

## Aparelho didático para acústica 1000816

### Instruções para o uso

07/15 TL/ALF



### 1. Descrição

O jogo de aparelhos didáticos para acústica permite uma apresentação de uma visão geral bastante completa da área temática da acústica. Com o aparelho didático podem ser realizadas numerosas experiências.

Exemplos de experiência:

1. Sons de cordas
2. O som acusticamente puro
3. Colunas de ar vibrantes
4. A coluna de ar aberta
5. O apito de boca
6. As varas vibrantes
7. Infra-som
8. Ultrasom
9. O diapasão registrador
10. Ondas em propagação
11. Efeito Doppler
12. Figuras sonoras de Chladni
13. Vibração de sinos
14. Ondas estacionárias
15. Sobretons

16. Medição de longitude de onda
17. O fundo de ressonância
18. A caixa de ressonância
19. O ressonador esférico
20. Os instrumentos de cordas e as suas leis
21. A escala musical nos instrumentos de cordas
22. Medição da tensão das cordas
23. Dependência da altura do tom da tensão das cordas
24. Instrumentos de sopro e suas leis
25. A escala do dó maior e seus intervalos
26. Tom harmônico e tom desarmônico
27. A tríade sol maior
28. A tríade sol maior de quatro vozes
29. A escala maior com tons fundamentais à escolha
30. Associação de semitons

O fornecimento é feito numa placa de plástico com amortecimento de espuma para o transporte seguro de cada parte.

## 2. Fornecimento

- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 1  | Tablete com espuma protetora para o aparelho didático "Acústica"    | 16 | Vara para placa de Chladni / sino em concha |
| 2  | Monocórdio  | 17 | Apito de Galton                             |
| 3  | Ponte para Monocórdio   | 18 | Caneta com suporte                          |
| 4  | Metalofone  | 19 | Pó de Licopódio                             |
| 5  | Placa de Chladni  | 20 | Talho de plástico para a pinça de mesa      |
| 6  | Diapasão, 1700 Hz   | 21 | Capa de borracha                            |
| 7  | Diapasão, 440 Hz  | 22 | Sino em concha                              |
| 8  | Diapasão marcador, 21 Hz  | 23 | Apito de língua                             |
| 9  | Balança de mola   | 24 | Apito de boca                               |
| 10 | Pinça suporte   | 25 | Corda de aço                                |
| 11 | Pinça de mesa   | 26 | Corda de perlon                             |
| 12 | Ressonador de Helmholtz<br>Ø 70 mm<br>Ø 52 mm<br>Ø 40 mm<br>Ø 34 mm | 27 | Corda de ondas                              |
| 13 | Tubo de vidro para a coluna de ar aberta                            | 28 | Ajuste deslizável                           |
| 14 | Tubo de Kundt   |    |   |
| 15 | Tubo de vidro para a coluna de ar fechada                           |    |   |



### 3. Dados técnicos

Dimensões:           aprox. 530x375x155 mm<sup>3</sup>  
Massa:                 aprox. 4,5 kg

### 4. Exemplos de experiências

#### 1. Tons de cordas

- Puxar com força a corda medianamente tensa do monocórdio com os dedos.
- Logo, aumentar a tensão da corda girando a borboleta e puxar numerosas vezes.

Primeiro ouve-se um som baixo e logo um tom mais alto.

Explicação: cordas em vibração produzem sons acústicos por densificação e rarefação alternada do ar ambiente. Quanto maior a tensão da corda, mais rápida é a vibração e mais alto é o tom.

#### 2. O som acusticamente puro

- Bater com força o diapásão (440 Hz) com o martelinho de tocar do metalofone.

Ouve-se um som acusticamente puro com altura definida e inalterada de tom que se esvanece lentamente.

Explicação: O diapásão consiste num pedaço de metal dobrado em forma de U, no ápice do arco do qual se origina uma vara. Sendo que o diapásão só vibra de uma forma (movimentos contrários das pontas de dentro para fora e inversamente) ele produz um tom puro de altura constante. Por causa da constância da altura tonal do diapásão ele é usado para afinar instrumentos musicais.

#### 3. Colunas de ar vibrantes

- Fixar o tubo de vidro para a coluna de ar fechada por meio da pinça de mesa, talho de plástico e pinças de suporte, na mesa de trabalho.
- Introduzir o ajuste deslizável no tubo de vidro.
- Bater com força o diapásão (440 Hz) com o martelinho de tocar do metalofone. Alterar o comprimento da "coluna de ar fechada" por meio da extração mais ou menos forte do ajuste deslizável.

