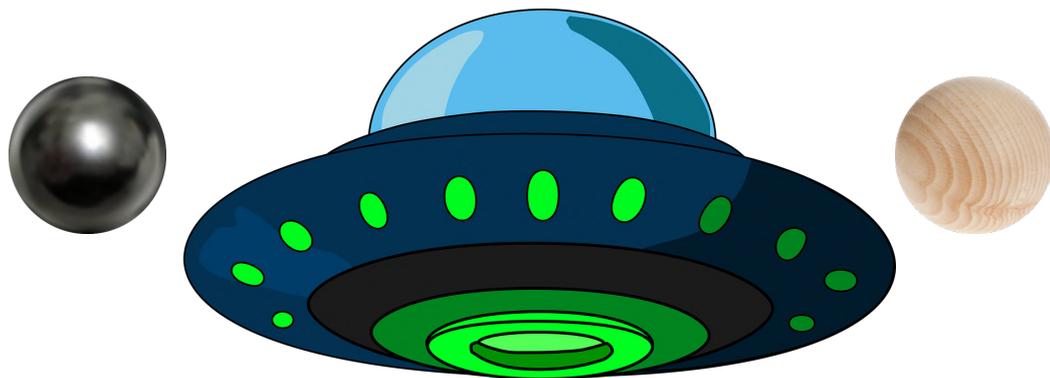


# NEWTÔNIA



TUTORIAL PARA UTILIZAÇÃO DO JOGO EM AULA



Desenvolvido por Paulo Ricardo de Souza Silva, Romeu Miqueias Szmoski e Rafael João Ribeiro

## SUMÁRIO

<b>1. NEWTÔNIA</b> .....	<b>3</b>
1.1 O JOGO .....	3
1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	3
1.3 O ENSINO DE FÍSICA .....	5
<b>2. TELA INICIAL</b> .....	<b>7</b>
<b>3. COMANDOS DO JOGO</b> .....	<b>7</b>
<b>4. SITUAÇÕES NO JOGO x QUESTÕES DO FCI</b> .....	<b>8</b>
<b>SOBRE O MATERIAL</b> .....	<b>22</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO</b> .....	<b>23</b>

## 1. NEWTÔNIA

### 1.1 O JOGO

O jogo Newtônia trata-se de uma aventura onde Fedora, uma adolescente ruiva, de olhos grandes e fascinada pela disciplina de Física, viajava pelo universo a bordo de sua nave espacial. Em um determinado dia, ao sobrevoar um planeta de uma desconhecida e distante galáxia, Fedora ligou o piloto automático da sua nave para organizar suas bandeiras de Isaac Newton, as quais havia confeccionado para utilizar na feira de ciências de sua escola.

Devido à uma chuva de meteoros, o piloto automático precisou efetuar uma brusca manobra, momento no qual Fedora e suas bandeiras acidentalmente caem da nave. Ao chegar no solo, Fedora se depara com uma terra devastada por um apocalipse zumbi. Para conseguir coletar todas bandeiras e reencontrar sua nave, ela deverá percorrer os cenários, esmagando zumbis e desviando dos inúmeros obstáculos presentes em um ambiente sombrio.

No clássico gênero de plataforma 2D, o jogo Newtônia foi desenvolvido com o intuito de preparar o aluno para receber as novas ideias de conceitos de Física. Diferentemente da abordagem puramente mecânica, onde não há a exploração ou atenção as vivências do estudante, o jogo apresenta, **de maneira não verbal**, diversas situações nas quais a Física está presente.

### 1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

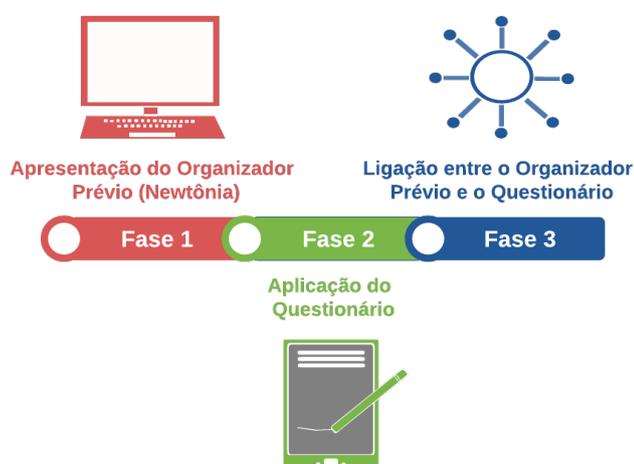
A abordagem utilizada está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Paul Ausubel em 1960. Esta teoria parte do princípio de que o ato de adquirir e reter conhecimento é fruto de uma combinação de ação, integração e interação entre o material de instrução e as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel afirma que é necessário realizar uma associação entre as ideias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (conhecimentos prévios) e as novas ideias a serem absorvidas para que haja uma aprendizagem significativa.

Ao referir-se aos conhecimentos prévios, Ausubel utiliza a palavra “subsunçores”. Os subsunçores permitem que os novos conhecimentos sejam assimilados, modificados e ampliados. No caso de ausência de subsunçores, sugere-se a utilização de **organizadores prévios**. Um Organizador Prévio (OP) é um mecanismo pedagógico que presta auxílio entre o que o aprendiz já sabe e aquilo que ele precisa saber. A utilização de OP justifica-se pelo caso dos conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz não serem suficientes para que seja estabelecida relação com os novos conhecimentos propostos pelo material de instrução. Sendo assim, o OP modifica os conhecimentos prévios, capacitando-os para receber os novos conhecimentos.

Três características devem estar presentes em um OP:

- I) Um OP deve ser capaz de gerar uma ancoragem estável e estabelecida entre ideias relevantes;
- II) Um OP deve apresentar ideias que sejam de fato relevantes para a estrutura cognitiva do aprendiz e se adapte ao material de instrução;
- III) Um OP deve possibilitar ao aprendiz identificar ideias já existentes na estrutura cognitiva e indicar de modo explícito a importância destas para a aprendizagem do novo conhecimento.

Desta forma, pode ser considerado um OP qualquer material que prepare a estrutura cognitiva do aluno para receber um novo aprendizado, portanto, **o OP deve ser aplicado ANTES de qualquer contato com o conteúdo que se deseja ensinar**. A aplicação deste OP deve seguir as fases sugeridas pela figura a seguir:



- 1ª Fase: Apresentar Organizador Prévio;
- 2ª Fase: Aplicar o questionário Anexo à este Tutorial;

- 3ª Fase: Relacionar as ideias contidas no Organizador Prévio com as ideias contidas no questionário, a fim de fazer uma ligação cognitiva entre o conhecimento que o aluno possui com o novo conhecimento a ser adquirido, tudo isso por meio de manipulação intencional direcionada pelo professor.

