

Introdução à utilização do osciloscópio de raios catódicos em experiências escolares

por RÓMULO DE CARVALHO

1. Todos, ou quase todos, os laboratórios de Física dos liceus portugueses possuem, actualmente, um modelo de osciloscópio de raios catódicos com o qual é possível realizar numerosas experiências de grande interesse didáctico. Pareceu-nos, por esse motivo, que seria útil organizar uma sucessão de experiências realizadas com esse instrumento, ao nível do ensino liceal, sem demasiadas preocupações teóricas que facilmente se remedeiam na vasta bibliografia especializada.

2. Descrição do tubo catódico do osciloscópio

O osciloscópio (ou oscilógrafo) de raios catódicos é um tubo produtor de raios catódicos que apresenta a forma, as dimensões e os eléctrodos que convêm aos fins a que se destina.

A figura 1 representa esse tubo catódico e nela se mostram os diferentes eléctrodos que o constituem cujas funções se resumem na legenda seguinte:

C — eléctrodo que faz de *cátodo* e que é aquecido indirectamente pelo filamento *F* levado à incandescência por uma corrente de 300 mA, à tensão alternada de 6,3 V;

A — eléctrodo que faz de *ânodo*, constituído por um cilindro aberto nas duas bases, que se eleva à tensão contínua da ordem dos 200 V positivos, em relação ao

cátodo. Este eléctrodo tem uma função aceleradora sobre os electrões emitidos pelo cátodo;

W — eléctrodo que envolve parte do cátodo e que apresenta a forma de vaso cilíndrico (*cilindro de Wehnelt*), com um orifício central na base voltada para o alvo do tubo catódico. Trabalha a uma tensão contínua entre -40 V a -100 V e tem por fim repelir os electrões emitidos por *C*, concentrando-os sobre o eixo do tubo catódico, mais ou menos conforme os valores da tensão aplicada. O feixe electrónico que sai pelo orifício desse cilindro pode assim tornar-se *mais ou menos luminoso* consoante o maior ou menor número de electrões nele concentrados;

L — eléctrodo de forma análoga ao anterior destinado a concentrar o feixe dos electrões que se torna divergente logo após ter saído do orifício do cilindro de Wehnelt. Chama-se-lhe, por isso, *eléctrodo de concentração* ou *lente electrónica*. A tensão que se lhe aplica é da ordem dos 600 V negativos em relação ao ânodo *A*, e é, portanto, positivo em relação ao cátodo *C*, motivo por que serve também de ânodo. A combinação dos campos criados por este ânodo, *L*, e pelos outros eléctrodos presentes, é feita de tal modo que o feixe divergente de electrões que sai do orifício do Wehnelt, se torna convergente, à medida que passa através de *L* e de *A*, pretendendo-se que o ponto

de convergência se vá encontrar sobre o alvo do tubo catódico. Variando convenientemente a tensão de L consegue-se obter, no alvo, uma superfície luminosa muito reduzida. Enquanto a variação da tensão aplicada ao Wehnelt permite obter, no alvo, *uma imagem mais ou menos luminosa*, a variação da tensão no ânodo que faz de lente electrónica permite que a imagem seja *mais ou menos nítida*;

X_1 e X_2 ; Y_1 e Y_2 — pares de placas condutoras, paralelas entre si em cada par, constituindo dois condensadores. As

gundo o mesmo plano. Análogamente, quando o feixe passar entre X_1 e X_2 , será desviado para a direita (de um observador voltado para o alvo) se X_1 se encontrar a uma tensão positiva em relação a X_2 ; será desviado para a esquerda se essa tensão for negativa. Se as tensões das placas Y_1 e X_1 forem ambas positivas ou ambas negativas, ou uma positiva e outra negativa, o feixe atingirá o alvo em lugares variados que dependem não só dos sinais como dos valores numéricos das tensões aplicadas.