Somente numa posição do ajuste deslizável a coluna de ar chega a uma forte oscilação compartilhada (Ressonância), em todas as outras posições ela fica muda. A ressonância é perceptível através de uma superelevação do volume de som.

Explicação: colunas de ar fechadas vibram quando o seu comprimento corresponde à quarta parte do comprimento da onda excitadora. O diapásão vibra a 440 vibrações por segundo. Conforme a relação

$$\text{Comprimento de onda} = \frac{\text{Velocidade de propagação}}{\text{Frequência}}$$

$$\frac{34000 \cdot \text{cm/s}}{440 \cdot \text{Oscilação/s}} = 77,2 \cdot \text{cm}$$

O comprimento de onda do som obtido é de 77,2 cm. Uma quarta parte do comprimento de onda é assim igual a 19,3 cm.

No caso da ressonância, a distância do pistão da abertura do tubo é de 19,3 cm.

#### 4. A coluna de ar aberta

- Executar a experiência com o tubo de vidro com a coluna de ar aberta.

A coluna de ar com um comprimento de exatamente o dobro da fechada começa a vibrar quando se mantém o diapásão frente à abertura, o que é perceptível através de uma superelevação do volume de som.

Explicação: colunas de ar abertas vibram quando o seu comprimento equivale à metade do comprimento de onda ou à multiplicação da metade do comprimento de onda. Nas pontas da coluna de ar aberta formam-se picos de vibração, no seu meio surgem nós de vibração.

#### 5. O apito de boca

- Soprar no apito de boca e alterar o comprimento do apito puxando o pistão.

Conforme o comprimento do apito ouve-se um tom mais ou menos baixo com uma coloração tonal característica.

Explicação: ao soprar uma corrente de ar regular na boca do apito, o ar que se encontra preso no apito começa a vibrar, de modo que no lábio formam-se a intervalos regulares rodamosinhos de ar. O tom resultante depende da altura da coluna de ar. No caso do apito fechado o comprimento do apito (medido da boca o fundo) equivale no tom fundamental a um quarto do comprimento de onda. Na boca forma-se um pico e no fundo um nó.

#### 6. Varas vibrantes

- Bater em algumas varas do metalofone com o martelo incluído no fornecimento.

Ao bater nas varas de metal surgem sons agradáveis com uma coloração tonal característica. Quanto mais curta a vara, mais alto o tom.

Explicação: As varas elásticas se convertem em sistemas capazes de vibrar, quando estão deitados sobre os pontos dos seus nós vibratórios (aproximadamente 22% do comprimento total distanciado das extremidades).

### 7. Infra-som

- Levar o diapasão marcador a vibrar apertando os dois braços ao mesmo tempo e soltando repentinamente.

O diapasão executa vibrações lentas, fáceis de observar a olho nu. Se ele for aproximado à orelha, ouve-se um tom muito baixo (apenas perceptível).

Explicação: os braços do diapasão vibram em direções contrárias de um lado para o outro e produzem densificações e rarefações do ar do ambiente. Quando estas atingem o tímpano este é levado a vibrar. Ouve-se um tom.

O diapasão vibra a aproximadamente 20 vibrações por segundo de um lado para o outro. O tom mais baixo, ainda audível comporta aproximadamente 16 oscilações por segundo. Vibrações abaixo de 16 Hertz já não são audíveis. Elas são chamadas de infra-som (do latim infra = abaixo).

### 8. Ultra-som

- Soprar no apito de Galton.

Já não se ouve tom algum, só um ruído agudo.

Resultado: por causa da sua curta longitude de onda, o apito de Galton produz tons muito altos que já não são audíveis pelo ouvido humano. Estes são chamados de ultra-som (do latim ultra = acima).

### 9. O diapasão registrador

- Fixar a caneta nos braços do diapasão marcador.
- Levar o diapasão a vibrar apertando os braços e deslocá-lo com a caneta sobre uma folha de papel sobre uma superfície que não seja mole demais.

A caneta desenha linhas em forma de ondas do mesmo comprimento de onda, mas de amplitude decrescente sobre o papel.