O jogo Newtonia foi desenvolvido com base no questionário *Force Concept Inventory* (FCI). Criado em 1992, o FCI projetado para avaliar a compreensão dos estudantes dos conceitos básicos da mecânica newtoniana. É uma ferramenta em forma de questionário que possibilita realizar o levantamento destas concepções em uma escala qualitativa, no qual o conceito de força está organizado em seis dimensões conceituais: (i) Cinemática, (ii) Primeira Lei de Newton, (iii) Segunda Lei de Newton, (iv) Terceira Lei de Newton, (v) Princípio da Superposição e (vi) Tipos de Força. Por ter sido aplicado e validado em distintos contextos educacionais, o FCI permite que sejam utilizados tanto com estudantes que ainda não obtiveram contato com o ensino formal da disciplina de Física quanto estudantes de Ensino Médio e Universitários.

O objetivo do jogo é preparar os alunos por meio de ideias âncoras, de modo **não-verbal** (um OP não deve apresentar fórmulas ou termos técnicos) antes da apresentação dos conceitos das novas ideias, de modo que possam ser identificados e relacionados pelo aluno. Após a aplicação do questionário (fase 2), o professor deverá comentar as respostas corretas relacionando-as com as situações presentes no jogo. Devido a este tutorial ter sido elaborado por uma pessoa que não é da área de Física, nada impede que alguém da área aprofunde mais o conteúdo.

### 1.3 O ENSINO DE FÍSICA

O ensino da Física é geralmente feito a partir de uma aprendizagem puramente mecânica, onde não há a exploração de conceitos relacionados com as vivências do estudante. As Diretrizes Curriculares da Educação Básica da Física do Estado do Paraná (DCE) nos informa que a aprendizagem terá um significado real quando partir de ideias e fenômenos que façam parte do contexto no qual o aluno está inserido, de forma que possibilite ao aluno refletir e fortalecer os conceitos científicos na sua experiência de vida.

Alguns professores que trabalham com a disciplina de Física utilizam a Matemática para definir leis, conceitos e resolver exercícios, porém, muitos professores não conseguem definir o papel da matematização nem a relação entre a Matemática e a Física no ensino de Física.

Isso leva à uma abordagem com um intenso enfoque matemático em que normalmente resulta em uma perspectiva composta por um conjunto de fórmulas que são apresentadas de modo não tão significativo para os alunos, sem associação com a sua vivência cotidiana.

Nossa vivência cotidiana é composta por fenômenos que geram indagações como: De que forma isso ocorre? Para que serve? Alguns destes fenômenos podem ser esclarecidos através leis de Newton, visto que abordam conceitos fundamentais para o que é chamado de Mecânica Clássica, também chamada de Mecânica “Newtoniana”.

A Mecânica Newtoniana é normalmente trabalhada no 1º ano do Ensino Médio, onde são apresentados conceitos como força, massa, aceleração, dentre outros que são fundamentais para a formação dos alunos. O grau de abstração no processo de ensino e aprendizagem deste conteúdo mostra-se difícil tanto para os discentes quanto para os docentes, podendo causar aos aprendizes o desafeto pela disciplina de Física.

Desta forma, o professor necessita repensar suas práticas pedagógicas para que possa obter a habilidade de identificar as dificuldades de aprendizado e escolher metodologias de ensino que se adaptem às características dos alunos com os quais trabalha e deve considerar as características dos conteúdos em discussão.

Portanto, o jogo Newtônia tem a finalidade de agir como organizador prévio, estabelecendo um elo entre o que o aluno já sabe com o que ele precisa aprender no processo de ensino e aprendizagem das leis de Newton no Ensino de Física.

## 2. TELA INICIAL

O jogo Newtônia apresenta uma interface inicial bastante simples, na qual há apenas duas opções: Iniciar ou Sair, conforme pode ser observado na captura de tela abaixo. Basta clicar sobre a opção desejada.



## 3. COMANDOS DO JOGO

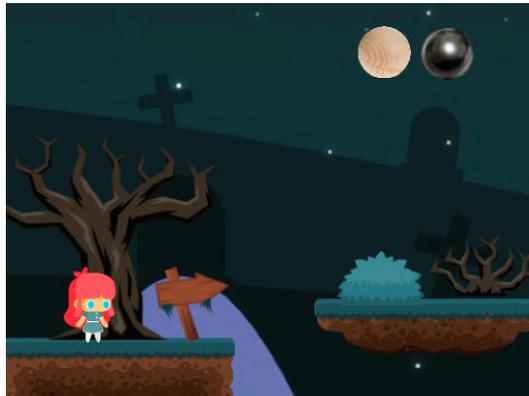
Os comandos do jogo Newtônia se dão por meio do teclado do computador. Eles foram simplificados para oferecer uma fácil jogabilidade até mesmo aos alunos com menos experiência com jogos digitais.

TECLA	AÇÃO
A ou Seta para a esquerda	Andar para a esquerda
D ou Seta para a direita	Andar para a direita
Barra de espaço	Pular

#### 4. SITUAÇÕES NO JOGO x QUESTÕES DO FCI

Diversas situações presentes no jogo Newtônia foram pensadas com o objetivo de apresentar em suas fases cenas que fossem capazes de representar os enunciados das questões do FCI. A situação ilustrada na figura 1 apresenta uma destas cenas, na qual duas esferas, sendo uma de madeira e outra de metal, caracterizando pesos diferentes, caem do céu, até atingirem o chão.

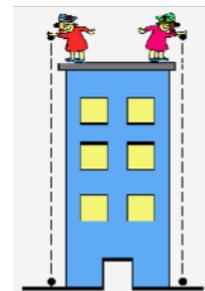
**Figura 1** - Esferas de madeira e metal caindo do céu



Com base nesta situação, o aluno é capaz de reconhecer, entre outras coisas, que duas esferas de mesmo tamanho, porém, de materiais diferentes, caem ao mesmo tempo. Logo esta situação daria suporte para ele responder a questão 1 do questionário FCI, apresentada no quadro 1:

**Quadro 1** - Questão 1 do FCI

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As esferas são soltas do telhado de um prédio no mesmo instante de tempo. Quanto tempo que as esferas demoram para chegar ao chão?
- (A) A esfera mais pesada demora a metade do tempo da esfera mais leve.  
 (B) A esfera mais leve demora a metade do tempo da esfera mais pesada.  
 (C) Ambas as esferas demoram mais ou menos o mesmo tempo.  
 (D) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais pesada, mas não necessariamente a metade.  
 (E) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais leve, mas não necessariamente a metade.



