

11 F

FÍSICA E QUÍMICA A

Física – Bloco 2

11.º/12.º ano

CADERNO DE APOIO AO PROFESSOR

Graça Ventura
Manuel Fiolhais
Carlos Fiolhais

João Paiva
António José Ferreira



Texto Editores

Índice

1. Objetivos do Caderno de Apoio ao Professor	3
2. Linhas orientadoras do manual <i>11 F</i>	4
3. Uma calendarização possível	5
4. Trabalho prático	7
4.1 Competências a desenvolver pelos alunos	7
4.2 Listagem de material necessário para as atividades	8
4.3 Atividades com utilização de calculadoras gráficas	9
4.4 Sugestões e algumas respostas às atividades laboratoriais	20
4.5 Grelha de observação do trabalho do aluno em sala de aula	35
5. Valores típicos de algumas grandezas físicas	36
6. Teste final	37
7. Bibliografia	44
8. Sítios na Internet	48

1. Objetivos do Caderno de Apoio ao Professor

Este Caderno de Apoio ao Professor fornece informação e recursos complementares para ajudar todos os professores que se encontrem a trabalhar com o manual escolar *11 F*.

O Caderno de Apoio ao Professor explica as linhas orientadoras do manual e fornece informação complementar sobre o trabalho prático. Serve igualmente para enquadrar e dar pistas de exploração dos materiais que acompanham o manual. Este caderno contém também um Teste Final com conteúdos do 11.º ano.

Apresenta, ainda, tabelas com valores típicos de algumas grandezas físicas que poderão auxiliar o professor a criar as suas próprias questões.

Finalmente, fornece um conjunto diversificado de referências bibliográficas e sítios na Internet.

Atendendo à importância central do trabalho experimental em física, uma parte da informação contida neste Caderno de Apoio ao Professor está relacionada com a prática laboratorial. Esperamos que essa informação ajude o professor, proporcionando-lhe recursos úteis para a prossecução dessa importante componente.

Também é dada informação sobre as atividades com calculadoras gráficas, quer ao nível dos objetivos pedagógicos quer ao nível mais técnico da utilização da calculadora e dos programas referentes à aquisição de dados experimentais. As instruções que aparecem em *11 F* e neste Caderno de Apoio ao Professor correspondem:

- 1) à calculadora *TI 84 Plus*, ao detetor de movimento CBR e à interface CBL2, da *Texas Instruments* (o que permite armazenar e tratar dados recolhidos em tempo real: temperatura, tensão, intensidade da luz, etc.);
- 2) à calculadora *FX-9860* e à interface *Data Analyser EA-200*, ambas da *Casio* (que permite também armazenar dados recolhidos em tempo real).

2. Linhas orientadoras do manual 11 F

As linhas orientadoras do manual 11 F são:

- Pleno cumprimento do programa.
- Grau de aprofundamento conveniente.
- Multiplicidade de atividades e questões.
- Diversificação das opções de ensino e aprendizagem.
- Valorização da componente laboratorial do programa.

Merecem ainda destaque alguns aspetos que caracterizam este manual, como:

- Notas laterais ao longo do manual destacando ideias importantes.
- Quadros resumo cujo objetivo é sistematizar os conceitos físicos fundamentais apresentados.
- Atividades práticas numerosas e versáteis.
- Atenção permanente às relações entre ciência, tecnologia e sociedade.
- Ligação entre a Física e a Química.
- Inclusão de questões resolvidas.
- Questões diversificadas no final de cada unidade.
- Questões e atividades resolvidas com recurso à calculadora gráfica e à aquisição automática de dados com sensores.
- Questões no final de cada unidade que solicitam o aluno a rever conteúdos abordados no ano anterior, promovendo a ligação entre conteúdos dos dois anos referentes à disciplina.
- Dois testes finais, incluindo questões de índole experimental, um contemplando apenas conteúdos do 11.º ano e outro interligando conteúdos do 10.º e 11.º anos.

Para a componente laboratorial, considerámos:

- Clarificação dos conceitos relacionados com as tarefas prático-laboratoriais.
- Estruturação das atividades a partir de questões ou problemas.
- Exploração através de questões pré-laboratoriais e pós-laboratoriais.
- Procedimentos experimentais alternativos em algumas atividades.

Associados ao manual existem recursos complementares:

- Caderno de Exercícios e Problemas.
- Manual Multimédia.

Em que os seguintes recursos são exclusivos do professor:

- Caderno de Apoio ao Professor.
- Manual Multimédia versão do Professor.
 - Manual Multimédia.
 - Caderno de Apoio ao Professor.
 - Exames Nacionais e Critérios de Classificação.

- Banco de Imagens.
- Programa da Disciplina.
- Estatuto da Carreira Docente e Avaliação de Desempenho (Legislação e Modelos).
- Utilitários.

O **Caderno de Exercícios e Problemas** é um complemento do manual que inclui 190 questões. No início de cada unidade há um resumo teórico das ideias principais do tema em estudo.

Quer nas questões do manual quer nas do Caderno de Exercícios e Problemas são apresentadas sugestões de resolução de modo a permitir um estudo mais autónomo ao aluno.

3. Uma calendarização possível

O programa de Física e Química enfatiza várias formas de flexibilidade. No entanto, essa flexibilidade implica um trabalho de planificação e calendarização por parte do professor. Apresentamos, por isso, uma calendarização que pode servir de guia (ainda que não rígido) aos professores.

O programa prevê 36 aulas (de 90 minutos) para o estudo da física: 18 aulas para a Unidade 1 e 18 aulas para a Unidade 2. Contabilizando 17 semanas (até ao final de janeiro), o que corresponde a 51 aulas, as restantes 15 aulas são para gestão do professor, de acordo com as características da turma ou situações imprevistas.

Recorde-se que atualmente cerca de um terço das aulas são de 135 minutos e devem ser utilizadas para trabalho prático de todo o tipo (incluindo laboratorial), de acordo com as orientações ministeriais.

Na calendarização que se apresenta, consideramos 13 aulas para gestão do professor (simbolizadas por AC/I – atividades complementares e imprevistas), pois nas restantes tivemos em conta não só a abordagem dos conteúdos como todas as atividades práticas de sala de aula que o professor poderá propor aos alunos, de acordo com o seguimento do manual *11 F*.

Nas aulas AC/I poderão incluir-se visitas de estudo (laboratórios, indústrias, museus/centros de ciência, saídas de campo, etc.), atividades interdisciplinares e outros eventos. As aulas de avaliação estão contempladas como AC/I.

Na calendarização que se segue, apresentamos os conteúdos por itens, de acordo com o manual *11 F*. Cada item inclui não só a apresentação dos conteúdos mas também as propostas de atividades de sala de aula indicadas no manual, assim como a resolução de exercícios e problemas do final do capítulo, que devem ser escolhidos pelos professores de acordo com as características das suas turmas.

4. Trabalho prático

4.1 Competências a desenvolver pelos alunos

Indicam-se a seguir as competências a desenvolver pelos alunos através da preparação, realização e avaliação de atividades práticas.

A – Competências do tipo processual:

1. Selecionar material de laboratório adequado a uma atividade experimental.
2. Construir uma montagem laboratorial a partir de um esquema ou de uma descrição.
3. Identificar material e equipamento de laboratório e explicar a sua utilização/função.
4. Manipular com correção e respeito por normas de segurança, materiais e equipamentos.
5. Recolher, registar e organizar dados de observações (quantitativos e qualitativos) de fontes diversas, nomeadamente em forma gráfica.
6. Executar, com correção, técnicas previamente ilustradas ou demonstradas.
7. Exprimir um resultado com um número de algarismos significativos compatíveis com as condições da experiência e afetado da respetiva incerteza absoluta.

B – Competências do tipo conceptual:

1. Planear uma experiência para dar resposta a uma questão – problema.
2. Analisar dados recolhidos à luz de um determinado modelo ou quadro teórico.
3. Interpretar resultados obtidos e confrontá-los com as hipóteses de partida e/ou com outros resultados de referência.
4. Discutir os limites de validade dos resultados em relação ao observador, aos instrumentos e à técnica usados.
5. Reformular o planeamento de uma experiência a partir dos resultados obtidos.
6. Identificar parâmetros que poderão afetar um dado fenómeno e planificar modo(s) de os controlar.
7. Formular uma hipótese sobre o efeito da variação de um dado parâmetro.
8. Elaborar um relatório (ou uma síntese, oralmente ou por escrito, ou ainda noutros formatos) sobre uma atividade experimental por si realizada.

C – Competências do tipo social, atitudinal e axiológico:

1. Desenvolver o respeito pelo cumprimento de normas de segurança: gerais, de proteção pessoal e do ambiente.
2. Apresentar e discutir na turma propostas de trabalho e resultados obtidos.
3. Utilizar formatos diversos para aceder e apresentar informação, nomeadamente recursos informáticos.
4. Refletir sobre pontos de vista contrários.
5. Rentabilizar o trabalho em equipa através de processos de negociação, conciliação e ação conjunta, com vista à apresentação de um produto final.
6. Assumir responsabilidade nas suas posições e atitudes.
7. Adequar ritmos de trabalho aos objetivos das atividades.

Na Secção 4.4 serão identificadas as competências, com base nesta listagem (A1, A2, ..., B1, B2, ..., C1, C2, ...), que se pretende que os alunos desenvolvam em cada atividade laboratorial.

4.2 Listagem de material necessário para as atividades

4.2.1 Atividades práticas com calculadoras

- calculadora *TI 84 Plus* com o programa RANGER E DATAMATE ou calculadora Casio *FX-9860* com o programa ECON2;
- *viewscreen* ou ligação ao projetor;
- CBR e CBL2 ou EA-200 da Casio;
- sensor de força, sensor de aceleração (acelerómetro), microfone (próprio para ligação à calculadora) e sensor de intensidade luminosa.

Nota: Muitas das atividades podem também ser feitas com sensores e uma interface ligada ao computador, no qual deve estar instalado o respetivo programa de aquisição e tratamento de dados respetivo.

4.2.2 Outras atividades práticas

- corda e mola (*slinker*);
- diapasões de frequências diferentes;
- gerador de sinais e altifalante (com amplificador se necessário);
- fio de cobre, galvanómetro e íman;
- microfone e altifalante velhos (por exemplo, um auscultador de um telefone velho);
- osciloscópio e gerador de sinais com funções AM e FM;
- laser com modulador, fibra ótica, fotodíodo e desmodulador.

4.2.3 Atividades laboratoriais

O material que a seguir se apresenta corresponde ao que é necessário apenas para um grupo de alunos:

- duas células fotoelétricas com ligação a um marcador digital de tempo (*digital photogate timer system*);
- esferas com diferentes diâmetros;
- calha e carrinho que role sobre esta;
- calha circular (ou, em alternativa, lançador de projéteis);
- *kit* para estudo do movimento circular: plataforma rotativa ligada a um motor; carrinho, mola elástica, dinamómetro;
- osciloscópio de dois canais e respetivos cabos de ligação (incluindo «tês» para mais que uma ligação ao mesmo canal);
- fonte de tensão contínua;
- fonte de tensão alternada;
- dois voltímetros;
- duas lâmpadas de baixa potência;
- gerador de sinais;
- dois microfones (e amplificadores se necessário);
- altifalante (e amplificador se necessário);

- material comum: fita métrica, suporte universal e garras, fio, massas marcadas, roldana, cartolina e papel químico, balança, cronómetro, fios elétricos de ligação e crocodilos, duas mangueiras (uma com 10 m e outra com 20 m);
- *kit* de microondas (com respetivos acessórios).

Se a escola não dispuser de *kits* de microondas (que são de custo elevado), mas tiver *kits* de ultra-sons, também poderá realizar a AL 1.4, embora o professor tenha de alterar ligeiramente o protocolo. Os fenómenos de reflexão, absorção, refração e difração podem ser igualmente estudados, não se centrando a atividade no estudo das microondas.

4.3 Atividades com utilização de calculadoras gráficas

A utilização de calculadoras gráficas é preconizada no programa do 11.º ano: «Recomenda-se evitar uma memorização excessiva de expressões analíticas relacionadas com as características dos movimentos. O uso de calculadoras gráficas na sua dedução é particularmente útil, promovendo uma melhor interpretação do seu significado... Não se pretende que os alunos desenvolvam um trabalho excessivo de resolução de exercícios de aplicação das expressões analíticas a que chegaram. Devem, de preferência, explorar situações reais, aplicando conceitos e leis, devendo ser privilegiada a resolução de problemas, sempre que possível com recurso às calculadoras gráficas» (p. 60).

As calculadoras gráficas também se usam na aquisição de dados experimentais e respetivo tratamento estatístico, na resolução de exercícios e problemas que recorrem à interpretação gráfica (a qual é particularmente recomendada no estudo dos movimentos – Unidade 1) e na construção de modelos matemáticos a partir de uma lista de dados.

Os conhecimentos matemáticos e correspondentes procedimentos na calculadora gráfica, requeridos para a realização das atividades, relacionam-se com o estudo de funções e tratamento estatístico de dados. Estes já foram abordados na disciplina de Matemática no 10.º ano e são, por isso, conhecidos dos alunos.

A calculadora gráfica permite o traçado e interpretação de gráficos no estudo dos movimentos. Um tipo de atividade proposta é a visualização de um gráfico a partir da respetiva expressão analítica da função que o representa: a determinação, neste gráfico, de pontos relevantes (por exemplo, máximos, mínimos, zeros), o traçado de tangentes em pontos do gráfico (e determinação dos declives) e as respetivas interpretações físicas são competências a desenvolver nos alunos.

Outro tipo de atividade é a construção de listas de dados, provenientes de tabelas cedidas pelo professor ou adquiridos com sensores em atividades práticas de sala de aula, e o respetivo tratamento: construção do gráfico de dispersão e determinação da linha (reta ou curva) que melhor se ajusta ao conjunto de dados.

A associação à calculadora de sensores e uma interface permite a aquisição de dados experimentais em tempo real.

A utilização da calculadora gráfica não substitui a resolução de exercícios e problemas que recorrem à interpretação gráfica sem utilização de dados numéricos.

Uma boa discussão das atividades com calculadoras pressupõe que todos os alunos visualizem, ao mesmo tempo, a informação no ecrã. Tal pode ser conseguido ligando a calculadora ao *viewscreen*, colocado sobre o retroprojetor, projetando-se, assim, o que está a ser analisado.

Apresentam-se seguidamente, e de forma sucinta, as atividades e questões do manual que envolvem calculadoras gráficas.

Unidade 1

Atividade 3: Como obter o gráfico posição-tempo de um movimento real?