Explicação: o som é produzido pela vibração periódica de corpos sólidos, líquidos ou gasosos. O local geométrico das partículas vibrantes do corpo em relação ao tempo se encontra numa linha ondular (linha de seno). Ao serem batidos uma vez, os corpos em vibração produzem uma vibração "amortecida" (redução constante da amplitude). Se o aporte de energia for constante (som constante de uma buzina,

órgão musical soprado constantemente), então se obtém uma vibração não amortecida de mesma amplitude (= volume).

### 10. Ondas em propagação

- Fixar o laço da corda de ondas numa maçaneta porta fazendo simplesmente um nó.
- Esticar a corda medianamente e executar um movimento brusco puxando lateralmente com a mão.

A partir do centro do movimento (a mão) surge uma onda com velocidade de propagação específica ao longo da corda, que se reflete na ponta fixa e logo volta para o ponto de partida.

Explicação: todo corpo sólido, líquido ou gasoso produz vibrações ao ser sacudido bruscamente, as quais se propagam no meio vibrante com uma velocidade de propagação específica.

### 11. Efeito Doppler

- Bater firmemente com o diapasão de metal leve (1700 Hz) com o martelinho de tocar do metalofone, mante-lo brevemente em repouso e logo sacudi-lo no ar rapidamente de um lado para outro.

Em estado de repouso um diapasão produz um som forte de altura tonal constante. Em movimento, a altura do tom altera-se constantemente. Se o som se dirige à orelha, o tom aumenta, se ele se distancia da orelha, o tom abaixa.

Explicação: por causa da distância decrescente da orelha, a distância temporal entre duas densificações é reduzida, já que a segunda densificação tem um caminho mais curto para atingir a orelha do que a primeira. A orelha percebe uma frequência mais alta. O tom sobe. Ao distanciar-se a fonte de som da orelha, a distância temporal entre densificação e rarefação é prolongada. O tom torna-se mais baixo.

### 12. Figuras sonoras de Chladni

- Fixar a placa de Chladni na mesa por meio da pinça de mesa e o talho de plástico. Distribuir areia ou semelhante na placa de modo que esta esteja coberta de uma fina camada na terça parte de sua superfície.
- Friccionar o arco de violino bem preparado com breu exatamente no meio entre duas pontas enquanto ao mesmo tempo toca-se levemente uma ponta com o dedo da outra mão.
- Friccionar o arco várias vezes firmemente na placa de modo que ela inicie uma vibração intensa e audível.

Ao friccionar o arco na placa ouve-se um tom acústico bem definido. Os grãos de areia começam a vibrar intensamente em certas partes, dançam pulando sobre a superfície da placa e se acumulam formando estranhas figuras sonoras na superfície.

Explicação: sobre a placa formam-se "ondas estacionárias". Ao ser excitada a placa não oscila para baixo e para cima na sua integridade, ela só vibra em certos pontos (nos picos), enquanto em outros lugares (nós) ela fica em repouso total. Ao tocar uma das pontas da placa foram forçados nós.

### 13. Vibração de sinos

- Fixar o sino em concha com a abertura para cima por meio da pinça de mesa e talho de plástico, na mesa de trabalho.
- Bater na beira do sino com o martelo em diferentes lugares (alternativamente, passar o arco).

A altura do tom depende do lugar onde foi batido. É facilmente possível de se obter diferenças de um tom inteiro. Se o sino for excitado em várias partes, então se formam ambos os tons e obtêm-se as conhecidas "flutuações" (aumento e redução periódicos do volume em seqüências mais ou menos rápidas).

Explicação: os sinos são placas vibrantes deformadas. Os tons mais altos geralmente não harmonizam com o tom fundamental. Também os sinos dividem-se em diferentes partes vibrantes separadas.

### 14. Ondas estacionárias

- Fixar o laço da corda de ondas numa maçaneta porta fazendo simplesmente um nó.
- Esticar a corda medianamente e executar um movimento lento e circular.
- Logo esticar mais a corda e acelerar o movimento em círculos.

Com movimento lento formam-se nós em cada ponta e no meio um pico. Com o movimento mais rápido surgem 3 nós e 2 picos e acelerando-se mais surgem 4 nós e 3 picos.

Explicação: através da reflexão na porta forma-se uma onda estacionária. Por causa da lentidão do olho parece que a onda original e a refletida são simultâneas.

