



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**Força e Movimento:
Um jogo para o ensino de Mecânica**

Tarcisio Lima da Cruz

Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Tarcisio Lima da Cruz, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Setembro de 2022

Força e Movimento é um jogo digital desenvolvido para o ensino de Mecânica. O objetivo do jogo é levar um objeto para fora de um labirinto, aplicando forças sobre ele. O efeito das forças sobre o objeto, entretanto, depende do “universo” em que está localizado o labirinto. O jogo permite visitar três universos. O primeiro é o universo de Aristóteles, no qual o objeto se move apenas enquanto uma força o empurra. O segundo é o universo de Newton, onde existe inércia e o movimento mantém-se mesmo na ausência de forças. O último é o universo de Einstein, onde nada pode mover-se com velocidade maior que a da luz.

A dificuldade do jogo aumenta à medida que se passa de um universo para o seguinte, refletindo o fato de nossas noções intuitivas sobre força e movimento serem essencialmente aristotélicas. Concepções desse tipo criam obstáculos à aprendizagem da Mecânica e um dos objetivos do jogo é ajudar os estudantes a reconhecer e superar essas dificuldades.

O jogo pode ser acessado via internet a partir de qualquer computador ou *smartphone* que possua um navegador moderno. Ele é acompanhado por material instrucional que pode ser utilizado, a critério do professor, nas atividades didáticas desenvolvidas com os estudantes. Há um texto de apoio, dirigido aos alunos, sobre as teorias do movimento que dão origem aos universos do jogo. Também estão disponíveis dois questionários sobre conceitos básicos da mecânica newtoniana, que podem ser aplicados antes e depois das atividades envolvendo o jogo, de modo a avaliar seu efeito. Os questionários são equivalentes em conteúdo e grau de dificuldade.

Nas páginas seguintes estão:

- a) o endereço eletrônico (a URL) onde o jogo pode ser encontrado;
- b) o texto de apoio sobre as teorias do movimento; e
- c) os dois questionários (*A* e *B*) que são sugeridos como testes pré/pós utilização do jogo.

Esses itens estão apresentados separadamente de modo a permitir distribuição e utilização independentes.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

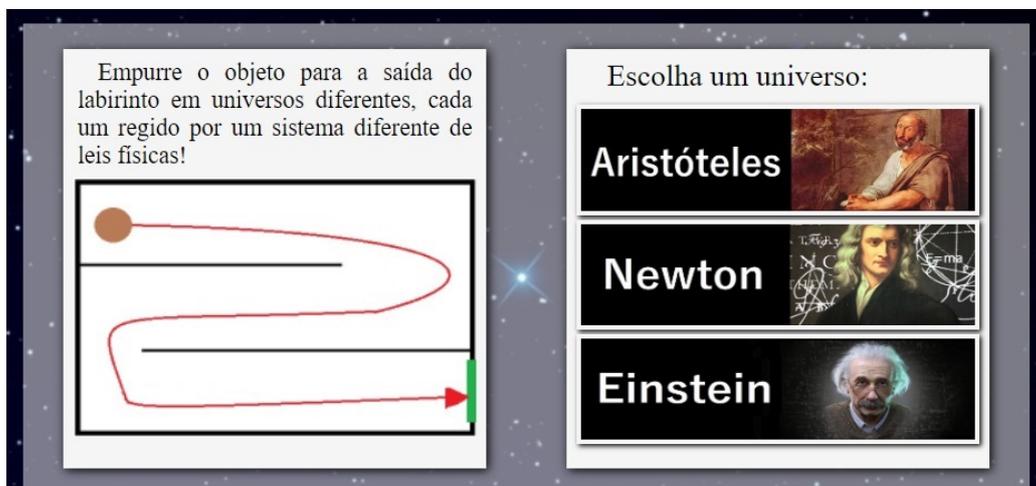
Jogo sobre Força e Movimento

Tarcisio Lima da Cruz

Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Tarcisio Lima da Cruz, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Setembro de 2022



Link para o jogo:

https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2022_2_Tarcisio_Cruz/jogo/dinamica.html

Código QR:





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Teorias do Movimento: Texto de Apoio

Tarcisio Lima da Cruz

Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Tarcisio Lima da Cruz, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Setembro de 2022

As teorias do movimento

Desde a antiguidade, o movimento é um dos principais temas no estudo da natureza. Entretanto, por mais estranho que pareça, as noções atuais da maioria das pessoas a respeito do movimento são partes de um esquema da física que foi proposto há mais de 2000 anos – e demonstrado ser inexato e insuficiente há pelo menos 1400 anos.¹

Aristóteles

Esse esquema seria a teoria dinâmica proposta por Aristóteles, um dos mais importantes filósofos da Grécia Antiga. Segundo essa teoria, sem força não há movimento.