Nesta atividade pretende-se que o aluno:

- Obtenha o gráfico $x = x(t)$ com um sensor de posição para um movimento retilíneo com velocidade de módulo constante.
- Interprete o gráfico obtido com base na descrição do movimento sobre a trajetória.
- Distinga trajetória de gráfico $x = x(t)$.
- Preveja a forma do gráfico $x = x(t)$, para um dado movimento, antes de visualizar o registo feito pelo sensor.
- Compare o gráfico obtido com o previsto, interpretando as causas de eventuais diferenças.
- Analise o gráfico $x = x(t)$ de modo a:
 - indicar a posição inicial e a de afastamento máximo;
 - identificar a distância percorrida num e no outro sentido;
 - identificar o intervalo de tempo em que o corpo esteve em repouso.

Questão Resolvida 5

Nesta questão pretende-se que o aluno:

- Construa o gráfico posição-tempo a partir da sua lei de movimento.
- Descreva o movimento a partir de pontos relevantes do gráfico: sentido do movimento, passagem pela origem do referencial e instante e posição de inversão de sentido.
- Determine distâncias e deslocamentos a partir do gráfico posição-tempo.

Atividade 4: Qual é o modelo da lei de movimento $x(t)$ para um movimento real?

Nesta atividade pretende-se que o aluno:

- Construa um gráfico de dispersão posição-tempo a partir de uma tabela de dados, utilizando a opção de estatística da calculadora.
- Determine a melhor linha de ajuste para o gráfico de dispersão posição-tempo.
- Atribua significado à equação da linha de ajuste, identificando-a com a lei de movimento do corpo.

Atividade 5: Em que diferem os gráficos posição-tempo de dois movimentos retilíneos com velocidades constantes, um mais rápido do que o outro?

Nesta atividade pretende-se que o aluno:

- Associe o maior ou menor declive da reta em cada um dos troços à maior ou menor rapidez do movimento.
- Trace as retas que melhor se adaptam aos troços que descrevem os movimentos de afastamento e aproximação ao sensor (regressão linear).
- Identifique o valor da velocidade com o declive da reta obtido da equação da regressão linear no gráfico posição-tempo.

Questão Resolvida 11

Nesta questão pretende-se que o aluno:

- Construa o gráfico posição-tempo a partir de uma tabela de dados fornecidos pelo professor.
- Reconheça a variação da velocidade pelos declives das retas tangente aos pontos do gráfico posição-tempo.
- Determine valores da velocidade em certos instantes a partir do gráfico posição-tempo pelo traçado das respetivas retas tangentes e leitura do seu declive.
- Construa a função $v = v(t)$ a partir do tratamento estatístico da lista dos dados obtidos através do gráfico posição-tempo.

Atividade 9: Como relacionar a força resultante sobre um corpo com a aceleração que ele adquire?

Nesta atividade pretende-se que o aluno adquira alguma sensibilidade para se poder introduzir a Segunda Lei de Newton.

Esta atividade tem como objetivo que o aluno:

- Interprete, a partir do traçado dos gráficos $F = F(t)$ e $a = a(t)$, a proporcionalidade direta entre estas grandezas.
- Analise o gráfico $F = F(a)$ identificando a constante de proporcionalidade com a massa do corpo.
- Compare as características da força com as da aceleração.

Na primeira parte da atividade pretende-se que o aluno:

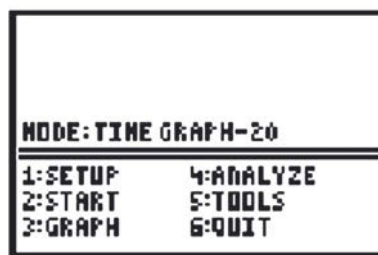
- Relembra que uma força causa uma variação de velocidade, ou seja, uma aceleração.
- Reconheça que a força aplicada sobre o carrinho é igual à força resultante pelo facto de se poder desprezar o atrito.
- Preveja que a uma maior força corresponde uma maior aceleração.

Recolha de dados com material da Texas

Se for utilizado o programa DATAMATE, deve proceder-se do seguinte modo:

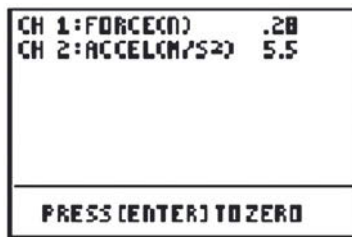
- Ligar o sensor de aceleração (acelerómetro) ao canal 1 da interface CBL2 e o sensor de força ao canal 2.
- Ligar o CBL2 à calculadora gráfica.
- Ligar a calculadora. Premir a tecla APPS (*Applications*) e seleccionar DATAMATE, seguido de ENTER.

Aparece no ecrã a versão do programa logo seguida do menu principal.



- Se os sensores forem detetados automaticamente, o número do canal e o tipo de sensor aparecem no ecrã principal. Se algum sensor não tiver identificação automática, seleccionar 1SETUP no menu principal e mover o cursor até ao canal onde se ligou o sensor: aparece uma lista de sensores e escolhe-se o desejado; se ele não estiver na lista, premir MORE para ver mais escolhas; seleccionar o sensor desejado. Seleccionar OK para regressar ao menu principal.

- Para repor os sensores a zero, colocar o carrinho sobre uma superfície horizontal, seleccionar 1SETUP no menu principal, seleccionar 3ZERO e, finalmente, 3ALL CHANNELS. Com o carrinho em repouso e sem atuar nenhuma força no sensor de força, premir ENTER para repor os sensores a zero.



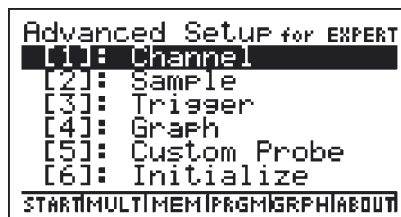
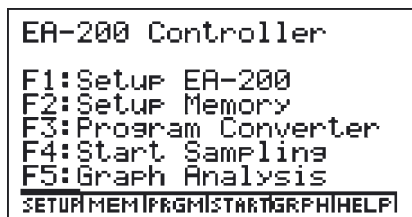
- Recolher os dados: premir 2START no menu. O gancho do sensor de força deve ser puxado suavemente e não se deve tocar em mais nenhuma parte do conjunto.
- Após a conclusão desta recolha, aparece no ecrã o menu GRAPH. Podem seleccionar-se três gráficos: força-tempo, aceleração-tempo e força-aceleração. Seleccionar um deles para visualizar o respetivo gráfico. Para escolher outro gráfico, premir ENTER e voltar a seleccionar. Para visualizar apenas uma parte do gráfico, seleccionar 2SELECT REGION no menu GRAPH. Para alterar a escala seleccionar 3RESCALE. Se se pretender que a calculadora indique a linha que melhor se ajusta ao conjunto de dados seleccionado, no menu principal seleccionar 4ANALIZE. A opção 2CURVEFIT mostra então uma lista de modelos de regressão. Após seleccionar um deles, a calculadora determina a curva ou reta mais adaptada ao conjunto de pontos experimentais e indica as suas características numéricas.

Recolha de dados com material da Casio

Se for utilizado o programa ECON 2 deve proceder-se do seguinte modo:

- Ligar o sensor de aceleração (acelerómetro) ao canal 1 do *Data Analyser* EA-200 e o sensor de força ao canal 2. Ligar o EA-200 à calculadora gráfica.
- Ligar a calculadora e o analisador de dados EA-200. Teclando em MENU, seleccionar o ícone ECON 2 e pressionar EXE para entrar. Se pressionar F4, o analisador de dados irá iniciar a recolha de dados com base em pré-definições que estão introduzidas de origem na máquina.

Se a recolha de dados não estiver de acordo com o esperado, ou se algum dos sensores não for detetado, deverá efetuar a definição dos mesmos escolhendo a opção 2 do menu «Setup EA-200» (*Advanced Setup*).



Na primeira opção (*Channel*) deverá fazer a configuração dos sensores. Se pressionar F1, vai surgir-lhe uma lista com sensores da *Casio*. Se pressionar F2, vai surgir-lhe uma outra lista com sensores da *Vernier*. Na segunda opção (*Sample*) deverá definir o intervalo de tempo e o número de contagens.

```

Channel Setup
CH 1 : Acc low-G
CH 2 : Force-S
CH 3 :
SONIC :
Mic :
CASIO|VERN|CSTM|None|

```

```

Sample Setup
Mode : Normal
Interval : 0.01sec
Number : 210
        [0h00m02.09s]
Warm-up : Auto
MODE|

```

Depois de tudo configurado, pressione a tecla F1 (START) para iniciar a recolha de dados. O gancho do sensor da força deve ser puxado suavemente e não se deve tocar em mais nenhuma parte do conjunto.

- Após a conclusão desta recolha, aparece no ecrã o gráfico força-tempo e aceleração-tempo referente à experiência. Para traçar o gráfico força-aceleração deverá transportar os dados para o menu da estatística (função LMEM). No menu estatístico, defina as listas na opção 5 – SET, que se encontra dentro do sub-menu GRPH, e desenhe o gráfico escolhendo a opção 1 – S-Gph1.

Na segunda parte da atividade pretende-se que o aluno, após recolha de dados e visualização dos gráficos, reconheça semelhanças nos gráficos força-tempo e aceleração-tempo. A partir do gráfico força-aceleração, o aluno poderá verificar a linearidade existente entre estas duas grandezas e comparar o declive da reta com a massa do carrinho + sensores que determinou previamente. Variando a massa do carrinho, isto é, acrescentando massas marcadas, poderá verificar o mesmo tipo de dependência entre a força e a aceleração.

Os alunos devem registar os resultados que obtiveram:

Experiência 1

Massa do carrinho com os sensores acoplados / kg:
Equação da reta obtida por regressão linear no gráfico força-aceleração:

Experiência 2

Massa do carrinho com os sensores acoplados / kg:
Equação da reta obtida por regressão linear no gráfico força-aceleração:

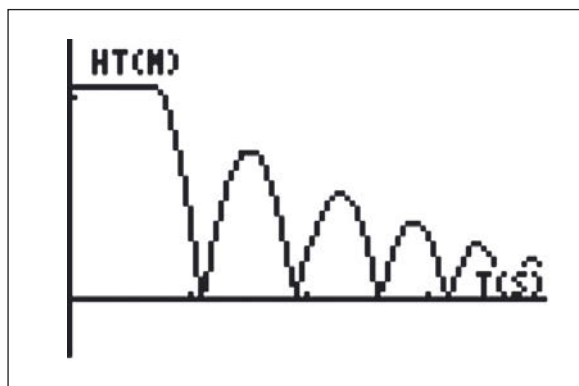
Realça-se que **o aluno não vai enunciar a Segunda Lei de Newton**, pois esta não pode ser estabelecida a partir de uma simples experiência concebida para o efeito. Não é o aluno que constrói leis! Terá de ser o professor a fazer a generalização do que foi observado, tal como vem no manual 11F, a seguir à realização da atividade.

Atividade 10: Como variará a posição e a velocidade de um corpo que cai com resistência do ar desprezável?

Esta atividade tem como objetivo introduzir o conceito de movimento uniformemente variado. Pretende-se que o aluno:

- Interprete o gráfico $y = y(t)$ do movimento observado descrevendo o movimento da bola.
- Identifique as forças que atuaram na bola durante a subida e descida e no contacto com o solo.
- Analise do ponto de vista energético os diferentes troços do gráfico (revisão do 10.º ano).
- Represente sobre a trajetória as direções e sentidos da velocidade, da força e da aceleração.
- Reconheça que a força que se exerce sobre a bola no contacto com o solo é responsável pela mudança de sentido do movimento.
- Trace a curva $y = y(t)$ a partir dos valores fornecidos pelo professor (troços de queda e ascensão da bola).
- Explícite o significado dos coeficientes na expressão analítica de $y = y(t)$ (equação do movimento).
- Determine a aceleração do corpo.
- Compare o valor obtido experimentalmente com o valor da aceleração da gravidade local e determine o respetivo desvio percentual.

Para facilitar a aquisição dos dados, um aluno deve segurar o CBR e outro a bola, abaixo deste, e à distância de cerca de 0,5 m. Quando o aluno que segura o CBR carregar no TRIGGER, ouvem-se cliques e o outro deve deixar cair a bola de modo que ela se mova sempre por baixo do CBR. Pelo menos os dois primeiros ressaltos devem ser observados no gráfico. Caso isso não aconteça, repetir o procedimento. O gráfico posição-tempo obtido na calculadora, utilizando os procedimentos indicados no manual, tem a forma que se segue.

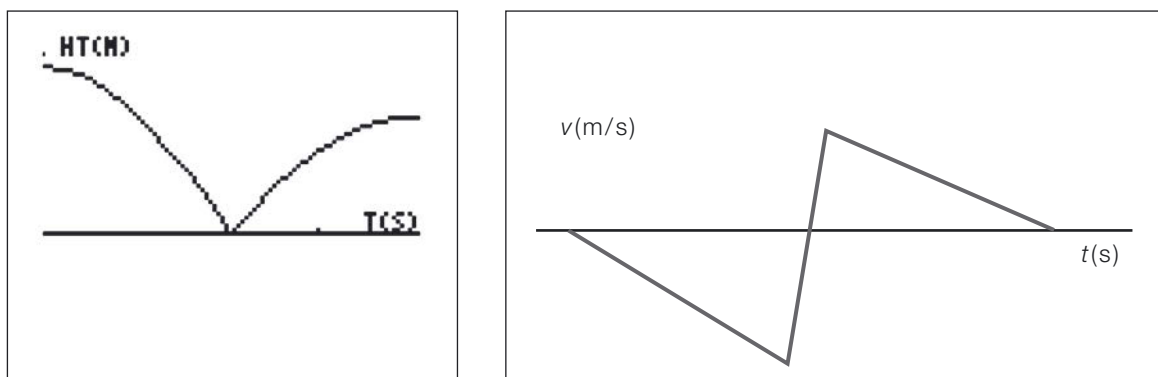


O tempo é medido no eixo das abcissas, em segundos; a altura da bola (ou seja, a posição num eixo vertical dirigido para cima) é medida em metros no eixo das ordenadas. Esta altura não representa a distância entre o CBR e a bola (tal como na Atividade 3). Este programa está feito de tal modo que o aluno visualize diretamente a altura da bola ao solo. Na verdade, os instantes em que as ordenadas são zero ($h = 0$) correspondem à posição mais baixa da bola e os picos do gráfico indicam os pontos mais altos nos sucessivos ressaltos.