Na vibração básica a corda vibra em todo o seu comprimento na forma de uma meia onda para cima e para baixo. No meio encontra-se o pico, em ambas as pontas estão os nós. No primeiro nível de vibração (oitava) a corda vibra na forma

de uma onda completa (2 picos e 3 nós). No segundo nível temos 3 picos e 4 nós, etc.

### 15. Sobretons

- Soprar no apito e boca com os lábios, primeiro levemente, logo com muita força.

Primeiro ouve-se um tom fundamental e ao soprar com mais força ouve-se um tom muito mais alto.

Explicação: no caso do apito de boca, as ondas estacionárias devem formar-se de modo que se formem um nó no fundo e um pico no bico. Isto acontece quando o comprimento do apito corresponde exatamente a 1/4 do comprimento de onda. Também é o caso quando a distância da abertura ao fundo é equivalente a 3/4, 5/4, 7/4 e assim por diante do comprimento de onda.

Além do tom fundamental surgem, portanto também diversos sobretons impares da série tonal harmônica em maior ou menor medida.

É só por causa (e graças ao) do surgimento dos sobretons que cada instrumento musical tem ma coloração tonal bem específica.

### 16. Medição do comprimento de onda

- Tampar a ponta do tubo de vidro de vidro de exatamente 45 cm com a tampa de borracha e introduzir com uma colher de chá uma pequena quantidade de pó de licopódio no tubo mantido em posição inclinada, de forma que uma quantidade não muito grande de pó se distribua de modo regular para que se forme uma fina tira amarelada no tubo.
- Fixar o tubo de vidro por meio da pinça de suporte, pinça de mesa e talho de plástico na mesa de trabalho.
- Bater firmemente com o diapasão (1700 Hz) no cabo de um martelo e manter um dos braços com o lado largo bem perto da abertura do tubo. Repetir essa excitação sonora eventualmente várias vezes!

O pó de licopódio inicia uma forte vibração nos picos de vibração enquanto que nos nós este fica totalmente em repouso. As partículas de pó caem no fundo do tubo e formam acumulações periódicas que se repetem no comprimento do tubo 4 1/2 vezes.

Explicação: o diapasão de metal leve tem uma freqüência de 1700 vibrações por segundo. Conforme a relação simples

$$\text{Comprimento de onda} = \frac{\text{Velocidade do som}}{\text{Freqüência}}$$

$$\frac{340 \cdot m/s}{1700 \cdot Hz} = 0,2 \cdot m$$

o comprimento de onda correspondente é de 20 cm. Num tubo de 45 cm de comprimento "cabem", portanto  $4\frac{1}{2}$  meias ondas ou 2 completas, como demonstrado na experiência. Na abertura do tubo sempre se encontra um pico, no fundo sempre se encontra um nó.

### 17. O fundo de ressonância

- Bater fortemente o diapasão  $a' = 440$  Hertz com o martelinho de tocar do metalofone e posicionar-lo com o seu cabo sobre a superfície da mesa.  
O tom do diapasão apenas audível no ar livre é tão amplificado que ele agora é claramente perceptível no espaço inteiro.  
Explicação: por causa do movimento vibratório da vara do diapasão, o tampo da mesa também começa a vibrar. Sendo que superfície efetiva da mesa é muito maior que o diapasão, o volume do som é ampliado fortemente.

### 18. A caixa de ressonância

- Bater com firmeza com o diapasão de  $lá' = 440$  Hertz no talho de plástico (19) da pinça de mesa e colocá-lo na caixa de ressonância do monocórdio com a sua vara.

Ocorre um aumento significativo do tom.

Explicação: idêntica à experiência 17.

### 19. O ressonador esférico

- Manter os ressonadores de Helmholtz na seqüência com ponta pequena perto da orelha.

Ouve-se um tom que fica mais baixo conforme aumenta o diâmetro do ressonador.

Explicação: todo corpo oco, seja qual for a sua forma (tubo, esfera oca) possui uma vibração fundamental bem específica, praticamente livre de sobretons. Esta vibração fundamental pode ser excitada se sopra na abertura do corpo oco ou mesmo só batendo com a articulação do dedo no corpo oco. Porém a vibração própria só é excitada quando se encontram no ruído de ambiente tons que coincidem com a vibração fundamental do ressonador. Assim, pode-se analisar o conteúdo em diferentes semitons de uma mistura de sons. Se no ambiente reina o silêncio total, então o ressonador fica mudo.