Uma ideia como essa condiz com muitas experiências cotidianas, como empurrar um armário de um lugar a outro do quarto: O armário só se move enquanto empurramos; se a aplicação da força cessar, o movimento também cessa.

Newton

Por outro lado, outras experiências, igualmente cotidianas, demonstram que essa teoria é inexata: imagine um chute dado numa bola de futebol. Pensando no movimento horizontal da bola, esta é posta em movimento pela força do chute e, mesmo depois de perder contato com o pé do jogador e sem nada mais a empurrando, continua se movendo.

De fato, Aristóteles estava errado! Na ausência de forças, um objeto em movimento se mantém em movimento. Essa é a ideia central do importantíssimo conceito de inércia proposto por Galileu Galilei e desenvolvido por Isaac Newton, dois dos cientistas mais importantes da Idade Moderna e os responsáveis por muitas das bases da Física atual.

Também segundo Newton, as forças são responsáveis por mudanças de velocidade: pondo em movimento um corpo que está parado; aumentando ou diminuindo a velocidade de um corpo em movimento; ou alterando a direção do movimento.

Contudo, como isso poderia estar de acordo com o armário que só se move enquanto empurramos?

Em muitos casos, existem outras forças além das que fazemos ao empurrar um armário ou chutar uma bola. Nesses casos, por exemplo, agem forças como o atrito com o chão ou a resistência do ar. Essas forças podem ser mais intensas, como no caso do armário, e fazer parar o movimento quase imediatamente ou

¹ De acordo com I. Bernard Cohen em “O Nascimento de uma Nova Física”. Excelente livro, disponível em português.

podem ser mais fracas, como no caso da bola, que também vai parar, depois de um tempo maior.

Einstein

A teoria de Newton falha em alguns casos extremos, como quando a velocidade do movimento se aproxima da velocidade da luz, o que pode ocorrer com partículas subatômicas.

Einstein mostrou que nenhum corpo com massa pode alcançar a velocidade da luz no vácuo. Por causa desse limite, conforme o corpo se aproxima da velocidade da luz, torna-se cada vez mais difícil alterar sua velocidade.

Nenhum objeto cotidiano, porém, alcança sequer um milésimo da velocidade da luz, de forma que esses efeitos são desprezíveis no nosso dia a dia. Portanto, a teoria de Newton é suficiente e precisa em situações cotidianas e em muitas aplicações científicas e tecnológicas.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Testes de Compreensão de Mecânica Newtoniana

Tarcisio Lima da Cruz

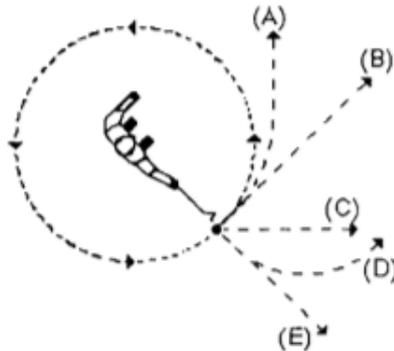
Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Tarcisio Lima da Cruz, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Setembro de 2022

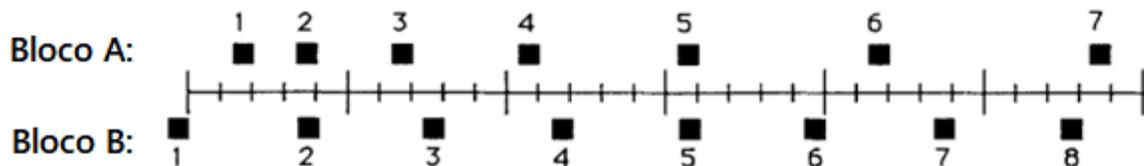
Teste A

1. Você amarra uma pedra com barbante e a gira horizontalmente sobre sua cabeça. O diagrama a seguir representa essa situação como vista de cima. Quando a pedra passa pelo ponto indicado no diagrama o barbante se rompe. Qual alternativa melhor representa a trajetória da pedra após o rompimento do barbante?



