

## Experimento - Velocidade da luz

Rodolfo Oliveira de Souza

nº USP: 8933760

### Introdução

Por muito na história da ciência acreditava-se que a luz possuía velocidade infinita, ou que seria grande demais para ser mensurável. Porém no século XVII, os astrônomos como Ole Rømer, observando eclipses, perceberam atrasos que são originados da interação da luz. De uma estrela com demora astronômica e de fácil observação de outro, notou uma diferença de tempo de duração quando a Terra (o Observador) estava em diferentes distâncias das demais estrelas, podendo inferir que a velocidade da luz não era infinita, talvez apenas constante. Com suas observações, foi capaz de mensurar uma velocidade em torno de  $200.000 \text{ km/s}$ , visto as referências de raio tidas até então. Com a evolução científica, o uso de telescópios e técnicas de geometria, foi possível determinar velocidades da luz próximas à conhecida atualmente, em torno de  $300.000 \text{ km/s}$ . Apenas em 1849, que o francês Armand Fizeu fez o primeiro experimento para determinar a velocidade da luz em Terra, ou seja, sem a necessidade de observação de outras, e baseando em espelhos, chegando a um valor completamente acurrido de  $301.000 \text{ km/s}$ .

## Resumo

O experimento 13 consiste na utilização de uma fonte luminosa, um led pulsada, cuja luz irá viajar por distâncias determinadas até uma superfície espelhada contendo microestruturas que farão com que essa luz seja refletida de volta num ângulo de  $180^\circ$ . Assim, com o auxílio de um osciloscópio, pretende-se medir o tempo que a pulso leva para percorrer determinadas distâncias, assim sendo possível determinar a velocidade da luz.

## Objetivo

Determinar a velocidade da luz

## Metodologia

Num sistema alinhado por um trilhe, foi posicionada a fonte luminosa, uma lente de brenel e uma espelha espelhada de superfície retro-refletora. A fonte luminosa possui um led pulsada que está "ligado" a um osciloscópio digital, ou seja, todo vez que o pulso luminoso é emitido, o osciloscópio gera um sinal elétrico, que diz "é hora de começar a medir", logo o osciloscópio começa a medir a intensidade e o tempo do pulso no momento em que ele é lançado.

Então, a luz <sup>emitida</sup> pelo led viaja até a lente do ~~do~~ brenel, onde é convergida para a espelha sendo refletida em