### 20. Os instrumentos de corda e as suas leis

- Inserir a ponte perpendicularmente sob a corda do monocórdio de modo que a quina direita coincida exatamente com o número 20 da escala e a corda de 40 cm esteja dividida em dois segmentos iguais de cada um 20 cm de comprimento.

- Afinar o meio comprimento da corda apertando a borboleta no diapasão (440 Hz)  $lá'$  ( $lá'$  fundamental).
- Comparar os tons originados puxando, ou melhor, friccionando a corda nos pontos de 40 cm, 20 cm, 10 cm e 5 cm de comprimento.

Com 20 cm de comprimento de corda obtém-se o  $lá'$  fundamental = 440 Hertz, com 40 cm de comprimento de corda obtém-se o tom mais baixo de uma oitava  $lá = 220$  Hertz, com 10 cm de comprimento de corda obtém-se o tom mais alto de uma oitava  $lá'' = 880$  Hertz com 5 cm de comprimento de corda obtém-se o tom mais alto de 2 oitavas  $lá''' = 1760$  Hertz.

Explicação: com o dobro de comprimento de corda obtém-se um tom mais baixo de uma oitava, com a metade do comprimento de corda obtém-se a primeira oitava e com  $\frac{1}{4}$  do comprimento de corda a segunda oitava. As freqüências das cordas são inversamente proporcionais ao seu comprimento.

### 21. A escala musical nos instrumentos de corda

- Tocar a escala tonal habitual para o ouvido humano no monocórdio mudando a ponte de posição e medindo a cada vez o comprimento do segmento de corda em vibração e determinar a relação com o comprimento total da corda (40 cm).

Tom	Compr. corda	Relação compr.
dó	40 cm	1
ré	35,55 cm	8/9
mi	32 cm	4/5
fá	30 cm	3/4
sol	26,66 cm	2/3
lá	24 cm	3/5
si	21,33 cm	8/15
dó'	20 cm	1/2

Explicação: a corda deve ter a metade do comprimento quando se queira obter a oitava sob condições idênticas de tensão da corda, espessura da corda, etc. Para os outros tons da escala tonal resultam coeficientes da maior simplicidade para a relação entre o comprimento do segmento em vibração e o comprimento total da corda. Quanto menor são esses números, melhor é o som. (Oitava 1:2, Quinta  $lá'/sol$  2:3, etc.)

## 22. Medição da tensão da corda

- Colocar a balança de mola no monocórdio e encaixar a ponta da corda de perlon na fenda da balança de mola.
- Afinar a corda no lá fundamental esticando-a com a borboleta e utilizando o diapasão lá' = 440 Hertz.
- Determinar a tensão da corda com a balança de mola.

A tensão da corda no caso do perlon é de 5,5 kg.

## 23. Dependência da altura do tom da tensão das cordas

Um dos resultados da experiência 22 era que para se obter o lá fundamental, a corda de perlon deve ter 5,5 kg de tensão. Qual é a tensão da corda no caso do tom lá (220 Hertz) de uma oitava mais abaixo (220 Hertz)?

- Soltar a borboleta até obter o tom lá.
- Para efeitos de controle colocar a ponte na marca de 20 (meio comprimento de corda) e afinar o meio comprimento de corda no lá. A corda toda vibra então em meia frequência.

A tensão da corda cai para 1,4 kg.

Explicação: a frequência de uma corda é proporcional à raiz quadrada do peso da tensão. Quando a força que tensa a corda é 4x, 9x, 16x maior, a frequência aumenta em 2, 3 e 4 vezes. 1/4 de 5,5 é (aprox.) 1,4, como foi medido.

## 24. Os instrumentos de sopro e as suas leis

- Soprar no apito de boca com a boca e alterar o comprimento efetivo do apito movendo mais ou menos o seu fundo.

No caso de pequenos comprimentos de apito, obtêm-se tons altos, no caso de maiores comprimentos obtêm-se tons mais baixos.

Explicação: ao soprar uma corrente de ar fraca formam-se ondas estacionárias, sendo que o comprimento do apito equivale a uma quarta parte do comprimento das ondas. Ao sopra-se uma corrente mais forte surgem sobretons, cuja frequência é um múltiplo ímpar do tom fundamental.

No caso do apito aberto, a vibração fundamental é duas vezes maior do que no caso do apito fechado.

## 25. A escala dó maior e os seus intervalos

- Para determinar os intervalos dividem-se cada frequência mais alta pela próxima mais baixa.

