



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



MNPEF

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA APRENDIZAGEM POR EQUIPES
PARA O ENSINO DE MOVIMENTO CIRCULAR E TORQUE**

Thiago Nascimento Higino da Silva

Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à dissertação de mestrado
de Thiago Nascimento Higino da Silva, apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

Introdução

Caro professor,

Apresenta-se aqui a sequência didática inspirada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team Based Learning*) e Ensino sob Medida (*Just in Time Teaching*). Esta atividade foi produzida para ser utilizada em turmas de 2ª série do Ensino médio integrado ao técnico em Informática no Colégio Pedro II. Estas turmas têm carga horária reduzida quando comparadas às turmas de ensino médio regular da escola. Desta forma, a atividade foi pensada para trabalhar conceitos fundamentais de Cinemática Angular, Dinâmica do Movimento Circular e Torque.

Os problemas para a resolução em equipe são do estilo lápis e papel e foram construídos com o objetivo de permitir diferentes soluções por parte das equipes para estimular o debate durante as aulas.

O material aqui disponível é apresentado para os colegas professores que desejam utilizá-lo em sala de aula ou utilizá-lo como base para novos materiais.

São apresentados:

- as Tarefas de Leitura (TL) preparadas;
- os Testes de Preparação Individual (TPI); os Testes de Preparação de Equipe (TPE) utilizados foram os mesmos Testes de Preparação Individual;
- os problemas para a aula de Resolução de Problemas em Equipe (RPE);
- o Questionário de Identificação dos Grupos;
- instruções para elaboração do cartão resposta (“raspadinha”).

No trabalho desenvolvido em sala de aula, a sequência didática utilizada foi a apresentada na Tabela 1. Essa estrutura foi pensada para uma turma em que aconteça uma aula semanal de no mínimo 1h e 30min. Caso a sequência seja utilizada em turmas com quantidade de aulas ou duração das mesmas diferentes, recomenda-se adaptar as TLs e os Testes de Preparação de forma a que consigam ser trabalhados no período disponível.

As Tarefas de Leitura devem ser enviadas para as turmas com antecedência. Os alunos devem estudá-las e na sequência responder o formulário eletrônico com as questões conceituais (nesta aplicação foi utilizada a plataforma *Google Forms*). O professor deve receber as respostas dos alunos e utilizá-las para preparar uma rápida explanação que será feita no início das aulas de preparação. Recomenda-se que algumas das respostas dos alunos sejam reproduzidas em sala como exemplo, tomando o devido cuidado para não gerar constrangimento.

	Em casa	Em aula
Preparação	TL I sobre Torque e Cinemática Angular	TPI I e TPE I
Aplicação	Lista de Exercícios sobre os assuntos abordados na TL anterior	RPE I
Preparação	TL II sobre Dinâmica do movimento circular	TPI II e TPE II
Aplicação	TL V sobre Empuxo (flutuabilidade a partir da diferença de densidades)	RPE II – Construção de Embarcação

Tabela 1- Estrutura da sequência aplicada com 2 tempos semanais de 1h e 30 min

Então, após a explanação do professor, os alunos devem fazer os testes de preparação, primeiro individualmente (TPI), em seguida reunidos em suas equipes (TPE) e utilizando o cartão resposta de *feedback* instantâneo (raspadinha). O modelo de cartão resposta utilizado e os procedimentos necessários para sua confecção estão descritos no fim deste anexo.

Após a aula de preparação, foi enviada para os alunos uma lista de exercícios sobre os assuntos abordados em sala. Esta aula é a de aplicação; após as dúvidas com as TLs serem sanadas pelo professor, os alunos devem se reunir com suas equipes e começar o processo de resolução de problemas. Cada equipe deve receber um pequeno quadro que será utilizado para apresentar suas soluções.

Após a resolução, as equipes devem utilizar os quadros para apresentar sua solução para as outras, que devem criticar e sugerir melhorias ou correções. É importante que todas as equipes façam o mesmo problema e que coloquem suas soluções nos quadros antes que comecem as apresentações das outras equipes. Com isso evita-se que as soluções apresentadas sofram influências dos demais colegas.

Para saber mais

Para o professor que quiser mais informações sobre as metodologias ativas de aprendizagem inspiradoras desta sequência e sobre outras metodologias semelhantes, apresenta-se uma lista (não exaustiva) com trabalhos que descrevem a aplicação destas metodologias em aulas de física.

- Ives Solano Araújo e Eric Mazur. Instrução pelos colegas e ensino sobre medida uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. 30, n. 2, 2013.
- J. Acacio de Barros et al. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.
- Tobias Espinosa de Oliveira, Ives Solano Araújo e Eliane Angela Veit. Sala de aula invertida (flipped classroom). *Física na escola*. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016), p. 4-13, 2016

Tarefa de Leitura I – Da porta à bicicleta

Observe as portas representadas na figura 1. Se você fosse escolher uma delas para sua casa, qual seria?

Certamente sua resposta seria “a da esquerda” e muito provavelmente diria que a maçaneta da outra porta está no lugar errado. Mas porque a maçaneta tem um lugar “correto”? Será que não é possível abrir a porta com a maçaneta colocada em outro ponto? Sim, é possível, mas ficaria bem mais difícil, ou seja, seria necessária uma força maior para abrir a porta.

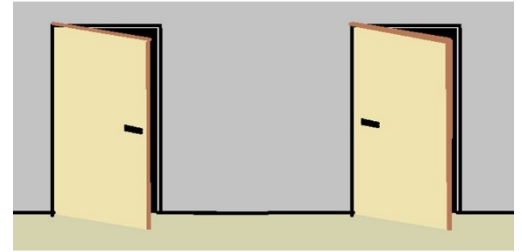


Figura 1. Portas com maçanetas em posições diferentes.

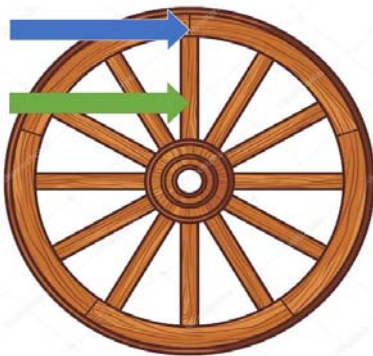


Figura 2. Forças exercidas em diferentes pontos de uma roda

Então podemos perceber que, quando desejamos abrir uma porta, além da força que exercemos também é relevante o local onde a força é exercida. Podemos pensar da mesma forma sempre que precisarmos girar um corpo. Deve-se exercer uma força menor para girá-lo se esta for aplicada em um ponto mais distante do eixo de rotação. Na física expressamos esta relação com a grandeza denominada **Torque**, que está associada à capacidade que uma força

possui de girar um corpo em torno de um eixo. O torque também é influenciado pela direção em que a força é exercida. É fácil se constatar que não será possível abrir a porta se a força for exercida para cima ou para baixo da maçaneta.