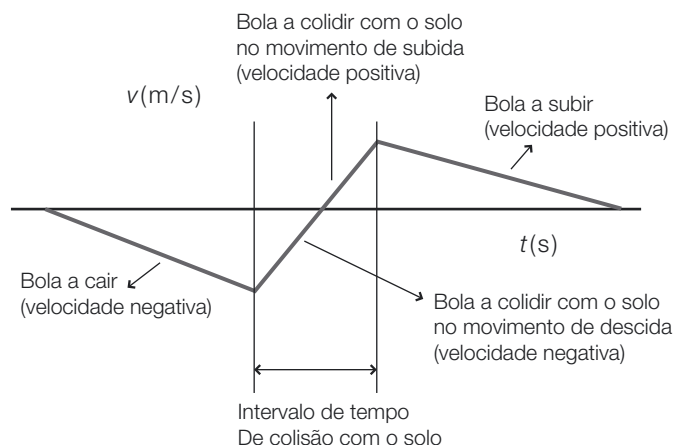
Os alunos poderão confundir este gráfico posição-tempo com o gráfico da trajetória, dizendo que esta é parabólica. Este conceito deverá ser esclarecido, fazendo o aluno uma leitura correta do gráfico: quando a altura h praticamente se mantém constante, no início, significa que decorre um certo tempo desde que o sensor é ligado até que se inicie o movimento de queda da bola; a diminuição de h corresponde a quedas da bola, enquanto o seu aumento corresponde a subidas, ou seja, aos movimentos de ressalto. Movendo o cursor ao longo do gráfico, o professor poderá mostrar, utilizando o *viewscreen* ligado à calculadora, os intervalos de tempo correspondentes ao repouso da bola ainda na mão, à primeira queda, primeiro ressalto, segunda queda, segundo ressalto, etc.

Com o gráfico anterior no ecrã, pressiona-se ENTER e escolhe-se, em seguida, no PLOT MENU, a opção VEL-TIME para visualizar o gráfico da velocidade. Este permite ver que a velocidade é variável, ora negativa e a aumentar de módulo, o que significa que a bola desce, ora positiva e a diminuir de módulo quando a bola sobe. Os valores positivos e negativos deverão levar o aluno a concluir da mudança de sentido do movimento. A variação da velocidade da bola, observada por troços de reta quase retilíneos, sugere ao aluno uma aceleração praticamente constante. De facto, tal não é verdade no processo de colisão, uma vez que a força que o chão exerce sobre a bola não é constante, mas não é aconselhável discutir estes pormenores com alunos deste nível de escolaridade.

Escolhendo a região do gráfico desde o início da queda até ao fim do primeiro ressalto, como se indica na atividade, obtêm-se os gráficos posição-tempo e velocidade-tempo correspondentes a esse intervalo de tempo:



O gráfico velocidade-tempo permite mostrar a parte em que a bola está a cair, quando colide com o solo, deformando-se na descida e restituindo parte da sua forma na subida e, finalmente, quando já está a subir no ressalto. Movendo o cursor, podem determinar-se os instantes iniciais e finais de cada etapa e calcular os respetivos intervalos de tempo pedidos na atividade. Na figura seguinte destaca-se sobretudo a parte do gráfico velocidade-tempo que mostra a colisão da bola com o solo: repare-se que, quando a bola cai, a velocidade é negativa e aumenta de módulo (o movimento é acelerado); continua depois a ser negativa, isto é, a bola ainda está a descer, mas o seu módulo diminui até zero (o movimento é retardado), o que significa que a bola já está a colidir com o solo; inverte de sentido e começa a subir, ainda na colisão, passando a velocidade a ser positiva e a aumentar de módulo (o movimento é acelerado); finalmente abandona o chão e ressalta, adquirindo movimento retardado (a velocidade diminui), sendo positiva.



O aluno deverá reconhecer que é a força que o solo exerce sobre a bola que faz variar o sentido do seu movimento.

Ao sair do programa RANGER e entrando na opção STAT da calculadora, aparecem os dados armazenados em listas. Os alunos devem passar os dados relativos ao tempo, posição e velocidade (listas L1, L2 e L3) para o seu caderno, quer da subida, quer da descida (por isso a atividade feita anteriormente é importante) e, em seguida, traçar os gráficos de dispersão posição-tempo e velocidade-tempo correspondentes, tal como já fizeram anteriormente em outras atividades. Podemos aqui selecionar apenas os valores correspondentes à primeira descida. Os alunos, nesta altura, já devem saber construir um gráfico de dispersão com a calculadora. Vão verificar que o gráfico de dispersão posição-tempo sugere que a linha que melhor se ajusta é uma parábola e no gráfico velocidade-tempo é uma reta.

Atividade 11: Qual é o módulo da aceleração gravítica medido na Atividade 10?

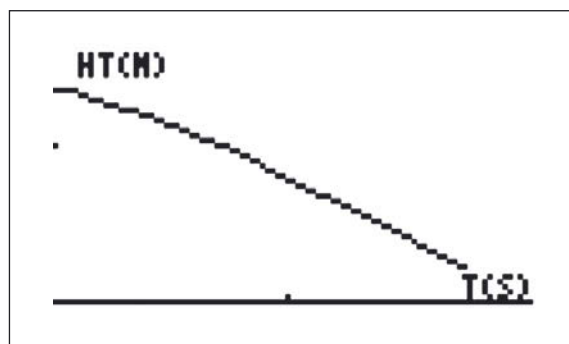
Nesta atividade, por comparação com a equação geral do movimento uniformemente acelerado que entretanto foi introduzida pelo professor, o aluno poderá, a partir da linha de ajuste, identificar a aceleração, velocidade inicial e posição inicial do movimento, reconhecendo a aceleração como a aceleração gravítica.

Atividade 12: Simulação do movimento de um paraquedas

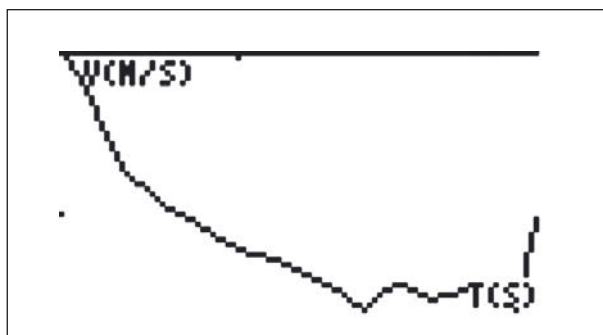
Esta atividade permite ao aluno simular uma queda vertical com resistência do ar não desprezável. Os procedimentos são os mesmos da Atividade 10. Pretende-se que o aluno construa e analise o gráfico $y = y(t)$, de modo a:

- Identificar o troço em que o movimento tem aceleração variável e aquele em que é uniforme.
- Identificar a resultante das forças que atuam sobre o balão e as condições iniciais do movimento e, a partir destas, interpretar o tipo de movimento em cada troço.
- Calcular o módulo da velocidade terminal.
- Estabelecer a equação do movimento uniforme, por regressão linear, identificando os respetivos coeficientes.

A experiência requer que o balão (ou saco de ar) caiam na vertical, por baixo do CBR, o que poderá não se conseguir logo à primeira. É preciso tentar várias vezes até se conseguir o movimento desejado. Para que se atinja mais depressa a velocidade terminal, é preciso que a altura a percorrer até ao chão seja grande. Por isso, quanto maior for a altura do balão e, consequentemente, a do CBR (que deve estar a cerca de 0,5 m de distância do balão), melhores serão os resultados. Obtém-se um gráfico posição-tempo como o da figura:



O gráfico sugere que o último trecho é praticamente retilíneo, indicando que o movimento passou a ser uniforme, atingindo-se a velocidade terminal. Para se ter maior certeza, podemos ver também o gráfico velocidade-tempo:



Nota-se que a velocidade inicialmente aumenta em módulo, ou seja, o movimento é acelerado (mas não uniformemente, pois sobre o corpo atua uma força, a resistência do ar, que não é constante). Na última parte, a velocidade é praticamente constante. As listas na calculadora apontam para um valor constante (na lista L3 aparecem os valores da velocidade): verifica-se que o seu valor é praticamente igual a $1,5 \text{ m s}^{-1}$.

L1	L2	L3	3
1.290	.474	5.01724	
1.333	.420	-1.443	
1.376	.350	-1.545	
1.419	.287	-1.499	
1.462	.221	-1.476	
1.505	.160	-1.507	
1.548	.092	-1.582	
L3(16) = -1.47158			

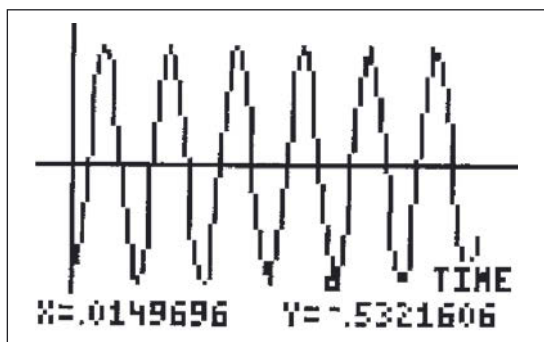
Selecionando-se os valores, nas listas L1 (tempo) e L2 (posição) na calculadora, para o intervalo de tempo anterior, e fazendo uma regressão linear, a reta obtida vai ter um declive que dará, também, o valor da velocidade terminal.

Unidade 2

Atividade 7: Conversão de um sinal sonoro num sinal elétrico e de um sinal elétrico num sinal sonoro

Recolha de dados com material da Texas

Para obter a representação do sinal elétrico na calculadora proveniente do sinal puro produzido pelo diapasão e convertido pelo microfone, deve ligar-se o microfone ao CBL2 e utilizar os mesmos procedimentos com o programa DATAMATE, tal como foi descrito na Atividade 9 do capítulo 1. A partir do ecrã o aluno pode medir o período do sinal e a sua amplitude, construindo o modelo correspondente ($A \sin(\omega t)$). Introduz essa função na calculadora e visualiza não só o gráfico correspondente a esta função como também o gráfico anterior. A sobreposição dos dois gráficos permite-lhe comparar o modelo teórico com a realidade.



Recolha de dados com material da Casio

Para representar o sinal elétrico na calculadora proveniente do sinal puro produzido pelo diapasão e convertido pelo microfone, deve proceder de uma das duas formas:

- Ligar o microfone ao canal 1 do EA-200. Escolher, no MENU, o ECON2, e neste o *Advanced Setup*, opção 1-Channel, seleccionando o sensor *Mic* (microfone).

```
Channel Setup
↑C: Mic
B: Humdy
A: Heart
9: GASPRE
8: Forc-S
↓7: FORC-D
CASIO VERNICSTM None
```

```
Channel Setup
CH 1 : Microphone
CH 2 :
CH 3 :
SONIC :
Mic :
Range: 0~5Volume
CASIO VERNICSTM None
```

```
Channel Setup
CH 1 :
CH 2 :
CH 3 :
SONIC :
Mic : Active
Active None
```

- Também se pode utilizar o sensor do som que já se encontra incorporado no analisador de dados EA-200 da Casio. Para o ativar entrar no *Setup Advance* e, com as setas do cursor, escolher a opção *Mic*. Para a ativar pressionar F1.

Depois da recolha de dados, aparece no ecrã o sinal e o aluno retira informação sobre ele construindo a função sinusoidal correspondente. Mas também é possível a máquina fazer uma regressão, ou seja, determinar a linha que melhor se ajusta ao conjunto de dados experimentais que, neste caso, é sinusoidal. Depois de ter o gráfico no visor da máquina escolhe-se a opção CALC (pressionar F4) e seleciona-se da lista a regressão sinusoidal.

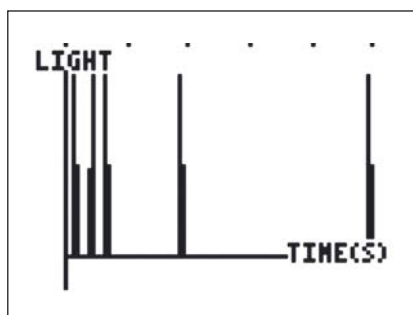
Na segunda parte da atividade o objetivo é o mesmo. Porém, agora há um gerador de sinais que emite um sinal elétrico, que é transformado em sonoro pelo altifalante e, posteriormente, captado pelo microfone ligado à calculadora, que o transforma outra vez em sinal elétrico. A calculadora permite determinar o período e, consequentemente, a frequência do sinal. Esta pode ser comparada com a frequência selecionada no gerador de sinais: os valores devem estar muito próximos.

Atividade 17: Reflexão da luz: simulação da leitura de um código de barras

O aluno poderá utilizar a calculadora gráfica ligada a um sensor de intensidade luminosa para observar um sinal que se aproxima muito de um sinal digital. Este pode ser obtido fazendo passar o sensor sobre um cartão preto com fendas brancas, simulando um código de barras. Com esta atividade pretende-se que o aluno:

- Distinga um sinal analógico de um sinal digital.
- Associe um sinal analógico a uma função contínua no tempo e um sinal digital a uma função descontínua no tempo.
- Relacione o poder refletor de uma superfície preta com o de uma superfície branca.

Coloca-se inicialmente o sensor sobre a parte escura da cartolina. Quando se iniciar o programa, passa-se devagar e com uma rapidez constante o sensor sobre as várias tiras pretas e brancas. Se conseguíssemos assegurar que a rapidez fosse constante, a largura das faixas seria proporcional à largura das fendas.



O gráfico obtido permite distinguir os sinais, praticamente semelhantes a sinais digitais, correspondentes às superfícies brancas que refletem a luz.

Recolha de dados com material da Texas

Utilizar o programa DATAMATE e proceder como na Atividade 9 do Capítulo 1.

Recolha de dados com material da Casio

Utilizar o programa ECON 2 e proceder como na Atividade 9 do Capítulo 1.

4.4 Sugestões e algumas respostas às atividades laboratoriais

No decurso das atividades laboratoriais apresentadas no livro colocam-se algumas questões pré-laboratoriais e pós-laboratoriais, às quais procuramos dar aqui respostas e sugerir abordagens. Estas respostas não são facultadas no manual, dado que as questões deverão promover um esforço de reflexão que poderia ficar comprometido se os alunos consultassem imediatamente as soluções.

O problema da medida e da incerteza associada foi abordado no ano anterior. Todos esses conceitos devem ser recordados à medida que forem necessários.

A atividade denominada no programa AL 1.3 – Será necessário uma força para que um corpo se mova? – passou a chamar-se, no manual 11F, AL 1.2, por ficar assim mais de acordo com a sequência do manual. Contudo, os seus objetivos são os mesmos.

Atividade Laboratorial 1.1

Queda livre

Esta atividade tem como objetivo medir a aceleração da gravidade. Foi concebida para ser realizada após se introduzir o conceito de aceleração média.

