FÍSICA 1

RELATÓRIO PRÁTICA 3

EXPERIMENTO: PLANO INCLINADO

UERJ – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO

Professor: Daniel Barci.

Data: 22/08/2022.

Alunos: Alexandre Maia Martins Filho.

Kaylan Rocha Freitas Rosa.

Luiz Vitor Gomes Fortunato.

Sumário

Objetivo:

Nesse experimento nós usamos um carrinho de metal em um trilho de ar inclinado para determinar a aceleração da gravidade, medindo o tempo de interrupção de um feixe de luz em diversas posições do trilho. O experimento foi realizado para que através do tempo em que o carrinho leva entre a extremidade mais alta e a mais baixa do trilho, obtermos uma amostragem de velocidades para que aplicando as leis de newton possamos mensurar a aceleração pontual da gravidade.

Material:

- Carrinho de metal.
- Um cronômetro eletrônico do tipo barreira.
- Um trilho de ar graduado em mm.
- Uma placa retangular de plástico.
- Cilindros de metal para desnível do trilho.
- Régua, trena ou fita métrica para medidas.
- Caderno e caneta para anotações.

Introdução Teórica:

Um carrinho movendo-se em um trilho e sendo uniformemente acelerado pela gravidade, com velocidade inicial V_0, terá uma velocidade final V, depois de se deslocar por uma distância S, tem seu movimento descrito como um MRUA (Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado) dada pela equação de Torricelli:

$$V^2 = {V_0}^2 + 2aS$$

Onde a é a aceleração (constante). Se o corpo partir do repouso ($V_0 = 0$), $temos$:

$$V^2 = 2aS$$

Assim a aceleração de um corpo em MRUA, partindo do repouso, pode ser calculado como:

$$a = \frac{V^2}{2S}$$

Neste experimento, usamos um trilho de ar inclinado a um ângulo θ com relação à horizontal para produzir uma aceleração constante $a = g\ sen\theta$, paralela ao trilho. Ao medir a aceleração a e o ângulo de inclinação θ, podemos determinar experimentalmente a aceleração local da gravidade g. Com um conjunto de valores para a, podemos estimar a incerteza em a e, por propagação de erros a incerteza de g.

Experimento – Plano Inclinado:

Procedimento Experimental:

Primeiro nivelamos cuidadosamente o trilho de ar, em seguida colocamos os cilindros para dar a inclinação do trilho, posicionamos o cronômetro do tipo barreira em diversas posições do trilho e medimos o tempo de interrupção do feixe de luz do sensor ao soltamos o carrinho. As posições do sensor foram: 38cm, 48cm, 58cm, 68cm, 78cm, 88cm, 98cm, 108cm, 118cm, 128cm. Realizamos 5 medições para cada posição, totalizando 50 medições.

Sabendo que com o trilho nivelado a distância entre seus pés de apoio são de 1m, e que os cilindros medem 0,024m ou 24cm, formamos um triângulo retângulo de altura 2,4cm e base 100cm, podemos calcular o ângulo de inclinação θ através da tangente:

$$\tan\theta = \frac{catOp}{catAd}$$

E então através do valor x encontrado, determinar o ângulo θ:

$$\arctan x = \theta$$

Agora que sabemos o ângulo de inclinação θ, posicionamos o carrinho no início do trilho, onde o mesmo ocupou de 1,6cm a 14,5cm, sendo a nossa posição inicial $S_0 = 8{,}05cm$ pois este é o seu centro de massa calculado da seguinte maneira:

$$S_0 = \frac{S_{carro} - S_{0\,carro}}{2} + S_{0\,carro} = \frac{14{,}5 - 1{,}6}{2} + 1{,}6 = \frac{12{,}9}{2} + 1{,}6 = 6{,}45 + 1{,}6 = S_0 = 8{,}05\text{cm}$$

Medimos a placa retangular sobre o carrinho:

$$S_{placa} = 9{,}9cm$$

Agora estamos prontos para iniciar a etapa de medição. Posicionamos o sensor (38cm, 48cm, 58cm, 68cm, 78cm, 88cm, 98cm, 108cm, 118cm e 128cm) e ao soltarmos o carrinho anotamos o tempo dado pelo cronômetro do sensor. Após as medições iremos partir para os cálculos.

Sabendo que a placa levou t segundos interrompendo o sensor, temos que o carrinho percorreu 9,9cm em tempo t, assim podemos determinar a velocidade do mesmo através da equação:

$$V = \frac{S}{t}$$

com a velocidade podemos determinar agora a aceleração, da seguinte forma:

$$a = \frac{V}{t}$$

Agora através das diversas medições podemos determinar as incertezas.