Sendo assim, se você desejasse fazer uma roda começar a girar em torno de seu centro, qual das forças indicadas na figura 2 seria a melhor opção? Ambas têm a mesma intensidade, mas são aplicadas em pontos diferentes. Dessa forma, a força azul (aplicada no ponto mais externo do aro da roda) tem

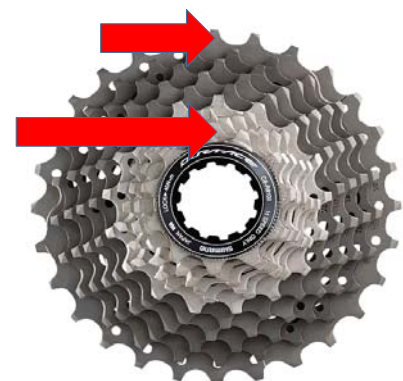


Figura 3. Forças exercidas necessárias para girar engrenagens diferentes.

um braço maior, ou seja, é aplicada em um ponto mais distante do eixo de rotação e dessa forma terá maior torque, tendo a maior capacidade de girar o corpo.

Este exemplo está intimamente relacionado com o funcionamento de uma bicicleta; para a roda girar é necessário que uma força atue sobre ela. Esta é originada na sua interação com a corrente e, como já informado acima, quanto mais distante do eixo de rotação esta força for aplicada, menor será a intensidade necessária. Sendo assim, se a engrenagem que é ligada à roda da bicicleta for muito pequena, será necessária uma força muito grande para que a bicicleta se mova, o que não será preciso quando esta engrenagem for grande. Você deve estar se perguntando: “Então porque as engrenagens das rodas das bicicletas não são as maiores possíveis?”



Pense nas rodas de um automóvel que está em movimento; ao fim de um percurso, qual das rodas deu um maior número de voltas? Obviamente o número de giros de cada roda é o mesmo nestes automóveis, mas será que poderíamos fazer a mesma afirmação para o trator da figura ao lado que possui uma das



Figura 4- Veículos e o tamanho de suas rodas.

rodas maior que a outra? Vamos imaginar a seguinte situação: o trator percorre uma distância que corresponde exatamente ao perímetro da roda maior, assim, ao fim do trajeto esta roda teria completado uma volta, porém a roda menor possui um perímetro menor e obviamente precisou completar mais de uma volta, considerando que não tenha ocorrido deslizamento. Ou seja, no trator a roda menor sempre completa mais voltas que a maior.

Existe uma grandeza física chamada **frequência** que está associada ao número de rotações que um corpo dá em uma unidade de tempo (quando o tempo é dado em segundos, a frequência é medida em Hertz). Dessa forma a roda menor tem maior frequência de rotação que a roda maior.

Agora podemos fazer uma analogia com as engrenagens da bicicleta. A corrente transmite o movimento das engrenagens ligadas aos pedais para as que estão ligadas às rodas, e, dessa forma, mantendo as duas com a mesma velocidade, pode-se pensar na situação semelhante à das rodas do trator.

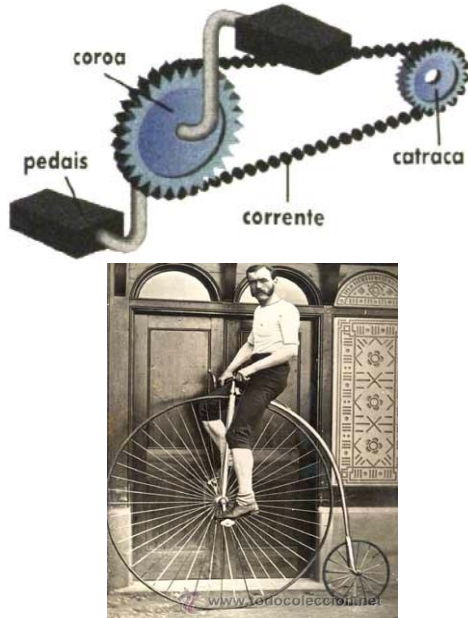


Figura 5. Comparação entre a bicicleta com engrenagens e sem engrenagens.

Então já sabemos que uma dessas engrenagens vai dar mais voltas que a outra. Quanto maior for a diferença entre os tamanhos, maior será a diferença entre as frequências de rotação. E como sabemos que a engrenagem menor terá maior frequência, o ideal é que ela esteja ligada à roda para que com uma pedalada (volta na engrenagem maior) a roda da bicicleta dê mais de uma volta.

Sendo assim, a mudança do tamanho das engrenagens em uma bicicleta de marchas tem basicamente dois objetivos: o ciclista exercer mais ou menos força e a

roda girar mais ou menos a cada pedalada.

Nas bicicletas antigas, o sistema de engrenagens não era utilizado. Os pedais eram ligados diretamente a uma das rodas. Dessa forma, a cada pedalada a roda completava uma volta, ou seja, a frequência da roda era igual à frequência dos pedais; como não havia ganho na frequência a saída para otimizar o transporte era que o raio da roda deveria ser bem maior que o dos pedais; dessa forma, com uma pedalada a bicicleta percorreria uma distância igual ao perímetro da roda que é maior que a trajetória que os pés percorrem ao pedalar uma vez.

Um esquema muito semelhante ao das bicicletas antigas é utilizado no monociclo. As rodas giram com a mesma frequência que os pedais. Você seria capaz de dizer quem é mais rápido? A roda ou um dos pedais? Utilizamos uma



Figura 6. Pedais de um monociclo, ligados diretamente à roda.

outra grandeza para resposta desse tipo de pergunta, a **velocidade Angular** (ω) que mede a rapidez com que um ângulo é varrido, ou seja, com que um **deslocamento Angular** ($\Delta\theta$) é efetuado.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Até aqui, associamos a **velocidade** (v) à rapidez com que um corpo percorre uma certa distância. Então, os pedais e a roda do monociclo possuem a mesma velocidade angular, já que giram juntos, ou seja o ângulo que giram é o mesmo. Porém a roda possui velocidade tangencial maior, já que um de seus pontos percorre um círculo de perímetro (distância) maior que o dos pedais e no mesmo tempo que estes. A relação entre essas velocidades é mostrada a seguir, e como acabamos de perceber esta relação depende do raio do movimento circular.

$$v = \omega \cdot R$$

O mesmo acontece entre a catraca e a roda da bicicleta; já entre as engrenagens ligadas pela corrente, temos uma relação diferente: a corrente garante que as duas sempre tenham a mesma velocidade, o que acarreta em diferentes velocidades angulares.

As marchas de um automóvel possuem a mesma lógica, de alterar o tamanho de engrenagens que estão ligadas ao motor e das que estão ligadas à roda. Porém, as ligações são um pouco mais complexas. Observe na figura 7 ao lado, apenas uma das engrenagens azuis fica conectada ao eixo das rodas, as outras giram livremente sem conexão com o eixo. O motor gira a engrenagem verde, o movimento é transmitido para

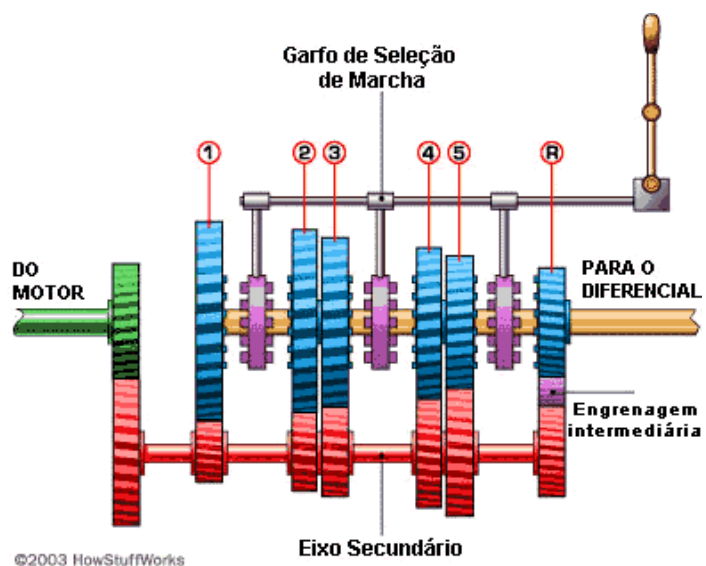


Figura 7. Engrenagens presentes no câmbio manual de um automóvel.

