

Experimentos com sensores do celular

1.1 Introdução

O celular típico possui diversos sensores. Eles possibilitam que façamos medidas relacionadas a sons, imagens, campo magnético e aceleração, por exemplo. Possui também dispositivos que permitem emitir sinais, como autofalantes, campainha e flash. Neste experimento utilizaremos um aplicativo gratuito chamado Phyphox®, que pode ser obtido através do link <<https://Phyphox.org/>> para controle desses instrumentos.

A turma será dividida em 6 grupos e cada um fará apenas um experimento entre os listados a seguir. Depois da análise e interpretação dos dados obtidos, cada grupo fará para a turma (na segunda aula do curso) uma curta apresentação oral (entre 5 e 10 minutos) mostrando como fizeram o experimento, que resultados obtiveram, o quanto podem confiar neles, e o que mais acharem relevante compartilhar.

Provavelmente vocês sentirão falta de “ferramentas” para análise e interpretação de seus dados. Várias dessas ferramentas serão introduzidas durante o curso. Nesse momento, encare a tarefa proposta como um desafio. Procure identificar a necessidade dessas ferramentas e inclua essa discussão em sua apresentação.

IMPORTANTE: assim que terminarem a tomada de dados, ainda durante a primeira aula, todos os(as) integrantes do grupo devem procurar o(a) professor(a) e mostrar seus resultados preliminares.

1.2 Lista dos experimentos

- A. Medição de distâncias e de alturas usando o GPS;
- B. Medição de altura de um andar do Bloco A usando o sensor de pressão;
- C. Medição do campo magnético da Terra (módulo e sentido) no Rio de Janeiro;
- D. Medição da aceleração do seu corpo durante a descida de uma escada;
- E. Medição da inclinação de um plano usando o sensor de aceleração;
- F. Medição da velocidade do som com o uso de dois celulares.

Nas folhas complementares são apresentadas informações mais detalhadas sobre a preparação e execução dos experimentos.

Experimento A: Medição de distâncias e de alturas usando o GPS

Antes de começarmos, observe que, em alguns dispositivos celulares, pode ser que seja necessário ativar a opção "apenas localização por satélite" dentro do aplicativo Phyphox®. É apresentada a seguir uma sugestão de procedimento que você pode adaptar conforme necessário.

- Ao escolher o local para realizar os experimentos, tome cuidado para não incomodar com barulho alunos e professores em salas de aula e outros laboratórios. Em particular, não use o corredor do quarto andar. Procure áreas de circulação externa (por exemplo, no Térreo ou no corredor externo do segundo piso). As escadarias podem também ser utilizadas.
- Use o GPS (*Global Positioning System*) do celular e meça a distância entre dois pontos distantes de pelo menos algumas dezenas de metros;
- Estime essa distância também por um segundo método à sua escolha.
- Use o GPS e tente medir a variação de alturas fornecidas entre dois andares do Bloco A do CT. Se possível, calcule a variação de altura por andar obtida no experimento;
- Faça uma análise crítica do uso do GPS para medidas de distância na horizontal e de altitude.

Experimento B: Medição de altura de um andar do Bloco A usando o sensor de pressão

Observe que nem todos os dispositivos móveis possuem sensor de pressão. Antes de iniciar a atividade, certifique-se de que pelo menos um dos membros do grupo possui um celular equipado com esse sensor. Se nenhum dos integrantes possuir um aparelho que tenha essa funcionalidade, escolha outro experimento.

Use dentro do Phyphox® o experimento “*Elevator*” (usar a escada pode ser mais simples). Ele usa medidas obtidas pelo sensor de pressão que, após calibração já feita no aplicativo, fornecem medidas indiretas de altura. Segue uma sugestão de procedimento, que você pode adaptar se julgar necessário.

- Meça as alturas fornecidas para o 3º e o 7º andares do Bloco A do CT.
- Calcule a variação de altura por andar obtida no experimento.
- Faça uma análise crítica do uso do sensor de pressão atmosférica para medidas de altitude.

Experimento C: Medição do campo magnético da Terra (módulo e inclinação) no Rio de Janeiro

Antes de iniciar seguem aqui algumas dicas para obter melhores resultados experimentais:

1. O sensor de campo magnético, \vec{B} , do celular mede as três componentes vetoriais de \vec{B} , ou seja, B_x , B_y e B_z , para simplificar a análise: tente orientar seu celular sobre a mesa de modo a zerar a componente B_y .
2. **CUIDADO** para não fazer suas medidas perto de objetos que gerem campo magnético intenso (e em particular de objetos de ferro).

Após tomar as devidas precauções, é apresentada a seguir uma sugestão de procedimento que você pode adaptar conforme necessário.