A resposta correta para a questão 1 é a alternativa “C”, pois aplicando a segunda lei de Newton sobre os objetos em movimento tem-se  $F = m \cdot a$ , sendo,  $F = m \cdot g$ , então  $a = g = \text{constante}$ . Como a aceleração é a mesma para ambos os

objetos, e ambas são abandonadas da mesma altura, elas devem atingir o chão ao mesmo tempo independentemente de suas massas.

A figura 2 apresenta uma situação na qual as mesmas esferas da questão 1 rolavam na horizontal sobre plataformas, da direita para a esquerda, como obstáculos para a personagem até atingirem o chão, sendo possível observar que de fato ambas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal.

**Figura 2** - Esferas de madeira e metal rolando sobre as plataformas



Ao observar esta situação, é possível que o aluno note a movimentação das esferas e consiga relacionar com a questão 2, apresentada no quadro 2.

**Quadro 2** - Questão 2 do FCI

2. As duas esferas do problema anterior rolam de uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:

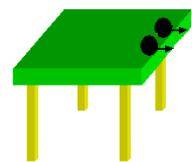
(A) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa.

(B) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa.

(C) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa.

(D) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve.

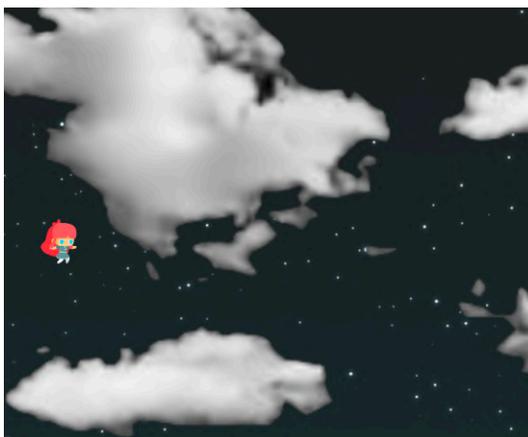
(E) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada.



Na questão 2 a resposta correta é a alternativa “A”, pois o movimento das esferas pode ser decomposto em dois movimentos independentes, um acelerado na vertical, e um retilíneo e uniforme na horizontal. Temos aqui a aplicação da primeira lei na horizontal e da segunda na vertical. Como não estamos considerando forças na horizontal, e ambas esferas abandonam a mesa com a mesma velocidade, vão atingir o chão a mesma distância da mesa.

Logo na primeira cena do jogo, é apresentada uma situação na qual a personagem Fedora cai em queda livre, de modo que as nuvens ao fundo do cenário se deslocam para cima com uma velocidade que aumenta gradativamente, causando a impressão de que a personagem cai devido à força da gravidade que atua sobre ela, conforme pode ser observado na figura 3.

**Figura 3** - A personagem Fedora caindo em queda livre



Nesta cena, o estudante pode notar o aumento gradativo da velocidade das nuvens durante a queda da personagem, obtendo suporte para responder a questão 3, apresentada no quadro 3.

**Quadro 3** - Questão 3 do FCI

<p><b>3.</b> Uma pedra que é deixada cair do telhado de um edifício na superfície da Terra:</p> <p>(A) Alcança uma velocidade máxima logo após ser largada e cai com velocidade constante depois disso.</p> <p>(B) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.</p> <p>(C) Vai aumentando de velocidade enquanto cai, devido à força da gravidade quase constante que atua sobre ela.</p> <p>(D) Cai por causa da tendência natural de todos os objetos para ficarem em repouso na superfície da terra.</p> <p>(E) Cai por causa dos efeitos combinados da força da gravidade e da força do ar que a empurram para baixo.</p>	
---	--

A resposta correta para a questão 3 é a alternativa “C”, pois, conforme discutido na questão 1, a pedra sofrerá uma aceleração constante estabelecida pela gravidade local, portanto, sua velocidade aumenta com o tempo a medida que cai.

Em uma determinada parte do jogo é apresentada uma situação envolvendo a terceira lei de Newton, na qual dois monstros no formato de rochas quadradas se colidem frontalmente e se deformam, apresentando um efeito “emborrachado”. Ao se chocarem, elas exercem forças uma sobre a outra e, então, cada uma segue um caminho, como ilustrado na figura 4.

**Figura 4** - Monstros de pedra colidindo frontalmente



Ao deparar-se com esta situação, o estudante é capaz de relacioná-la com a resposta correta da questão 4, descrita no quadro 4.

**Quadro 4** - Questão 4 do FCI

4. Um caminhão bate de frente com um carro de passeio. Durante a colisão:

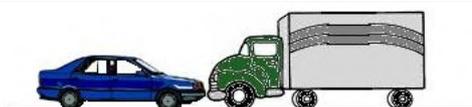
(A) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão.

(B) A força exercida pelo carro sobre o caminhão é maior do que a força exercida pelo caminhão sobre o carro.

(C) Nenhum veículo exerce força um no outro, o carro é destruído apenas porque estava no caminho do caminhão.

(D) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão.

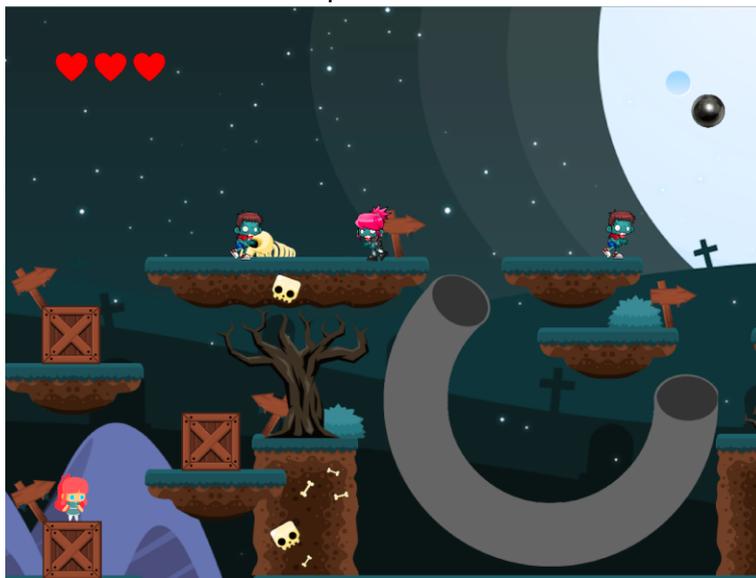
(E) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é igual à força exercida pelo carro sobre o caminhão.