Repare-se em que as placas horizon-

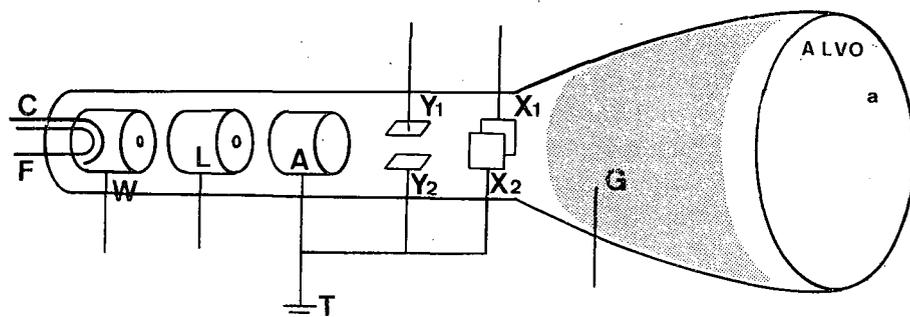


Fig. 1 — Tubo catódico de osciloscópio.

placas do primeiro (Y_1, Y_2) são horizontais; as do segundo (X_1, X_2), verticais. Em ambos os pares uma das placas está ligada à terra. O feixe de electrões emitidos pelo cátodo, que progride ao longo do eixo longitudinal do tubo catódico (pois todos os electrodos W, L e A estão alinhados segundo esse eixo) é obrigado a passar entre as placas Y_1 e Y_2 e, seguidamente, entre X_1 e X_2 . Se não tiver sido aplicada nenhuma tensão às placas X_1 e Y_1 , o feixe irá incidir no centro do alvo do tubo pois X_2 e Y_2 estão ligados à terra. Se a placa Y_1 se encontrar a uma tensão positiva em relação a Y_2 , o feixe electrónico, ao passar entre essas placas, será desviado para cima, num plano vertical; se a tensão for negativa será desviado para baixo, se-

tais (Y_1 e Y_2) provocam desvios verticais do feixe electrónico os quais podem ser medidos, em relação ao centro do alvo, como se fossem ordenadas de um gráfico. Por esse motivo se designam estas placas por « Y » recordando que Y é a letra consagrada para os valores das ordenadas. Por razão análoga as placas verticais, X_1 e X_2 , que provocam desvios horizontais do feixe, se designam por placas X ;

a — Alvo onde se observam as posições do feixe catódico cuja face interior é revestida de uma matéria fluorescente. Quando os electrões chocam contra essa matéria a energia cinética de que vão animados transforma-se, em parte, em energia luminosa que, desse modo, assinala o lugar do choque. A mancha de cor

que assim se observa é mais ou menos luminosa e de tamanho reduzido conforme as tensões aplicadas aos electrodos que o feixe atravessa. A cor que apresenta depende da substância fluorescente em que os electrões embatem preferindo-se que seja verde ou amarela porque os nossos olhos têm maior sensibilidade para essas cores. É muito utilizado, para o efeito, o sulfureto de zinco, activado com adição de cobre, que possui fluorescência verde com persistência demorada;

3. Os modelos de osciloscópios fornecidos aos liceus

Os osciloscópios que foram fornecidos aos laboratórios de Física dos liceus portugueses são, pelo menos, de dois modelos diferentes: o modelo *MAE 123 e* (marca francesa LME) acompanhado de um bloco de alimentação próprio, *MAE 128* (fig. 2) e o modelo *00730 (Phywe)* acompanhado de três blocos (fig. 3), chamados «blocos de funcionamento», «bloco de alimentação» e