Competências a desenvolver pelos alunos

A2, A4, A5 e A7

B1, B4, B5 e B6

C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

- a) Nesta questão pretende-se que os alunos distingam força, velocidade e aceleração. Por isso, devem identificar o peso como a única força que atua sobre o corpo em queda livre, a velocidade como um vetor que indica a direção e o sentido do movimento (neste caso com direção e sentido do peso) e a aceleração com o mesmo sentido e direção da velocidade uma vez que o movimento é retilíneo e acelerado, isto é, o módulo da velocidade aumenta.

b) Os alunos devem reconhecer que atua a mesma força (o peso) e que o vetor velocidade aponta, neste caso, para cima (sentido e direção do movimento). Contudo, a aceleração continua a apontar para baixo, porque o movimento é retardado, isto é, o módulo da velocidade está a diminuir e, por isso, tem sentido contrário ao da velocidade.

c) A Terra está em queda livre à volta do Sol, pois, desprezando outras interações, a única força que atua sobre ela é a força gravítica. Não cai para o Sol pelo facto de ter uma velocidade adequada que, em combinação com a força gravítica, determina a sua órbita elíptica.
- As esferas simulam as pessoas. Por isso, se o objetivo é determinar a aceleração de queda livre de pessoas com massas diferentes, devem utilizar-se esferas do mesmo material, mas com massas também diferentes, ou seja, diâmetros diferentes.
- O módulo da velocidade média obtém-se dividindo um comprimento por um intervalo de tempo. Se um objeto passar em frente a uma célula fotoelétrica cujo feixe é apenas bloqueado pela passagem, o marcador digital da célula indicará o tempo de passagem. Dividindo o comprimento do corpo por esse tempo obtém-se a velocidade média. Se esse tempo for muito pequeno, o que se consegue se o comprimento do objeto também for pequeno (é o caso de uma esfera), a velocidade média coincide, praticamente, com a velocidade instantânea.

4. Quando se pretende determinar a aceleração média, $a = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$, deve medir-se experimental-

mente a velocidade instantânea em duas posições distintas, 1 e 2, e o tempo que decorre entre a passagem do objeto por essas posições. Coloca-se uma célula fotoelétrica em cada uma dessas posições (devidamente identificadas com traços no suporte universal). A célula superior deve ficar sempre nessa posição e imediatamente abaixo do tubo suspenso. Na extremidade inferior desse tubo deixa-se cair a esfera. Deste modo, a velocidade $\vec{v}_1$ é sempre nula em todas as medições e basta medir a velocidade $\vec{v}_2$ com que a esfera passa na célula colocada num ponto mais abaixo. Ligando apenas só a célula de baixo ao contador digital, de modo a registar o tempo de passagem da esfera por ela, obtém-se um intervalo de tempo Δt que permite medir a velocidade da esfera $\vec{v}_2$: basta dividir o diâmetro da esfera por esse intervalo de tempo Δt . Para medir o intervalo de tempo Δt entre a passagem pela célula superior e inferior, as duas células têm de estar ligadas ao contador e no modo adequado.

Devem utilizar-se esferas com diâmetro de, pelo menos, 2,5 cm, pois caso contrário será difícil as esferas cortarem o feixe de luz. Devem fazer-se três medições para os tempos e fazer a média. Muda-se a célula inferior para uma posição mais baixa e torna-se a repetir o procedimento. Quanto mais próximas forem as posições escolhidas, maior é o erro experimental.

Erros experimentais que mais influenciam a exatidão do resultado obtido:

- a proximidade das células: quanto mais próximas estiverem menores serão os tempos e, por isso, menor será a precisão da medida; contudo, é mais fácil «acertar» com a queda vertical da esfera nessa situação;
- o tempo que a esfera bloqueia a célula não corresponde necessariamente a um diâmetro da esfera, pois esta pode bloquear o feixe de luz com um menor comprimento, depende como a esfera passa pela célula;
- ao deixar-se cair a esfera, ela pode eventualmente já ter alguma velocidade inicial, por muito cuidado ao largá-la.

Trabalho laboratorial

Sugere-se que cada grupo utilize uma esfera de massa diferente de modo a comparar os seus resultados no final da atividade. É essencial, para se obterem resultados corretos, que os valores, em cada grupo, sejam determinados controlando uma variável: a posição inicial de queda das esferas.

Cada grupo deve fazer pelo menos três determinações da aceleração, utilizando três pares de pontos, de modo a verificar que a aceleração média é praticamente constante, quaisquer que sejam os pontos da trajetória escolhidos. Pode determinar-se a média destes três valores para se chegar a um valor final.

Uma possível tabela para registo de dados é a seguinte:

Medições	Diâmetro da esfera: l	Δt (tempo de passagem da esfera pela célula inferior)	Média de Δt	Velocidade da esfera ao passar pela célula inferior: $v = \frac{l}{\Delta t}$	Δt (tempo de passagem da esfera entre as duas células)	Média de Δt	Aceleração média $a = \frac{v}{\Delta t}$
Entre as posições A e B das células							
Entre as posições A e C das células							

Questões pós-laboratoriais

1. Os valores encontrados devem indicar um valor aproximadamente constante para a aceleração média, indicando que esta coincide com a aceleração instantânea.
2. Os grupos deverão chegar a valores muito idênticos, pois a resistência do ar é praticamente desprezável devido não só ao tamanho das esferas como às pequenas alturas de onde elas são deixadas cair. Os alunos devem concluir que o módulo da aceleração é constante, embora se cometam erros experimentais na experiência.
3. Cada grupo, após ter determinado o valor médio resultante das várias medições, deve calcular a diferença percentual relativamente ao valor mais exato (valor tabelado: $9,8 \text{ ms}^{-2}$) e analisar a percentagem obtida; um valor pequeno indica grande exatidão, ou seja, o valor determinado experimentalmente está muito próximo do valor exato. Relembrar do 10.º Ano que tal significa que foram poucos e pequenos os erros sistemáticos cometidos durante a realização da experiência.

Sugestão de avaliação escrita:

As tabelas em cima, depois de preenchidas pelos alunos, podem constituir uma base para elaboração de uma questão de índole experimental num teste escrito: para isso, basta colocar os dados obtidos na experiência (colunas 2, 3 e 6) e solicitar os alunos, por exemplo:

- a indicarem erros experimentais possíveis neste procedimento;
- a preencherem o resto da tabela;
- a retirarem conclusões quanto à exatidão dos resultados obtidos;
- a darem resposta à questão problema: “Dois atletas com pesos diferentes, em queda livre, experimentam ou não a mesma aceleração?”

Este tipo de avaliação é generalizável às atividades seguintes.

Atividade Laboratorial 1.2

Será necessária uma força para que um corpo se mova?

Esta atividade tem como objetivo que o aluno interprete corretamente a Primeira e a Segunda Leis de Newton, diferenciando a interpretação do movimento segundo Aristóteles, Galileu e Newton. Foi concebida para ser realizada após a abordagem da Segunda e da Primeira Leis de Newton.

Competências a desenvolver pelos alunos

A2, A3, A5 e A7
B1, B2, B3, B5 e B8
C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

1. A questão poderá originar alguma ambiguidade na resposta pois, quando se diz «alguma força», o aluno poderá interpretar como «força resultante» ou, apenas, uma força que é necessário aplicar para que o corpo se mova, em oposição à força de atrito. É necessário, pois, clarificar a frase.
2. O objetivo desta questão é que o aluno adquira conhecimentos sobre a interpretação do movimento ao longo da história, podendo comparar as várias conceções com a sua própria conceção do movimento.
3. **A** – Aristóteles; **B** – Newton; **C** – Galileu.
4. Galileu introduziu, para realizar o seu trabalho científico, o chamado «método experimental».

5. a) No corpo **A** (sobre o plano) atuam o peso, a força normal e a tensão exercida pelo fio (o atrito pode ser desprezado porque se utiliza um carrinho). No corpo **B** (suspensão no fio) atuam o peso e a força de tensão exercida pelo fio.
- b) No corpo **A** a força resultante é igual à tensão, pelo que o movimento tem aceleração (pela Segunda Lei de Newton) e vai ser acelerado, pois a velocidade do corpo aumenta. O corpo **B** vai mover-se com igual aceleração, sendo a força resultante igual à diferença entre os módulos do peso e da tensão. Ambos os corpos se movem com a mesma aceleração e com movimento acelerado.
- c) Quando o corpo **B** toca no chão, o fio deixa de estar esticado e a tensão exercida pelo fio é nula. Quando fica apoiado no chão, atuam sobre **B** o peso e a força normal, que se anulam. No corpo **A** passam a atuar apenas o peso e a força normal, pelo que a força resultante é nula e o movimento de **A** passa a ser uniforme, de acordo com a Primeira Lei de Newton.
6. a) Carrinho. Só utilizando um carrinho se consegue um movimento praticamente uniforme para **A** quando **B** se apoia sobre o chão.
- b) Tal como na AL 1.1, a velocidade é medida em vários pontos ao longo da trajetória, utilizando uma célula fotoelétrica numa dada posição e medindo o tempo de passagem do carrinho com um marcador digital (ligado à célula). O tempo que decorre desde o início do movimento até uma certa posição mede-se colocando uma célula fotoelétrica na posição inicial do movimento e uma outra célula noutra posição da trajetória, estando ambas ligadas a um contador digital.
7. A velocidade manter-se-á constante. Para se atingir esta situação, deve fazer-se deslocar o carrinho sobre o plano horizontal, por ação de um corpo suspenso no fio. Se o movimento for rápido (força resultante grande), o efeito da força de atrito (que é pequena mas existe) praticamente não se manifesta. O corpo **B** pode ser simulado com massas marcadas. O fio deve ser suficientemente comprido para **B** tocar no chão e o carrinho deve ser colocado no princípio da calha de tal forma que possa deslocar-se praticamente sobre todo o seu comprimento. Só com estas duas condições é possível medirem-se velocidades em vários pontos da trajetória, quer no movimento inicialmente acelerado do carrinho quer no posterior movimento uniforme. Para efetuar estas medições devem assinalar-se vários pontos na calha. Nesses pontos medir-se-á a respetiva velocidade do carrinho, sempre largado da mesma posição inicial (que também deve ser marcada). Se o carrinho tiver um pino que interrompa o feixe da célula fotoelétrica, é menor o erro na aproximação que se faz ao tomar para velocidade instantânea o valor da velocidade média. Em seguida, deve medir-se o tempo que decorre entre a posição inicial e cada uma das posições onde previamente se determinou a velocidade. Para se desenhar um gráfico velocidade-tempo deste movimento convém ter, pelo menos, cinco pontos para o movimento acelerado do carrinho e outros cinco para o movimento uniforme.

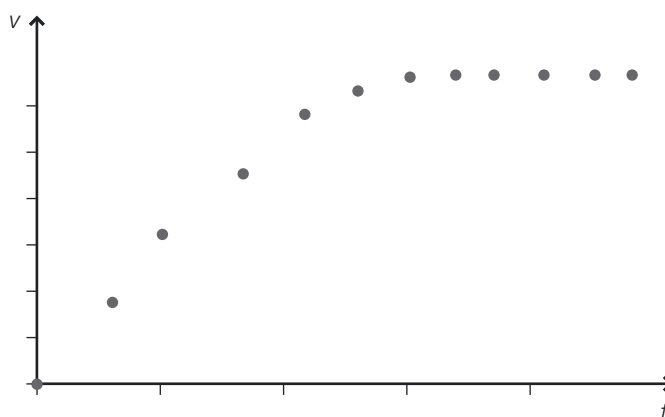
Trabalho laboratorial

Uma possível tabela de registo é:

Posição do carrinho	Comprimento do pino do carrinho (l)	Tempo indicado no marcador digital da segunda célula (Δt)	Velocidade do carrinho nesta posição $\left(v = \frac{l}{\Delta t}\right)$	Tempo de passagem do carrinho entre as duas células (Δt)
A				
B				
C				
...				
H				

Questões pós-laboratoriais

1. O gráfico tem o seguinte aspeto:



2. O movimento é inicialmente acelerado, porque a velocidade em módulo aumenta e, seguidamente, uniforme, porque o módulo da velocidade mantém-se praticamente constante.
3. Os alunos devem introduzir na calculadora, na opção de estatística, os dados referentes à primeira parte do gráfico. Verificam que a linha que melhor se ajusta a este conjunto de pontos é uma reta e podem fazer uma regressão linear na calculadora. Devem também reconhecer que, como a representação gráfica é uma reta e o declive desta reta indica a aceleração do movimento, a aceleração é constante. Através do declive da reta podem calcular o valor da aceleração. Fazendo o mesmo para a segunda parte de gráfico, verificam que a linha que melhor se ajusta é uma reta horizontal. Por isso, a aceleração é nula, ou seja, o movimento é uniforme.
4. Os alunos devem concluir que, na segunda parte do movimento, a força resultante que atua sobre o carrinho é praticamente nula (o atrito é suficientemente pequeno para poder ser desprezado). No entanto, o carrinho continua a mover-se. Ou seja, não é necessária uma força para que um corpo continue em movimento; mesmo na ausência de forças o corpo tende a manter a sua velocidade, tal como indica a Primeira Lei de Newton.

Atividade Laboratorial 1.3

Salto para a piscina

Esta atividade serve para o aluno relacionar a velocidade de lançamento horizontal de um projétil com o seu alcance. Deve, ainda, interpretar o movimento do projétil como a sobreposição de dois movimentos e aplicar conhecimentos sobre conservação de energia adquiridos no 10.º ano. A atividade deve ser realizada após o estudo dos movimentos de queda à superfície da Terra.

Competências a desenvolver pelos alunos

A2, A3, A5 e A7

B1, B2, B6 e B8

C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

1. Significa que a velocidade inicial tem direção horizontal.
2. O movimento segundo a horizontal não tem aceleração, pois a força resultante (igual ao peso) não tem componente horizontal. Por isso, o movimento é uniforme, não variando a componente da velocidade nesta direção. Na direção vertical há uma aceleração constante, igual à da gravidade, pelo que o movimento é uniformemente variado. A componente da velocidade nesta direção varia linearmente com o tempo.
- 3 a) Trajetória parabólica.
 - b) Elevada. Quanto mais alta for a posição inicial, mais energia potencial gravítica tem o corpo inicialmente. Desprezando as forças de atrito (aproximação que se pode fazer porque a água no escorrega diminui o atrito), aplica-se o princípio da conservação da energia mecânica: quanto maior for a energia potencial inicial, maior será a energia cinética à saída da rampa e, conseqüentemente, a velocidade da pessoa.
 - c) Quando a abandona com velocidade elevada, pois a componente da velocidade segundo a horizontal é constante. Por isso, quanto maior for a velocidade, maior será o espaço que vai percorrer horizontalmente no mesmo intervalo de tempo.
 - d) Sim, se atendermos à conservação da energia mecânica (que se pode aplicar durante a queda, pois atua apenas uma força conservativa — o peso). Quanto maior for a velocidade à saída da rampa, maior será a energia cinética inicial na queda livre e, portanto, maior será a energia cinética com que atinge a água.

