
2º trabalho de Física Computacional (2022-23, P4)

Entrega do trabalho

- Até às 13H de dia 10 de Junho (sábado) através do svn, **única e exclusivamente**
 - Não serão aceites trabalhos entregues por outras vias que não o svn
- Não se esqueçam de fazer `commit` de todos ficheiros com excepção dos ficheiros `*.o` `*.exe`
 - Nota: A operação `svn status` permite identificar os ficheiros ainda não `committed` ou que não estejam ainda sob controlo de svn.
- Caso existam entregas posteriores às 13H05 (atrasos superiores a 5 minutos de tolerância), a regra de desconto em valores [0,20] que será aplicada à nota do trabalho será a seguinte:
$$D = T * 0.2$$

D : desconto em valores [0,20]
 T : tempo de atraso de entrega em minutos, a partir das 13H05 (fim da tolerância)

Organização das pastas de trabalho

Na área de trabalho de cada grupo, foi criada a pasta **trab02** que contém as seguintes pastas e ficheiros (não se esqueça de começar por fazer `svn update`):

```
trab02/src ..... [user classes or functions]
  /main ..... [main programs]
  /bin ..... [object files, executables]
  Folha_Respostas.pdf ..... [folha de respostas]
  Trab02.pdf ..... [enunciado do trabalho]
```

Muito importante:

- Os programas principais que realizarem devem ser colocados na pasta `main/`
- As classes (ficheiros “header” `.h` e “source” `.C, .cpp`) desenvolvidos pelo grupo e necessários à resolução deste trabalho, devem estar na pasta `src/`

Correcção e Cotação

A resolução do trabalho implicará a entrega:

- dos códigos C++ realizados (classes e programa principal)
- da folha de respostas (ficheiro `Folha_Respostas.pdf`) preenchida onde constará a identificação dos elementos do grupo que participaram na realização do trabalho
 - o software PDFexpert (macOS), Okular (linux) e Office (Windows) permitem a escrita no ficheiro pdf
 - a. como instalar o Okular no linux/ubuntu?
`sudo apt update && sudo apt upgrade -y`
`sudo apt install okular -y`
 - b. como instalar o PDFexpert no macOS?
descarregar do site a versão gratuita: <https://pdfexpert.com>

A folha de respostas pode ser preenchida à mão ou no computador e deve ser submetida no svn. Caso seja preenchida à mão proceda à sua digitalização e junte ao svn, na pasta `trab02` .

Na correcção do exercício, a seguinte cotação será aplicada:

- estrutura do código, clareza e comentários do código C++ (10%)
- execução do código, resultados e respostas (90%)

Enunciado

Mapeamento da iluminação de uma superfície alvo

O enunciado do 2º trabalho da disciplina de Física Computacional consiste na realização das seguintes partes:

A. [16 val]

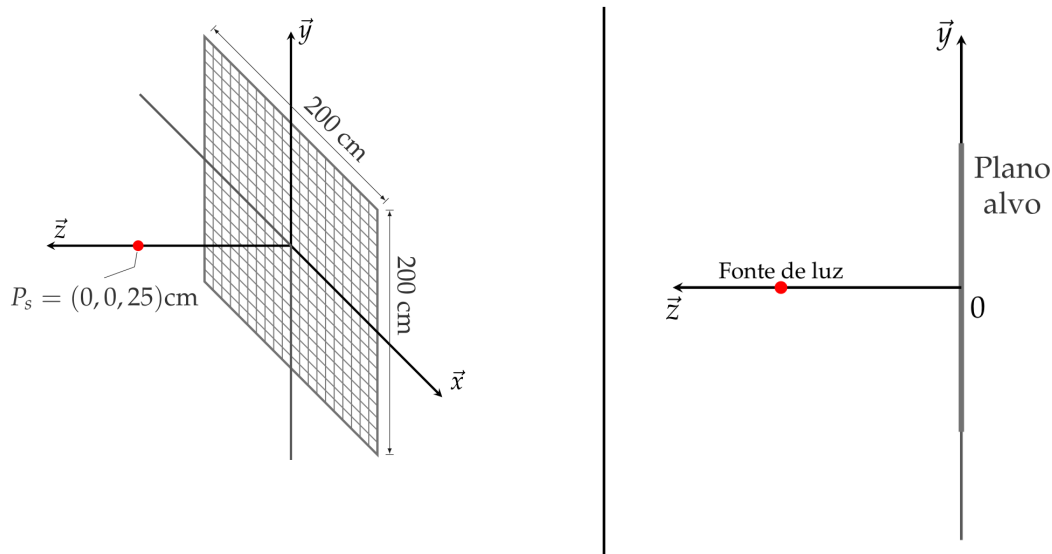
a parte A está directamente relacionada com o trabalho desenvolvido para o *Homework 2*

B. [4 val]

a parte B que complementa o trabalho *Homework 2*

parte A [16 val]

Considere uma superfície plana de dimensões 200×200 cm, com um sistema de eixos centrado no plano em que os eixos x e y estão no plano e o eixo z é perpendicular a este, tal como se mostra na figura. Uma fonte de luz pontual e isotrópica de potência $\Phi = 100$ Watts, é colocada à distância de 25 cm do plano (coordenadas da fonte $[0, 0, z_s = 25]$ cm). Na resolução do problema, discretize o plano com uma grelha espacial de células com dimensão de 10×10 cm.