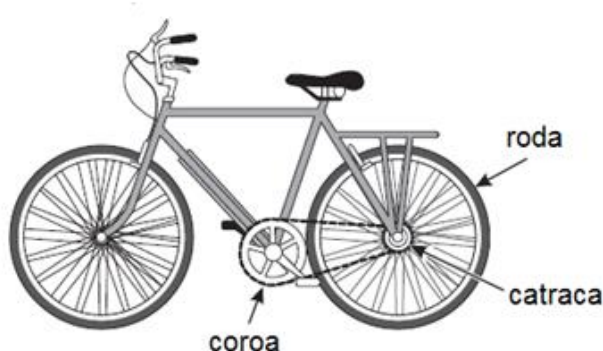
as rodas (engrenagens azuis) pelas engrenagens vermelhas, semelhante ao que a corrente da bicicleta faz com os pedais e as rodas. Trocar de marcha significa alterar a engrenagem azul, que será conectada ao eixo das rodas (diferencial) e isso é feito por meio do contato dos garfos que estão em roxo. Apenas um dos garfos é movimentado por vez; a escolha é feita com o movimento da marcha pelo motorista do carro. Então a primeira marcha significa utilizar apenas a engrenagem azul de número 1; a segunda marcha já seria conectar na engrenagem azul de número 2, menor, o que então permitiria uma velocidade maior.

Agora responda o formulário on-line sobre os conceitos trabalhados neste texto.

Formulário sobre a TL I

1- Após a leitura você achou alguma parte do texto pouco clara? Em caso afirmativo, cite-a e explicita entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Observe a figura e responda a próxima questão.

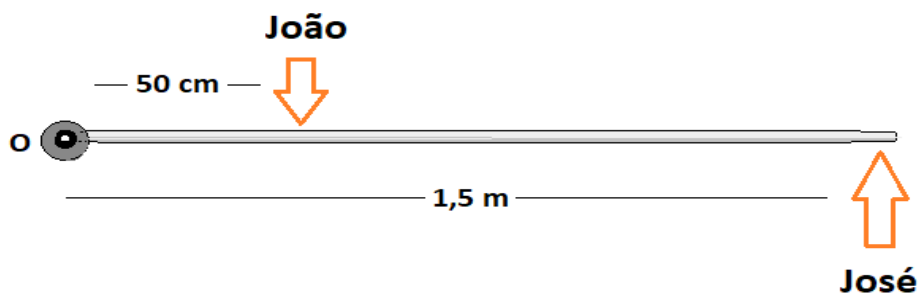


A figura mostra o esquema de uma bicicleta. O raio da roda é de 32 cm. No centro da roda há uma engrenagem cujo raio é de 4 cm, chamada de catraca. Essa engrenagem, por meio de uma corrente, é acionada por outra engrenagem com raio de 8 cm, chamada de coroa e movimentada pelo pedal da bicicleta. Um ciclista de elite consegue manter em uma prova uma frequência constante em suas pedaladas de 3 Hz. Marque a opção onde está a frequência de rotação da roda nesta situação.

- a) 1,5 Hz b) 3,0 Hz c) 6,0 Hz d) 9,0 Hz e) 48,0Hz

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3 - Em uma brincadeira dois rapazes resolvem disputar quem é o mais forte empurrando a alavanca pertencente a uma máquina que encontraram no ferro velho. Irão empurrar a barra simultaneamente e decidiram que o mais forte será quem fizer a barra girar no sentido em que está empurrando. As forças são feitas nos pontos indicados na figura e a barra pode girar em torno do ponto O. Se José é capaz de exercer uma força de 150N, marque a opção onde está a mínima força que João deve exercer para não perder a brincadeira.



- a) 150 N b) 300 N c) 450 N d) 50 N e) 75 N

Por favor, justifique sua resposta.

Teste de Preparação individual I

A figura representa um relógio analógico que possui três ponteiros. O maior indica os minutos, o menor indica as horas e o vermelho indica os segundos. A cada hora o ponteiro maior completa uma volta; já o menor só completa uma volta a cada 12 horas.



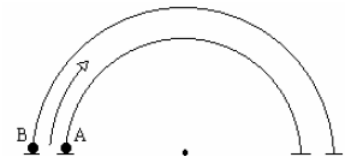
- 1) Qual dos ponteiros possui maior frequência de rotação?
- a) Ponteiro das horas. b) Ponteiro dos minutos.
c) Ponteiro dos segundos. d) Todos possuem a mesma frequência.
- 2) Qual dos ponteiros possui menor velocidade angular?
- a) Ponteiro das horas. b) Ponteiro dos minutos
c) Ponteiro dos segundos d) Todos possuem a mesma velocidade angular

Um velocípede como o da figura ao lado move-se com velocidade constante; suas rodas rolam sem derrapar no solo. A roda dianteira tem raio igual ao dobro dos raios das rodas traseiras.



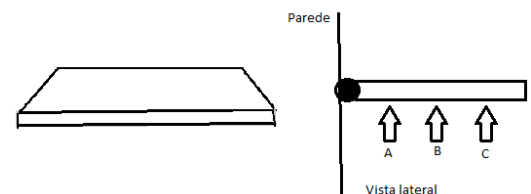
- 3) Podemos afirmar que:
- a) As velocidades angulares das 3 rodas são iguais.
b) As rodas traseiras têm velocidades angulares iguais ao dobro das velocidades angulares da roda dianteira.
c) As rodas traseiras têm velocidades angulares iguais à metade das velocidades angulares das rodas dianteiras.
d) A velocidade tangencial do ponto B da roda dianteira é maior que a velocidade tangencial do ponto A na roda traseira.

Dois corredores partem simultaneamente das posições indicadas e percorrendo uma pista semicircular cruzam a linha de chegada no mesmo instante.



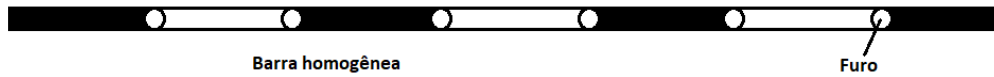
- 4) Pode-se afirmar que:
- a) O corredor A teve maior Velocidade Tangencial média
b) O corredor B teve maior Velocidade Angular média
c) Ambos tiveram a mesma Velocidade Tangencial média.
d) Ambos tiveram a mesma Velocidade Angular média.