Trabalho laboratorial

1. Para se atingir a base da rampa com diferentes velocidades pode deixar-se cair a esfera de alturas diferentes se for utilizada uma calha circular. Esta calha deve estar sempre à mesma altura do chão para se assegurar que a distância percorrida verticalmente em queda livre é a mesma – esta é a variável a controlar.

Para medir a velocidade horizontal da esfera deve colocar-se uma célula fotoelétrica, ligada a um marcador digital de tempo, à saída da calha (ou do lançador de projéteis). Dividindo o diâmetro da esfera pelo tempo indicado no marcador obtém-se a velocidade. O alcance deve ser medido com cuidado para minimizar erros experimentais.

2. A tabela a construir pode ser a seguinte:

Diâmetro da esfera (l)	Posição inicial da esfera	Tempo indicado no marcador digital de tempo (Δt)	Velocidade de saída da esfera $\left(v = \frac{l}{\Delta t}\right)$	Alcance da esfera
	A			
	B			
	...			
	G			

Questões pós-laboratoriais

1. O aluno deverá obter um gráfico de dispersão da velocidade em função do alcance que traduza uma variação linear. Esta dependência é validada teoricamente:

Se a altura a que a esfera é lançada horizontalmente for h' , as equações deste movimento são $x = v_0 t$ e

$$y = h' - \frac{1}{2} g t^2; \text{ quando o corpo chega ao chão tem-se } y = 0, \text{ pelo que o tempo de queda é } t = \sqrt{\frac{2h'}{g}} \text{ e o}$$

alcance $x = v_0 \sqrt{\frac{2h'}{g}}$, ou seja, $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h'}}$. Esta relação traduz a proporcionalidade direta entre a

velocidade inicial e o alcance. As relações anteriores são apenas uma indicação para o professor: o seu tratamento pelos alunos está fora do âmbito do programa do 11.º ano.

Repare-se que a equação $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h'}}$ mostra que o declive da reta vai depender da altura a que a esfera é lançada horizontalmente. Cada grupo de alunos pode ter a calha (ou o lançador de projéteis) a alturas diferentes. Deste modo, todos os alunos obterão gráficos de retas, mas a reta com menor declive deverá ser a do grupo com a calha (ou o lançador de projéteis) a uma altura h' superior. Deste modo, os alunos poderão concluir que o alcance não vai só depender da velocidade horizontal de saída, mas também da altura em que tal é feito.

2. Pretende-se que o aluno faça uma extrapolação. A calculadora fornece a equação da reta de ajuste. Basta substituir nesta o valor do alcance e determinar a velocidade. Tal resultado também pode ser obtido diretamente a partir do gráfico na calculadora.
3. As dimensões da piscina devem estar relacionadas com a altura máxima h de que a pessoa se deixa cair no escorrega: quanto maior for esta altura, h , tanto maior será a velocidade horizontal de saída do escorrega, v_0 , e, consequentemente, o alcance atingido. Por isso, as dimensões da piscina devem ser tais que, à saída do escorrega, haja, no mínimo, uma distância igual ao alcance correspondente ao máximo de h (altura máxima do escorrega). Por outro lado, a profundidade da piscina é também importante, pois quanto maior for a velocidade com que a pessoa chega à saída do escorrega, maior será a velocidade com que atinge a água e, consequentemente, a altura da água deve ser maior para evitar o risco de chocar com o fundo da piscina.

Atividade Laboratorial 1.4

Satélite geostacionário

Esta atividade tem por objetivo confrontar o movimento circular uniforme de um satélite geostacionário com o movimento circular uniforme de um corpo (um carrinho). Para isso, o aluno deve construir um gráfico que relacione a aceleração no movimento circular uniforme com a massa (mantendo constante a velocidade angular e o raio da trajetória).

Competências a desenvolver pelos alunos

A2, A5, A6 e A7

B2, B7 e B8

C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

- 1 a) Em ambos os casos, a força resultante tem módulo constante e aponta sempre para o centro da trajetória. No entanto, enquanto num satélite geostacionário a força que atua é uma força à distância (força gravítica), no caso do carrinho a força é de contacto (a tensão exercida pelo fio que prende o carrinho ao eixo central, o peso e a força normal.)
- b) É natural que o aluno responda que sim. A atividade mostrar-lhe-á que não. De facto, aplicando a Segunda Lei de Newton, $\vec{F}_r = m\vec{a}$, vem $F_g = m \frac{v^2}{r}$, ou $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, donde $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$.
- c) Mede-se o tempo com um simples cronómetro de, por exemplo, 10 rotações completas. A frequência será o número de rotações a dividir por esse tempo.
- d) O dinamómetro dá o valor da tensão exercida pelo fio que não é mais do que a força resultante (pois as outras duas forças aplicadas, peso e força normal, anulam-se). Pesando o carrinho obtém-se a sua massa. A aceleração será o quociente entre o valor marcado no dinamómetro (força resultante) e a massa do carrinho.
- 2 a) A aceleração, dita centrípeta, é independente da massa, sendo dada por $a = \omega^2 R$. Se a velocidade angular duplicar, a aceleração tornar-se-á quatro vezes maior.
- b) A aceleração reduzir-se-á também para metade.

Trabalho Laboratorial

O período é o quociente do tempo medido pelo número de voltas completas.
Devem fazer-se cinco medições, no mínimo, para se obter um gráfico com cinco pontos.

Questões pós-laboratoriais

1. A linha que melhor se ajusta ao gráfico aceleração-massa é uma reta horizontal.
2. Não depende da massa.
3. A partir dos resultados anteriores, os alunos podem concluir que, mantendo o raio da trajetória constante (o caso do satélite) e a velocidade angular constante, ou seja, período constante (tal como o satélite), a aceleração não varia com a massa. Como a aceleração é dada por $a = \frac{v^2}{r}$, mantendo-se constantes a e r , v também será constante e independente da massa do satélite.

Atividade Laboratorial 2.1

Osciloscópio

Esta atividade serve para o aluno se familiarizar com a utilização do osciloscópio e extrair informação das respetivas representações gráficas. A atividade deve ser realizada após o estudo da conversão de sinais sonoros em elétricos e vice-versa.

Competências a desenvolver pelos alunos

A1, A2, A3, A5 e A6

B6 e B8

C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

1. A medição de uma tensão faz-se sempre em paralelo, pois os aparelhos que a medem têm uma elevada resistência interna, de modo a que a intensidade de corrente que por eles passe seja muito pequena e não afete a medição em causa.
2. A tensão é $U = 2,1 \times 2 = 4,2 \text{ V}$.
3. Se a distância pico a pico corresponde a 4,1 divisões, a tensão correspondente é $U = 4,1 \times 5 = 20,5 \text{ V}$, ou seja, metade corresponde a 10,25 V que é o U_{max} .
4. $U_{\text{ef}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{10,25}{\sqrt{2}} = 7,2 \text{ V}$.
5. O tempo de meio ciclo é $t = 4,8 \times 5 = 24 \text{ s}$. O tempo correspondente a um ciclo completo, ou seja, um período, é $T = 48 \text{ s}$. O sinal é dado por $U = 10,25 \sin(2\pi \times 0,021t)$ ou $U = 10,25 \sin(0,13t)$ (SI).

Trabalho laboratorial

1. Na medição de tensões contínuas, os valores do voltímetro e o lido no osciloscópio devem ser iguais (dentro da incerteza experimental). A incerteza experimental associada à leitura da tensão no osciloscópio determina-se do seguinte modo: suponhamos que a escala vertical foi regulada para 2 V/div; cada divisão maior está dividida em 5 partes, pelo que cada parte corresponde a $2 \text{ V}/5 = 0,4 \text{ V}$; tomando meia divisão como incerteza experimental, a incerteza é 0,2 V.
2. e) Para se obter o mesmo brilho nas lâmpadas alimentadas por uma tensão contínua e por uma tensão alternada, o valor indicado nos voltímetros, ligados em paralelo com cada uma dessas lâmpadas, deve ser o mesmo. O voltímetro ligado à fonte de corrente alternada lê o valor eficaz da mesma. A leitura obtida no osciloscópio correspondente a este sinal dá o valor máximo da tensão; a divisão desse valor por $\sqrt{2}$ dá um resultado semelhante ao lido no voltímetro.
- 3.1 a) e b) A frequência determinada deverá ser semelhante à selecionada no gerador de sinais.
 - c) Aumentando a intensidade do sinal no gerador de sinais observa-se uma onda com amplitude cada vez maior e o som ouvido é cada vez mais forte.
 - d) Nesta atividade, os alunos devem reconhecer que o ouvido humano não ouve todas as frequências do mesmo modo. Mantendo a intensidade sonora e fazendo variar a frequência, verifica-se que os sons mais agudos são melhor ouvidos por todos os alunos (mesmo mantendo uma intensidade sonora baixa), ao contrário dos sons graves correspondentes a frequências mais baixas. Os alunos poderão testar a sua capacidade auditiva relativamente a sons de alta e baixa frequência. Outra atividade interessante consiste em manter a frequência no gerador de sinais e variar a amplitude do sinal, obtendo-se infrassons e ultrassons; os alunos poderão determinar o seu limiar auditivo (intensidade sonora mínima para a audição) para uma dada frequência. Este tipo de atividade pode, inclusive, alertar os alunos para possíveis deficiências auditivas.
- 3.2 Esta atividade é semelhante à que se fez com o gerador de sinais. Enquanto no gerador de sinais é emitido o sinal elétrico, no diapasão é emitido um sinal sonoro, de frequência bem definida (som puro), que é convertido, pelo microfone, num sinal elétrico captado pelo osciloscópio. O batimento com o martelo no diapasão permite controlar a intensidade do som emitido mantendo a frequência.
- 3.3 Os alunos poderão observar os sinais elétricos no osciloscópio correspondentes a sons complexos por eles emitidos e tentar encontrar alguma periodicidade nas ondas respetivas. Poderão emitir sons da mesma nota musical e observar as ondas de pressão, verificando que a diferença de timbre origina ondas diferentes. Os alunos deverão reconhecer que a onda observada resulta da combinação do som fundamental e dos seus harmónicos, mas que o número de harmónicos e a sua proporção é diferente de pessoa para pessoa. Por isso, a onda tem características diferentes. Deste modo poder-se-á identificar uma voz!

Questões pós-laboratoriais

Os alunos devem discutir o problema proposto tendo em conta as observações anteriores.

Atividade Laboratorial 2.2

Velocidade do som e da luz

Esta atividade tem como objetivo determinar a velocidade do som no ar e compará-la com a velocidade da luz.

Deve ser realizada após o estudo da conversão de sinais sonoros em elétricos e vice-versa.

Competências a desenvolver pelos alunos

A3, A4, A5, A6 e A7

B2, B4, B7 e B8

C1 a C7

Questões pré-laboratoriais

1. Como a velocidade e propagação da luz (cerca de $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ no ar) é muito grande comparativamente com a do som (cerca de $3,3 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$), podemos desprezar o tempo de propagação da luz ao longo do túnel. Por isso, a diferença de tempos entre a chegada de um feixe de luz (neste caso, luz laser) e a chegada do som à outra extremidade do túnel dá o tempo de propagação do som nesse túnel. Sabendo a velocidade do som no ar a uma dada temperatura (que se pode obter através de tabelas), o comprimento do túnel é o produto dessa velocidade pelo tempo medido.
2. Pretende-se que os alunos reconheçam que a velocidade de uma onda, eletromagnética ou mecânica, depende do meio de propagação.
3. Os resultados da pesquisa devem indicar que a velocidade do som depende da temperatura e da humidade. No caso de uma onda eletromagnética, os alunos devem reconhecer que, embora haja alguma dependência, ela é quase insignificante (o índice de refração do ar varia pouco com a temperatura e com a humidade). As comunicações a longas distâncias fazem-se através de ondas eletromagnéticas e a propagação das ondas depende, embora pouco, das características da atmosfera (nomeadamente temperatura e humidade do ar). As transmissões de televisão, rádio, etc., são afetadas por alterações atmosféricas, que têm sobretudo a ver com a existência de cargas livres e correntes.

No caso do som, quanto maior for a temperatura, maior será geralmente a velocidade de propagação.

De facto, a velocidade de propagação de uma onda elástica é dada por $v = \sqrt{\frac{k}{\rho_0}}$, em que k é a constante

elástica do meio onde ocorre a perturbação e ρ_0 a massa volúmica, que é influenciada pela humidade e temperatura. Para um gás ideal, e supondo um processo adiabático (desprezam-se as trocas de energia

por calor), a velocidade de propagação da onda mecânica é $v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$, com M a massa molar, γ o quociente entre as capacidades térmicas mássicas a pressão constante e volume constante, respetivamente, R a constante dos gases perfeitos e T a temperatura. Esta expressão indica que a velocidade aumenta com a temperatura.

Trabalho laboratorial

1. O primeiro sinal observado corresponde ao som emitido pela colisão da tampa de refrigerante com a mesa; esse som propaga-se através da mangueira até chegar à outra extremidade, sendo captado pelo outro microfone, onde origina outro sinal impulsivo.
2. A diferença temporal entre os dois sinais impulsivos obtidos no osciloscópio, medida na escala horizontal, corresponde ao tempo de propagação do som pela mangueira.
3. Com uma mangueira maior, o tempo de propagação deve ser maior. Se a mangueira tiver o dobro do comprimento, o tempo deverá duplicar.

Questões pós-laboratoriais

1. A velocidade do som é o quociente entre o comprimento da mangueira e o tempo de defasagem dos sinais no osciloscópio.

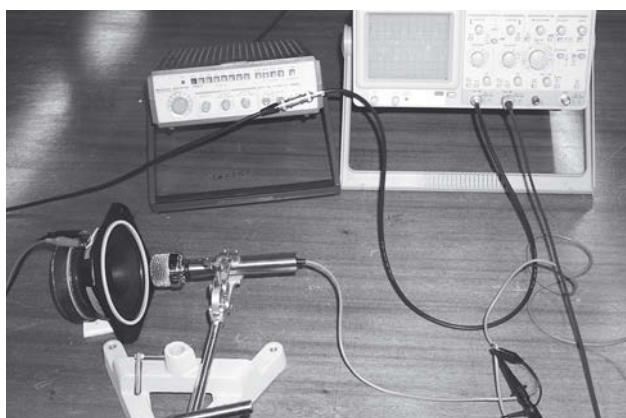
Pretende-se que os alunos avaliem o erro percentual da velocidade do som, para o que devem pesquisar o valor dessa velocidade à temperatura a que se realiza a experiência.