Considere o enunciado e a figura a seguir para responder as próximas duas questões:

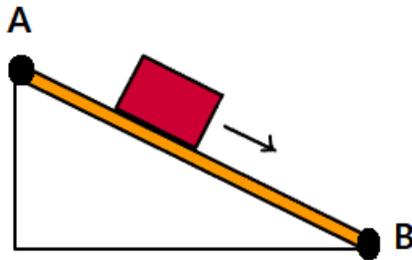
As posições de dois blocos, A e B, em intervalos de tempo iguais e sucessivos, estão representadas nos quadrados numerados da figura a seguir. Os blocos estão se movendo da esquerda para a direita.



2. O que podemos afirmar sobre o movimento dos blocos?
- Ambos os blocos realizam movimento uniforme.
 - Ambos os blocos realizam movimento variado.
 - O bloco A realiza movimento uniforme, enquanto o bloco B realiza movimento variado.
 - O bloco A realiza movimento variado, enquanto o bloco B realiza movimento uniforme.
 - Não há dados suficientes para classificar o movimento dos blocos.

3. Em algum instante os blocos têm a mesma velocidade?
- a) Não.
 - b) Sim, nos instantes 2 e 5.
 - c) Sim, apenas no instante 5.
 - d) Sim, em algum instante dentro do intervalo de 3 até 4.
 - e) Sim, em algum instante dentro do intervalo de 4 até 5.
4. Suponha que você empurra um armário, porém não consegue movê-lo. O que podemos afirmar sobre as forças que atuam nesse armário?
- a) Existe a força do empurrão e uma força de atrito com o chão. A força de atrito é maior e opõe-se à força do empurrão, por isso o armário não se move.
 - b) Existe a força do empurrão e uma força de atrito com o chão. A força de atrito é igual e opõe-se à força do empurrão, por isso o armário não se move.
 - c) Existe apenas a força exercida do empurrão, que não é suficiente para mover o armário.
 - d) Existe apenas a força de atrito, que impede o movimento.
 - e) Não existe força nenhuma atuando no armário, já que ele permanece em repouso.

5. Uma caixa desce deslizando sobre uma rampa do ponto A ao ponto B, como representado na figura a seguir. Sua velocidade aumenta uniformemente com o tempo.



Sobre essa situação e as forças que atuam sobre a caixa, analise as afirmativas a seguir:

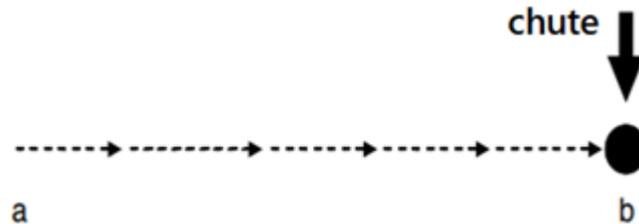
- I. A resultante das forças é não nula e tem sentido de A para B.
- II. A resultante das forças aumenta com o tempo.

Estão corretas as afirmativas:

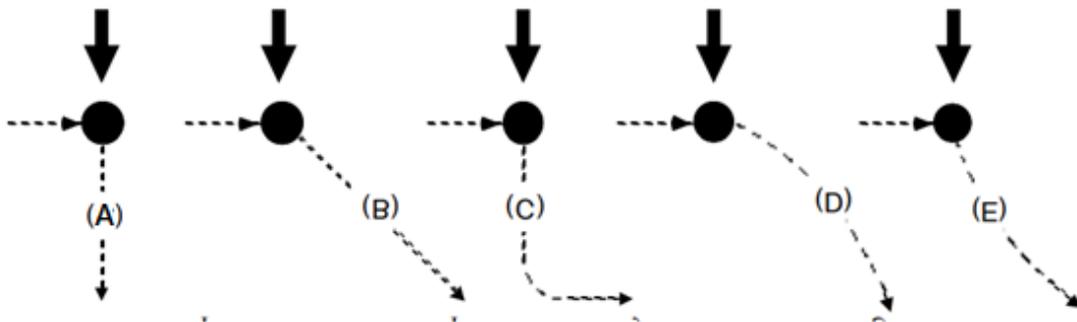
- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II.
- d) Nenhuma.
- e) Não há informações suficientes para avaliar a afirmativa II.