5) Uma tábua de formato retangular está presa à parede por meio de um suporte articulado, formando uma prateleira. As setas na figura 2 representam possíveis forças que possam ser exercidas na prateleira e que podem mantê-la na horizontal. Destas, qual teria menor intensidade?

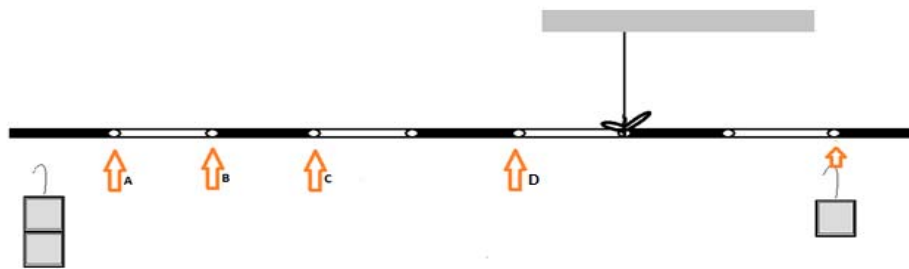


- a) A b) B c) C d) todas teriam a mesma intensidade.

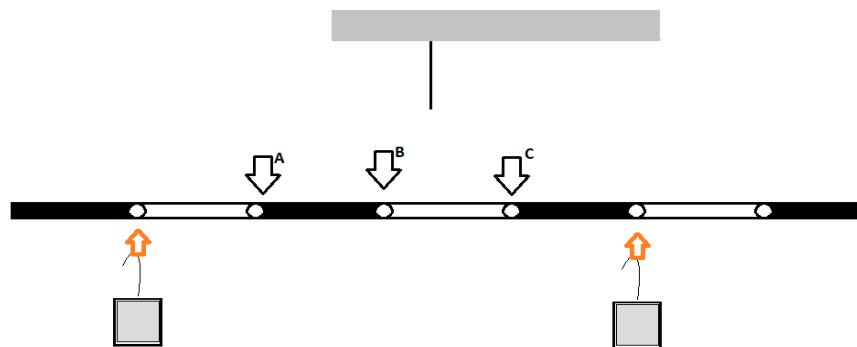
Nas questões a seguir será utilizada a figura abaixo para representar uma barra homogênea que é dividida em pedaços de comprimentos iguais pintados com cores diferentes para facilitar a visualização. A barra contém furos onde podem ser penduradas caixas representadas pelos retângulos cinzas; todas as caixas possuem a mesma massa, que é muito maior que a massa da barra (e que nestas questões será desprezada).



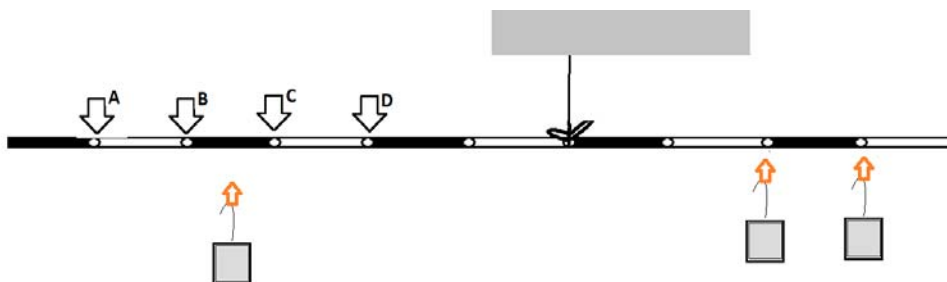
6) A barra foi pendurada por um fio em um dos furos, como mostra a figura. À direita deste ponto será pendurada uma caixa, para que a barra fique na horizontal, e à esquerda serão penduradas duas outras caixas. Em qual dos pontos assinalados devem ser penduradas para que o equilíbrio seja estabelecido?



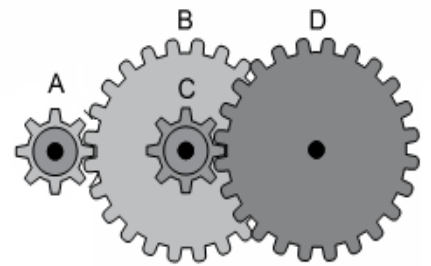
7) Duas caixas serão penduradas na barra nas posições indicadas pelas setas vermelhas. A barra então deverá ser pendurada em um fio preso ao teto. Para que a barra fique em equilíbrio na horizontal em qual dos furos, mostrados pelas setas pretas, o fio deve ser amarrado?



8) Na situação da figura abaixo, duas caixas serão penduradas à direita do ponto em que a barra está presa, mas em posições distintas. Em qual dos buracos assinalados pelas setas pretas deve-se pendurar uma outra caixa de forma que a barra fique em equilíbrio horizontal?



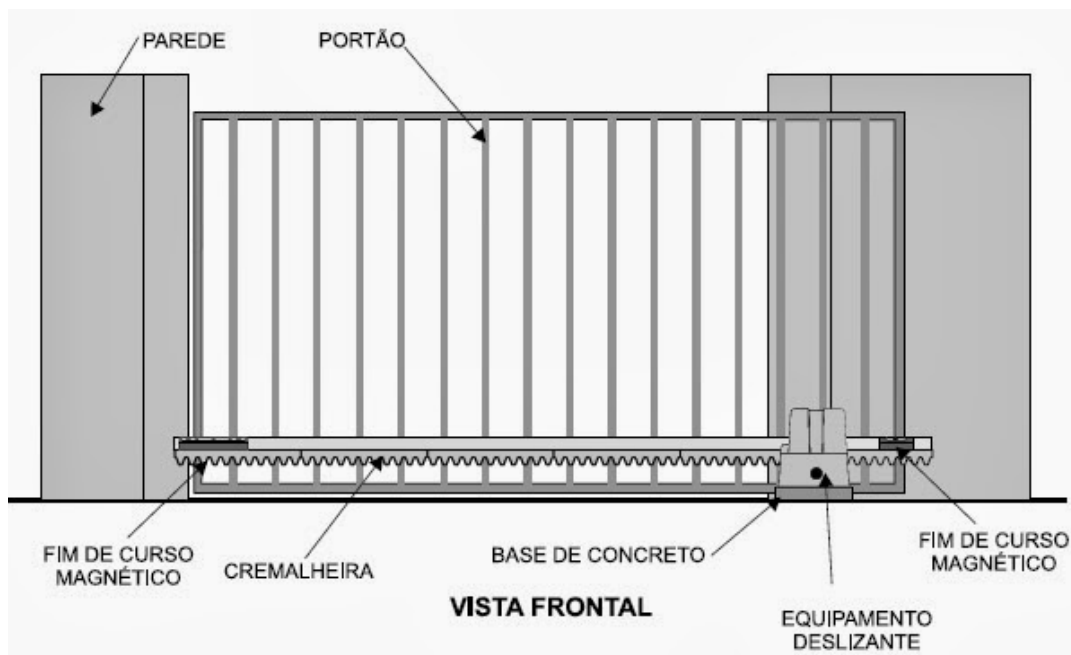
9 - Um pequeno motor a pilha é utilizado para movimentar um carrinho de brinquedo. Um sistema de engrenagens transforma a velocidade de rotação desse motor na velocidade de rotação adequada às rodas do carrinho. Como a velocidade angular do motor é muito elevada, as engrenagens servem para que as rodas tenham uma frequência menor de rotação. As engrenagens A e C tem mesmo diâmetro, o mesmo acontece com as engrenagens B e D sendo que estas têm o dobro do diâmetro das anteriores. Dessa forma, em que engrenagem deve estar conectado o motor e a que engrenagem devem estar ligadas às rodas?



