

Simulação de efeitos relativísticos

Resumo

A teoria da relatividade restrita de Albert Einstein faz parte do ensino corriqueiro de fundamentos de física moderna em diversas escolas. Alguns efeitos relativísticos são curiosos e despertam bastante atenção do aluno durante o aprendizado. Mas não há uma ferramenta boa que simule os efeitos relativísticos. Sendo assim, a única maneira do estudante observar estes efeitos é por meio da resolução de equações matemáticas. Este trabalho visa gerar um software que simule efeitos relativísticos para auxílio como ferramenta didática no aprendizado e ensino da teoria da relatividade restrita.

Introdução

Um dos trabalhos mais importantes da vida de Einstein é a Teoria da Relatividade Geral. Mas por ter uma matemática muito rebuscada, ela só é ensinada para alunos de pós graduação em física. Por outro lado, a Teoria da Relatividade Restrita possui uma complexidade matemática que um aluno de graduação pode lidar. Por outro lado, um aluno do ensino médio não consegue acompanhar essa matemática, mas ele consegue entender os conceitos da teoria.

Fundamentação teórica

Para este trabalho, apenas a teoria da relatividade restrita, que estuda o movimento entre referenciais inerciais, será abordada. Não irei comprovar a validação de nenhuma fórmula, apenas sumariá-las.

Para simplificar as equações, vou fazer a seguinte definição:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Figura 1: Fator de Lorentz

que é o fator de Lorentz, onde:

- v é a velocidade própria do objeto estudado;
- c é a velocidade da luz. Que no vácuo vale 299 792 458 m / s.

Este termo aparecerá frequentemente nas equações a seguir.

Sabemos que a dilatação do tempo é dada pela seguinte equação:

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

Figura 2: Dilatação do tempo

onde:

- Δt é a variação de tempo do referencial inercial;
- $\Delta t'$ é a variação de tempo do referencial em movimento.

Sabemos que a contração do comprimento paralelo ao movimento é dado pela seguinte equação:

$$L' = \frac{L}{\gamma}$$

Figura 3: Contração do comprimento

onde:

- L' é o comprimento contraído;
- L é o comprimento em estado de repouso.

Sabemos que a massa relativística é dada pela seguinte equação:

$$m(v) = \gamma m_0$$

Figura 4: Massa relativística

onde:

- m é a massa, que será dada em função da velocidade;
- v é a velocidade;
- m_0 é a massa de repouso.

Sabemos que a energia relativística é dada pela seguinte equação:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

Figura 5: Energia total de um corpo em movimento

onde:

- E é a energia;
- m_0 é a massa no estado de repouso;
- c é a velocidade da luz no vácuo;

- v é a velocidade do objeto.

O problema

Os efeitos relativísticos não são possíveis de serem observados em baixas velocidades como a do nosso cotidiano. A teoria da relatividade é comprovada e aceita universalmente, mas ela não é intuitiva. Os efeitos relativísticos se manifestam bem apenas em velocidades próximas da velocidade da luz. A principal maneira de observarmos os efeitos é através de um estudo matemático ao analisarmos os resultados das equações. Isto dificulta o aprendizado do conteúdo, pois o estudante tem que ter um conhecimento avançado de Cálculo.

A solução proposta

A criação de um software que simule uma situação em que ocorrem efeitos relativísticos e apresente os resultados. Para isso, o software demonstra o seguinte cenário. Uma espaçonave viajando da Terra até um outro planeta a uma velocidade fornecida pelo usuário. Será fornecida uma lista de planetas para que 1 seja escolhido. Depois dos parâmetros devidamente preenchidos, o software apresentará os seguintes dados da viagem:

- Tempo decorrido da viagem no referencial da Terra
- Tempo decorrido da viagem no referencial da espaçonave
- Tempo decorrido da viagem no referencial do planeta destino
- Comprimento contraído da espaçonave
- Massa relativística da espaçonave
- Energia necessária para que a espaçonave alcance a velocidade desejada
- Energia necessária para que a viagem seja concluída