- Apresente o valor do módulo do campo magnético \vec{B} da Terra.
- Calcule o ângulo de inclinação entre o vetor \vec{B} e a horizontal.
- Se possível, compare os valores medidos pelo grupo com valores conhecidos para a região do Rio de Janeiro.
- Suas medidas são consistentes com a assim chamada *Anomalia do Atlântico Sul*? Uma pessoa que não sabe onde foi feita sua medida de campo magnético conseguiria descobrir em que continente ela foi feita?

Experimento D: Medição da aceleração do seu corpo durante a descida de uma escada

O aplicativo Phyphox® oferece uma ferramenta que utiliza a variação da velocidade da mudança de posição do celular para medir a aceleração. Segue uma sugestão de procedimento, que você pode adaptar se quiser

- Utilize o acelerômetro do celular e produza um gráfico de medidas da componente vertical de sua aceleração, componente a_z , em função do tempo enquanto você desce um lance de escadas do Bloco A do CT. Anote o número de degraus descidos.
- Tente identificar no gráfico os instantes de tempo correspondentes aos impactos dos calcanhares com o chão. (Tenha cuidado ao descer e subir as escadas, não é necessário ficar olhando para a tela do celular, a aquisição dos dados acontece independentemente de estar sendo observada.)
- Compare, em ordem de grandeza, os valores de a_z nesses instantes com o valor conhecido¹ para a aceleração da gravidade g .

¹ No Observatório Nacional, localizado no Rio de Janeiro, a aceleração da gravidade vale 9,787899 m/s². Fonte: Livros das efemérides astronômicas, 1990.

Experimento E: Medição da inclinação de um plano usando o sensor de aceleração

O aplicativo Phyphox® apresenta uma ferramenta para medir o ângulo de inclinação do celular baseada na medida do vetor \vec{g} (aceleração da gravidade local). Segue uma sugestão de procedimento, que você pode adaptar se quiser

- Posicione seu celular inclinado de maneira a formar com a horizontal um triângulo com os dois catetos iguais.
- Meça o ângulo de inclinação com o Phyphox®.
- Estime a incerteza na sua medida olhando para o gráfico do aplicativo que mostra diferentes valores para o mesmo ângulo medidos em função do tempo.
- Calcule o ângulo a partir da informação sobre os catetos e compare com o resultado obtido com uso do celular.

Experimento F: Medição da velocidade do som com o uso de dois celulares

O aplicativo Phyphox® usa o microfone do celular para implementar um cronômetro acústico, que mede o intervalo de tempo entre dois eventos acústicos (batidas de palmas, por exemplo). Usando dois celulares com o Phyphox® instalado, separados por uma distância fixa d , podemos determinar a velocidade do som no ar, e então compará-la com um valor tabelado (pesquise). Segue uma sugestão de procedimento. O experimento necessitará de duas pessoas, cada uma próxima a um dos celulares.

- Coloquem os celulares a uma certa distância d e meçam o valor dessa distância.
- Em cada um dos celulares, abram o aplicativo Phyphox®. Na aba “Temporizadores”, cliquem em “Cronômetro Acústico”. Os valores de “Limiar” em 0,1 u.a. e de “intervalo Mínimo” em 0,1 s serão, normalmente, adequados. Aumentem o valor de “Limiar” se a sala estiver muito barulhenta, e o barulho for suficiente para iniciar o cronômetro.
- Cliquem na tecla “play”, na parte superior da tela do aplicativo. Uma batida de palmas iniciará o cronômetro e uma nova batida de palmas fará parar a contagem de tempo. O tempo mostrado pelo cronômetro é o tempo decorrido entre as duas batidas de palmas. Testem o funcionamento dos sensores e temporizadores.
- Chamemos os celulares de cel1 e cel2. Para iniciar a medição da velocidade do som, a pessoa ao lado do cel1 bate palmas (apenas uma vez e forte). Isso irá iniciar a contagem de tempo no cel1 “imediatamente”, enquanto o início da contagem de tempo no cel2 acontecerá apenas depois do som da batida de palmas chegar ao cel2, ou seja, no tempo $t_{2i} = t_{1i} + d/v$, onde t_{1i} é o tempo em que a primeira pessoa bateu palmas, d é a distância entre os dois celulares e v é a velocidade do som no ar.
- Após a contagem de tempo no cel2 ter sido iniciada, a pessoa ao lado do cel2 bate palmas (apenas uma vez e forte). Isso fará que o cel2 para de contar o tempo “imediatamente”, enquanto cel1 só parará de contar o tempo após o som da batida de palmas chegar a ele, ou seja, no tempo $t_{1f} = t_{2f} + d/v$, onde t_{2f} é o tempo em que a segunda pessoa bateu palmas.
- O tempo medido pelo cel1 será $\Delta t_1 = t_{1f} - t_{1i} = t_{2f} + d/v - t_{1i}$, enquanto o tempo medido pelo cel2 será $\Delta t_2 = t_{2f} - t_{2i} = t_{2f} - t_{1i} - d/v$. Logo, $\Delta t_1 - \Delta t_2 = 2d/v$, e $v = 2d/(\Delta t_1 - \Delta t_2)$.