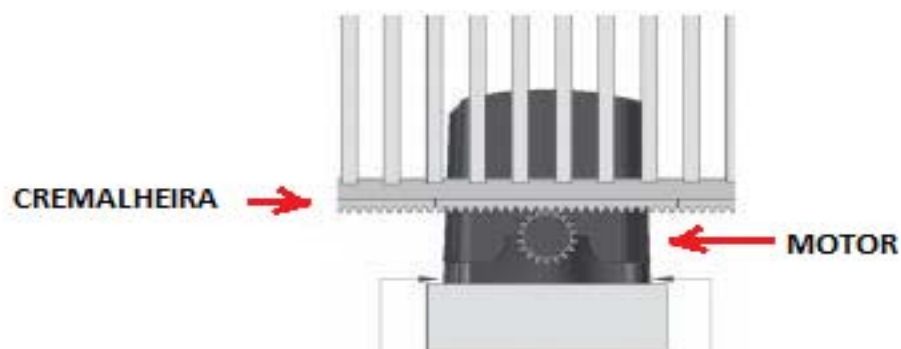
- a) Motor na engrenagem D e as rodas na engrenagem A; dessa forma a velocidade angular das rodas será 4 vezes maior que a do motor
- b) Motor na engrenagem D e as rodas na engrenagem A; dessa forma a velocidade angular das rodas será 2 vezes maior que a do motor.
- c) Motor na engrenagem A e as rodas na engrenagem D; dessa forma a velocidade angular das rodas será 4 vezes menor que a do motor.
- d) Motor na engrenagem A e as rodas a engrenagem D; dessa forma a velocidade angular das rodas será 2 vezes menor que a do motor.

Problemas para a Resolução em Equipe I

1 - Vocês foram selecionados para estagiar em uma empresa que instala portões automáticos. No seu primeiro dia de trabalho, o mecânico chefe está trocando algumas peças de um dos portões do Colégio Pedro II, que abre deslizando para a lateral, como mostrado na figura. A empresa tem uma norma de segurança especificando que os portões iguais ao que vocês estão trabalhando, de cremalheira com 2m de comprimento, devem levar por volta de 4 s para abrir ou fechar completamente.



O mecânico percebe o motor está com defeito e deve ser substituído, porém não dispõe de motores iguais por se tratar de um modelo antigo. Resolve então substituir o motor por um com uma frequência de rotação diferente, mas sabe que para isso deve colocar uma engrenagem de tamanho adequado para fazer o contato com a cremalheira. Então, pede que vocês escolham o motor novo e o tamanho da engrenagem a ser utilizada.



Escolha a combinação de motor e engrenagem, e escreva a justificativa para convencer o mecânico da sua escolha. Leve em consideração que a altura do portão em relação ao solo é fixa e a cremalheira pode ser instalada na altura em que for conveniente para se acoplar na engrenagem.

Motores disponíveis	Frequência de rotação (rotações por minuto)
A	55,5
B	66
C	100
D	250

Engrenagem	Diâmetro (cm)
1	18
2	15
3	12
4	10
5	8
6	5
7	4
8	3

Solução – Problema I

Grupo:

Motor escolhido: _____

Engrenagem escolhida: _____

Justificativa:

Espaço para esquema ou cálculos



2- Você foi selecionado para uma vaga de estágio em uma oficina de automóveis. Um motorista chega à oficina reclamando que o velocímetro de seu veículo está com defeito, pois o valor de velocidade que aparece no instrumento difere significativamente do valor do GPS que possui em seu celular. Relata ainda que a diferença entre as leituras ficou bem maior após alterar o aro das rodas do carro e os pneus que utiliza. Em um manual na parede da oficina está escrito o seguinte:

“O código que vem escrito nos pneus dá informações de largura, do tamanho da parede do pneu em porcentagem em relação a sua largura (perfil) e do aro.

Exemplo: 175/70R13

175 é a largura do Pneu em milímetros.

70 significa que a altura da parede do pneu (perfil) é 70% da largura, ou seja 122,5 mm.

13 é o diâmetro da roda em polegadas. ”



Se o carro do cliente utilizava rodas com aro 13 e pneus 175/65 R13 e ele alterou para pneus 205/60 R16, determine o erro percentual no valor mostrado pelo velocímetro com esta nova configuração.

Na loja existem alguns pneus para aros maiores. Escolha um que o motorista pode utilizar, fazendo a alteração para o aro conveniente, de forma que o não seja preciso fazer alterações significativas no velocímetro. Lembre-se que 1 pol = 2,5 cm. Saiba que o velocímetro mede a velocidade do carro baseando-se no número de giros do motor e consequentemente das rodas.

Aro	Opções de Pneus disponíveis		
16	185/40 R16	185/60 R16	185/75 R16
15	175/75 R15	165 / 65 R 15	175/50 R15
14	165/50 R14	165/60 R14	185/40 R14

Escreva a justificativa de sua escolha para que o motorista entenda que o problema não ocorrerá novamente após esta alteração.

Solução – Problema II

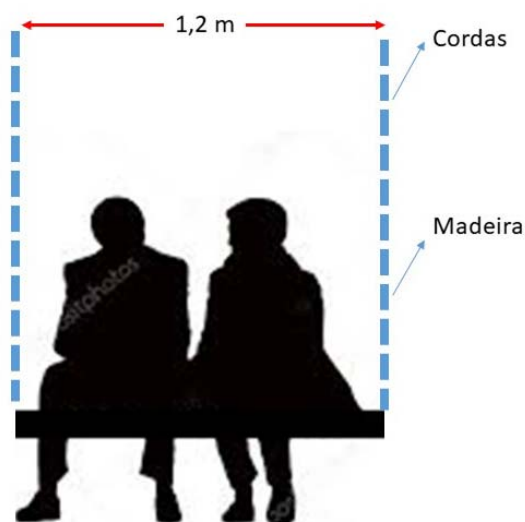
Grupo: _____

Pneu escolhido: _____

Justificativa:

Espaço para esquema ou cálculos

3- Os alunos do Campus Duque de Caxias resolvem instalar um banco no estilo balanço no pátio do campus. O desejo é que o banco tenha as dimensões mostradas na figura (para duas pessoas) e a construção será feita pelos próprios alunos. Seu grupo deve inscrever um projeto para concorrer à licitação. O orçamento para os materiais é de R\$ 50,00. Vocês devem escolher a madeira e as cordas que serão utilizadas a partir do quadro abaixo. O projeto deve conter instruções de segurança, como o número máximo de pessoas, a posição como devam sentar ou outra orientação que acharem necessária.



