

Roteiro do Experimento “Cinemática no Referencial Inercial”

A) Introdução ao experimento

Dois carrinhos estão parados e encostados um no outro, mas não ligados entre si. Eles podem se mover sobre um trilho de ar, o que minimiza o atrito entre as superfícies de contato. Em um certo momento, os carrinhos são lançados juntos por meio de um elástico preso ao trilho de ar. Um fio está preso a um deles, passa por uma polia e tem um peso amarrado na outra extremidade, de modo a acelerar este carrinho no sentido contrário ao do seu movimento inicial. Assim, depois do lançamento, somente o outro carrinho prossegue em movimento uniforme.

O objetivo deste experimento é determinar as acelerações do carrinho com o fio em diferentes sistemas de referência – o do laboratório e o do carrinho que se movimenta com velocidade constante – e investigar como elas se relacionam.

B) Procedimento de análise

B1. Assista aos vídeos do experimento na aba <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/translacao/cinRefIn/filmesequadros.php>. Observe que o carrinho vermelho carrega uma régua, e o carrinho amarelo, com o fio e o peso presos, faz um movimento de ida e volta. Preste atenção ao movimento do carrinho amarelo e tente descrevê-lo como seria visto por uma câmara que estivesse fixa no carrinho vermelho.

Imagine o seguinte experimento. Você está em um ônibus em movimento uniforme quando um carro, que se movia à mesma velocidade e na mesma direção, começa a frear lentamente, sem virar. Uma pedestre, que está parada na calçada, também vê esse carro e esse ônibus exatamente à sua frente no início da frenagem. O carro se afasta de você muito mais devagar do que da pedestre; além disso, você o vê se afastar para trás, enquanto a pedestre o vê se movendo para a frente. Tanto você quanto a pedestre medem a aceleração desse carro freando, em relação aos lugares em que se encontram – o ônibus e a calçada, respectivamente. Reflita acerca dos valores dessa aceleração medidos nos dois sistemas de referência e *indague-se se eles serão iguais ou diferentes, e se as acelerações terão o mesmo sentido ou não*. Essa questão não precisa ser respondida imediatamente, mas espera-se que induza à reflexão sobre o objetivo do experimento e acerca dos resultados, à medida que sejam obtidos.

B2. Leia, nas imagens do conjunto que lhe foi designado, as posições (x) dos carrinhos a cada instante (t). Use as letras E e D para identificar os carrinhos que aparecem na imagem do lado Esquerdo e Direito, respectivamente, e as letras L e D escritas dentro de parênteses para os sistemas de referência fixos ao Laboratório e ao carrinho D. Construa uma tabela com esses dados, em ambos os sistemas de referência, ou seja, meça $x_{E(L)}$, $x_{D(L)}$ e $x_{E(D)}$, as duas primeiras na trena fixa ao trilho de ar e a última, na régua fixada ao carrinho D.

Para isso, é recomendável acompanhar a posição do carrinho E em relação ao Laboratório, $x_{E(L)}$, pelo seu canto inferior direito e, em relação ao carrinho D, $x_{E(D)}$, pela agulha na régua que está presa a D. A posição do carrinho D em relação ao laboratório, $x_{D(L)}$, deve ser medida pela sua quina esquerda. Ignore a incerteza no tempo e avalie σ_x

como a metade da menor divisão que você conseguir ler com certeza no instrumento de medida da posição. Note que σ_x é diferente para cada um dos referenciais – a leitura na trena é mais precisa que na régua presa no carrinho D. Anote os desvios padrão das posições na tabela.

Conserve em mente que o foco do estudo é relacionar o movimento do carrinho E em dois sistemas de referência: o do laboratório, descrito pela coordenada $x_{E(L)}$ medida na trena do trilho, e o fixo no carrinho da direita, $x_{E(D)}$ medida na régua.

B3. Faça os gráficos da posição em função do tempo com os valores obtidos no item **B2** – as planilhas chamam esse tipo de desenho de *gráfico de dispersão*. Os pontos devem sugerir curvas suaves. Caso perceba pontos discrepantes, refaça a leitura desses pontos, a fim de confirmar ou corrigir esses valores.