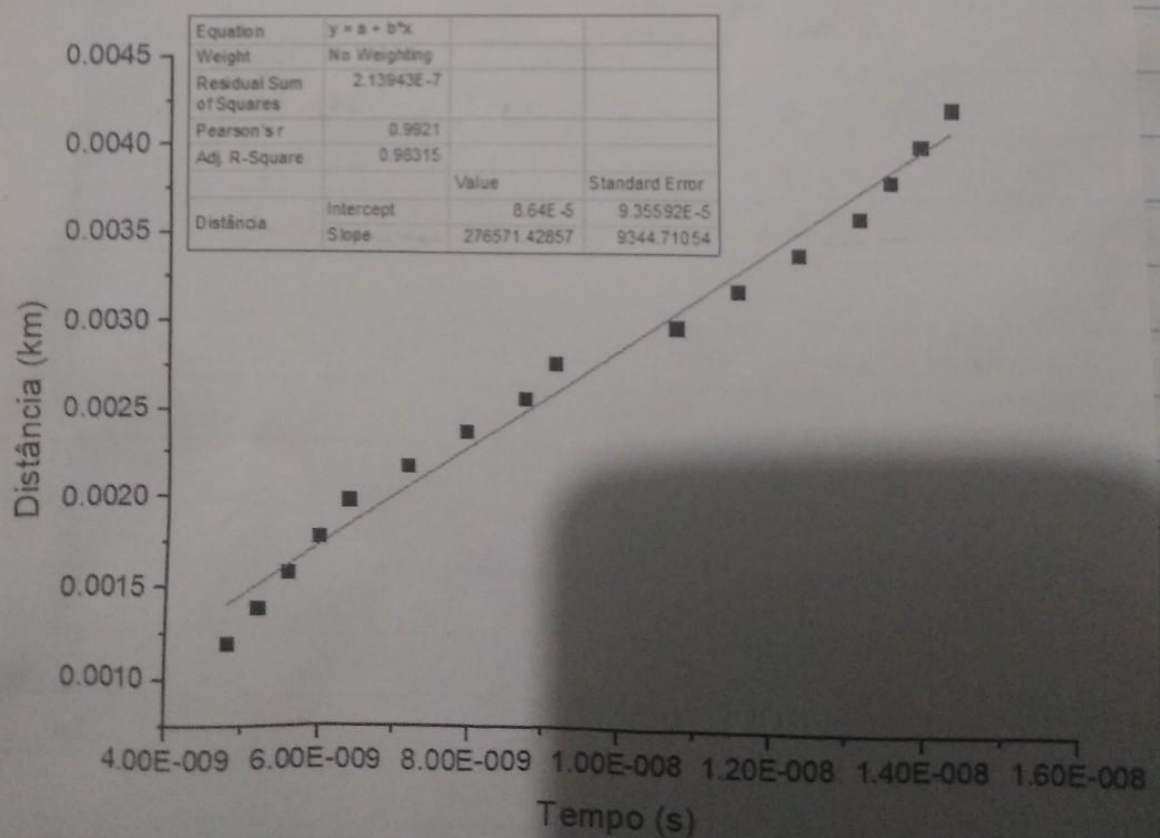
seguindo num ângulo de  $180^\circ$ , ou seja, ~~toda vez que a pulsa~~  
~~luminosa é emitida~~ viajando de volta para a lente, onde  
é convergido novamente até chegar a um fotoreceptor  
que se encontra ~~quanta~~ junto ao próprio equipamento  
emissor.

Na tela do osciloscópio é possível ver os sinais de saída  
e entrada de luz, podendo mensurar o tempo que  
a luz demora para sair e chegar novamente ao  
equipamento.

Resultados

	Distância	Tempo	Velocidade
(puro)	(m)	(ns)	(km/s)
1	0,60	4,80	250000
2	0,70	5,20	269230,7692
3	0,80	5,60	285714,2857
4	0,90	6,00	300000
5	1,00	6,40	312500
6	1,10	7,20	305555,5556
7	1,20	8,00	300000
8	1,30	8,80	295454,5455
9	1,40	9,20	304347,8261
10	1,50	10,80	277777,7778
11	1,60	11,60	275862,069
12	1,70	12,40	274193,5484
13	1,80	13,20	272727,2727
14	1,90	13,60	279411,7647
15	2,00	14,00	285714,2857
16	2,10	14,40	291666,6667