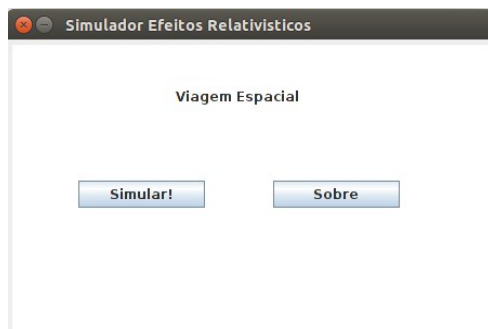


Ilustração 6: Tela inicial

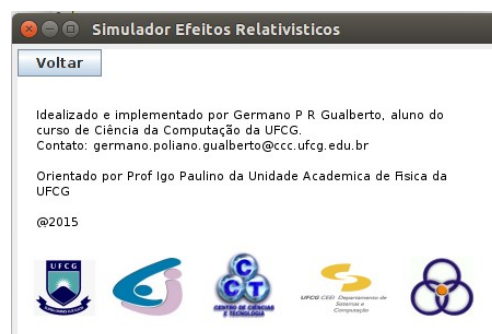


Ilustração 7: Tela sobre

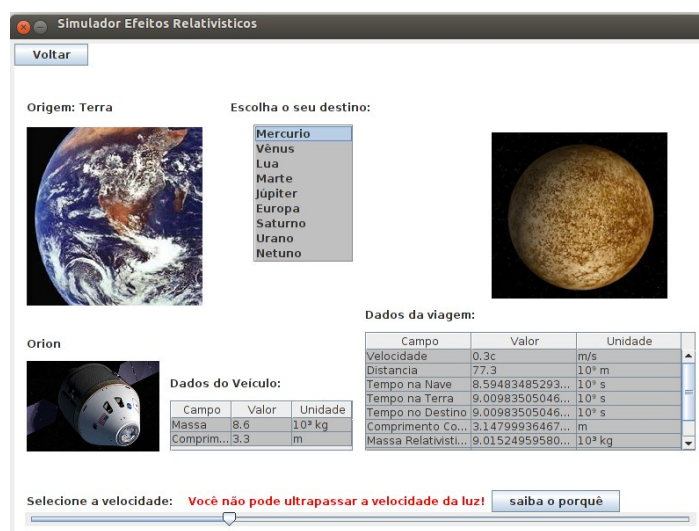


Ilustração 8: Tela da simulação

As tecnologias usadas no software foram a linguagem de programação Java[10], a IDE Eclipse[11] e o framework/plugin de manipulação da biblioteca Swing[12], Window Builder Pro[13].

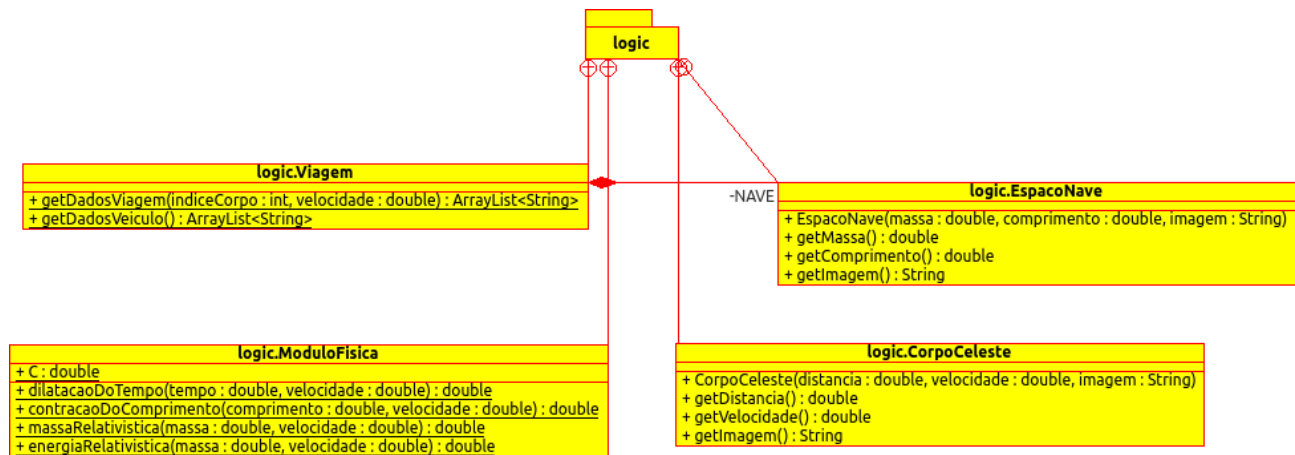


Ilustração 9: Diagrama de classe da Logica do Software

Os planetas seleccionados foram todos do sistema solar. Segue abaixo informações detalhadas de cada um.