2. Procedimento alternativo I

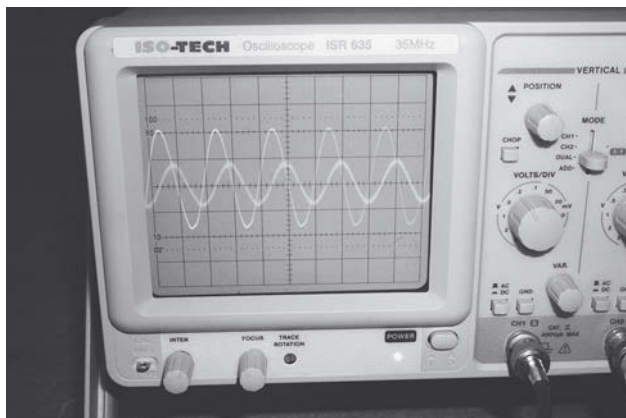
Caso haja dificuldade em fazer medições com o método sugerido, pode utilizar-se o procedimento alternativo que a seguir se descreve.

Produce-se um sinal (puro) num gerador de sinais, captado no canal 1 do osciloscópio. Procede-se de modo a obter um sinal estável. Este sinal elétrico deve ser captado por um altifalante de modo a ouvir-se um som. Para isso, o altifalante também deve estar ligado ao gerador de sinais, utilizando-se um «tê».

Em frente ao altifalante coloca-se um microfone que, por sua vez, é ligado ao canal 2 do osciloscópio. O microfone deve estar bem alinhado com o altifalante.



Selecionando o botão DUAL no osciloscópio, visualizam-se dois sinais sinusoidais, estáveis, mas desfasados um do outro: um proveniente do gerador de sinais e outro do microfone. Se a escala vertical for a mesma para os dois canais, verifica-se que o sinal captado no canal 2 tem uma amplitude menor, pois o som diminui de intensidade ao propagar-se no ar.



O desfasamento temporal observado nas duas ondas corresponde ao tempo de propagação do som no ar. Medindo-se a distância entre o altifalante e o microfone, e dividindo esta pelo tempo de desfasamento indicado no osciloscópio, obtém-se a velocidade do som. Essa distância deve ser medida com muita

precisão: deve medir-se o comprimento entre o centro do altifalante e o centro do microfone, perfeitamente alinhados. Quanto mais próximo estiver o microfone do altifalante, menor será a perda do sinal captado pelo microfone. Deste modo, a correspondente onda estará mais bem traçada no ecrã do osciloscópio, permitindo uma leitura mais precisa na escala horizontal.

Para diminuir a incerteza experimental da determinação da velocidade devem efetuar-se pelo menos sete medições e fazer a respetiva análise gráfica. Fixa-se a posição do altifalante e coloca-se o microfone em frente a ele. Encontra-se a posição de distância mínima em que os dois sinais estão em fase. Mede-se a distância entre o microfone e o altifalante. Desloca-se o microfone e vê-se o desfasamento nos sinais no ecrã. Mede-se a nova distância e, subtraindo a primeira, encontra-se o deslocamento do microfone. Afasta-se gradualmente o microfone do altifalante, obtendo-se deslocamentos diferentes. Para cada deslocamento regista-se o tempo de desfasagem das ondas. Construindo um gráfico distância-tempo, e dado que a velocidade do som é $v = \frac{s}{t}$, o declive da reta de ajuste dos pontos experimentais do gráfico dará o valor da velocidade do som no ar. Em alternativa calcula-se a velocidade para cada situação e determina-se o valor médio.

Outra atividade interessante é determinar o comprimento de onda da onda sonora: mantendo o altifalante fixo e movendo o microfone, deve tentar-se encontrar uma posição em que os dois sinais estejam em fase; aproximando (ou afastando) o microfone, obter outra posição em que a desfasagem dos dois sinais obtidos no osciloscópio corresponda a um comprimento de onda. Depois, basta medir a distância entre o microfone e o altifalante, que é igual ao comprimento de onda da onda sonora.

3. Procedimento alternativo II

Neste procedimento, dá-se uma pancada seca com as mãos, mesmo em frente ao tubo: o microfone capta este som. A onda sonora é refletida na outra extremidade do tubo e o microfone volta a captar o som refletido. Se houver **bastante silêncio na sala**, é possível obter-se um gráfico com dois máximos bem distintos, correspondentes ao som emitido e ao som refletido. Sabendo o comprimento do tubo, e como o som percorre duas vezes esta distância, a velocidade obtém-se dividindo essa distância pelo intervalo de tempo obtido entre os máximos do gráfico na calculadora. O procedimento deve repetir-se várias vezes de modo a obter-se um valor médio para a velocidade do som no ar.

Se o professor quiser que os alunos determinem a **velocidade da luz**, pode fazê-lo facilmente utilizando um forno microondas como se indica a seguir.

Determinação da velocidade da luz

Utiliza-se um forno microondas, uma travessa em vidro e manteiga espalhada sobre a travessa (cerca de 2 cm de altura). Liga-se o microondas com a travessa lá dentro, mas retirando o prato rotativo. Depois de retirar o prato do forno observa-se que a manteiga derrete em pontos que estão separados entre si de 6 cm (medir com uma régua).

Em que se fundamenta este procedimento? Dentro do forno as microondas interferem, originando ondas estacionárias. Quando não há prato rotativo, há zonas que aquecem muito (interferência construtiva) e zonas que não aquecem (interferência destrutiva). Nas zonas de interferência construtiva a manteiga derrete.

A distância mínima entre dois pontos aquecidos corresponde a meio comprimento de onda: $\lambda/2 = 6 \text{ cm}$. A frequência das microondas dos fornos tradicionais é 2,45 GHz. Por isso, a velocidade da luz é dada por:

$$c = f \times \lambda = 2,45 \times 10^9 \times 2 \times 6 \times 10^{-2} = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

4. Se os alunos calcularem o quociente entre a velocidade da luz no ar e a velocidade do som obtida experimentalmente, ou mesmo a tabelada, concluem que o tempo de propagação da luz, em condições de pequenas distâncias, pode ser desprezado. Dizemos, portanto, que há praticamente propagação instantânea.
5. Se o túnel for retilíneo, a experiência oferece maiores condições de sucesso. Caso contrário, ter-se-á de pensar nos fenómenos de reflexão e absorção de ondas, em particular das ondas sonoras.

Atividade Laboratorial 2.3

Comunicações por radiação eletromagnética

Esta atividade destina-se a promover a compreensão dos princípios básicos da transmissão de informação por radiação eletromagnética, partindo do estudo experimental dos fenómenos de reflexão, refração, absorção e difração de ondas. Foi concebida para ser realizada após o estudo dos referidos fenómenos.

Competências a desenvolver pelos alunos

A1, A2, A3, A4 e A5

B5, B6, B7 e B8

C1 a C7

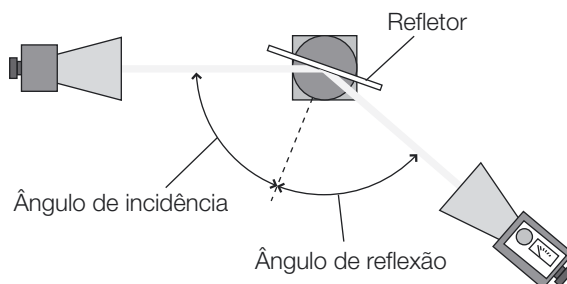
Questões pré-laboratoriais

1. Reflexão, absorção, refração, reflexão total e difração.
2. $f = \frac{c}{\lambda} = 1 \times 10^{10} \text{ Hz} = 10 \text{ GHz}$. O feixe é pouco difratado porque, para haver difração, os obstáculos ou orifícios que a luz encontra devem ter uma dimensão praticamente igual ao comprimento de onda dessa luz. Como este comprimento de onda é muito pequeno, tal não acontece, propagando-se as microondas praticamente em linha reta.
3. É necessário que a luz tenda a passar de um meio mais refringente para um meio menos refringente e que o ângulo de incidência seja superior ao ângulo limite.

Trabalho laboratorial

Tanto o emissor como o recetor estão colocados sobre suportes verticais de modo a minimizar as reflexões do feixe na superfície da mesa. O feixe emitido está polarizado linearmente com o eixo da campânula metálica que envolve o emissor. O recetor responde sobretudo ao feixe que está polarizado com o eixo da respetiva campânula. Cuidados a ter na utilização do *kit* de microondas: não olhar diretamente para o emissor quando este está ligado; retirar objetos da mesa de trabalho, particularmente metais, para minimizar as reflexões do feixe emitido.

1. a) O recetor deve estar conectado ao braço fixo do goniómetro. O emissor e o recetor devem ter a mesma polaridade (as campânulas devem ter a mesma orientação). A escala do recetor deve estar na amplificação máxima (30 ×). O ângulo de incidência e de reflexão medem-se como indica a figura:



Ajusta-se o braço móvel de modo que o ângulo de incidência seja 45° . Sem mover o emissor e o recetor sobre a régua, roda-se o braço móvel do goniómetro até que a leitura na escala do recetor seja máxima. Regista-se o valor do ângulo de reflexão. Repete-se o procedimento para outros ângulos.

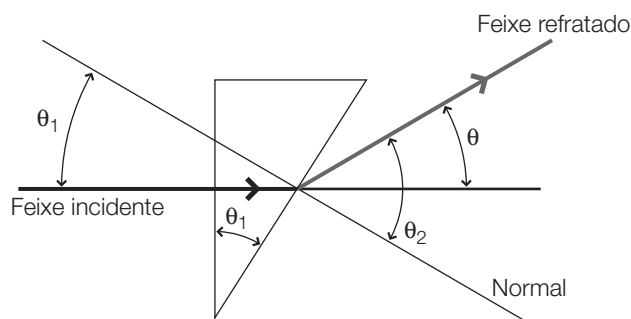
Para valores de ângulos de incidência grandes, as medições podem dar resultados que se afastam dos previstos pela teoria, devido ao espalhamento do feixe emitido: o recetor deteta tanto o feixe refletido pela placa como o feixe que vem diretamente do emissor. Alguns feixes parecem refletir-se com ângulos diferentes dos de incidência (por exemplo, os de 70° ou 90°).

- b) O feixe emitido não é um feixe plano, pelo que se verificam alguns desvios relativamente à igualdade dos ângulos de incidência e reflexão.
- c) Não, porque a percentagem de luz refletida depende não só da superfície refletora e da frequência da luz incidente, mas também do ângulo de incidência da luz.
- d) De um modo geral, os bons condutores, como os metais, refletem melhor as microondas do que os maus condutores. Nestes há maior absorção.

2.1 A forma prismática (de espuma de plástico) absorve muito pouco as microondas, transmitindo-as, o que é detetado no recetor.

2.2 O emissor e recetor devem estar dispostos frente a frente. O braço móvel onde está o emissor deve ser rodado de modo a detetar o máximo de intensidade.

- a) Há refração da luz quando passa do ar para a espuma, depois da espuma para as pepitas de poliestireno, destas para a espuma e novamente da espuma para o ar. Como a espuma transmite praticamente todo o feixe, podemos desprezar as refrações devido à sua presença e contabilizar apenas as refrações entre o ar e pepitas de poliestireno e vice-versa. Na primeira refração (ar/pepitas), o feixe não muda de direção, pois incide perpendicularmente à superfície (o ângulo de incidência é nulo e, consequentemente, também o de refração).
- b) Para se detetar o feixe emitido é preciso girar o braço móvel onde está o recetor, até captar o máximo de intensidade. O ângulo θ da figura é medido com o goniómetro. O ângulo θ_1 é o ângulo de incidência da luz na segunda refração, ou seja, na superfície de separação pepitas/ar. Repare-se que este é um ângulo do prisma, como mostra a figura (ângulos de lados perpendiculares dois a dois) e, como tal, pode ser medido com um transferidor.



Conhecendo θ e θ_1 , pode determinar-se o ângulo de refração θ_2 .

2.3 Embora a água absorva bastante radiação de microondas (este é o princípio do funcionamento dos fornos de microondas), o recetor deteta radiação, ou seja, a água absorve mas também transmite este tipo de radiação.

3. Para verificar se existe ou não difração do feixe, emitir microondas sobre anteparos que as absorvam muito pouco (por exemplo, metais), de várias dimensões, e colocar o recetor atrás destes. Só será detetada radiação no recetor caso a dimensão do anteparo seja da ordem dos 2,8 cm (comprimento de onda utilizado no emissor). Em vez de anteparos opacos, deve também colocar-se anteparos pouco absorventes de microondas, contendo ranhuras com espessura diversa, de modo a verificar que também só há deteção da radiação quando a largura da ranhura for da ordem do comprimento de onda. Os alunos poderão, assim, concluir que a difração de microondas só ocorre para pequenas dimensões de obstáculos ou ranhuras, ou seja, que as microondas praticamente se propagam em linha reta.
4. 1 O tubo, cheio de pepitas, simula uma fibra ótica. O feixe é de tal modo colimado que o recetor acusa um valor na escala que é o dobro do valor inicial, ou seja, sem a utilização da «fibra ótica».
4. 2 Coloca-se o detetor numa posição em que não haja deteção do feixe. Quando se liga o recetor ao emissor pela «fibra ótica» (sem curvaturas abruptas) construída antes, verifica-se que, mesmo que não fique em linha reta, continua a haver reflexão total, facto que é detetado no recetor de microondas. Se a curvatura se fizer gradualmente, poder-se-á ter um ângulo de 90° entre os dois braços (do emissor e do recetor) e ainda haver reflexão total sem grande atenuação. Para um raio de curvatura próximo dos 5 cm verifica-se grande atenuação do sinal captado.

Questões pós-laboratoriais

1. Os materiais bons condutores, como os metais, refletem melhor as microondas. A reflexão depende do ângulo de incidência do feixe luminoso.
2. O resultado obtém-se aplicando a Lei de Snell, a partir dos valores dos ângulos de incidência e refração previamente calculados. Ainda se pode calcular o índice de refração das pepitas, pois sabe-se que o índice de refração do ar é 1. Este valor dá cerca de 1,3.
3. Sim, embora também as transmitam.
4. Os fenómenos seriam rigorosamente os mesmos, pois são comuns a todas as ondas. Os resultados seriam diferentes, pois as ondas têm características diferentes.
5. a) Como as microondas se propagam praticamente em linha reta (quase não sofrem difração), são necessárias várias antenas para haver retransmissão das ondas, uma vez que as antenas emissoras e recetoras não podem ter obstáculos entre si. Se estivessem muito distanciadas, o sinal, quando chegasse a elas, estaria já muito atenuado.
- b) As superfícies das antenas parabólicas são metálicas porque os metais refletem muito bem as microondas. As ondas são refletidas no prato metálico para a zona onde está o recetor (foco da antena). A dimensão da antena impede, também, fenómenos de difração. Repare-se que as transmissões por microondas se fazem numa banda de frequências que vai de 3 GHz a 300 GHz, o que dá uma faixa de comprimentos de onda de 0,1 m a 0,001 m.
- c) Para não haver absorção da radiação em obstáculos porque, nesse caso, haveria atenuação. Além disso, as ondas poderiam constituir uma ameaça à saúde pública pois são absorvidas pelo corpo humano (por isso exigem-se certas condições de segurança nos fornos de microondas).