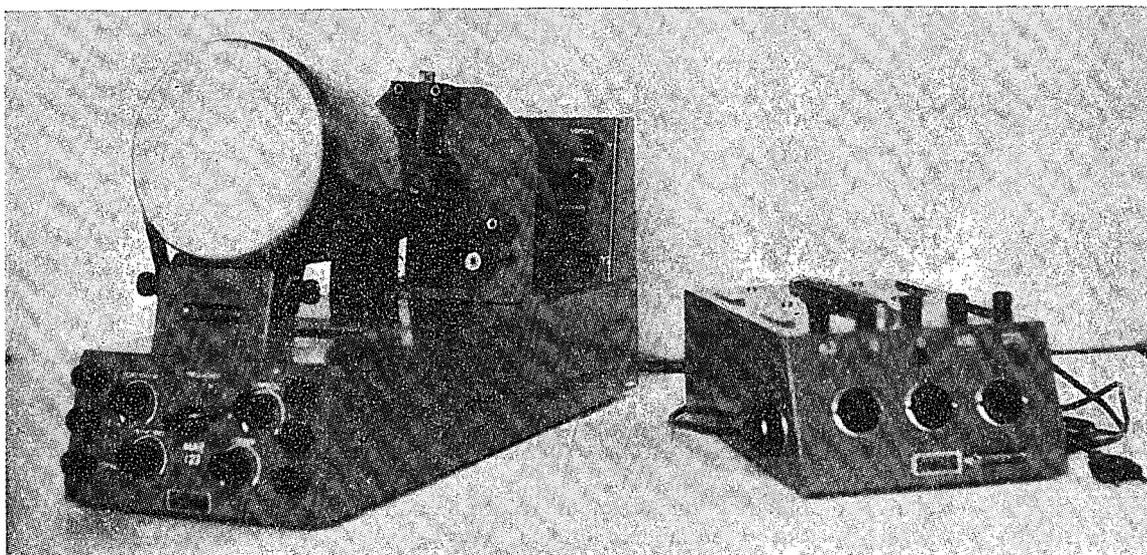


Fig. 2 — Osciloscópio e respectivo bloco de alimentação, do modelo *MAE 123 e* e *128*.

G — Capa de grafite que reveste o interior do tubo catódico na zona situada entre as placas X_1, X_2 e o alvo. Este revestimento, que é efectuado de certo modo particular, presta-se para servir de ânodo e destina-se a provocar uma nova aceleração aos electrões do feixe já prestes a alcançarem o alvo. Esta nova aceleração é vantajosa para aumentar a luminosidade do sinal observado. Chama-se-lhe «pós-aceleração», designando-se por «pré-aceleração» a que é provocada pelos ânodos *L* e *A*. A tensão aplicada a este electrodo *G* atinge a ordem dos 3 000 V.

«base de tempo» (pela ordem em que se vêem na figura).

No modelo *MAE* o tubo catódico está desprotegido, o que exige muito cuidado de quem o utiliza para se não quebrar; no modelo *Phywe* está resguardado por uma caixa, que o torna vantajoso. Em contrapartida este modelo, com os seus três blocos, ocupa muito espaço, enquanto o primeiro se presta aos mesmos fins com mais simplicidade. No *MAE* as montagens correspondentes ao bloco de funcionamento e à base de tempo do modelo *Phywe*, estão na própria caixa onde se en-

contra instalado o tubo catódico, conforme se vê na figura 2.

Os blocos de alimentação, de qualquer dos modelos, destinam-se a transformar a corrente alternada de 220 V da rede pública, nas diferentes tensões a que deverão ser elevados os vários eléctrodos do tubo catódico.

No *modelo MAE* sai do tubo um cabo único onde estão reunidos todos os fios que fazem as ligações aos eléctrodos, o

caixa protectora do tubo catódico, a qual caixa se instala directamente na tomada que está ao centro da face frontal do bloco de funcionamento, conforme se vê na figura 3. Para dar mobilidade ao tubo, faz parte deste material um cabo sobresistente que se liga à ficha da caixa protectora e à tomada do tubo no bloco de funcionamento. Deste bloco fazem-se as ligações ao bloco de alimentação, conforme diremos, e por fim deste último sai o cabo