Figura 10: Mercurio

Mercúrio[2] é o menor planeta do sistema solar e o mais próximo do Sol. Sua distância mais próxima da Terra é de 77.3×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 47.36 km/s.



Figura 11: Vênus

Vênus[3] é o segundo planeta do sistema solar. Possui quase o mesmo tamanho que a Terra. Este planeta é um aviso sobre o que pode acontecer caso o efeito estufa se exceda demais na Terra. Sua distância mais próxima da Terra é de 38.2×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 35.02 km/s.



Figura 12: Terra

Terra[4] é o nosso planeta natal. Será o ponto de partida das viagens simuladas no software. Sua velocidade orbital é de 29.78 km/s.



Figura 13: Lua

Lua[5] é o satélite natural da Terra. Sua distância da Terra é de 37.8×10^4 km. Sua velocidade orbital é de 1.022 km/s.



Figura 14: Marte

Marte[6], descrito como planeta vermelho, é o quarto planeta a partir do Sol. Sua distância mais próxima da Terra é de 55.7×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 24.07 km/s.



Figura 15: Júpiter

Júpiter[7] é o maior planeta do sistema solar e se trata de um gigante gasoso. Sua distância mais próxima da Terra é de 588.5×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 13.06 km/s.

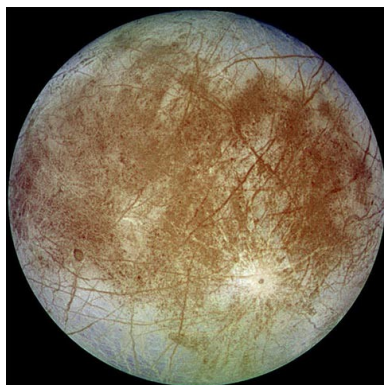


Figura 16: Europa

Europa[8][9] é um dos satélites naturais de Júpiter. Possui gelo em sua superfície e bastante oxigênio em sua atmosfera. Sua distância mais próxima da Terra é de 588.5×10^6 km, aproximado por Júpiter. Sua velocidade orbital ao redor do Sol é de 13.06 km/s, a mesma de Júpiter.

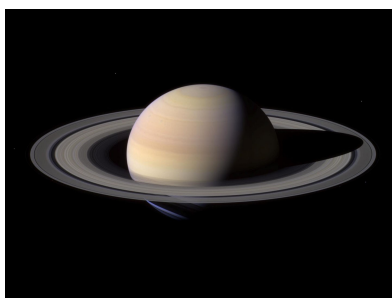


Figura 17: Saturno

Saturno[14] é o planeta do sistema solar famoso por seus anéis. Sua distância mais próxima da Terra é de 1195.5×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 9.68 km/s.

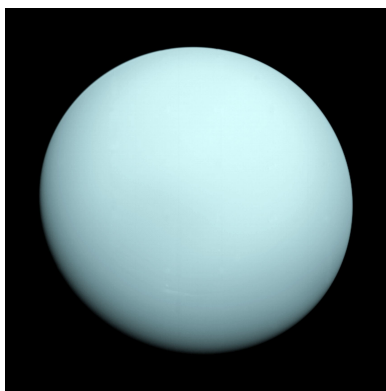


Figura 18: Urano

Urano[15], sétimo planeta a partir do Sol. Sua distância mais próxima da Terra é de 2581.9×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 6.80 km/s.

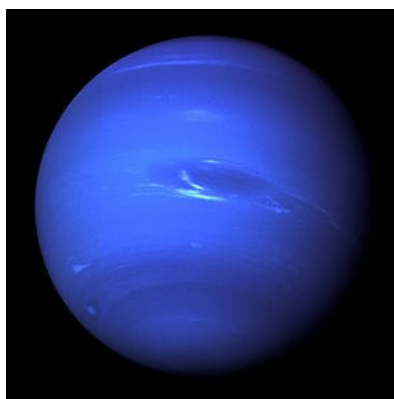


Figura 19: Netuno

Netuno[16] é o último planeta do sistema solar. Sua distância mais próxima da Terra é de 4305.9×10^6 km. Sua velocidade orbital é de 5.43 km/s.