Medidas:

Experimento 3 - Plano Inclinado			
Posição Sensor	**Tempo (s)**	**Posição Sensor**	**Tempo (s)**
38cm	0.2518	88cm	0.1545
	0.2513		0.1541
	0.2441		0.1544
	0.2501		0.1540
	0.2499		0.1540
48cm	0.2169	98cm	0.1461
	0.2181		0.1458
	0.2186		0.1460
	0.2184		0.1459
	0.2183		0.1458
58cm	0.1940	108cm	0.1383
	0.1938		0.1358
	0.1937		0.1383
	0.1938		0.1383
	0.1936		0.1383
68cm	0.1781	118cm	0.1319
	0.1780		0.1322
	0.1781		0.1320
	0.1782		0.1321
	0.1781		0.1322
78cm	0.1644	128cm	0.1265
	0.1643		0.1264
	0.1647		0.1262
	0.1650		0.1264
	0.1649		0.1266

Cálculos:

Média dos tempos:

$$< t > = \frac{\sum_{i=1}^{n} ti_s}{n}$$

Onde n é a quantidade de medições e x é o índice das medições. Obtivemos:

$$< t_{38} > = 0{,}24944 \cong 0.250s$$
$$< t_{48} > = 0{,}21806 \cong 0.218s$$
$$< t_{58} > = 0{,}19378 \cong 0.194s$$
$$< t_{68} > = 0{,}17810 \cong 0.178s$$
$$< t_{78} > = 0{,}16466 \cong 0.165s$$
$$< t_{88} > = 0{,}15420 \cong 0.154s$$
$$< t_{98} > = 0{,}14592 \cong 0.146s$$
$$< t_{108} > = 0{,}13834 \cong 0.138s$$
$$< t_{118} > = 0{,}13208 \cong 0.132s$$
$$< t_{128} > = 0{,}12642 \cong 0.126s$$

Incertezas de tempo:

$$\delta t_s = \sqrt{(\delta t_A)^2 + (\delta t_B)^2}$$

$$\delta t_A = \frac{1}{\sqrt{5}}\sigma$$

$$\delta t_B = 0{,}0001s$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(t_i - < t >^2)}$$

$$\delta t_{38} = 0.0013s$$
$$\delta t_{48} = 0.0003s$$
$$\delta t_{58} = 0.0001s$$
$$\delta t_{68} = 0.0001s$$
$$\delta t_{78} = 0.0001s$$
$$\delta t_{88} = 0.0001s$$
$$\delta t_{98} = 0.0001s$$
$$\delta t_{108} = 0.0001s$$
$$\delta t_{118} = 0.0001s$$
$$\delta t_{128} = 0.0001s$$

Velocidades:

$$v_s = \frac{L}{< t >_s}$$

Onde v_s são as velocidades em cada medição, L é o comprimento da placa.

$$v_{38} = 39{,}68\ cm/s$$
$$v_{48} = 45{,}40\ cm/s$$
$$v_{58} = 51{,}08\ cm/s$$

$$v_{68} = 55{,}58\ cm/s$$
$$v_{78} = 60{,}12\ cm/s$$
$$v_{88} = 64{,}20\ cm/s$$
$$v_{98} = 67{,}84\ cm/s$$
$$v_{108} = 71{,}56\ cm/s$$
$$v_{118} = 74{,}95\ cm/s$$
$$v_{128} = 78{,}31\ cm/s$$

Incerteza de Velocidades:

$$\delta v_s = v\sqrt{\left(\frac{\delta L}{L}^2\right) + \left(\frac{\delta t}{< t >}^2\right)}$$

$$\delta v_{38} = 0{,}2857s$$
$$\delta v_{48} = 0{,}2361s$$
$$\delta v_{58} = 0{,}2554s$$
$$\delta v_{68} = 0{,}2779s$$
$$\delta v_{78} = 0{,}3006s$$
$$\delta v_{88} = 0{,}3210s$$
$$\delta v_{98} = 0{,}3392s$$
$$\delta v_{108} = 0{,}3578s$$
$$\delta v_{118} = 0{,}3748s$$
$$\delta v_{128} = 0{,}3916s$$

Velocidades Experimentais:

$$v_{exp} = (v_s \pm \delta v)$$

$$v_{exp38} = (39{,}68 \pm 0{,}2857)cm/s$$
$$v_{exp48} = (45{,}40 \pm 0{,}2361)cm/s$$
$$v_{exp58} = (51{,}08 \pm 0{,}2554)cm/s$$
$$v_{exp68} = (55{,}58 \pm 0{,}2779)cm/s$$
$$v_{exp78} = (60{,}12 \pm 0{,}3006)cm/s$$
$$v_{exp88} = (64{,}20 \pm 0{,}3210)cm/s$$
$$v_{exp98} = (67{,}84 \pm 0{,}3392)cm/s$$
$$v_{exp108} = (71{,}56 \pm 0{,}3578)cm/s$$
$$v_{exp118} = (74{,}95 \pm 0{,}3748)cm/s$$
$$v_{exp128} = (78{,}31 \pm 0{,}3916)cm/s$$