Toda ação corresponde a uma reação de igual intensidade, mas que atua no sentido oposto. A força resulta da interação entre os corpos. Portanto, a alternativa “E” apresenta a resposta correta.

O jogo apresenta uma fase onde uma esfera metálica é disparada em um tubo com formato em “U”, entrando em uma entrada **p** e saindo em uma saída **r**, conforme pode ser observado na figura 5.

**Figura 5** - Esfera metálica sendo disparada dentro de um tubo em formado de “U”

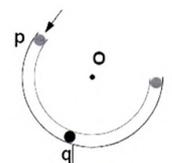


Com a observação desta cena, o estudante terá embasamento para responder as questões 5 e 6 do questionário FCI, apresentadas no quadro 5.

Quadro 5 - Questões 5 e 6 do FCI

**UTILIZE AS INDICAÇÕES E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (5 e 6).**

A figura mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em "O". O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em "p" e sai em "r".



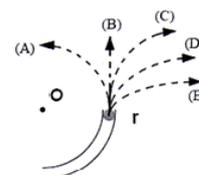
5. Considere as seguintes forças distintas:

1. Uma força para baixo devido à gravidade.
2. Uma força exercida pelo tubo que aponta de "q" para "O".
3. Uma força no sentido do movimento.
4. Uma força que aponta de "O" para "q".

Qual(ais) força(s) acima atua(m) na esfera quando esta se encontra no interior do tubo sem atrito na posição "q"?

- A) 1 somente.      B) 1 e 2.      C) 1 e 3.      D) 1, 2 e 3.      E) 1, 3 e 4.

6. Qual trajetória na figura da direita a esfera seguirá após sair do tubo em "r", movendo-se sobre a mesa sem atrito?



Tanto a questão 5 quanto a questão 6 possuem como resposta correta a alternativa "B", pois a força gravitacional possui direção vertical e sentido para baixo e em movimento circular a direção da velocidade é alterada por uma força centrípeta imprimindo no objeto, de acordo com a segunda lei, uma aceleração centrípeta. Já a trajetória é retilínea e tangencial ao ponto r após o lançamento porque não a força gravitacional, estando na mesma direção da velocidade, não alterará sua direção após a esfera deixar o tubo, mas apenas sua magnitude.

Em um determinado momento do jogo, há uma cena na qual um canhão encontra-se sobre um penhasco atirando esferas contra a personagem. Para cada tiro do canhão, há um rastro de fumaça para que fique visível a trajetória percorrida pelo disparo, objetivando facilitar a observação da atuação da gravidade sobre o projétil logo que este deixa o canhão, conforme pode ser observado na figura 6.

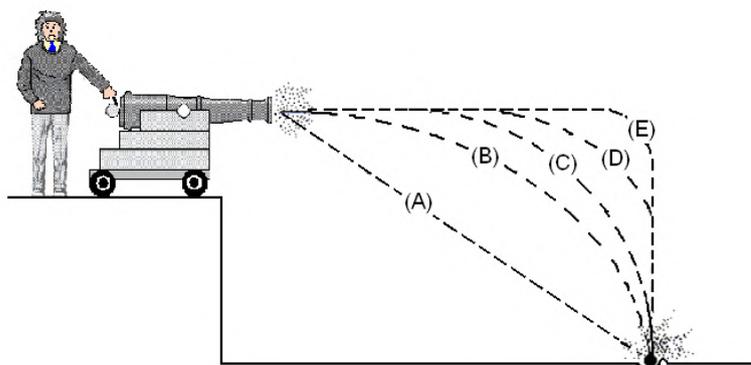
**Figura 6** - Tiros de canhão sendo disparados contra Fedora



Ao observar a trajetória percorrida pelo projétil, o estudante poderá se basear para responder a questão 7 do FCI, apresentada no quadro 6.

**Quadro 6** - Questão 7 do FCI

7. Uma esfera é disparada por um canhão do alto de um penhasco como mostrado na figura abaixo. Qual é a trajetória que mais se aproxima da seguida pela esfera?



A resposta correta desta questão é a alternativa “B”, pois como mencionado na questão 2, o movimento da esfera pode ser decomposto em dois, um na vertical e outro na horizontal. Na vertical a esfera está sujeita a força gravitacional e, de acordo com a segunda lei, será um movimento acelerado. Na horizontal, como não há forças externas, a primeira lei assegura que o movimento será retilíneo e uniforme. Logo a trajetória será dada pela combinação destes dois movimentos e, portanto, parabólica.

O jogo apresenta alguns inimigos zumbis que atiram esferas para cima em linha reta, ao atingirem uma determinada altura, as esferas retornam para as mãos

dos zumbis, devido a força gravidade, quase constante, atuando sobre as esferas. Tal situação é ilustrada na figura 7.

**Figura 7** - Inimigos zumbis arremessando esferas metálicas para cima, verticalmente



Observando esta cena, o estudante terá suporte para responder a questão 8 do FCI, descrita no quadro 7.

**Quadro 7** - Questão 8 do FCI

**8.** Um menino joga uma esfera de aço para cima em linha reta. Considere o movimento da esfera apenas depois de sair da mão do menino e antes de tocar o chão e suponha que as forças exercidas pelo ar são insignificantes. Nestas circunstâncias, a(s) força(s) atuando na bola é (são):

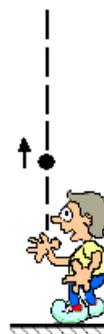
(A) Uma força da gravidade para baixo e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante.

(B) Uma força para cima que vai diminuindo desde o momento em que a esfera sai da mão do menino até alcançar seu ponto mais elevado e, durante a descida, a força da gravidade para baixo que aumenta constantemente à medida que a esfera vai ficando mais perto da Terra.

(C) Uma força para baixo quase constante devido à gravidade e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante até a esfera alcançar seu ponto mais elevado.

(D) Apenas uma força da gravidade para baixo e quase constante.