B4. A velocidade média em um intervalo de tempo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$ é uma boa aproximação da velocidade no instante médio $t'_i = \frac{t_{i-1} + t_{i+1}}{2}$. Neste experimento, o intervalo de tempo entre imagens consecutivas é sempre o mesmo, de modo que o instante médio $t'_i = t_i$. Assim, calcule as velocidades dos carrinhos em relação ao laboratório, $v_{E(L)}$ e $v_{D(L)}$, bem como a velocidade do carrinho E em relação ao carrinho D, $v_{E(D)}$, com a fórmula genérica:

$$v(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

Veja que a notação $x(t_i)$ corresponde à posição no momento t_i , apenas, e não ao produto da posição pelo tempo, bem como x deve ser substituído por $x_{E(L)}$, $x_{D(L)}$ ou $x_{E(D)}$ conforme o caso de interesse.

B5. Calcule o desvio-padrão de cada uma das velocidades do item anterior pela fórmula:

$$\sigma_v = \frac{\sqrt{2} \sigma_x}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

igual para todos os tempos, uma vez que os intervalos entre imagens sucessivas são iguais para todos os instantes.

B6. Faça os gráficos de velocidade em função do tempo com os valores obtidos no item B4. Adicione também as barras de incerteza (que o Excel chama de barras de erro), cujos tamanhos devem corresponder aos desvios-padrão do item anterior.

B7. Ajuste retas de tendência aos três conjuntos de dados de velocidade por tempo. Avalie os desvios padrão das acelerações como

$$\sigma_a = \frac{\sigma_v}{T} \sqrt{\frac{12}{N}}$$

em que N é o número de dados e T a diferença de tempo entre o último e o primeiro quadros analisados. A seção 4.6 do Guia de incertezas explica a origem dessa fórmula (http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro_incertezas_2015.pdf), mas neste relatório o foco não está nisto.

B8. Compare as acelerações do carrinho esquerdo nos dois sistemas de referência e verifique se a aceleração do carrinho que carrega a régua móvel é, dentro das incertezas, compatível com zero.

C) Procedimento de elaboração da Síntese

C1. Identificação: inclua os nomes de todos os membros da equipe, turma e a identificação do conjunto de dados que analisou.

C2. Descrição Experimental: descreva, com suas palavras, o arranjo experimental – carrinhos, trena, peso, etc., e suas respectivas características. Identifique os elementos do arranjo experimental que correspondem aos componentes de interesse do sistema. Comente como foram lançados os carrinhos. Diga como se fez para que os carrinhos se movam da maneira que você vê nos vídeos e imagens. Explique que objetos e propriedades do arranjo permitiram obter dados acerca das grandezas físicas em que se baseou a análise.

C3. Dados Obtidos: apresente uma tabela com todas as grandezas medidas e calculadas (o tempo, a posição de cada carrinho e suas velocidades nos dois sistemas de referência). Apresente os gráficos do item **B3** e escreva se a curva insinuada por cada conjunto de pontos é uma reta, parábola ou outro tipo de curva.

C4. Resultados Obtidos. apresente os gráficos do item **B6**. Destaque os resultados obtidos para as acelerações nos dois sistemas de referência, nos itens **B7** e **B8**. Verifique se as grandezas estão nas unidades apropriadas e representadas com números de algarismos significativos adequados.

C5. Discussão: Explique como uma aceleração sempre no mesmo sentido produziu o movimento de vai e vem do carrinho E. Compare os gráficos obtidos e, a partir disso, responda à pergunta motivadora do item **B1**. Confirme sua interpretação desses gráficos comparando as acelerações medidas nos dois referenciais usados (Laboratório e carrinho D). Você poderia extrair essa conclusão analisando os gráficos de posição por tempo e seguindo o mesmo raciocínio do item **B8**?

C6. Conclusão. Qual é o conceito, lei física ou assunto abordado na teoria que este experimento pretende demonstrar?