Considere o enunciado e a figura a seguir para responder as próximas três questões:

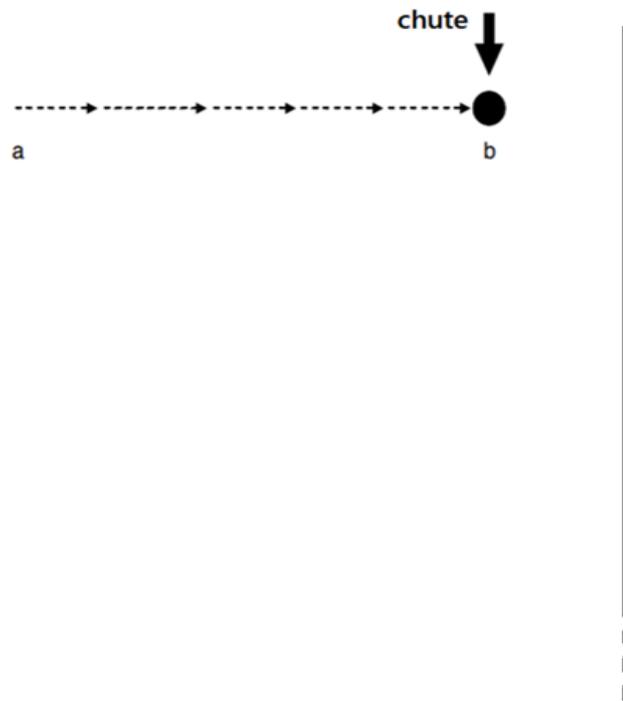
A figura a seguir representa um disco que se move no chão sem atrito e com velocidade constante do ponto A ao ponto B. Você está no ponto B. Quando o disco passa por você, você o chuta no sentido indicado, perpendicular a AB.



6. Qual alternativa melhor representa a trajetória do disco depois do seu chute?



7. Um muro muito extenso está à direita e perpendicularmente à trajetória anterior ao chute, como representado na figura a seguir.



Se você não desse o chute, o disco atingiria o muro 2 segundos depois de passar por você. Com o chute, o disco:

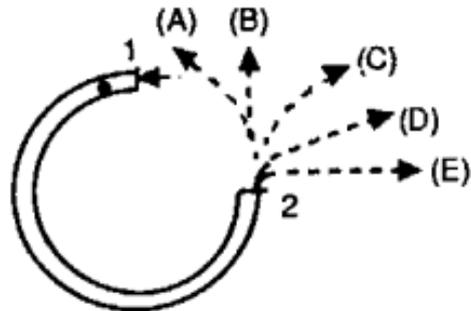
- a) Atingirá o muro nos mesmos 2 segundos.
 - b) Atingirá o muro em menos de 2 segundos.
 - c) Atingirá o muro em mais de 2 segundos.
 - d) Não atingirá o muro.
 - e) Sem saber a intensidade do chute, é impossível dizer se o disco atingirá o muro ou o tempo para que isso ocorra.
8. A partir do instante em que o disco perde contato com seu chute, a velocidade do disco:
- a) Aumenta continuamente.
 - b) Diminui continuamente.
 - c) Permanece constante.
 - d) Aumenta por alguns instantes, depois começa a diminuir.
 - e) Permanece constante por alguns instantes, depois começa a diminuir.