Cordas	Tração máxima que suporta	Preço em reais
A	700 N	10,00
B	800 N	21,00
C	1000 N	25,00
D	1200 N	30,00

Madeira	Força Máxima que suporta em um ponto	Massa	Custo
1	800 N	3 kg	10
2	1000 N	5 kg	22
3	1500 N	10 kg	30

Decidam em conjunto que madeira e corda utilizarão de forma que não estourem o orçamento e que o balanço seja seguro. Divulguem também as especificações para a segurança do balanço e justifiquem com seus conhecimentos de Física.

Levem em consideração o peso da madeira que escolherão, bem como a massa das pessoas que utilizarão o banco, sabendo que ficará no pátio e dessa forma qualquer um poderá sentar nele.

Tarefa de Leitura II - O que é preciso para fazer uma curva?

Se você tivesse que comprar bancos para sua Kombi, qual destes bancos representados na figura 1 você escolheria?

Repare que as diferenças entre os dois não são apenas estéticas. Um dos problemas de se utilizar bancos como os da imagem superior é que possuem a parte horizontal toda no mesmo nível, e dessa forma, quando o carro entrar numa curva, será bem provável que o passageiro ou o motorista acabe deslizando para o lado. Vamos entender o porquê de isso acontecer.

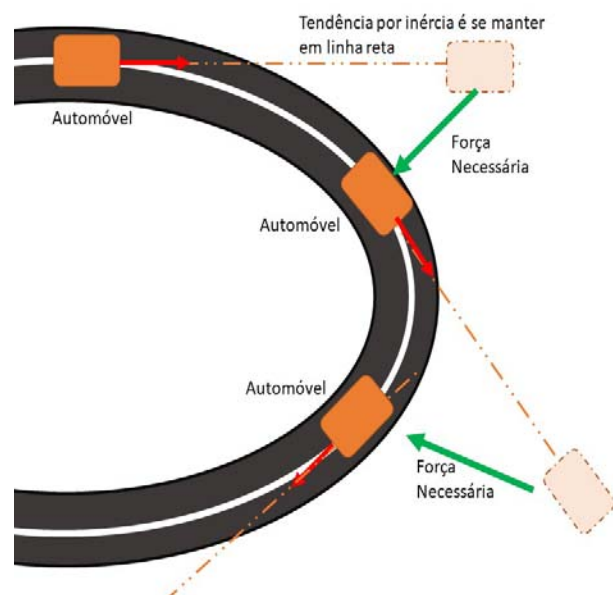
Para fazer uma curva necessariamente o automóvel precisa variar a direção e o sentido de seu vetor velocidade. Como já estudamos, para que a velocidade de corpo mude em módulo, direção ou sentido uma força resultante deve atuar sobre ele. Dessa forma só é possível completar uma trajetória curvilínea se existir uma força que o mantenha nesta trajetória. Caso contrário, por inércia o móvel continuará em linha reta. É o que acontece quando a linha de uma “marimba” arrebenta. A força de tração deixa de existir e a pedra sai em uma direção tangente à trajetória.

Para que a curva seja realizada deve existir uma força resultante que aponte para o centro da trajetória. Esta resultante produz uma aceleração responsável por variar a direção e o sentido da velocidade, porém não varia seu módulo. A esta aceleração chamamos Aceleração Centrípeta. E a resultante, de força resultante centrípeta, já que sempre deve apontar para o centro da curva.

Vamos pensar sobre o valor desta força resultante centrípeta. Em que situação é mais fácil de completar uma curva em segurança? Quando a velocidade é elevada ou reduzida? É quase óbvio que é mais seguro realizar a curva com velocidade reduzida. Isso porque quanto maior o módulo da velocidade (v) de um corpo durante uma curva, maior é a força necessária para mantê-lo nesta trajetória. Porém, se um fusquinha e um caminhão entram na mesma curva com a mesma velocidade, qual dos dois necessita sofrer uma força maior para



Figura 1. Modelos de bancos para uma Kombi.



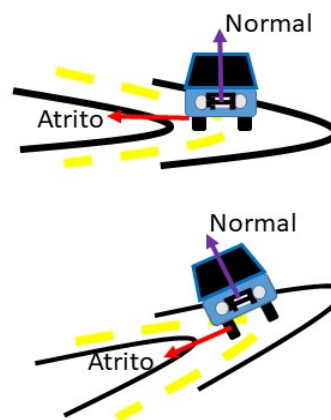
conseguir se manter na curva? O caminhão, pois sua massa é maior. Dessa forma quanto maior a massa do corpo (m), maior é a força resultante centrípeta necessária. E, por último, você já deve ter ouvido que quanto mais fechada a curva mais perigosa ela é. Ou seja, quanto menor o raio de curvatura (R) maior é a força resultante centrípeta necessária, o que indica uma relação inversamente proporcional. Então a segunda lei de Newton nos permite escrever:

$$\vec{F}_{RC} = m \cdot \vec{a}_C$$

E em módulo, a partir das relações citadas anteriormente:

$$F_{RC} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

A mesma situação ocorre em qualquer movimento curvilíneo. No caso do automóvel é a força de atrito entre os pneus e o solo a responsável por mantê-lo na curva. Caso a pista esteja com areia ou óleo, este atrito é reduzido e a probabilidade de um acidente aumenta, já que a força de atrito pode não ter intensidade suficiente para servir de Força Resultante Centrípeta. Algo semelhante acontecerá se uma pessoa tentar realizar uma curva correndo. Se o local da corrida for muito escorregadio (pense no “futebol de sabão”) será muito difícil conseguir realizá-la, já que a força de atrito não será suficiente e provavelmente a pessoa descreverá uma trajetória em linha reta.



Repare que com pista inclinada a Força Normal também empurra o carro para completar a curva sendo necessário uma menor força de Atrito

Para que o passageiro do veículo também realize a curva, ele precisa uma força que o mantenha nessa trajetória. Caso o assento do banco seja plano, esta força é unicamente a de atrito entre o banco e a pessoa. Mas se o banco possui partes elevadas, a força Normal também irá atuar dessa forma. Em pistas esportivas ou rodovias em que os veículos precisam realizar as curvas em alta velocidade, é comum que o piso seja inclinado. Dessa forma, como podemos observar na figura, além da força de atrito, a força Normal também empurra o corpo para o centro da trajetória, ficando mais seguro realizar a curva.

Algo bem semelhante acontece com os bancos dos carros citados lá no início. Nos bancos com os assentos planos, os passageiros dependem apenas das forças de atrito para realizar as curvas. Já nos bancos anatômicos, componentes das Forças Normais surgem para auxiliar, tornando mais difícil o deslizamento dos viajantes.

É importante entender que a força resultante centrípeta não é uma força que surge nas trajetórias circulares, mas sim a resultante das forças que atuam na direção radial; ou seja, dependendo da situação

uma única força como normal ou peso pode fazer o papel de resultante centrípeta, em outros casos quando temos mais de uma força nesta direção a soma vetorial delas (resultante) é quem vai fazer o papel de alterar a direção da velocidade do corpo.

Exercício resolvido.

Qual a velocidade mínima que uma pessoa dever ter no ponto mais alto da pista representada na figura para que ele consiga completar o loop? Considere a pista circular de raio 2m e a massa do corredor de 70kg. Despreze possíveis atritos.