PLANETA	DISTANCIA DA TERRA x 10^6 km	VELOCIDADE ORBITAL km/s
Mércurio	77,3	47,3
Vênus	38,2	35,02
Terra	0	29,78
Lua	0,378	1,022
Marte	55,7	24,07
Júpiter	588,5	13,06
Europa	588,5	13,06
Saturno	1195,5	9,68
Urano	2581,9	6,8
Netuno	4305,9	5,43

Figura 20: Resumo dos planetas



Figura 21: Orion

O modelo de espaço-nave utilizado nessa simulação, Orion[17] é o mais novo tipo de veículo projetado pela NASA e que foi recentemente testado no final de 2014. Para essa simulação estou considerando apenas o módulo de vivência, que possui 3.3 m de comprimento e 8.6 toneladas de massa.

Observações:

- As distâncias citadas dos planetas são as mais próximas. Em fato, a distancia da Terra aos planetas citados está sempre variando, mas adotei a mais próxima para efeito de simplificação
- O calculo de tempo de viagem da nave, considera que o planeta destino não modifica sua posição durante a viagem
- O calculo de tempo passado no planeta destino toma a terra como referencial inercial.
- O calculo de energia gasta considera a energia necessária para que a espaço-nave atinja a velocidade requerida multiplicado pelo tempo da viagem no referencial da nave.

Estudo de caso

Apresentei o software pronto para uma turma de Fundamentos de Física Moderna na UFCG durante o período 2014.2 no dia 05/03/2015. Esta turma já estava no fim do curso e já havia visto o conteúdo sobre Relatividade Restrita. Foi apresentado ao fim da apresentação a turma um questionário sobre o software, e o relatório foi o seguinte:

XX alunos participaram, e as seguintes perguntas foram realizadas:

Todas as perguntas foram respondidas marcando um índice de 1 à 5. Onde 1 representa não atende a expectativa e 5 atende completamente a expectativa.

1. O design do software é intuitivo?
2. Os resultados relacionados a relatividade do software lhe causam curiosidade?
3. Se essa ferramenta existisse previamente, teria lhe ajudado a entender o conteúdo de forma mais rapida?
4. Você indicaria essa ferramenta a algum professor ou aluno que estivesse estudando o conteúdo?
5. Você achou as informações do software confiáveis?
6. Deixe aqui alguma sugestão para melhoria do software.

A seguir um gráfico descrevendo as respostas:



Conclusões

Agradecimentos

Referencias Bibliográficas

- [1] Teoria da relatividade restrita. - Albert Einstein
- [2] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html> - Mercury Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 21:45
- [3] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html> – Venus Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 21:57
- [4] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html> - Earth Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 22:09
- [5] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html> - Moon Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 22:17
- [6] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html> - Mars Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 22:25
- [7] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/jupiterfact.html> - Jupiter Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 22:30
- [8] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/joviansatfact.html> - Jovian Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 22:40
- [9] <http://solarviews.com/portug/europa.htm> - Europa, acessado em 14/02/2015, 22:52
- [10] <http://www.oracle.com/technetwork/java/index.html> - Java, acessado em 14/02/2015, 23:08
- [11] <https://eclipse.org/> - Eclipse, acessado em 14/02/2015, 23:11
- [12] <http://docs.oracle.com/javase/6/docs/technotes/guides/swing/> - Swing Documentation, acessado em 14/02/2015, 23:13
- [13] <https://eclipse.org/windowbuilder/> - Window Builder, acessado em 14/02/2015, 23:14
- [14] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/saturnfact.html> - Saturn Fact Sheet, acessado em 14/02/2015, 23:19
- [15] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/uranusfact.html> – Uranus Fact Sheet, acessado em 15/02/2015, 08:43
- [16] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/neptunefact.html> – Neptune Fact Sheet, acessado em 15/02/2015, 08:54
- [17] http://www.nasa.gov/pdf/156298main_orion_handout.pdf – Project Orion Overview

And Prime Contractor Announcement . Acessado em 15/02/2015 22:28