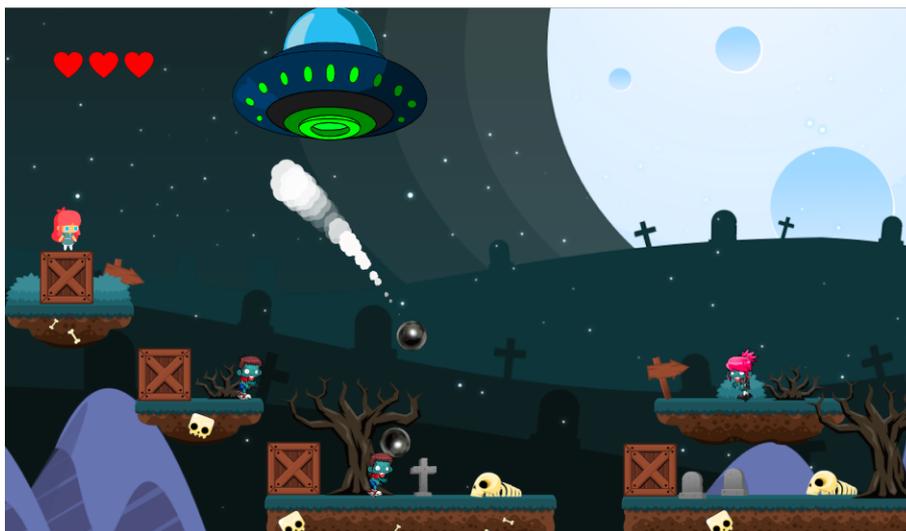
(E) Nenhuma das anteriores. A esfera retorna ao chão devido à sua tendência natural de ficar em repouso na superfície da Terra.



A alternativa que apresenta a resposta correta é a “D”, pois a única força agindo sobre a esfera após ser arremessada é a gravitacional, cuja direção de ação é vertical e sentido para baixo. Logo, embora a esfera tenha velocidade para cima, de acordo com a segunda lei, ela estará submetida a uma aceleração constante para baixo.

Em uma outra cena do jogo, o disco voador da personagem atravessa o cenário atirando esferas sobre os inimigos. Para cada esfera arremessada pela aeronave, há um rastro de fumaça para que fique visível a trajetória percorrida pelo objeto, visando facilitar a sua visualização e memorização, assim como na questão que apresentava os tiros de canhão. Esta cena pode ser observada na figura 8.

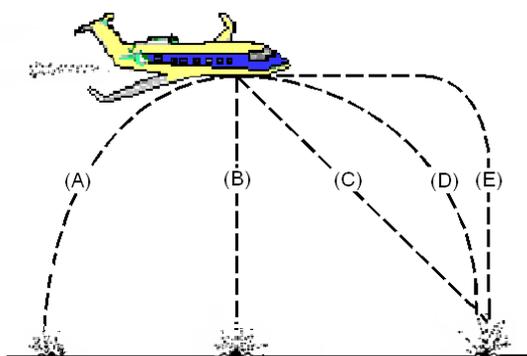
**Figura 8** - Disco Voador de Fedora atirando esferas metálicas nos inimigos



Ao observar esta cena, o aluno poderá relacioná-la com a questão 9 do FCI, embasando-se para respondê-la. A questão 9 está descrita no quadro 8.

**Quadro 8** - Questão 9 do FCI

**9.** Um objeto é largado por um avião em voo horizontal, como mostrado na figura. Qual trajetória, quando vista por um observador situado no chão, mais se aproxima daquela seguida pelo objeto depois de deixar o avião?



A resposta correta da questão 9 é a representada pela trajetória “D”, como no questão do problema do canhão, na qual a trajetória será dada pela combinação dos movimentos da vertical e horizontal.

Há ainda no jogo, uma situação na qual um monstro de pedra menor empurra um monstro de pedra maior, até ambos caírem em um penhasco, conforme ilustrado na figura 9.

**Figura 9** - Monstro de pedra menor empurrando um monstro de pedra maior



Analisando esta situação, o aluno poderá ter suporte para responder as questões 10 e 11 do FCI, apresentadas no quadro 9.

#### Quadro 9 - Questões 10 e 11 do FCI

**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (10 e 11).**

Um caminhão sofre um defeito na estrada e é empurrado por trás por um carro de passeio como mostrado na figura abaixo.



**10. Enquanto o carro, ainda empurrando o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade desejada:**

- (A) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (B) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (C) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (D) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.
- (E) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

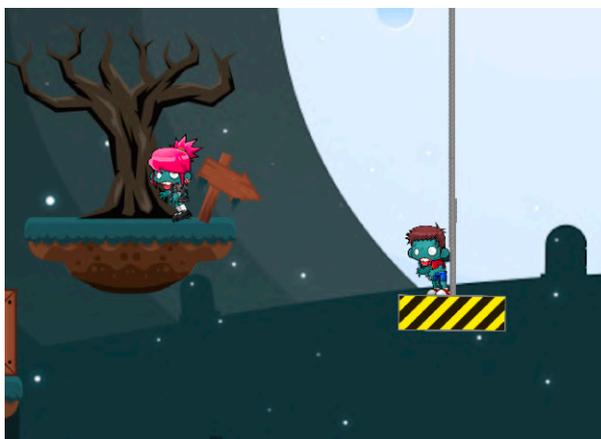
**11. Depois que o carro alcança a velocidade constante que o seu condutor deseja para empurrar o caminhão:**

- (A) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (B) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (C) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.
- (D) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.
- (E) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque ele está no caminho do carro.

As questões envolvem uma situação onde um carro de passeio empurra um caminhão, conforme apresentado no quadro 5. As respostas corretas para ambas questões são a alternativa “A”, pois, conforme descreve a terceira lei de Newton, toda ação corresponde a uma reação de igual intensidade.

Em uma outra situação do jogo, é apresentado um elevador preso a um cabo de aço, no qual um zumbi é puxado para cima em uma velocidade constante, conforme pode ser observado na figura 10.

**Figura 10** - Zumbi sobre um elevador subindo em movimento vertical



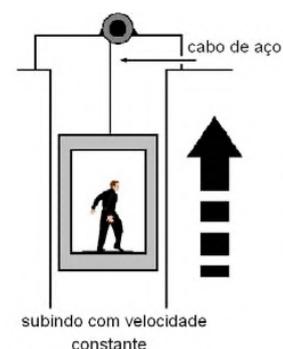
Por meio desta cena, o aluno pode relacioná-la com a questão número 12 do FCI, apresentada no quadro 10.

**Quadro 10** - Questão 12 do FCI.

**12.** A figura mostra um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:

- (A) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade.
- (B) A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade.
- (C) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade.
- (D) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas pra baixo pela gravidade e pelo ar.