Solução:

No ponto mais alto da pista atuam sobre o corredor duas forças na direção radial, Peso e Normal. Como ambas apontam para centro da curva, a força resultante seria a soma de seus módulos. Porém como pedimos a velocidade mínima no exercício, deve-se pensar na situação em que o homem não conseguiria completá-lo; isso ocorreria quando ele perdesse o contato com a pista, ou seja quando a força normal não estivesse presente. Então apenas a força peso deveria fazer o papel de resultante centrípeta.

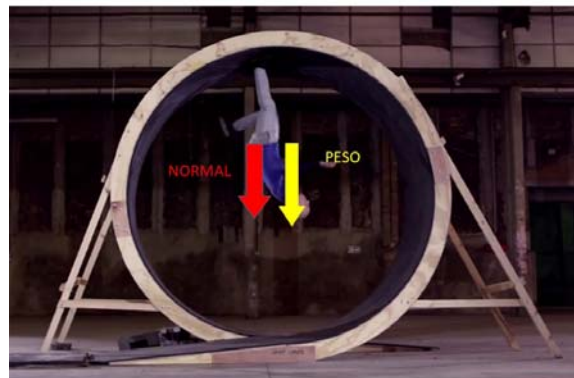
$$F_{RC} = P$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g$$

$$\frac{v^2}{2} = 10$$

$$v = \sqrt{20} \cong 4,5 \frac{m}{s}$$

$$v = 16 \text{ km/h}$$



Formulário sobre a Tarefa de Leitura II

Questões para o Just in time II

1- Após a leitura você achou alguma parte do texto pouco clara? Em caso afirmativo, cite-a e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo, cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

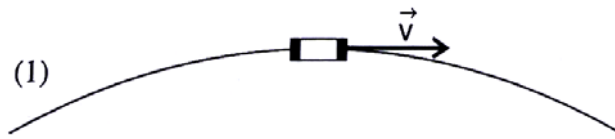
2- Os carros da figura têm aproximadamente a mesma massa, incluindo seus pilotos, e se preparam para fazer uma curva para a esquerda de quem está olhando a foto. Supondo que eles cheguem neste ponto com mesma velocidade e que os pneus de ambos os carros são semelhantes, qual dos dois terá maior dificuldades para completar a curva, o vermelho ou o preto?

- a) Vermelho.
- b) Preto.
- c) Nenhum dos dois.

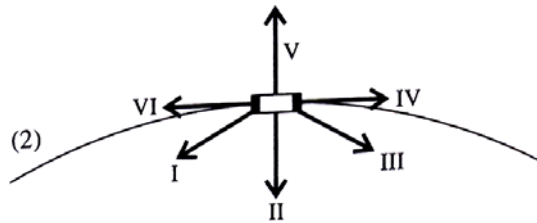


Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- A figura mostra um carro que descreve uma curva com velocidade constante.

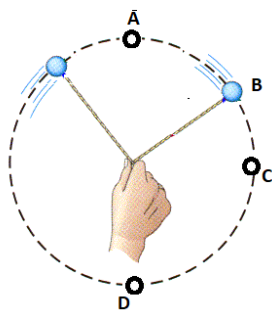


Qual dos vetores da figura a seguir representa corretamente a direção e o sentido da força resultante sobre o carro neste instante?



Por favor, justifique sua resposta.

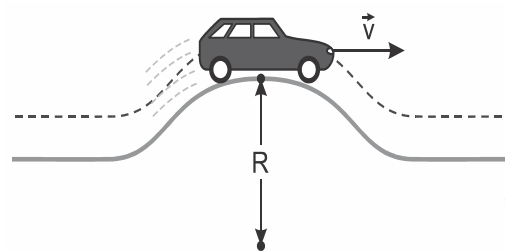
4- A figura mostra um menino girando um marimba (pedra amarrada a uma linha) em um plano vertical. Durante todo o movimento apenas a força peso e a força de tração atuam sobre a pedra. Em qual dos pontos assinalados a força que o fio exerce sobre a pedra é maior?



Por favor, justifique sua resposta.

TESTE DE PREPARAÇÃO INDIVIDUAL II

1- A figura representa o instante em que um carro passa por uma lombada existente em uma estrada. Neste ponto podemos considerar que apenas a Normal (vertical e para cima) e o Peso (vertical e para baixo) atuam sobre o veículo na direção radial. Para que o carro passe por este trecho da estrada sem perder contato com a pista podemos afirmar sobre o módulo destas forças:

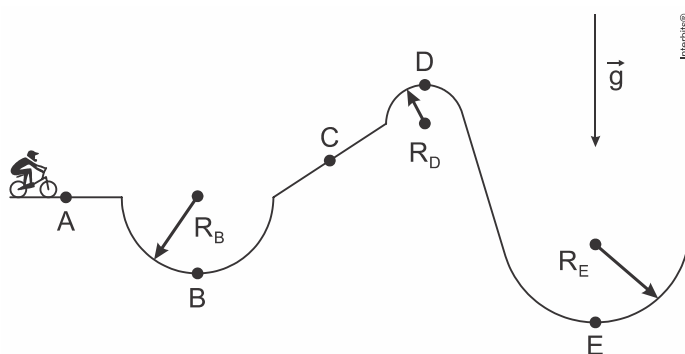


- a) Normal e Peso tem mesmo módulo
- b) Normal tem o módulo maior que o peso
- c) Peso tem o módulo maior que a normal
- d) Não é possível comparar o módulo da normal e do peso sem o valor da massa do carro

2- O mesmo carro passa por outro trecho semelhante ao primeiro, mas agora com uma velocidade duas vezes maior que a da primeira situação. Podemos afirmar que:

- a) O valor da Normal agora será maior que o da situação inicial
- b) O valor da Normal permanece o mesmo que o da situação inicial já que o peso do carro não muda.
- c) O carro necessitará de uma força resultante centrípeta maior logo seu peso será 4 vezes maior que o anterior
- d) O carro necessitará de uma força resultante centrípeta 4 vezes maior então a normal terá um valor menor que na situação inicial.

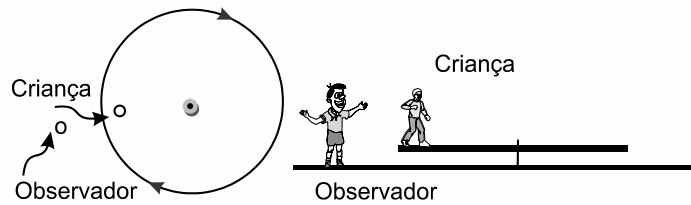
3- Suponha que, em uma prova olímpica de ciclismo BMX, presente nos Jogos Olímpicos desde a Olimpíada de Pequim 2008, um atleta percorra um trecho de pista de corrida cujo corte lateral é mostrado na figura a seguir.



