |\vec{F}_{\text{at. est.}}| = 10$$

$$\therefore |\vec{F}_{\text{at. est.}}| = 4\text{N}$$

Resposta da questão 12:

[D]

Apresentando as forças atuantes no bote coplanares ao leito do rio, temos:



Em que \vec{F}_x representa a componente da força \vec{F} no sentido oposto da correnteza.

$$|\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cdot \cos 37^\circ = 80 \cdot 0,8 = 64\text{N}$$

Assim sendo, temos:

$$2 \cdot |\vec{F}_x| - |\vec{F}_{\text{atr.}}| = m \cdot |a|$$

$$2 \cdot 64 - |\vec{F}_{\text{atr.}}| = 600 \cdot 0,02$$

$$128 - |\vec{F}_{\text{atr.}}| = 12$$

$$|\vec{F}_{\text{atr.}}| = 128 - 12$$

$$\therefore |\vec{F}_{\text{atr.}}| = 116\text{N}$$

Resposta da questão 13:

[D]

Analisando as forças atuantes no sistema, podemos notar que a força F é responsável pela aceleração dos dois blocos. Assim sendo:

$$R = (m_1 + m_2)a$$

$$6 = (3 + 1)a$$

$$6 = 4 \cdot a$$

$$a = 1,5 \text{ m/s}^2$$

Analisando agora exclusivamente o corpo 1, notamos que a tensão é a força responsável pela aceleração do mesmo.

$$T = m_1 \cdot a$$

$$T = 3 \cdot 1,5$$

$$T = 4,5 \text{ N}$$