O programa principal que desenvolver para resolver a parte A do problema deve possuir o nome `rMapa_A.{C, cpp}`, podendo obviamente recorrer ao código C++ (classes) já desenvolvido no âmbito do *Homework 2*.

1. Determine o mapa de luz do plano alvo e salve o *plot* num ficheiro com o nome `FIG_source_mapa_de_luz.png`

O mapa de luz deve conter a potência incidente em cada célula (em Watts) e os seus eixos x e y devem possuir unidades em centímetro. Na realização do mapa, utilize a palette de cores `kBird`

```
gStyle->SetPalette(kBird);
```

2. Realize a seriação (*sorting*) descendente do conjunto total das células e imprima no ecrã as coordenadas (em centímetros) e a potência incidente (em Watts) das 10 células mais luminosas.
3. Determine a evolução da potência incidente no plano alvo (em Watts), em função da distância da fonte ao plano (coordenada z da fonte) medida em metros, no intervalo $z_s = [0.1, 10]$ metros (nota: escolha pontos adequados que permitam ver bem o comportamento da potência com

a distância). Realize o gráfico da potência incidente no intervalo pedido, e salve-o no ficheiro `FIG_source_power_distance.png`.

Estude o comportamento da potência incidente no plano alvo (em Watts) para grandes distâncias da fonte ao plano: $z_s = [10, 100]$ metros. Determine analiticamente no regime assintótico (para $z_s \gg$ que o tamanho do plano: 200 cm), a lei $P(z_s)$ que regula a variação da potência incidente a grandes distâncias. Realize um gráfico em que sobreponha a potência incidente calculada numericamente (cor `kGreen+1`) e o modelo analítico que obteve (cor `kBlue+2`) e salve-o no ficheiro `FIG_source_power_large_distance.png`.

4. Determine analiticamente as expressões matemáticas das curvas de nível da Irradiância ($E = \frac{d\Phi}{dA}$, potência incidente no plano por unidade de área), para os seguintes valores:

$E = (1 - i * 0.22) * E_{max}$, com $i = 1, 2, 3, 4$ e sendo E_{max} a Irradiância máxima no plano.

Represente graficamente as curvas de nível desenhando-as sobrepostas ao mapa de luz da potência incidente no plano alvo, utilizando a cor `kRed-3`. Salve o *plot* num ficheiro com o nome `FIG_source_1_curvas_nivel.png`

sugestão: determine para cada curva de nível um conjunto de pontos (x, y) e construa um objecto `TGraph` unindo os pontos com linhas de cor `kBlue-2` e espessura `4`

5. Estime o erro da potência incidente total no alvo. Explique sucintamente o método utilizado na determinação do erro.

Determine a célula que mais contribui para o erro, e o valor do desvio observado. Imprima no ecrã a potência total incidente, o erro estimado e as coordenadas da célula que mais contribui para o erro e o valor do desvio. Explique a metodologia utilizada.

parte B [4 val]

A realização da parte B do enunciado deve ser desenvolvida num programa principal a guardar no ficheiro `rMapa_B.{C,cpp}`

Integração numérica em 2D da Irradiância no plano receptor

1. Calcule a potência total incidente no plano alvo, realizando a integração numérica da Irradiância em todo o plano, para uma fonte colocada nas coordenadas $[0, 0, 25]$ cm e células quadradas de dimensão 10×10 cm ($h = 10$ cm), usando o método trapezoidal.

Para a realização da integração bi-dimensional será necessário adaptar a regra de integração uni-dimensional tendo em conta o seguinte:

$$I = \int_X \int_Y f(x, y) dx dy = \int_Y dy [\int_X f(x, y) dx] = \int_Y F(y) dy$$

$$F(y) = \int_X f(x, y) dx$$

Afixem o resultado no ecrã bem como uma estimativa do erro relativo associado ao cálculo. Descreva na folha de respostas o método usado para o cálculo do erro.

2. O cálculo do integral, utilizando o método trapezoidal, pode ser substancialmente mais preciso utilizando o método iterativo de integração de Romberg.

A integração numérica realizada na alínea anterior, que designaremos por $I_{1,1}$, foi feita com o plano alvo dividido numa grelha com $h_1 = 10$ cm e um número de células 20×20 . Este resultado da integração pode ser melhorado reduzindo a dimensão das células para $h_2 = \frac{h_1}{2}$, designando este novo integral por $I_{2,1}$. Partindo destes dois resultados, determine utilizando o método de Romberg, o integral numérico da Irradiância em todo o plano, $I_{2,2}$, que possuirá um nível de precisão muito maior.

Afixem no ecrã os valores dos integrais $I_{1,1}$, $I_{2,1}$ e $I_{2,2}$ e as variações relativas dos resultados $I_{2,1}$ e $I_{2,2}$ em relação a $I_{1,1}$.