INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Física Experimental II

T.L. Nº1

Física da Música

Lisboa, 15 de Abril, 2004, 5ª Feira

GRUPO Nº1

André Cunha	Nº 53757
Tiago marques	Nº 53775
Ricardo figueira	Nº 53575

LEFT

1. Determinação da frequência de vibração de dois diapasões

- aplica-se a transformada de Fourier ao sinal do diapasão (gráficos 0 e 1);

- determina-se a frequência com base em $f = \Delta t.k$, em que

$$k = \frac{1}{512}\left(\frac{50}{20\cdot 10^{-3}}\right)^2 = 1{,}22\cdot 10^4 \text{ s}^{-2}$$

Obteve-se uma frequência de 318 Hz para o primeiro diapasão cujo o valor teórico é 320 Hz, o que representa um erro à exactidão de 0,625 % e no caso do diapasão de 512 Hz, a frequência medida é 505 Hz, ou seja, o erro é de 1,36 %. A precisão das medições são dadas pela fórmula

$$ef = \frac{\partial f}{\partial \Delta t} = \left|\frac{1}{512}\left(\frac{50}{\Delta t}\right)^2\right| et .$$

Assim, e dado que $et = \frac{200\cdot 10^{-3}}{16{,}9}\cdot ex$, e ex = 0,2 cm, et = $2{,}37\cdot 10^{-3} s$ e logo $ef = 16{,}99 Hz$ para o diapasão de 320 Hz e, no caso do diapasão de 512 Hz, o erro de precisão é de 6,75 Hz.

2. Análise do espectro de emissão de dois diapasões

Ao aplicar-se a transformada de Fourier ao sinal conjunto dos dois diapasões (gráfico 2), obtêm-se duas frequências distintas que correspondem às frequências de emissão de cada um dos diapasões. Neste gráfico, as medições são iguais às obtidas quando as frequências de cada diapasão foram analisadas isoladamente e, logo, com o mesmo erro à precisão. O facto de não haver discrepâncias entre a análise isolada dos diapasões e a conjunta, revela a elevada precisão de todo o processo.

3. Verificação da relação entre a frequência e o comprimento da corda

Recorrendo à quarta corda de uma guitarra e fazendo variar o comprimento da mesma, analisou-se a variação da frequência de ressonância e concluiu-se que a frequência varia segundo uma lei do tipo $f = \frac{K}{L}$ (gráfico 8)em que K é dado pela seguinte expressão.

$$K = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T}{m}}.$$

O valor de K obtido foi 9505,94 com um erro de 157,70. Consequentemente, a frequência é calculada pela expressão

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}}.$$

4. Verificação da relação entre a frequência e a tensão da corda

Determinou-se a frequência de ressonância de uma corda à qual foram aplicadas 5 tensões diferentes, recorrendo à transformada de Fourier. Por ajuste, concluiu-se estarmos na presença de uma lei do tipo $f = K\sqrt{T}$ em que K é uma constante ($K = 11{,}15 \pm 0{,}37 Hz/\sqrt{N}$). O valor de K pode ser calculado a partir da expressão

$$K = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{1}{m}}.$$

A expressão para obter o valor da frequência é

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}}.$$

Dado que a velocidade de propagação é dada pela expressão $v = f\lambda$, então

$$v = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}}2L = \sqrt{\frac{T}{m}},.$$

Ainda foi possível determinar a massa da corda por unidade de comprimento procedendo-se ao ajuste da velocidade de propagação em função da Tensão, obtendo-se um valor de 5,74 g/m com um erro de 0,38g/m.

5. Análise do espectro de um sinal triangular e rectangular

Procedeu-se à transformada de Fourier de um sinal triangular (gráfico 16)comprovando-se automaticamente que só as harmónicas de ordem ímpar surgem no gráfico. Determinou-se a amplitude de cada uma das harmónicas e, por ajuste, concluiu-se que a mesma varia segundo uma lei $\frac{K}{n^2}$ (gráfico 17). No caso do sinal rectangular, também só as harmónicas ímpares surgem na análise de Fourier (gráfico18), mas no entanto, a amplitude das mesmas respeita uma lei $\frac{K}{n}$ (gráfico 19). Consequentemente, a amplitude decai mais rapidamente para o sinal triangular.

6. Síntese de um sinal

Procedeu-se à síntese de um sinal com frequência constituído pelas suas 2ª, 4ª, 6ª, 7ª e 9ª harmónicas, como é possível observar no gráfico 21. Através da análise de Fourier (gráfico 22), observaram-se as frequências das harmónicas distintamente, sendo desde logo possível confirmar quais as que compunham o sinal.

Conclusões

Nesta experiência foi possível aplicar a transformada de Fourier em diversas situações distintas, sendo notória a sua ampla utilidade na análise de sinais periódicos.
As noções intuitivas de que a frequência de vibração de uma corda depende tanto da tensão a que está submetida, bem como, o comprimento desta, foram verificadas experimentalmente como se pode observar nos gráficos 8 e 15, respectivamente. Consequentemente, também a velocidade de propagação da vibração numa corda, varia com a tensão (gráfico 15).
Pela análise da transformada de Fourier de sinais triangulares e rectangulares, comprovou-se que apenas as harmónicas de ordem ímpar surgem no gráfico, tal como foi demonstrado na aula teórica.
Os resultados, embora bastante exactos e precisos, foram obtidos em condições longe das ideais, uma vez que no ambiente em que todas as experiências foram executadas havia bastante ruído, provocado tanto pelos alunos como por outras experiências a decorrer. No entanto, não se devem também desprezar os erros nas medições, bem como, a precisão do equipamento utilizado.

É importante referir que embora o resultado final tenha sido positivo, sofreu-se um ligeiro atraso devido à falta de pilha no microfone.