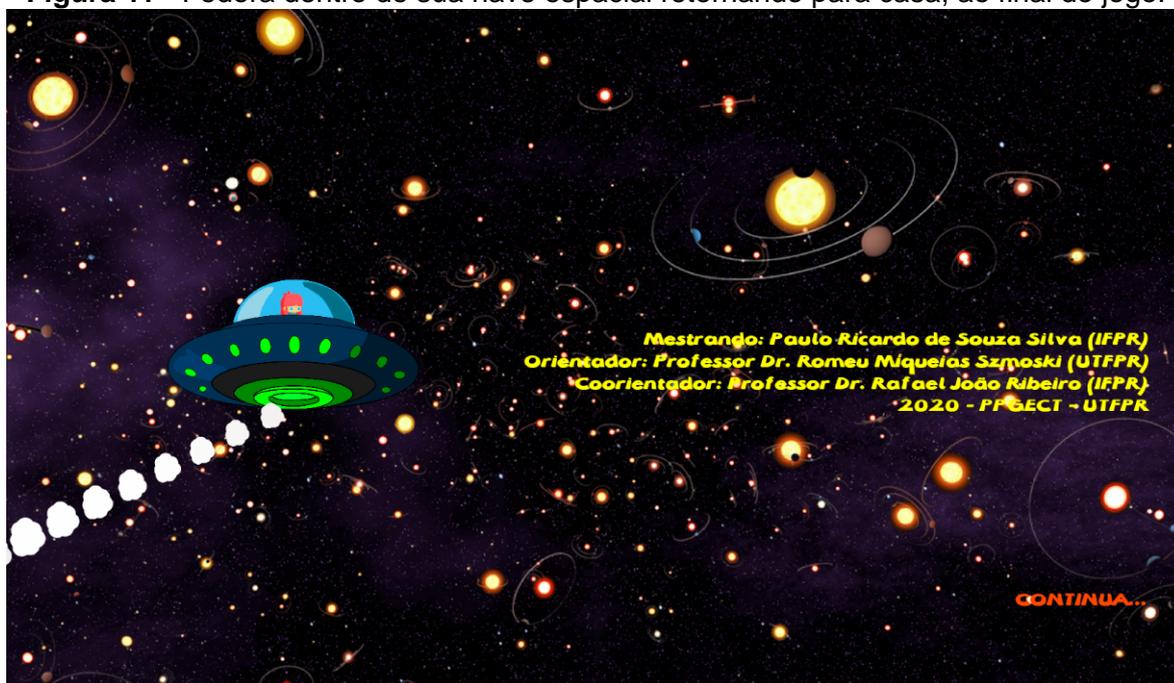
(E) Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).



A resposta correta para a questão 12 é a alternativa “B”, pois estando em velocidade constante, a soma vetorial das forças deve ser nula, ou seja, a força de tração exercida pelo cabo e a força gravitacional têm a mesma intensidade e direção, mas, sentidos contrários.

Por fim, na última cena do jogo, após a personagem passar por uma sequência de zumbis, finalmente encontra seu disco voador, que a abduz e a leva para o espaço. Nesta cena, apresentada na figura 11, é possível acelerar a nave, pressionando a tecla “barra de espaço”.

**Figura 11** - Fedora dentro de sua nave espacial retornando para casa, ao final do jogo.



Ao acelerar a nave, o aluno poderá observar trajetórias abordadas pelas questões 13, 14, 15 e 16 do FCI, apresentadas no quadro 11. Todas as questões devem ser respondidas com base na análise de um enunciado que aborda a trajetória a ser percorrida por um disco voador que desloca-se lateralmente no espaço e não está sujeito a nenhuma força exterior. Esta situação contempla as três leis. Inicialmente não há forças agindo, então o movimento é retilíneo e uniforme e a trajetória uma reta. Na sequência o motor é acionado fazendo com que a reação à pressão exercida pelos gases o impulsione para frente. Sendo essa força constante, de acordo com a segunda lei, vai imprimir uma aceleração constante no disco, variando sua velocidade e descrevendo, portanto, uma trajetória parabólica, já que, nesse caso, o deslocamento varia com o quadrado do tempo. Por fim, o motor é

desligado e estando no espaço, onde nenhuma força age sobre o disco, ele volta a descrever um movimento retilíneo uniforme conforme elucida a primeira lei.

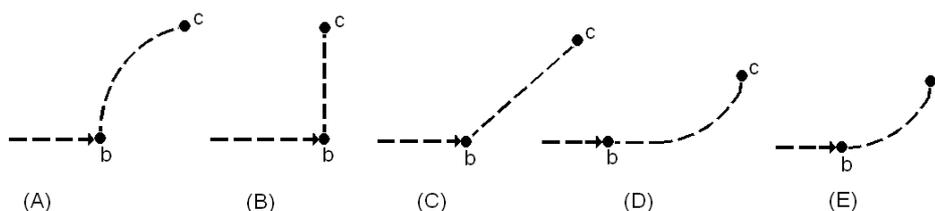
**Quadro 11 - Questões 13, 14, 15 e 16 do FCI.**

**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (13 A 16).**

Um disco voador desloca-se lateralmente no espaço exterior do ponto “a” para o ponto “b” como mostrado abaixo. O disco voador não está sujeito a nenhuma força exterior. Chegando na posição “b”, o motor do disco voador é ligado e produz nele uma força constante em um ângulo perpendicular à linha “ab”. Essa força constante é mantida até que o disco voador alcance o ponto “c” no espaço.



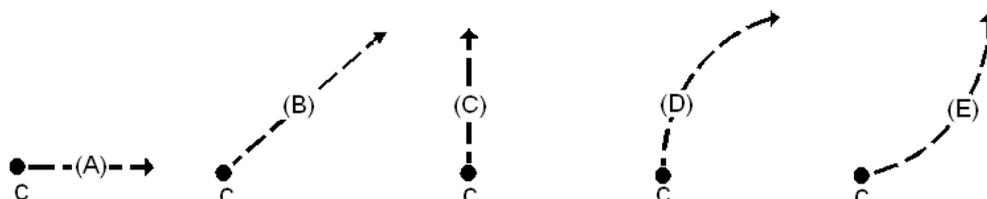
**13.** Qual das trajetórias abaixo melhor representa a trajetória do disco voador entre os pontos “b” e “c”?



**14.** Enquanto o disco voador move-se da posição “b” para a posição “c” sua velocidade está:

- (A) constante.
- (B) continuamente aumentando.
- (C) continuamente diminuindo.
- (D) aumentando inicialmente e depois ficando constante.
- (E) constante inicialmente e depois diminuindo.

**15.** Na posição “c” o motor do disco voador é desligado e a força exercida sobre o ele cai imediatamente para zero. Qual das trajetórias abaixo o disco voador irá seguir depois de “c”?



**16.** Depois da posição “c”, a velocidade do disco voador está:

- (A) constante.
- (B) continuamente aumentando.
- (C) continuamente diminuindo.
- (D) aumentando inicialmente e depois ficando constante.
- (E) constante inicialmente e depois diminuindo.