Acelerações

Manipulando a equação:

$$v^2 = {v_0}^2 + 2aS$$
$$a = \frac{v^2}{2S}$$

$$a_{38} = 26{,}24\ cm/s^2$$
$$a_{48} = 25{,}76\ cm/s^2$$
$$a_{58} = 26{,}09\ cm/s^2$$
$$a_{68} = 25{,}74\ cm/s^2$$
$$a_{78} = 25{,}82\ cm/s^2$$
$$a_{88} = 25{,}76\ cm/s^2$$
$$a_{98} = 25{,}57\ cm/s^2$$

$$a_{108} = 25{,}60\ cm/s^2$$
$$a_{118} = 25{,}53\ cm/s^2$$
$$a_{128} = 25{,}55\ cm/s^2$$

Incertezas de Acelerações:

$$\delta a_s = a_s \sqrt{\left(\frac{2\delta v}{v_s}\right)^2 + \left(\frac{\delta s}{s}\right)^2}$$

$$\delta a_{38} = 0{,}01480\ cm/s^2$$
$$\delta a_{48} = 0{,}01070\ cm/s^2$$
$$\delta a_{58} = 0{,}01020\ cm/s^2$$
$$\delta a_{68} = 0{,}01010\ cm/s^2$$
$$\delta a_{78} = 0{,}01010\ cm/s^2$$
$$\delta a_{88} = 0{,}01008\ cm/s^2$$
$$\delta a_{98} = 0{,}01006\ cm/s^2$$
$$\delta a_{108} = 0{,}01005\ cm/s^2$$
$$\delta a_{118} = 0{,}01004 cm/s^2$$
$$\delta a_{128} = 0{,}01003\ cm/s^2$$

Aceleração Média:

$$< a > = \frac{\sum_{i=1}^{n} ai_s}{n}$$

$$< a >= 25{,}77\ cm/s^2$$

Incerteza da Aceleração Média:

$$\delta a = \frac{1}{\sqrt{10}} \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(a_i - < a >^2)}$$

$$< \delta a > = 0{,}0747\ cm/s^2$$

Aceleração Experimental:

$$a_{exp} = (< a > \pm \sigma a)$$

$$a_{exp} = (25{,}77 \pm 0{,}0747) cm/s^2$$

Média da aceleração da gravidade:

Manipulando a equação:

$$< a > = g . sen\theta$$

$$g = \frac{< a >}{sen\theta}$$

$$sen\theta = \frac{h}{D}$$

$$g = 1073{,}75\ cm/s^2$$
$$< g >= 10{,}74\ m/s^2$$

Incerteza da Média da aceleração da gravidade:

