FÍSICA 1

RELATÓRIO PRÁTICA 3

EXPERIMENTO: PLANO INCLINADO

UERJ – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO

Professor: Daniel Barci.

Data:

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.

Como toda medição do tem uma determinada incerteza, tanto dos instrumentos (tipo B), quanto da quantidade de medições (tipo A). Em cada uma das medidas; Alturas h_1 e h_2, os tempos medidos t_1 e t_2.

Como medimos 60 valores, foi necessário realizar uma média para utilizarmos nos cálculos uma medida de tempo aproximada padrão, que é descrita da seguinte maneira:

$$< x > = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Onde substituímos x, pelos tempos medidos t_1 e t_2 respectivamente e n = 60.
Obtivemos:

Pelas incertezas demonstradas acima, temos h_{1Exp} , h_{2Exp} , t_{1Exp} e t_{2Exp}.

Em seguida calculamos os desvios que são a diferença de uma medida e a média das mesmas, descrita da seguinte maneira:

$$\delta_i = x_i - < x >$$

Com todos os desvios das medidas, calculamos o desvio médio, que nada mais é a média dos valores absolutos dos desvios de cada medida.

$$< \delta > = \frac{\sum_{i=1}^{n} |\delta_i|}{n}$$

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração da gravidade em ambos os cenários, e levando em conta que possuímos a altura e o tempo de queda. utilizaremos a fórmula:

$$S \ = \ S_0 + v * t$$

A partir disso utilizaremos essa fórmula para determinar a velocidade:

$$v = \frac{S - S_0}{t}$$

Com a velocidade será possível obter a aceleração da gravidade através da manipulação da seguinte fórmula:

$$V = V_0 + a * t$$

$$a = \frac{V - V_0}{t}$$

E então obtido o valor da aceleração da gravidade em ambos os cenários, iremos checar através de uma comparação entre a média dos tempos:

$$|< t > p1 \prec t > p2|$$

Se o valor obtido estiver abaixo de $2\delta t_{p1}$ então os dados foram compatíveis.

Se o valor obtido estiver entre de $2\delta t_{p1}\ e\ 3\delta t_{p1}$ então os dados foram inconclusivos.

Se o valor obtido estiver acima de $3\delta t_{p1}$ então os dados foram incompatíveis.

Experimento - Queda Livre Manual:

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)	Posição Sensor	Tempo (s)
38cm	0.2518	78cm	0.1644	118cm	0.1319
	0.2513		0.1643		0.1322
	0.2441		0.1647		0.1320
	0.2501		0.1650		0.1321
	0.2499		0.1649		0.1322
48cm	0.2169	88cm	0.1545	128cm	0.1265
	0.2181		0.1541		0.1264
	0.2186		0.1544		0.1262
	0.2184		0.1540		0.1264
	0.2183		0.1540		0.1266
58cm	0.1940	98cm	0.1461	138cm	0.1216
	0.1938		0.1458		0.1214
	0.1937		0.1460		0.1214
	0.1938		0.1459		0.1215
	0.1936		0.1458		0.1215
68cm	0.1781	108cm	0.1383	158cm	0.1129
	0.1780		0.1358		0.1131
	0.1781		0.1383		0.1130
	0.1782		0.1383		0.1130
	0.1781		0.1383		0.1131

Histograma:

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 Vs 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 Média:

- Incerteza da Aceleração Média:

$$< t_{38} > = 0{,}24944 \cong 0.250s \qquad \delta t_{38} = 0.0013s$$
$$< t_{48} > = 0{,}21806 \cong 0.218s \qquad \delta t_{48} = 0.0003s$$
$$< t_{58} > = 0{,}19378 \cong 0.194s \qquad \delta t_{58} = 0.0001s$$
$$< t_{68} > = 0{,}17810 \cong 0.178s \qquad \delta t_{68} = 0.0001s$$
$$< t_{78} > = 0{,}16466 \cong 0.165s \qquad \delta t_{78} = 0.0001s$$
$$< t_{88} > = 0{,}15420 \cong 0.154s \qquad \delta t_{88} = 0.0001s$$
$$< t_{98} > = 0{,}14592 \cong 0.146s \qquad \delta t_{98} = 0.0001s$$
$$< t_{108} > = 0{,}13834 \cong 0.138s \qquad \delta t_{108} = 0.0001s$$
$$< t_{118} > = 0{,}13208 \cong 0.132s \qquad \delta t_{118} = 0.0001s$$
$$< t_{128} > = 0{,}12642 \cong 0.126s \qquad \delta t_{128} = 0.0001s$$

$$v_{38} = 39{,}68\ cm/s \qquad \delta v_{38} = 0{,}2857s$$
$$v_{48} = 45{,}40\ cm/s \qquad \delta v_{48} = 0{,}2361s$$
$$v_{58} = 51{,}08\ cm/s \qquad \delta v_{58} = 0{,}2554s$$
$$v_{68} = 55{,}58\ cm/s \qquad \delta v_{68} = 0{,}2779s$$
$$v_{78} = 60{,}12\ cm/s \qquad \delta v_{78} = 0{,}3006s$$
$$v_{88} = 64{,}20\ cm/s \qquad \delta v_{88} = 0{,}3210s$$
$$v_{98} = 67{,}84\ cm/s \qquad \delta v_{98} = 0{,}3392s$$
$$v_{108} = 71{,}56\ cm/s \qquad \delta v_{108} = 0{,}3578s$$
$$v_{118} = 74{,}95\ cm/s \qquad \delta v_{118} = 0{,}3748s$$
$$v_{128} = 78{,}31\ cm/s \qquad \delta v_{128} = 0{,}3916s$$