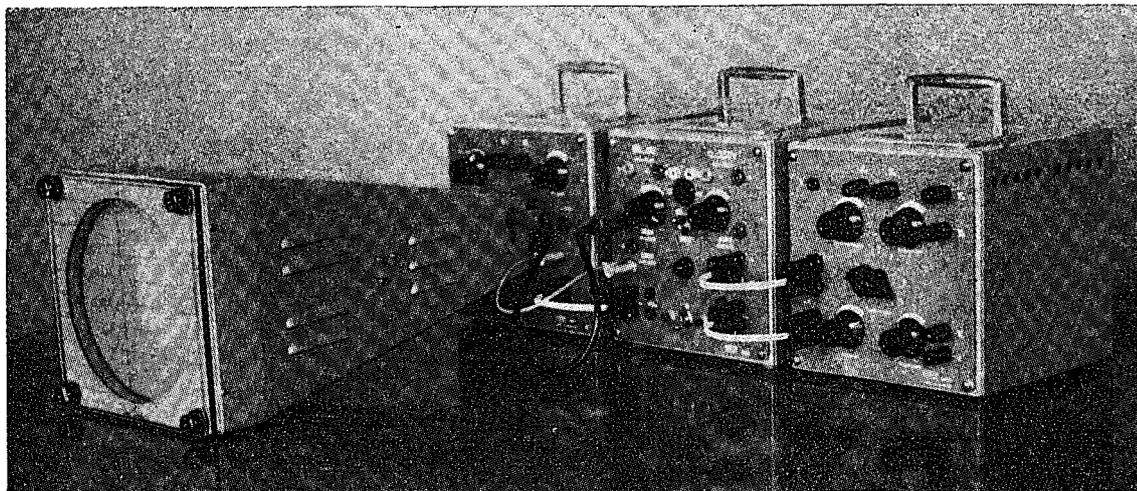


Fig. 3 — Osciloscópio, bloco de funcionamento, bloco de alimentação e base de tempo, do modelo 00730 (*Phywe*).

qual termina numa ficha com oito terminais. Para dispôr o material em condições de funcionamento introduz-se essa ficha no bloco de alimentação (fig. 2), em qualquer das tomadas que ele apresenta (de tipo *octal*, isto é, de oito terminais), *indiferentemente*. A ficha só pode entrar nessas tomadas numa única posição que corresponde ao ajustamento de certa saliência da ficha a um canal correspondente na tomada (fig. 6). Por seu turno o bloco de alimentação também tem um cabo com uma ficha que se liga à tomada da rede pública.

No *modelo Phywe* a ficha das ligações aos eléctrodos está na face posterior da

cujas fichas se ligam à tomada da rede. Não falaremos, por enquanto, do terceiro bloco (base de tempo) do modelo *Phywe* porque o seu uso não interessa à primeira série de experiências que serão descritas.

4. Descrição (parcial) dos painéis que figuram nos dois modelos de osciloscópios.

No *modelo MAE* a caixa onde se encontra montado o tubo catódico apresenta dois painéis, um superior e outro inferior, onde estão instalados vários botões e também terminais para bananas (fig. 2). Para

ÍNDICES DO IV VOLUME

ÍNDICE POR ASSUNTOS

Electricidade

- Teoria e prática da ponte de Wheatstone, por *Rómulo de Carvalho* 207

Electroquímica

- Alguns aspectos das titulações potenciométricas de tióis com eléctrodo de mercúrio-tiol, por *R. E. Pinto* 183

Física Aplicada

- Quelques applications de la diffraction neutronique à l'étude des structures cristallines, por *G. Bastin-Scoffier* 13

Física Atómica

- Acerca da constituição de átomos e moléculas, por *Niels Bohr* 66

Física dos fluídos

- Dedução das equações de Navier-Stokes e suas aplicações, por *C. M. Passos Morgado* 108

Física Nuclear

- Comparaison entre les résultats expérimentaux et théoriques dans le domaine de la conversion interne, por *F. Bragança Gil* 19
Sur quelques propriétés géométriques du groupe des rotations, por *G. Lochak* 136
Uma fonte de neutrões simples e compacta 190

Física — Problemas pedagógicos e profissionais

- Sobre o livro de Física para o 3.º ciclo dos liceus, por *F. Sequeira e J. Sousa Lopes* 129
Novas perspectivas no ensino da Física, por *F. Bragança Gil* 148
Sobre o livro de Física para o 3.º ciclo dos liceus — Análise de uma atitude e comentário de uma crítica, por *José A. Teixeira* 161

Geofísica

- A estrutura interna da Terra, por *R. O. Vicente* 111

História e Antologia

- Em memória de Rutherford, por *P. M. S. Blackett, F. R. S.* 1
O centenário da Análise espectral — Os trabalhos de Bunsen e Kirchoff e as discussões acerca da prioridade dessa descoberta, por *R. A. David Gomes* 33