Gabarito do Teste A:

1. B
2. D
3. D
4. B
5. A
6. B
7. A
8. C

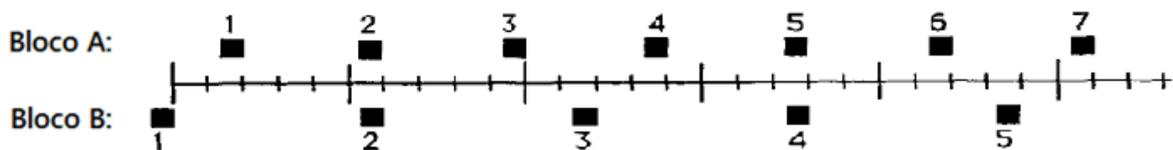
Teste B

1. A figura a seguir representa um trilho semicircular fixado numa mesa horizontal. Uma bolinha entra pelo ponto 1 e sai pelo ponto 2. Qual alternativa melhor representa a trajetória da bolinha ao sair por 2 e rolar pela mesa?



Considere o enunciado e a figura a seguir para responder as próximas duas questões:

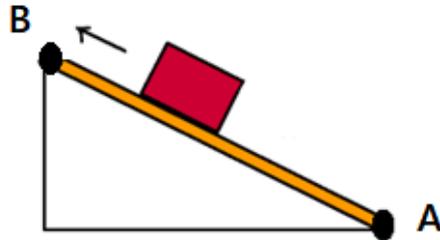
As posições de dois blocos, A e B, em intervalos de tempo iguais e sucessivos, estão representadas nos quadrados numerados da figura a seguir. Os blocos estão se movendo da esquerda para a direita.



2. O que podemos afirmar sobre o movimento dos blocos?
 - a) Ambos os blocos realizam movimento uniforme.
 - b) Ambos os blocos realizam movimento variado.
 - c) O bloco A realiza movimento uniforme, enquanto o bloco B realiza movimento variado.
 - d) O bloco A realiza movimento variado, enquanto o bloco B realiza movimento uniforme.
 - e) Não há dados suficientes para classificar o movimento dos blocos.

3. Em algum instante os blocos têm a mesma velocidade?
- a) Não.
 - b) Sim, em todos os instantes
 - c) Sim, apenas no instante 2.
 - d) Sim, em algum instante dentro do intervalo de 2 até 3.
 - e) Sim, em algum instante dentro do intervalo de 4 até 5.
4. Suponha que você empurra um armário e ele se move com velocidade constante. O que podemos afirmar sobre as forças que atuam nesse armário?
- a) Existe apenas a força do empurrão, que move o armário.
 - b) Existe a força do empurrão e uma força de atrito com o chão. A força de atrito é igual e opõe-se à força do empurrão, por isso o armário permanece em movimento uniforme.
 - c) Existe a força do empurrão e uma força de atrito com o chão. A força de atrito opõe-se à força do empurrão, porém é menor, de forma que não é suficiente para impedir o movimento.
 - d) Existe a força do empurrão e uma força de atrito com o chão. Ambas têm o mesmo sentido do movimento, de forma que o armário consegue permanecer em movimento.
 - e) Não existe força nenhuma atuando no armário, já que ele permanece em movimento uniforme.

5. Uma caixa sobe uma rampa, deslizando do ponto A ao ponto B, como representado na figura a seguir. Sua velocidade diminui uniformemente com o tempo.



Sobre essa situação e as forças que atuam sobre a caixa, analise as afirmativas a seguir:

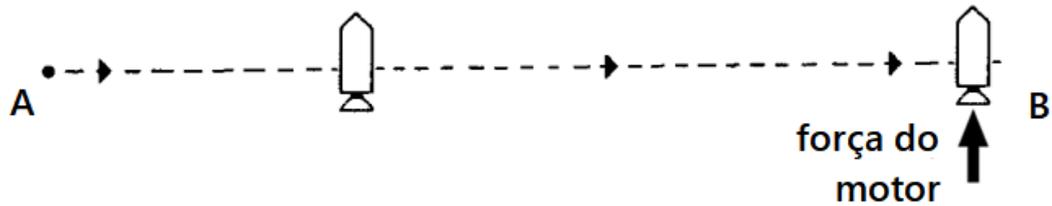
- I. A resultante das forças é não nula e tem sentido de A para B.
- II. A resultante das forças diminui com o tempo.