Para o intervalo ré/dó = 1188/1056, o denominador comum é 132, pelo que se obtém então 9/8, 10/9, 16/15, 9/8, 10/9, 9/8 e 16/15.

Explicação: os intervalos de cada tom da escala tonal não são do mesmo tamanho. Diferenciam-se grandes inteiros (9/8), pequenos inteiros (10/9) e passos de semitons (16/15).

## 26. Som harmônico e som desarmônico

- Soprar diferentes combinações de sons com o apito de língua.

Obtêm-se consonâncias claras com a oitava, a quinta e a quarta, e com as terças menor e maior. Dissonantes são a segunda e a sétima, assim como a harmonia de tons imediatamente seguidos.

## 27. A tríade sol maior

- Soprar simultaneamente os tons sol e ré no apito de língua.

Ouve-se uma harmonia particularmente consonante, conhecida como a tríade sol maior.

Explicação: caso vários tons formem uma consonância harmônica, estes têm que o fazer em pares. A tríade sol maior é formada pela conjugação duas terças maior e menor. As frequências dos tons sol, si, ré, encontram-se numa relação particularmente simples, ou seja, 4:5:6.

Para se obter essas relações numéricas, devem-se dividir as frequências fundamentais indicadas no apito de língua a cada vez por 6.

(Para manter as fisicamente corretas frequências, as frequências básicas impressas têm que ser multiplicadas por 33).

Entre o apito de língua e o metalofone dependendo do caso pode-se ouvir, além disso, um desvio da afinação.

## 28. A tríade sol maior de quatro vozes

- Completar a tríade sol maior de quatro vozes com a oitava sol'. Ou seja, tocar sol, si, ré', e sol'.

Obtêm-se assim o som particularmente cheio e harmonioso da "tríade sol maior a quatro vozes".

Explicação: na tríade a quatro vozes encontram-se as seguintes consonâncias:

A oitava	1:2
A quinta	2:3
A terça maior	4:5
A terça menor	5:6

### 29. A escala tonal maior com tom aleatoriamente escolhido

- Tocar no metalofone primeiro a escala dó maior começando com dó, e depois tocar a escala tonal sol maior, começando com sol.

A escala tonal dó maior de dó' a dó" soa acusticamente pura. Na escala sol maior iniciando com sol' surge um erro grave ao se chegar a fá". O tom é baixo demais em um semitom.

Explicação: segundo a experiência 25 os seguintes intervalos devem surgir em todas as escalas:

9/8, 10/9, 16/15, 9/8, 10/9, 9/8, 16/15.

Na seqüência tonal sol'... sol" encontram-se porém os seguintes intervalos:

10/9, 9/8, 16/15, 9/8, 10/9, 16/15, 9/8

Os intervalos sublinhados são corretos, os outros mais ou menos errados.

Os intervalos 9/8 e 10/9 estão tão perto um do outro que eles só podem ser diferenciados com dificuldade, é por isso que o erro entre sol' e si' é irrelevante. O erro entre mi" e fá" é bem mais grave. Aqui, intervalo é de 16/15, enquanto que na realidade ele deveria ser de 9/8. Por isso ouve-se o fá" com um semitom abaixo do ideal.

### 30. Intervenção dos passos de semitons

- Tocar a escala de sol' a sol" no apito de língua, depois de ter garantido que o tom lá' do apito de boca esteja afinado com o tom fundamental. Para tal, bater com o diapasão e comparar.

A escala sol maior toca em total pureza no apito de língua.

Explicação: em vez do tom fá' associa-se um novo tom, o fá' suspenido, o qual é calculado de modo que o intervalo entre mi' e fá' suspenido 9/8 e entre o fá" suspenido e o sol" é de 16/15. Isto ocorre porque a freqüência do fá' é elevada por multiplicação por 25/24.

Os novos sons que surgem através da elevação dos tons chamam-se: dó suspenido, ré suspenido, mi suspenido, fá suspenido, sol suspenido, lá suspenido, si suspenido.

A elevação é indicada nas partituras por uma cruz na frente.

Os tons mais baixos de um semitom são obtidos pela multiplicação do tom mais alto por 24/25. Estes tons são indicados nas partituras por um b na frente. Eles se chamam: dó bemol, ré bemol, mi bemol, fá bemol, sol bemol, lá bemol, bemol.

No teclado do piano os tons dó bemol e ré bemol, etc., são reproduzidos com mínimo de erro.