4.5 Grelha de observação do trabalho do aluno em sala de aula

A grelha apresentada em baixo pretende ser um contributo para o professor na avaliação dos alunos em sala de aula, nomeadamente, na componente prática, tendo em conta os objetivos do programa.

Contexto de sala de aula normal (oralidade)	Competências conceptuais e processuais	Exprime-se com correção e clareza, utilizando vocabulário específico da disciplina
		Realiza corretamente os trabalhos práticos solicitados
	Competências sociais, atitudinais e axiológicas	Está atento e faz intervenções apenas oportunamente
		Aceita, realiza e conclui as tarefas propostas pelo professor
		Respeita o ritmo, os tempos de intervenção e a opinião dos outros colegas
Contexto de laboratório	Competências conceptuais e processuais	Evidencia preparação prévia do trabalho em casa
		Aprende a fazer/interpreta corretamente as montagens laboratoriais
		Faz leituras corretas nos instrumentos de medida
		Reflete criticamente sobre possíveis erros cometidos, desenvolvendo espírito de observação
		Revela autonomia na execução do trabalho
	Competências sociais, atitudinais e axiológicas	Está atento
		Aceita as tarefas propostas pelo professor
		Respeita as normas de segurança em laboratório (gerais, pessoais e ambientais)
		Repete procedimentos quando não os executou corretamente inicialmente
		Coopera com os colegas, ajudando-os, respeitando as suas opiniões e deixando-os trabalhar e intervir

5. Valores típicos de algumas grandezas físicas

No seu trabalho em sala de aula, o professor deve alertar os alunos para valores típicos de algumas grandezas físicas com o objetivo de ligar a física a contextos reais. Ou, em muitos casos, necessita desses valores para poder criar os seus materiais. Com este objetivo, apresentam-se em baixo tabelas de valores típicos de algumas grandezas físicas.

Velocidade

	Velocidade / m s^{-1}
Formiga	0,01
Pessoa a caminhar	1,4
Pessoa a correr	3,5
Abelha	5
Recordista dos 100 m	10,2
Cão	16
Cavalo	19
Falcão a mergulhar	37
Avião a jato comercial	267
Som (no ar)	340
Superfície da Terra no equador	460
Lua à volta da Terra	1×10^4
Terra à volta do Sol	3×10^4
Sol à volta do centro da Galáxia	$2,1 \times 10^5$
Luz	3×10^8

Aceleração

	Aceleração / m s^{-2}
Levantar da cama	2
Elevador	2,9
Carro (utilitário – corrida)	1,5 – 6
Corpo à superfície da Lua	1,6
Corpo à superfície da Terra	9,8
Lançamento de nave espacial	29
Aterragem de um paraquedista	35

Velocidade do som / m s⁻¹

Gases		Líquidos a 25 °C		Sólidos	
Hidrogénio (0 °C)	1286	Água do mar	1533	Diamante	12 000
Hélio (0 °C)	972	Água	1493	Vidro pyrex	5640
Ar (0 °C)	331	Mercúrio	1450	alumínio	5130
Ar (20 °C)	343	Álcool metílico	1143	cobre	5100

Variação da velocidade do som no ar com a temperatura e humidade relativa / m s⁻¹

Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
5	334,5	334,6	334,6	334,7	334,7	334,7	334,8	334,8
10	337,5	337,6	337,7	337,7	337,8	337,9	337,9	338,0
15	340,5	340,6	340,7	340,8	340,9	341,0	341,1	341,2
20	343,5	343,6	343,7	343,9	344,0	344,1	344,2	344,4
25	346,4	346,6	346,8	347,0	347,1	347,3	347,5	347,6
30	349,4	349,6	349,9	350,1	350,3	350,5	350,8	351,0

Índice de refração médio para a luz visível

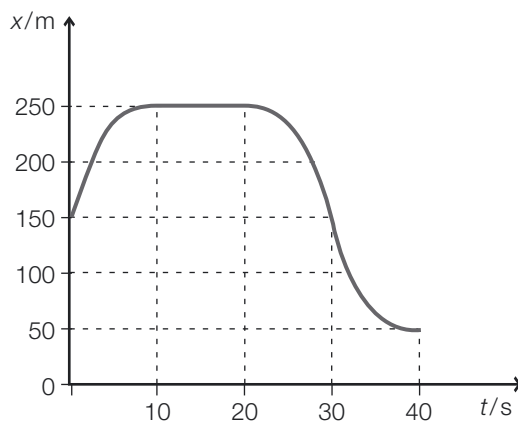
Ar	1,000277
Água (20 °C)	1,33
Gelo	1,31
Vidro crown (lentes de óculos)	1,50 – 1,62
Diamante	2,417

6. Teste final

Nas páginas seguintes apresentamos um Teste Final que poderá servir como instrumento de avaliação. O professor poderá, se assim o entender, fotocopiá-lo e distribuí-lo aos alunos.

Teste final – 11.º ano

1. Observe o gráfico referente à posição do centro de massa de um carro que se move em linha reta. Admita que, quando ele se move, o movimento é uniformemente variado.



1.1 Selecione a afirmação falsa:

- A. Entre $t = 10$ s e $t = 20$ s, a resultante das forças que atuam no carro é nula.
- B. A distância percorrida no sentido positivo é inferior à distância percorrida no sentido negativo.
- C. Nos primeiros 10 s a força resultante aponta no sentido negativo.
- D. Nos últimos 10 s o carro desloca-se no sentido negativo e o movimento é uniformemente retardado.
- E. Entre $t = 20$ s e $t = 30$ s a força resultante tem sentido oposto ao da velocidade.

1.2 Calcule a velocidade inicial e a aceleração do centro de massa do carro nos primeiros dez segundos.

1.3 No instante $t = 15$ s, uma criança que está na janela do carro lança horizontalmente uma maçã para a estrada. Assinale a frase correta:

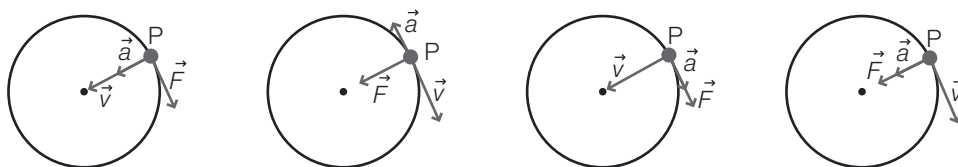
- A. A maçã cai num local da estrada que fica na vertical do ponto de lançamento.
- B. A variação de energia cinética da maçã é simétrica da variação da sua energia potencial gravítica.
- C. O trabalho realizado pelo peso da maçã é simétrico do aumento da sua energia cinética.
- D. O módulo da velocidade é diretamente proporcional ao tempo.
- E. A maçã chegará mais rapidamente ao chão se for lançada com mais velocidade.

1.4 O carro possui um recetor GPS. As comunicações entre os recetores e os satélites do GPS são feitas por microondas.

- a) Por que razão não é viável estabelecer as comunicações no sistema GPS com ondas eletromagnéticas de menor frequência?
- b) Nas comunicações é necessário haver um emissor e um recetor de ondas. Como se produz uma onda eletromagnética? Quem, pela primeira vez, conseguiu produzir artificialmente e captar uma onda eletromagnética?

2. A Estação Espacial Internacional, ISS (*International Space Station*) é o maior laboratório de investigação a flutuar no espaço e veio substituir as estações já desativadas *Mir* da Rússia e *Skylab* dos Estados Unidos. A ISS envolve diversas agências espaciais onde se inclui a Agência Espacial Europeia (ESA) e garantirá a presença humana no espaço nos próximos dez a quinze anos. Encontra-se numa órbita tipicamente baixa, a cerca de 400 km de altitude, e o seu período é 91,69 min. Quando estiver totalmente construída terá uma massa igual a 455 t e uma área semelhante à de um campo de futebol.

2.1 Qual das figuras se pode aplicar à ISS, assinalada pelo ponto P, considerando que o seu movimento é circular e uniforme?



2.2 Qual é o módulo da aceleração gravítica na ISS?

2.3 Quantos nascer do sol e pôr do sol observam os astronautas da ISS em 24 h?

2.4 Atualmente a ISS ainda não está pronta e, portanto, ainda não tem 455 t. A sua velocidade será diferente quando tiver essa massa? Justifique.

2.5 Que trabalho realiza a força gravítica que atua na ISS durante um quarto de uma volta completa? Justifique.

3. Uma luz de determinada frequência tem uma velocidade num líquido que é 80% da sua velocidade no vácuo. O índice de refração da luz no ar é 1,0.

3.1 Classifique as seguintes afirmações em verdadeiras ou falsas e corrija as falsas.

- A. O índice de refração da luz neste líquido é 0,80.
- B. Quando a luz passa do líquido para o ar sofre um desvio, sendo o ângulo de refração superior ao ângulo de incidência.
- C. Quando a luz passa do ar para o líquido a sua frequência não se altera, mas a sua velocidade diminui.
- D. Quando a luz passa do ar para o líquido a sua velocidade diminui, mas o seu comprimento de onda aumenta.
- E. Quando a luz incide na interface ar-líquido ocorre apenas o fenómeno de refração.

3.2 Esta luz pode sofrer reflexão total quando incide na interface líquido-ar? Em caso afirmativo, a partir de que ângulo de incidência é isso possível?

4. Uma espira circular de $1,0 \text{ dm}^2$ encontra-se numa região onde há um campo magnético uniforme de $0,05 \text{ T}$, fazendo a espira um ângulo de 60° com as linhas de campo.

4.1 Indique uma característica que diferencia as linhas de campo magnético das linhas de campo elétrico.

4.2 O campo magnético referido pode ser originado por um fio longo e retilíneo atravessado por corrente? Justifique.

4.3 Qual é o fluxo de campo magnético que atravessa a espira?

4.4 Se o campo magnético for reduzido a zero, o que acontece à espira?

5. Uma lâmpada é alimentada por uma fonte de tensão alternada e utilizou-se o osciloscópio para medir a tensão nos seus terminais. Observaram-se 2 períodos correspondentes a 6,2 divisões quando a base de tempo foi regulada para 10 ms/divisão. A escala vertical foi regulada para 1 V/divisão e a amplitude do sinal correspondeu a 2,4 divisões.

5.1 Escreva corretamente o valor do período do sinal.

5.2 Escreva uma expressão que traduza a variação da tensão com o tempo.

5.3 Calcule o valor da tensão eficaz.

Cotações																		
1.1	1.2	1.3	1.4 a)	1.4 b)	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3
10	20	10	10	10	10	10	10	20	10	16	10	7	7	10	5	10	10	5

Formulário

1.ª Lei da Termodinâmica $\Delta U = W + Q + R$

- ΔU • variação da energia interna do sistema (também representada por ΔE_i)
- W • energia transferida entre o sistema e o exterior sob a forma de trabalho
- Q • energia transferida entre o sistema e o exterior sob a forma de calor
- R • energia transferida entre o sistema e o exterior sob a forma de radiação

Lei de Stefan-Boltzmann $P = e\sigma AT^4$

- P • potência total irradiada por um corpo
- e • emissividade do material
- σ • constante de Stefan-Boltzmann
- A • área da superfície do corpo
- T • temperatura absoluta do corpo

Energia ganha ou perdida por um corpo devido à variação da sua temperatura $E = mc\Delta T$

- m • massa do corpo
- c • capacidade térmica mássica do material de que é constituído o corpo
- ΔT • variação da temperatura do corpo

Taxa temporal de transmissão de energia como calor $\frac{Q}{\Delta t} = k \frac{A}{\ell} \Delta T$

- Q • energia transferida através de uma barra como calor, no intervalo de tempo Δt
- k • condutividade térmica do material de que é constituída a barra
- A • área da secção reta da barra
- ℓ • comprimento da barra
- ΔT • diferença de temperatura entre as extremidades da barra

Trabalho realizado por uma força constante, $\vec{F}$, que atua sobre um corpo em movimento retilíneo .. $W = Fd \cos \alpha$

Energia cinética de translação $E_c = \frac{1}{2} mv^2$

- m • massa
- v • módulo da velocidade

Energia potencial gravítica em relação a um nível de referência $E_p = mgh$

- m • massa
- g • módulo da aceleração gravítica junto à superfície da Terra
- h • altura em relação ao nível de referência considerado

Teorema da energia cinética $W = \Delta E_c$

- W • soma dos trabalhos das forças que atuam num corpo, num determinado intervalo de tempo
- ΔE_c • variação da energia cinética do corpo no mesmo intervalo de tempo

Lei da Gravitação Universal $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

- F_g • módulo da força gravítica exercida pela massa pontual m_1 (m_2) na massa pontual m_2 (m_1)
- G • constante de gravitação universal
- r • distância entre as duas massas

2.ª Lei de Newton $\vec{F} = m\vec{a}$

- $\vec{F}$ • resultante das forças que atuam num corpo de massa m
- $\vec{a}$ • aceleração do centro de massa do corpo

Equações do movimento unidimensional com aceleração constante $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ x • valor (componente escalar) da posição

$$v = v_0 + a t$$

 v • valor (componente escalar) da velocidade a • valor (componente escalar) da aceleração t • tempo**Equações do movimento circular com aceleração de módulo constante** $a_c = \frac{v^2}{r}$ a_c • módulo da aceleração centrípeta

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

 v • módulo da velocidade linear r • raio da trajetória T • período do movimento ω • módulo da velocidade angular

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Comprimento de onda $\lambda = \frac{v}{f}$ v • módulo da velocidade de propagação da onda f • frequência do movimento ondulatório**Função que descreve um sinal harmónico ou sinusoidal** $y = A \sin(\omega t)$ A • amplitude do sinal ω • frequência angular t • tempo**Fluxo magnético que atravessa uma superfície de área A em que existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$** $\Phi_m = B A \cos \theta$ α • ângulo entre a direção do campo e a direção perpendicular à superfície**Força eletromotriz induzida numa espira metálica** $|\epsilon_i| = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t}$ $\Delta \Phi_m$ • variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira, no intervalo de tempo Δt

Tabela de Constantes

Constante	Valor
Velocidade de propagação da luz no vácuo	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Módulo da aceleração gravítica de um corpo junto à superfície da Terra	$g = 10 \text{ m s}^{-2}$
Massa da Terra	$M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$
Constante da Gravitação Universal	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Resolução

1.1 E.

1.2 Utilizando $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ e $v = v_0 + a t$, e sabendo que $x_0 = 150$ m e que, para $t = 10$ s, $x = 250$ m, $v = 0$ m s⁻¹,

ficamos com as variáveis v_0 e a : $250 = 150 + v_0 10 + \frac{1}{2} a 10^2$ e $0 = v_0 + a 10$. Resolvendo o sistema obtém-se $a = -2$ m s⁻² e $v_0 = 20$ m s⁻¹ = 72 km h⁻¹.