Estão corretas as afirmativas:

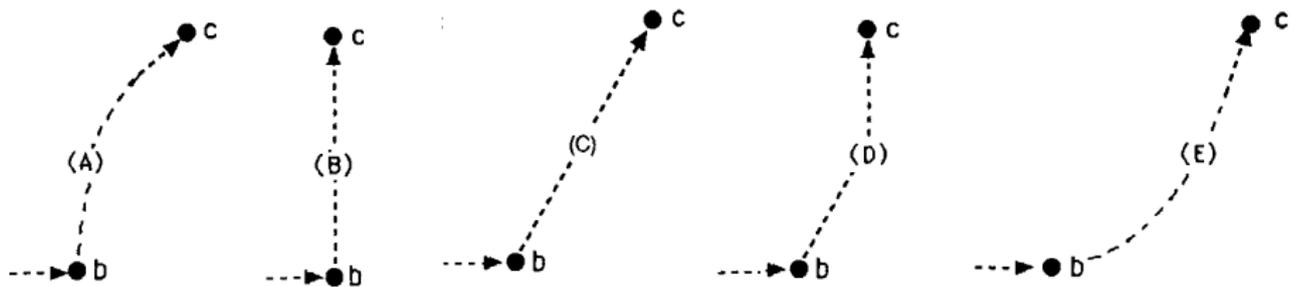
- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II.
- d) Nenhuma.
- e) Não há informações suficientes para avaliar a afirmativa II.

Considere o enunciado e a figura a seguir para responder as próximas três questões:

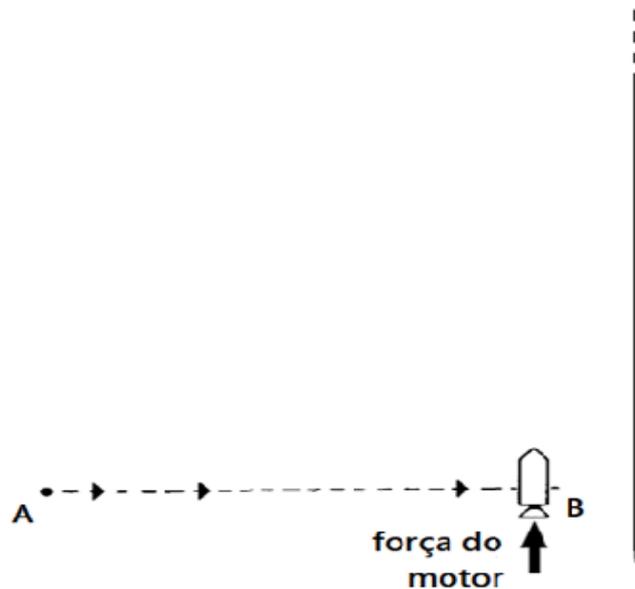
A figura a seguir representa um foguete que se move lateralmente no espaço do ponto A ao ponto B com velocidade constante e seus motores desligados. No ponto B os motores são acionados de forma a produzir sobre o foguete uma força constante perpendicular a AB, como indicado na figura.



6. Qual alternativa melhor representa a trajetória do foguete até um ponto C, enquanto os motores permanecem ligados?



7. O foguete está aproximando de um dos anéis de Saturno, representado na figura pela linha à direita, perpendicular à trajetória AB.



Se os motores permanecessem desligados, o foguete alcançaria o anel de Saturno 1 minuto depois de passar por B. Com o acionamento dos motores o foguete:

- a) Alcançará o anel no mesmo 1 minuto.
 - b) Alcançará o anel em menos de 1 minuto.
 - c) Alcançará o anel em mais de 1 minuto.
 - d) Não alcançará o anel.
 - e) Sem saber a intensidade da propulsão dos motores, é impossível dizer se o foguete alcançará o anel de Saturno ou o tempo para que isso ocorra.
8. Se os motores forem desligados novamente, a partir desse momento a velocidade do foguete:
- a) Aumentará continuamente.
 - b) Diminuirá continuamente.
 - c) Permanecerá constante.
 - d) Aumentará por alguns instantes, depois permanecerá constante.
 - e) Permanecerá constante por alguns instantes, depois começará a diminuir.

Gabarito do Teste B:

1. B
2. A
3. A
4. B
5. D
6. E
7. A
8. C