No jogo, inicialmente o disco voador encontra-se conforme descrito no enunciado, deslocando-se lateralmente do ponto “a” até o ponto “b”. Ao pressionar a tecla de pular, o disco voador acelera até o ponto “c”, como ilustrado na questão 13, deixando uma trajetória de fumaça criada por meio do sistema de partículas da Godot *Engine*, representando a alternativa “E”, a qual é a correta. Nesta questão, cada alternativa apresenta uma trajetória diferente.

A questão 14 pergunta qual a velocidade do disco voador enquanto se movia da posição “b” até a posição “c”. A resposta correta é a alternativa “B”, continuamente aumentando. Para representar esta situação no jogo, foi implementado um sistema que simula uma aceleração do disco voador.

Na questão 15 é informado que, ao chegar no ponto “c” o motor do disco voador era desligado e a força exercida sobre ele caía imediatamente para zero. Assim como a questão 13, cada uma das alternativas apresenta uma trajetória diferente. A resposta correta é a alternativa “B”.

A questão, de número 16, indaga qual é a velocidade do disco voador após atingir a posição “c”, da questão anterior. A resposta correta é a alternativa “A”, constante. Para representar esta situação no jogo, foi implementada uma velocidade constante no momento em que o jogador parava de acelerar a nave.

## **SOBRE O MATERIAL**

O jogo Newtônia e este tutorial são frutos da pesquisa de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia (PPGECT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Ponta Grossa. Ambos foram desenvolvidos por Paulo Ricardo de Souza Silva, do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Telêmaco Borba sob orientação dos professores Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR) e Dr. Rafael João Ribeiro (IFPR).

A dissertação, intitulada de “Jogo Digital de Plataforma 2D Como Organizador Prévio no Ensino de Física”, foi desenvolvida e aplicada entre os anos de 2018 e 2020, sendo aprovada pelos Comitês de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Paraná e também da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, conforme pode ser observado na imagem abaixo.

Tipo †	CAAE †	Versão †	Pesquisador Responsável †	Comitê de Ética †	Instituição †	Origem †	Última Apreciação †	Situação †
Pc	25781419.4.3001.8156	1	PAULO RICARDO DE SOUZA SILVA	8156 - Instituto Federal do Paraná - IFPR		PO	POc	Aprovado
P	25781419.4.0000.5547	2	PAULO RICARDO DE SOUZA SILVA	5547 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná		PO	PO	Aprovado

Tanto o jogo quanto o tutorial podem se acessados no site Física Games (<http://fisicagames.com.br>).

O questionário anexo à este tutorial utilizou a versão traduzida por Simone Aparecida Fernandes, em sua tese de doutorado “Um Estudo Sobre a Consistência de Modelos Mentais Sobre Mecânica de Estudantes de Ensino Médio, de 2011.

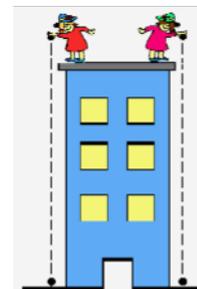
Para qualquer dúvida com relação a este produto educacional, entre em contato pelo email [paulo.silva@ifpr.edu.br](mailto:paulo.silva@ifpr.edu.br).

## **APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

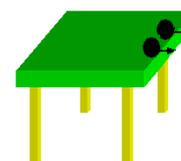
1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As esferas são soltas do telhado de um prédio no mesmo instante de tempo. Quanto tempo que as esferas demoram para chegar ao chão?

- (A) A esfera mais pesada demora a metade do tempo da esfera mais leve.
- (B) A esfera mais leve demora a metade do tempo da esfera mais pesada.
- (C) Ambas as esferas demoram mais ou menos o mesmo tempo.
- (D) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais pesada, mas não necessariamente a metade.
- (E) O tempo é consideravelmente menor para a esfera mais leve, mas não necessariamente a metade.



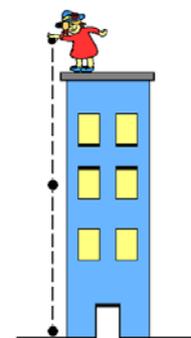
2. As duas esferas do problema anterior rolam de uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:

- (A) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa.
- (B) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa.
- (C) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa.
- (D) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve.
- (E) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada.



3. Uma pedra que é deixada cair do telhado de um edifício na superfície da Terra:

- (A) Alcança uma velocidade máxima logo após ser largada e cai com velocidade constante depois disso.
- (B) Vai aumentando a velocidade enquanto cai, porque a atração gravitacional vai se tornando mais forte à medida que a pedra se aproxima da superfície da Terra.
- (C) Vai aumentando de velocidade enquanto cai, devido à força da gravidade quase constante que atua sobre ela.
- (D) Cai por causa da tendência natural de todos os objetos para ficarem em repouso na superfície da terra.
- (E) Cai por causa dos efeitos combinados da força da gravidade e da força do ar que a empurram para baixo.



4. Um caminhão bate de frente com um carro de passeio. Durante a colisão:

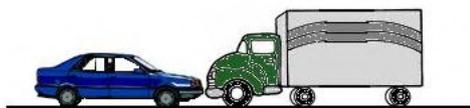
(A) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão.

(B) A força exercida pelo carro sobre o caminhão é maior do que a força exercida pelo caminhão sobre o carro.

(C) Nenhum veículo exerce força um no outro, o carro é destruído apenas porque estava no caminho do caminhão.

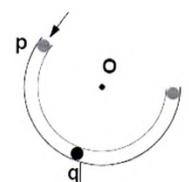
(D) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão.

(E) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é igual à força exercida pelo carro sobre o caminhão.



**UTILIZE AS INDICAÇÕES E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (5 e 6).**

A figura mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em "O". O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em "p" e sai em "r".



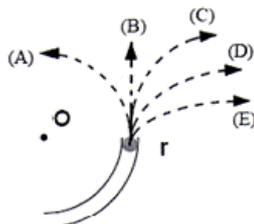
5. Considere as seguintes forças distintas:

1. Uma força para baixo devido à gravidade.
2. Uma força exercida pelo tubo que aponta de "q" para "O".
3. Uma força no sentido do movimento.
4. Uma força que aponta de "O" para "q".