1.3 B.

1.4 a) As microondas são pouco absorvidas ou refletidas na atmosfera, propagando-se praticamente em linha reta sem sofrer difração. Se a frequência das ondas fosse mais baixa, estas poderiam sofrer múltiplas reflexões na atmosfera, não a atravessando, e não atingiriam os satélites do GPS.

b) Uma onda eletromagnética é produzida quando cargas elétricas oscilam. Esta oscilação produz um campo elétrico variável e este produz, por sua vez, um campo magnético variável. A propagação destes dois campos origina a onda eletromagnética. Quem o fez pela primeira vez foi Heinrich Hertz.

2.1 D.

2.2 Como $F_R = m a$ ou $F_g = m g$, vem $g = G \frac{M_T}{r^2} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 8,6$ m s⁻².

2.3 Como o período é 91,69 min = 1,5 h, então veem 24/1,5 = 16 vezes.

2.4 Como $F_R = m a$ ou $F_g = m \frac{v^2}{r}$, logo $m \frac{v^2}{r} = G \frac{m M_T}{r^2}$ ou $v = \sqrt{\frac{G M_T}{r}}$, logo não depende da massa do satélite.

2.5 Como a força gravítica é sempre perpendicular à trajetória, nunca realiza trabalho.

3.1 A. Falsa: O índice de refração é 1,25. B. Verdadeira. C. Verdadeira. D. Falsa: Quando a luz passa do ar para o líquido a sua velocidade e o seu comprimento de onda diminuem. E. Falsa: Quando a luz incide na interface ar-líquido ocorrem fenómenos de refração, reflexão e absorção da luz.

3.2 Sim, porque incide de um meio de maior índice de refração (1,25) para um meio de menor índice de refração (ar). Aplicando a Lei de Snell-Descartes para um ângulo de refração de 90° obtemos:

$$\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1,0}{1,25}, \text{ logo } \theta_c = 53,13^\circ.$$

4.1 Uma linha de campo magnético é sempre fechada. Uma linha de campo elétrico nunca é fechada: começa sempre numa carga positiva e termina numa carga negativa.

4.2 Não, porque um fio longo e retilíneo atravessado por corrente produz, em planos perpendiculares ao fio, linhas de campo circulares e num campo magnético uniforme as linhas de campo são retas paralelas.

4.3 Como $\Phi = B A \cos \alpha$, vem $\Phi = 0,05 \times 1,0 \times 10^{-2} \times \cos 30^\circ = 4,3 \times 10^{-4}$ Wb.

4.4 Haveria uma variação do fluxo do campo magnético e uma corrente induzida atravessaria a espira, mas apenas enquanto o campo estivesse a variar. Depois de o campo atingir 0 Wb, a corrente induzida acaba.

5.1 Como 1 divisão corresponde a 10 ms, 6,2 divisões correspondem a 62 ms; este é o tempo de 2 períodos, logo $T = 31$ ms. Cada divisão está dividida em 5 partes, logo cada divisão mais pequena corresponde a 10 ms/5 = 2 ms; a incerteza experimental é metade desta pequena divisão, ou seja, 1 ms. Por isso $T = (31 \pm 1)$ ms.

5.2 A amplitude máxima do sinal é 2,4 V. Como $U = U_{\max} \sin [(2\pi/T) t]$, logo $U = 2,4 \sin (64,5\pi t)$.

5.3 $U_{\text{eficaz}} = 1,7$ V.

7. Bibliografia

Bibliografia de Didática

- Carpena, J., Lopesino, C. (2001). Qué contenidos CTS podemos incorporar a la enseñanza de las ciencias? *Alambique*, 29, 34-42.
- CNE (1999). *Ensino Experimental e Construção de Saberes* (Actas do Seminário, 21/05/1999). Lisboa: Conselho Nacional de Educação - Ministério da Educação.
- Gil, D., Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Griffiths, A. K. (1994). A critical analysis and synthesis of research on student's chemistry misconceptions. In Schmidt, H. J., (editor), *Problem solving and Misconceptions in Chemistry and Physics*, p 70-99, The International Council of Associations for Science Education (ICASE).
- Hernández, J., Solbes, J., Vilches, A. (2001). Reflexiones sobre el curriculum de física y química en el Decreto de Humanidades, *Alambique*, 29, 95-102.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. Em *Cadernos Didáticos de Ciências*, Volume 1, 79- 97.
- Manassero Mas, M.A., Vázquez Alonso, A., Acevedo Díaz, J. A. (2001). *Avaluació dels Temes de Ciència, Tecnologia i Societat*. Illes Balears: Conselleria d Educació i Cultura del Govern.
- Millar, R., Leach, J., Osborne, J. (editors) (2000). Improving Science education. *The contribution of research*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Monk, M., Osborne, J. (editors) (2000). *Good practice in science teaching*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Santos, M-E. (2001). *A Cidadania na «Voz» dos Manuais Escolares. O que temos? O que queremos?* Lisboa: Livros Horizonte.
- Sequeira, M., Dourado, L., Vilaça, M. T., Silva, J. L., Afonso, A. S., Baptista, J. M. (org.) (2000). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Dep. Metodologias da Educação, Instituto da Educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Turner, T. (2000). The science curriculum: What is it for? In J. Sears, P. Sorensen (ed.) *Issues in Science Teaching*, 4-15. London, New York: Routledge Falmer.

Bibliografia específica de física e ensino da física

Bibliografia essencial

- Benson, H. (1995). *University Physics – Revised Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
Livro de Física Geral
- Butlin, C. et al. (2000). *Salters Advanced Physics*. Oxford: Heinemann.
Obra de orientação ciência – tecnologia – sociedade, útil para professores e alunos mais interessados.
- Eisberg, R. M., Lerner, L. S. (1982) *Física, Fundamentos e Aplicações*. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal.
Um bom livro de Física Geral, onde o professor poderá encontrar uma abordagem acessível de fenómenos ondulatórios.

Faro, A. (1995). *A Peregrinação de um Sinal*. Lisboa: Gradiva.

Um excelente livro para o professor.

French, A. P. (1971). *Vibrations and Waves*. New York: Norton Company Inc.

Um livro onde o professor pode atualizar os seus conhecimentos sobre fenómenos ondulatórios.

Hecht, E. (1991). *Óptica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Um excelente livro para o professor atualizar os seus conhecimentos de Ótica.

Hewitt, P. G. (2002). *Física Conceitual* (9.ª Ed.). S. Paulo: Artmed Editora.

Livro de Física Geral traduzido para língua portuguesa, especialmente indicado para pesquisas pelos alunos.

Holton, G., Brush, S. G. (2001). *Physics, the Human Adventure. From Copernicus to Einstein and Beyond* (3.ª Ed.). New Jersey: Rutgers University Press.

Um livro excelente sobre a evolução histórica das teorias físicas, bem como sobre a importância da física na sociedade.

Outra bibliografia

Agrawal, D.C. (2000). Terminal velocity of skydivers. *Physics Education*, 35 (4), 281-283.

Ambrose, B. S., Heron, P. R. L., Vokos, S., Mcdermott, L. C. (1999). Student understanding of light as an electromagnetic wave: relating the formalism to physical phenomena. *American Journal of Physics*, 67 (10), 891-898.

Barbero, A., Manzanares, J., Mafé, S. (1994). Induced EMF in a solenoid: a simple quantitative verification of Faraday's law. *Physics Education*, 29, 102-104.

Barton, R. (1997). How do computers affect graphical interpretation? *School Science Review*, 79 (287), 55-60.

Bauman, R. P. (1992). Physics that textbook writers usually get wrong – II Forces and vectors. *The Physics Teacher*, 30, 402.

Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematic graphs. *American Journal of Physics*, 62 (8), 750-762.

Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematic graphs. *American Journal of Physics*, 62 (8), 750-762.

Biermann, M.L., Nelson, N.A. (2000). Using the GPS to determine the size of Earth. *The Physics Teacher*, 38, 360-361.

Brown, D. E. (1989). Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 353.

Caldeira, M. H. et al. (1991). Ideias dos alunos sobre o conceito de som. *Gazeta de Física*, 14 (1), 22-32.

Champagne, A.B., Klopfer, L.E., Anderson, J.H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074.

Chaudry, S., Morris, P. (2000). Optical fibres: have you seen the light. *Physics Education*, 35 (4), 226-231.

Clement, J. (1982). Student's preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 166.

Cornwall, M. G. (2000). Where on Earth am I? The global positioning system. *Physics Education*, 35 (4), 232-239.

Dias de Deus, J. (1986). *Ciência: Curiosidade e Maldição*. Lisboa: Gradiva.

Dordick, H. S. (1986). *Understanding Modern Telecommunications*. McGraw-Hill Book Company.

Duzen, C., Nelson, J., Nelson, J. (1992). Classifying motion. *The Physics Teacher*, 30, 414-419.

- Fischbein, E., Stavy, R., Ma-Naim, H. (1989). The psychological structure of naïve impetus conceptions. *International Journal of Science Education*, 11 (1), 71-81.
- Galili, I., Bar, V. (1992). Motion implies force: where to expect vestiges of the misconception?. *International Journal of Science Education*, 14, 63.
- Garrett, R., Satterly, D., Perez, D., Martinez, J. (1990). Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12 (1), 1-12.
- Goldberg, F. M., Anderson, J. (1989). Student difficulties with graphical representations of negative values of velocity. *The Physics Teacher*, April, 254-260.
- Grayson, D. J. (1996). Using education research to develop waves courseware. *Computers in Physics*, 10 (1), 30-37.
- Hellingman, C. (1992). Newton's third law revisited. *Physics Education*, 27, 112.
- Hickey, R., Schibeci, R. A. (1999). The attraction of magnetism. *Physics Education*, 34 (6), 383-388.
- Hoskins, J., Lonney, L. (1983). A demonstration to show the independence of horizontal and vertical motion. *The Physics Teacher*, November, 525.
- Jacobs, F. (1985). Using an OHP to demonstrate wave motion. *Physics Education*, 20, 230-233.
- Killen, H. B. (1991). *Fiber Optic Communications*. Londres: Prentice-Hall International, Inc.
- Kluk, E., Lopez, J. L. (1992). Don't use airtracks to measure gravity acceleration. *The Physics Teacher*, 30, 48-53.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., Stein, M. (1990). Functions, graphs and graphing: tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60 (1), 1-61.
- Linder, C. J. (1992). Understanding sound: so what is the problem?. *Physics Education*, 27, 258-264.
- Linder, C. J. (1993). University physics students. conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation. *International Journal of Science Education*, 15 (6), 655-662.
- Linder, C. J., Erikson, G. L. (1989). A study of tertiary physics students. conceptualizations of sound. *International Journal of Science Education*, 11, 491-501.
- Maia Alves, J., Serra, J. M. (2000). Sobre a medição de algumas características das ondas sonoras. In J. M. Serra (coord.). *Ensino Experimental das Ciências*. Materiais Didáticos 2. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Mak, S., Yip, D. (1999). A Low-cost design for studying rotational systems. *Physics Education*, 34 (1), 27-31.
- Maloney, D. P. (1990). Forces as interactions. *The Physics Teacher*, September, 386.
- Marioni, C. (1989). Aspects of student's understanding in classroom settings (age 10-17): case study on motion and inertia. *Physics Education*, 24, 273.
- Maurines, L. (1992). Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 279-293.
- McClelland, J. A. G. (1985). Misconceptions in mechanics and how to avoid them. *Physics Education*, 20, 159.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55 (6), 503-513.
- Merino, J. M. (1998). Some difficulties in teaching properties of sounds. *Physics Education*, 33 (2), 101-104.
- Orton A. (Ed.) (1985). *Studies in Mechanics Learning*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds: University of Leeds.

- Park, D. (1988). *The How and the Why. An Essay on the Origins and Development of Physical Theory*. Princeton: Princeton University Press.
- Raggett, M. (2000). Teaching waves with a graphing calculator. *Physics Education*, 35 (3), 170-172.
- Redish, E., Saul, J., Steinberg, R. (1997). On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American Journal of Physics*, 65 (1), 45-54.
- Rogers, L., Wild, P. (1994). The use of IT in practical science – a practical study in three schools. *School Science Review*, 75 (273), 21-28.
- Rogers, L. T. (1995). The computer as an aid for exploring graphs. *School Science Review*, 76 (276), 31 -39.
- Rosenquist, M., McDermott, L. C. (1987). A conceptual approach to teaching Kinematics. *American Journal of Physics*, 55 (5), 407-415.
- Sassi, E. (1996). Addressing some common learning-teaching difficulties in basic Physics courses through computer based activities. In GIREP - International Conference. (pp.162-178).
- Shenoi, K. (1995). *Digital Signal Processing in Telecommunications*. New Jersey: Prentice Hall.
- Thornton, R. K., Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58 (9), 858-867.
- Trowbridge, D., McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48 (12), 1020-1028.
- Trowbridge, D., McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49 (3), 242-253.
- Walton, A. J., Black, R. J. (1999). The global positioning system. *Physics Education*, 34 (1), 37-42.

8. Sítios na Internet

1) Específicos por temas

Em www.projectos.TE.pt/links encontram-se *links* atualizados para um conjunto de sítios relacionados com o programa de Física do 11.º ano, sendo que alguns são sugeridos no próprio programa.

Unidade 1

1. Como usar um GPS
2. Agência Espacial Europeia
3. CERN
4. NASA homenageia Galileu
5. Animações de satélite em movimento
6. Satélites meteorológicos

Unidade 2

1. Simulação de ondas
2. Propriedades do som
3. Propriedades da luz
4. Reflexão e refração (simulações)
5. ANACOM
6. Osciloscópio virtual

2) Recursos gerais

1. <http://www.mocho.pt/>
2. <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>
3. <http://www.feiradeciencias.com.br/>
4. <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/index.html>
5. <http://www.howstuffworks.com/category.htm?cat=Space>
6. <http://www.lx.it.pt/monit/>

3) Simulações computacionais

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/~hwang/>
<http://www.walter-fendt.de/ph11br/>
<http://www.surendranath.org/Applets.html>

4) Para professores

<http://www.physicsweb.org/bestof>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

11.ª FÍSICA E QUÍMICA A Física-Bloco 2 11.º/12.º ano
CADERNO DE APOIO AO PROFESSOR