Progressos recentes em Física corpuscular, por <i>Max Noyaux</i> e <i>Paul Ganz</i>	54, 86, 114 e	217
Prof. Niels Bohr		65
Lev Davidovich Landau (Prémio Nobel de Física de 1962), por <i>J. Sousa Lopes</i>		96
Sur les radiations émises par phosphorescence — Note de <i>M. Henri Becquerel</i> (transcrição de C. R. T. CXXII, ps. 420) (1896)		121
Sur une nouvelle substance fortement radio-active, contenue dans la pechblende—Note de <i>M. P. Curie</i> , <i>M.^{me} P. Curie</i> et <i>M. G. Bémont</i> (transcrição de C. R. T. CX XVII, ps. 1215) (1898).		122
Collision of α particles with light atoms. An anomalous effect in nitrogen, by Prof. Sir <i>E. Rutherford</i> , <i>F. R. S.</i> (transc. de Phil. Mag., S. 6., Vol. 37, n.º 222, June 1919)		144

Mecânica

O ensino elementar da cinemática por meio de gráficos, por <i>Rómulo de Carvalho</i>		97
--	--	----

Nomenclatura e simbologia

Novo sistema de unidades físicas — O Sistema Internacional (S. I.), tradução, coordenação e notas marginais de <i>Rómulo de Carvalho</i>		45
Símbolos, unidades e nomenclatura em Física, trad. de <i>J. Sousa Lopes</i>		73

Relatividade

Les vérifications expérimentales de la Relativité générale, por <i>Marie-Antoinette Tonnelat</i>		193
--	--	-----

Noticiário

Reactor Português de Investigação		31
Contador de neutrinos		31
Aceleradores		31
Prémios Nobel	32 e	96
Doutoramentos	32 e	223
Congressos	32, 64, 96 e	158
Investigação	32 e	156
Seminários	64 e	157
Giroscópio subatómico		128
Crítica de livros		128
Cursos.		191
Laboratório Calouste Gulbenkian de Espectrometria de massa e Física Molecular		223

Pontos de exame

Ensino liceal	26 a 31, 62 a 64, 153 a 156
Ensino universitário	124 a 126, 151 a 153
Boletim Bibliográfico	127 e 128, 158 a 160, 192

ÍNDICE POR AUTORES

Blackett (P. M. S), 1	Lopes (J. Sousa), 73, 96, 129
Bastin-Scoffier (Geneviève), 13	Lochak, 136
Bohr (Niels), 66	Morgado (C. M. Passos), 168
Carvalho (Rómulo de), 45, 97, 207	Pinto (R. E.), 183
Gil (F. Bragança), 19, 148	Sequeira (F.), 129
Gomes (R. A. David), 33	Teixeira (J. A.), 161
Ganz (Paul), 54, 86, 114, 217	Tonnelat (Marie-Antoinette), 193
Hoyaux (Max), 54, 86, 114, 217	Vicente (R. O.), 111

ÍNDICE GERAL DO IV VOLUME

Fasc. 1 (Abril 1962)

Em memória de Rutherford (P. M. S. Blackett)	1
Quelques applications de la diffraction neutronique à l'étude des structures cristallines (G. Bastin-Scoffier)	13
Comparaison entre les résultats expérimentaux et théoriques dans le domaine de la conversion interne (F. Bragança Gil)	19
Pontos de exame	26
Noticiário	31

Fasc. 2 (Outubro 1962)

O centenário da Análise Espectral — Os trabalhos de Bunsen e Kirchhoff e as discussões acerca da prioridade dessa descoberta (R. A. David Gomes).	33
Novo sistema de unidades físicas — O Sistema Internacional (S. I.) (trad., coord. e notas marginais por Rómulo de Carvalho)	45
Progressos recentes em Física Corpuscular (M. Hoyaux e P. Ganz)	54
Pontos de exame	60
Noticiário	64

Fasc. 3 (Janeiro 1963)