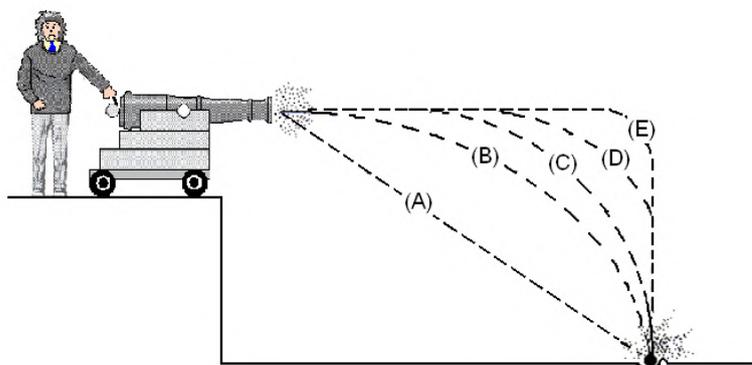
Qual(ais) força(s) acima atua(m) na esfera quando esta se encontra no interior do tubo sem atrito na posição "q"?

- A) 1 somente.
- B) 1 e 2.
- C) 1 e 3.
- D) 1, 2 e 3.
- E) 1, 3 e 4.

6. Qual trajetória na figura da direita a esfera seguirá após sair do tubo em “r”, movendo-se sobre a mesa sem atrito?



7. Uma esfera é disparada por um canhão do alto de um penhasco como mostrado na figura abaixo. Qual é a trajetória que mais se aproxima da seguida pela esfera?



8. Um menino joga uma esfera de aço para cima em linha reta. Considere o movimento da esfera apenas depois de sair da mão do menino e antes de tocar o chão e suponha que as forças exercidas pelo ar são insignificantes. Nestas circunstâncias, a(s) força(s) atuando na bola é (são):

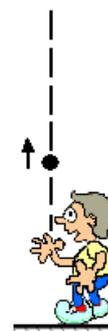
(A) Uma força da gravidade para baixo e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante.

(B) Uma força para cima que vai diminuindo desde o momento em que a esfera sai da mão do menino até alcançar seu ponto mais elevado e, durante a descida, a força da gravidade para baixo que aumenta constantemente à medida que a esfera vai ficando mais perto da Terra.

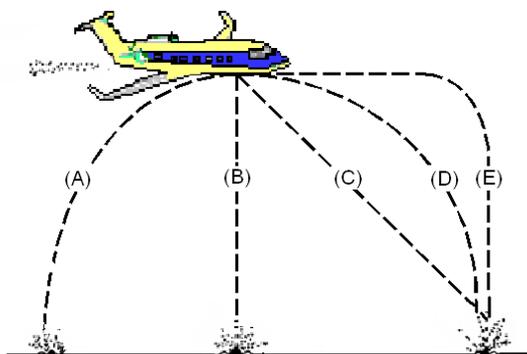
(C) Uma força para baixo quase constante devido à gravidade e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante até a esfera alcançar seu ponto mais elevado.

(D) Apenas uma força da gravidade para baixo e quase constante.

(E) Nenhuma das anteriores. A esfera retorna ao chão devido à sua tendência natural de ficar em repouso na superfície da Terra.



9. Um objeto é largado por um avião em voo horizontal, como mostrado na figura. Qual trajetória, quando vista por um observador situado no chão, mais se aproxima daquela seguida pelo objeto depois de deixar o avião?



**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (10 e 11).**

Um caminhão sofre um defeito na estrada e é empurrado para trás por um carro de passeio como mostrado na figura abaixo.



**10. Enquanto o carro, ainda empurrando o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade desejada:**

(A) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro.

(B) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.

(C) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.

(D) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

(E) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

11. Depois que o carro alcança a velocidade constante que o seu condutor deseja para empurrar o caminhão:

(A) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro.

(B) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.

(C) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro.

(D) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

(E) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque ele está no caminho do carro.

12. A figura mostra um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:

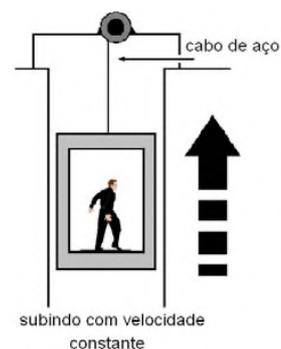
(A) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade.

(B) A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade.

(C) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade.

(D) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas pra baixo pela gravidade e pelo ar.

(E) Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).

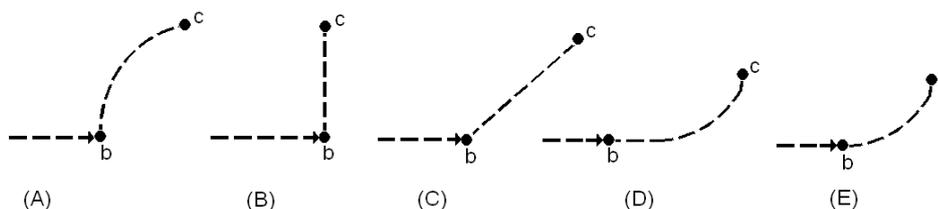


**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (13 A 16).**

Um disco voador desloca-se lateralmente no espaço exterior do ponto “a” para o ponto “b” como mostrado abaixo. O disco voador não está sujeito a nenhuma força exterior. Chegando na posição “b”, o motor do disco voador é ligado e produz nele uma força constante em um ângulo perpendicular à linha “ab”. Essa força constante é mantida até que o disco voador alcance o ponto “c” no espaço.



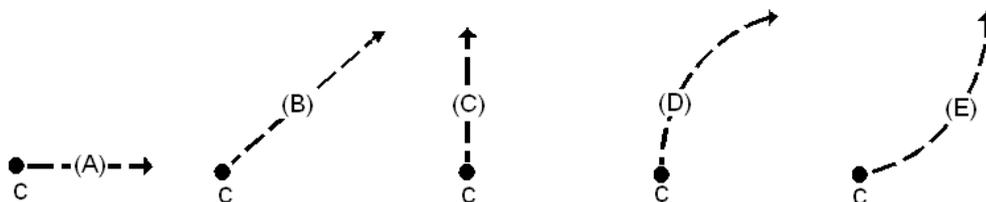
13. Qual das trajetórias abaixo melhor representa a trajetória do disco voador entre os pontos “b” e “c”?



14. Enquanto o disco voador move-se da posição “b” para a posição “c” sua velocidade está:

- (A) constante.
- (B) continuamente aumentando.
- (C) continuamente diminuindo.
- (D) aumentando inicialmente e depois ficando constante.
- (E) constante inicialmente e depois diminuindo.

15. Na posição “c” o motor do disco voador é desligado e a força exercida sobre o ele cai imediatamente para zero. Qual das trajetórias abaixo o disco voador irá seguir depois de “c”?



16. Depois da posição “c”, a velocidade do disco voador está:

- (A) constante.
- (B) continuamente aumentando.
- (C) continuamente diminuindo.
- (D) aumentando inicialmente e depois ficando constante.
- (E) constante inicialmente e depois diminuindo.