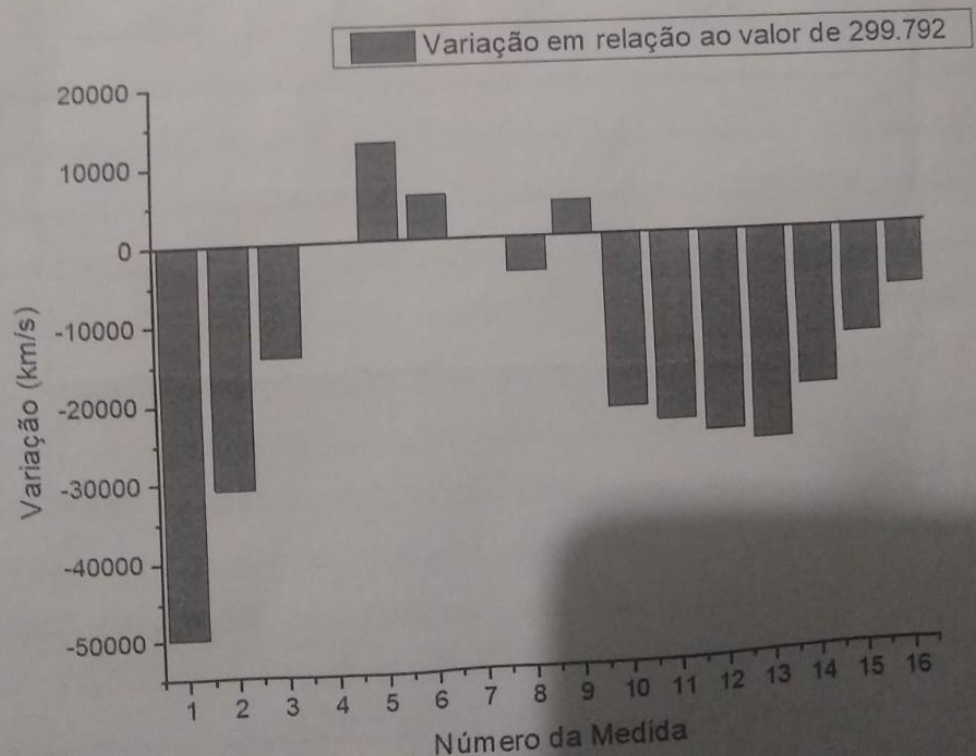
Gráfico 1: Valores de distância vs tempo



Utilizando a equação linear da velocidade,  $S = S_0 + v \cdot t$ , temos que a velocidade " $v$ " é o coeficiente angular da reta obtida no gráfico, sendo  $v = 276.971,43 \text{ km/h}$ .

### estatística

Utilizando a variação dos valores obtidos da velocidade da luz em relação ao valor mais aceito atualmente,  $299.792 \text{ km/h}$  (Pesquisa google), podemos fazer um histograma de diferenças em relação a esse valor desde os gráficos seguintes:





Resumo

## 5. Método de Ole Roemer

Ole, em seus estudos sobre os satélites naturais de Júpiter, tentando prever quando as eclipses das luas de Júpiter ocorreriam com as mínimas precisões em horas, notou que suas previsões se atrasavam em um tempo específico em determinados períodos do ano. Na época, graças aos estudos de Galileu, sabia-se as distâncias entre os planetas e os pontos de sua órbita em relação ao Sol. Sendo assim, Ole notou que quando a Terra estava mais distante de Júpiter, sua previsão era atrasada, mas esse atraso se fazia sentido se a velocidade da luz não fosse instantânea / infinita. Logo, tendo em mãos um tempo específico de atraso, em termos de  $t$  e a distância de Júpiter, sua previsão era atrasada, mas que a

Terra se encontrava de Júpiter e seu sistema, foi possível determinar a velocidade da luz, em termos de  $400.000 \text{ km/s}$ , cerca de um valor de apenas 20% do valor conhecido hoje em dia.

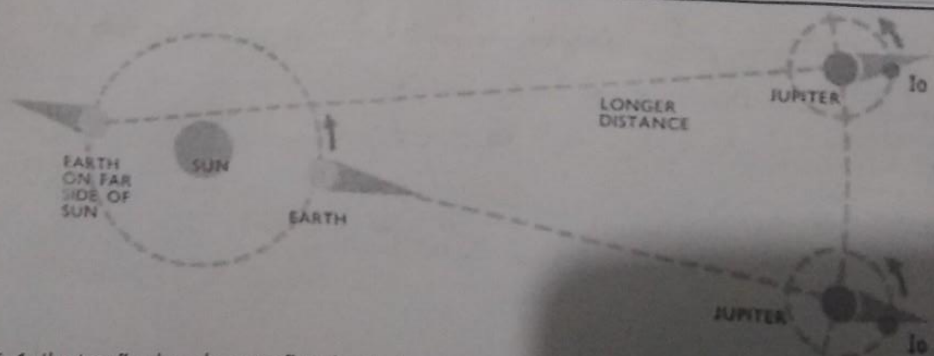


Fig1: Ilustração das observações de Ole Roemer

## 6. Outros Métodos para determinação da velocidade da luz:

### Método 1

#### Método do "chocolate"

Este experimento utiliza o fato de que a luz é uma onda eletromagnética, e toda onda eletromagnética possui a mesma velocidade de propagação das ondas luminosas.