A partir desse corte, percebe-se que o atleta viaja por segmentos de pista retos e por semicírculos onde $R_D < R_B < R_E$. Se o atleta pedala e utiliza os freios de forma a ter velocidade constante no trecho mostrado, o ponto de maior intensidade da reação normal da pista sobre a bicicleta é

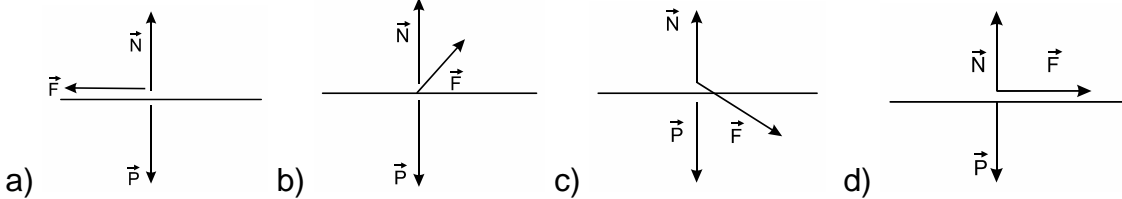
- a) B
- b) C
- c) D
- d) E

4- Uma criança está parada em pé sobre o tablado circular girante de um carrossel em movimento circular e uniforme, como mostra o esquema (uma vista de cima e outra de perfil).



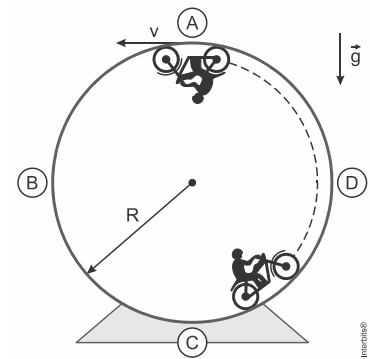
O correto esquema de forças atuantes sobre a criança para um observador parado no chão fora do tablado é:

(Dados: F : força de atrito ; N : reação normal do tablado; P : peso da criança)



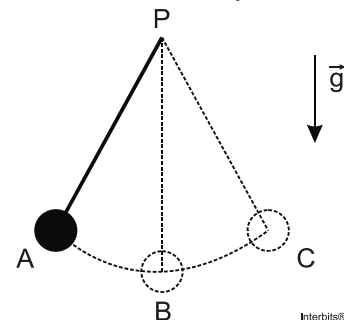
5- Considere a figura a seguir, na qual é mostrado um piloto acrobata fazendo sua moto girar por dentro de um “globo da morte”.

Ao realizar o movimento de *loop* dentro do globo da morte (ou seja, percorrendo a trajetória ABCD mostrada), o piloto precisa manter uma velocidade mínima em sua moto para que a mesma não caia ao passar pelo ponto mais alto do globo. Marque a alternativa que contém uma afirmação correta sobre a situação descrita.



- a) No ponto C a Força Normal é a resultante Centrípeta.
- b) No ponto B e no ponto D as Forças Peso são as resultantes Centrípetas.
- c) Em A quanto maior a velocidade da moto menor será a intensidade da força Normal.
- d) No ponto D a Resultante Centrípeta é igual à força Normal.

6- O pêndulo de um relógio é constituído por uma haste rígida com um disco de metal preso em uma de suas extremidades. O disco oscila entre as posições A e C, enquanto a outra extremidade da haste permanece imóvel no ponto P. A figura abaixo ilustra o sistema. A força resultante que atua no disco quando ele passa por B no sentido do ponto C, com a haste na direção vertical, é



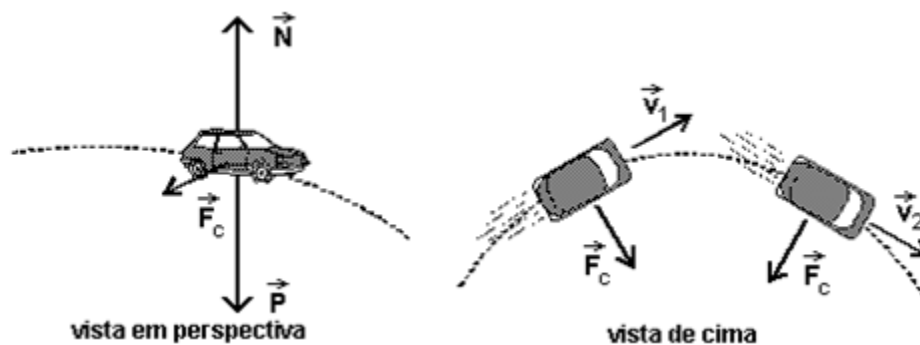
- a) nula.
- b) vertical, com sentido para cima.
- c) vertical, com sentido para baixo.
- d) horizontal, com sentido para a direita.

7-"Ao fazermos uma curva, sentimos o efeito da força centrífuga, a força que nos "joga" para fora da curva e exige um certo esforço para não deixar o veículo sair da trajetória. Quanto maior a velocidade, mais sentimos essa força. Ela pode chegar ao ponto de tirar o veículo de controle, provocando um capotamento ou a travessia na pista, com colisão com outros veículos ou atropelamento de pedestres e ciclistas."

(DENATRAN. *Direção defensiva*. [Apostila], p. 31, maio 2005. Disponível em: <http://www.detran.sc.gov.br>

Acesso em: 9 out. 2008).

A citação anterior apresenta um erro conceitual bastante frequente. Suponha o movimento descrito analisado em relação a um referencial inercial, conforme a figura a seguir:



Em relação ao exposto, assinale a proposição CORRETA.

A) Um veículo de massa m percorre uma determinada curva de raio R sem derrapar, com velocidade máxima de módulo constante v . Um segundo veículo com pneus idênticos ao primeiro, com massa quatro vezes maior ($4m$), deverá percorrer a mesma curva sem derrapar, com uma velocidade máxima constante de módulo duas vezes menor ($v/2$).

B) Um veículo descrevendo uma curva em uma estrada plana certamente estará sob ação de uma força apontando para fora da curva, se opondo à força de atrito entre os pneus e o chão. Se o atrito deixar de atuar, o veículo será lançado radialmente para fora da curva em virtude dessa força centrífuga.

C) Um veículo descreve uma curva de raio R em uma estrada plana sem derrapar com velocidade máxima constante de módulo v . Se o mesmo veículo for percorrer outra curva de raio $2R$ sua velocidade máxima será metade da descrita na primeira situação, ou seja, $v/2$.

D) Se o veículo percorrer uma curva, executando uma trajetória circular, com o módulo da velocidade constante, estará sujeito a uma aceleração. Pela 2ª Lei de Newton, essa aceleração é provocada pela resultante das forças que atuam sobre o veículo. Como a força normal e o peso se anulam, a força resultante centrípeta é o atrito entre os pneus e o chão.

Problema para a Resolução em Equipe II

Vocês estão estagiando no Departamento de Estradas e Rodagens (DER). No seu primeiro dia, receberam a missão de analisar a velocidade máxima que automóveis devem possuir nas avenidas do Rio de Janeiro. Para isso, vocês devem analisar com que velocidade constante os automóveis conseguiriam realizar os percursos curvos sem derrapar. A figura abaixo representa um trecho de curva da Linha Amarela. A escala da figura está no canto inferior direito do mapa.



Coeficiente de Atrito estático entre os pneus e o asfalto	
Seco	0,7 – 0,9
Molhado	0,3 – 0,5

Indiquem que valor de velocidade máxima deve ser colocado na placa sinalizadora neste trecho. Justifiquem para seu chefe sua escolha e convençam-no de que este valor de velocidade é seguro para este trecho.

Solução – Problema

Grupo: _____

Velocidade máxima indicada: _____

Justificativa:

Espaço para esquema ou cálculos