$$\delta g = \frac{\sigma a}{sen\theta}$$

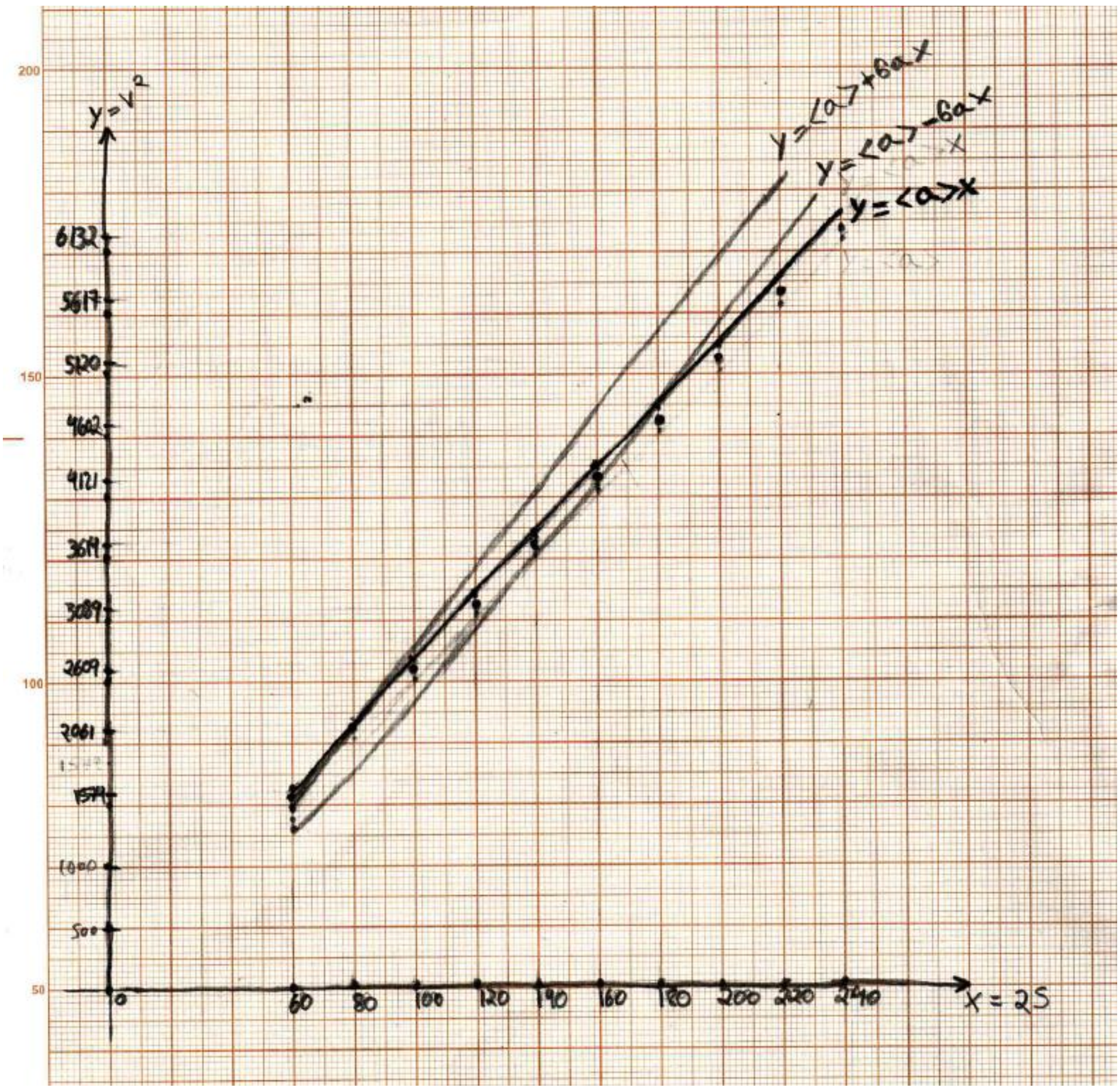
$$< \delta g > = 3{,}1125\ cm/s^2$$
$$< \delta g > = 0{,}0311\ m/s^2$$

Aceleração da Gravidade Experimental:

$$g_{exp}\ (g \pm \sigma g)$$

$$g_{exp} = (1073{,}75 \pm 3{,}1125\ )\ cm/s^2$$
$$g_{exp} = (10{,}74 \pm 0{,}0311\ )\ m/s^2$$

Análise Gráfica:



Como podemos ver no gráfico acima, metade dos pontos está na área compreendida entre as suas incertezas e, mesmo os pontos que não estão nela estão muito próximos dela, ou seja, os pontos variam muito pouco demonstrando um nível de precisão alto. Este número de pontos pertencentes a essa área já era esperado devido à baixa variação dos valores medidos.

Através da mudança do coeficiente angular da reta, percebemos o grau de incerteza das medidas. O coeficiente linear se alterado, ele restringiria essa incerteza a certo intervalo, seja dos valores da velocidade, seja da distância percorrida, podendo fazer uma análise apenas no intervalo aonde é interessante para nosso experimento e, assim tornando nossas medidas mais precisas, visto que a área entre as incertezas aumentaria com isso.

Conclusão:

Durante a análise, obtivemos um valor de gravidade de aproximadamente 10,74 m/s², o que por sua vez foi um valor incompatível, por termos alcançado uma diferença entre medidas de mais de 3 vezes o erro.

Tendo em vista todos os fatores externos que afetaram de forma inexorável as medições, como inconsistências na distribuição do ar advindo do trilho, um aparelho de medição com uma calibração não testada e por fim uma medição de angulo imperfeita. Tomando o menor valor de erro possível, temos que g = 10,71m/s² o que nos coloca com um valor de mais 0,92m/s² distante do valor medido pela equipe laboratorial do Observatório Nacional, que mediu a aceleração da gravidade no Rio de Janeiro igual a aproximadamente 9,79 m/s².

No ponto de vista da nossa equipe, o que poderia ser melhorado no experimento é toda a parte de calibração dos aparelhos e a quantidade de amostragens do experimento, onde para uma quantidade bem maior de dados, poderíamos alcançar uma dispersão estatística, muito mais fidedigna e próxima do valor real.