O experimento consiste em colocar uma barra de chocolate para aquecer no micro-ondas tomando a medida para que ela não derreta de uma vez, em poucos minutos é possível notar "furos" no chocolate distantes um do outro, os quais são identificados como regiões de máximos interferência construtiva. Uma vez obtidos os valores dessas distâncias, é possível encontrar o valor do comprimento de onda ( $\lambda$ ), sabendo a frequência das ondas do micro-ondas, utiliza-se a equação  $v = \lambda \cdot f$ , determinando a velocidade da onda de micro-ondas por consequência a velocidade da luz.

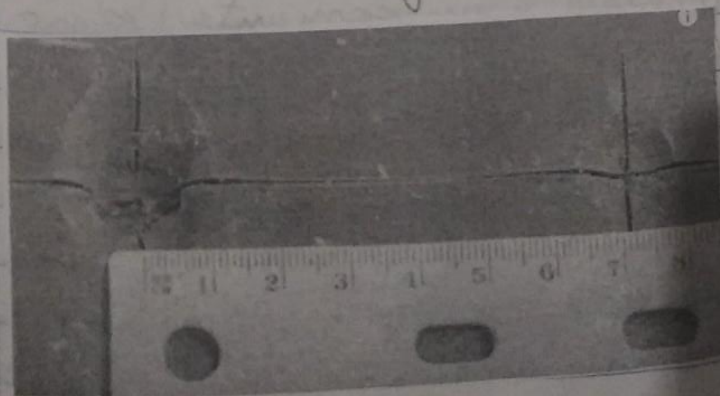


Fig. 2  
"Chocolate"



## Método 2

Utilizando as equações de Maxwell (método teórico)

Uma das conclusões das equações que regem o eletromagnetismo é a determinação da velocidade da luz. Sabendo as constantes de permissividade elétrica e permeabilidade magnética de determinado meio é possível calcular o valor da velocidade da luz nesse meio ~~para~~ pela equação:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

7. Considerações acerca da veracidade e incertezas do valor da velocidade da luz no sistema de medida atual.

O valor considerado o mais preciso da velocidade da luz nos dias atuais é o de  $299.792,458 \text{ km/s}$ , obtido com grande precisão com o aperfeiçoamento dos métodos experimentais e em conjunto com o teorema eletromagnético, diminuindo drasticamente as incertezas. Uma medida de velocidade é ~~o~~ resultado de uma medida de espaço e de tempo, a velocidade é por definição a derivada do espaço em relação ao tempo. Hoje em dia temos métodos extremamente eficientes de medir o tempo, como relógios atômicos proporcionando a precisão dessa medida. Por fim,



adotou-se que 1 m é a distância que a luz percorre em  $(1/299.792.458)$  s, ou seja, a medida de distância fundamental (metro) é baseada na própria velocidade da luz, impossibilitando incertezas.

Referências:

Referências:

- 1- "Speed of light" Excerpt from Optical Engineering Fundamentals, Second Edition;
- 2- <https://www.youtube.com/watch?v=OJLoS5J9YTU> "Os 340 Anos da Descoberta da Velocidade da Luz - Space Today TV Ep.528";
- 3- <https://www.youtube.com/watch?v=7WXW2bBWBEG&pp=qAMBugMGCgJwdBAB> "Measure the Speed of Light - With Chocolate!";
- 4- <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-velocidade-luz.htm#:~:text=A%20velocidade%20da%20luz%20mede,299.792.458%20metros%20por%20segundo.;>