$$a_{38} = 26{,}24\ cm/s^2 \qquad \delta a_{38} = 0{,}01480\ cm/s^2$$
$$a_{48} = 25{,}76\ cm/s^2 \qquad \delta a_{48} = 0{,}01070\ cm/s^2$$
$$a_{58} = 26{,}09\ cm/s^2 \qquad \delta a_{58} = 0{,}01020\ cm/s^2$$

$$a_{68} = 25{,}74\ cm/s^2 \qquad \delta a_{68} = 0{,}01010\ cm/s^2$$
$$a_{78} = 25{,}82\ cm/s^2 \qquad \delta a_{78} = 0{,}01010\ cm/s^2$$
$$a_{88} = 25{,}76\ cm/s^2 \qquad \delta a_{88} = 0{,}01008\ cm/s^2$$
$$a_{98} = 25{,}57\ cm/s^2 \qquad \delta a_{98} = 0{,}01006\ cm/s^2$$
$$a_{108} = 25{,}60\ cm/s^2 \qquad \delta a_{108} = 0{,}01005\ cm/s^2$$
$$a_{118} = 25{,}53\ cm/s^2 \qquad \delta a_{118} = 0{,}01004 cm/s^2$$
$$a_{128} = 25{,}55\ cm/s^2 \qquad \delta a_{128} = 0{,}01003\ cm/s^2$$

$$< a >= 25{,}77\ cm/s^2 \qquad < \delta a > = 0{,}0747\ cm/s^2$$
$$< g >= 1073{,}75\ cm/s^2 \qquad < \delta g > = 3{,}1125\ cm/s^2$$
$$< g >= 10{,}74\ m/s^2 \qquad < \delta g > = 0{,}0311\ m/s^2$$

Como toda medição do tem uma determinada incerteza, tanto dos instrumentos (tipo B), quanto da quantidade de medições (tipo A). Em cada uma das medidas; Alturas h_1 e h_2, os tempos medidos t_1 e t_2:

$$h_1 = 1{,}5m \qquad \delta h_1 = 0.005m$$
$$h_2 = 0{,}9m \qquad \delta h_2 = 0.005m$$

Utilizando uma média dos 60 valores, calculamos uma medida de tempo aproximada média e obtivemos os seguintes resultados abaixo:

$$< t_1 > = 0{,}476 \cong 0{,}480s \qquad \delta t_1 = 0.010s$$
$$< t_2 > = 0{,}37165 \cong 0{,}372s \qquad \delta t_2 = 0.001s$$

Pelas incertezas demonstradas acima, temos:

$$h_{1Exp} = (1{,}5 \pm 0.005)m$$
$$h_{2Exp} = (0{,}9 \pm 0.005)m$$
$$t_{1Exp} = (0{,}476 \pm 0.010)s$$
$$t_{2Exp} = (0{,}372 \pm 0.001)s$$

Em seguida calculamos os desvios:

$$< \delta_{t1} > = 0.044s$$
$$< \delta_{t2} > = 0.002s$$

Calculamos a velocidade e em seguida a aceleração da gravidade e comparamos os resultados obtidos.

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração da gravidade em ambos os cenários, e levando em conta que possuímos a altura e o tempo de queda. utilizaremos a fórmula descrita anteriormente no documento:

$$v_1 = 3{,}125m/s$$
$$v_2 = 2{,}419m/s$$

$$\delta_{Vx} = v \sqrt{(\frac{\delta_{hx}}{h_x})^2 + (\frac{\delta_{tx}}{t_x})^2}$$

$$\delta_{V1} = 0{,}066m/s$$
$$\delta_{V2} = 0{,}014m/s$$
$$v_{1Exp} = v_1 \pm \delta_{V1}$$
$$v_{2Exp} = v_2 \pm \delta_{V2}$$

$$v_{1Exp} = (3{,}125 \pm 0{,}066) m/s$$
$$v_{2Exp} = (2{,}419 \pm 0{,}014) m/s$$

Com a velocidade será possível obter a aceleração da gravidade através da manipulação da fórmula da aceleração:

$$\delta a_x = v \sqrt{(\frac{\delta_{hx}}{h_x})^2 + (\frac{\delta_{tx}}{t_x})^2}$$

$$a_1 = 6{,}510 m/s^2$$
$$a_2 = 6{,}502 m/s^2$$

$$\delta_{a1} = 0{,}193 m/s^2$$
$$\delta_{a2} = 0{,}041 m/s^2$$
$$a_{1Exp} = a_1 \pm \delta_{a1}$$
$$a_{2Exp} = a_2 \pm \delta_{a2}$$
$$a_{1Exp} = (6{,}510 \pm 0{,}193)\ m/s^2$$
$$a_{2Exp} = (6{,}502 \pm 0{,}041)\ m/s^2$$

E então obtidos os valores, partimos para a comparação dos tempos:

$$|< t >_{p1} - < t >_{p2}| = 0{,}104$$

$$2\delta tp1 = 0{,}02$$

$$3\delta tp1 = 0{,}03$$

Conclusão:

Ao fim do experimento encontramos uma aceleração de aproximadamente 6,5m/s² em ambos os experimentos, mesmo com medidas totalmente diferentes, obtivemos uma aceleração constante e praticamente a mesma em ambas as etapas do experimento. Assim chegamos à conclusão que nossos dados foram incompatíveis.

Acreditamos que o erro dos dispositivos usado para mensurar e o tempo de reação humana nas medidas analógicas foram os principais fatores, porém não podemos descartar variações causadas pelos arredondamentos nos cálculos.

Apesar de tudo, os dois experimentos tiveram sua precisão e não podemos ignorar que o segundo experimento foi mais preciso que o primeiro pois a variação de seus dados foi significativamente mais consistente e menor.