Prof. Niels Bohr	65
Acerca da constituição de átomos e moléculas (N. Bohr).	66
Símbolos, unidades e nomenclatura em Física (trad. J. S. Lopes)	73
Progressos recentes em Física Corpuscular (cont.)	86
Lev. Davidovich Landau (Prémio Nobel de Física de 1962) (J. S. Lopes).	96
Noticiário	96

Fasc. 4 (Abril 1963)

O ensino elementar da Cinemática por meio de gráficos (Rómulo de Carvalho)	97
A estrutura interna da terra (R. O. Vicente)	111
Progressos recentes em Física Corpuscular (cont.)	114
Antologia	121
Pontos de Exame.	124
Boletim Bibliográfico	127
Noticiário	128

Fasc. 5 (Junho 1963)

Sobre o livro de Física para o 3.º ciclo dos Liceus (F. Sequeira e J. Sousa Lopes)	129
Sur quelques propriétés géométriques du groupe des rotations (G. Lochak)	136
Antologia	144
Novas perspectivas no ensino da Física (F. Bragança Gil)	148
Pontos de exame	151
Noticiário	156
Boletim Bibliográfico	158

Fasc. 6 (Outubro 1963)

Sobre o livro de Física para o 3.º ciclo dos Liceus — Análise de uma atitude e comentário de uma crítica — (José A. Teixeira)	161
---	-----

Dedução das equações de Navier-Stokes e suas aplicações (C. M. Passos Morgado)	168
Alguns aspectos das titulações potenciométricas de tióis com eléctrodo de mercúrio-tiol (R. E. Pinto)	183
Uma fonte de neutrões simples e compacta	190
Noticiário	191
Boletim bibliográfico	192

Fasc. 7 (Janeiro 1964)

Les vérifications expérimentales de la Relativité Générale (Marie-Antoinette Tonnelat)	193
Teoria e prática da ponte de Wheatstone (Rómulo de Carvalho)	207
Progressos recentes em Física Corpuscular (continuação) (Max Hoyaux, Paul Ganz).	217
Noticiário	223
Boletim Bibliográfico	224

a primeira série de experiências que indicaremos, só nos interessa o painel superior (fig. 4).

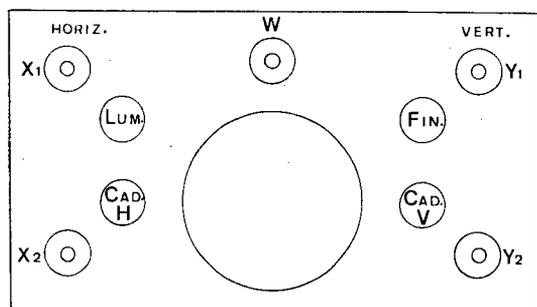


Fig. 4 — Painel superior do osciloscópio do modelo MAE (fig. 2).

Nesse painel encontram-se 4 botões com as indicações seguintes:

Luminosité — botão de comando de um potenciômetro que faz variar a tensão aplicada ao Wehnelt para se obter melhor luminosidade no alvo;

Finesse — (nitidez) — botão de comando de outro potenciômetro que faz variar a tensão aplicada ao eléctrodo de concentração (L , fig. 1) para se obter a mancha luminosa mais reduzida;

Cadrage H e Cadrage V — botões de comando de dois potenciômetros para *enquadramento* da mancha luminosa, que pode não ficar bem centrada no alvo quando se põe o osciloscópio a funcionar. O botão H faz deslocar o sinal luminoso na direcção horizontal; o botão V , na direcção vertical. Manejando-se um e outro torna-se fácil centrar o sinal.

No mesmo painel superior do osciloscópio MAE encontram-se 5 terminais para fichas de banana, com as seguintes indicações:

Wehnelt (W) — que se destina a aplicar, *exteriormente*, uma tensão ao cilindro de Wehnelt, a qual irá actuar sobre a luminosidade do sinal;

X_1 e X_2 — terminais por onde se fazem as ligações às placas X (fig. 1) que provocam desvios horizontais no feixe electrónico. (Recorde-se que X_2 está ligado à Terra);

Y_1 e Y_2 — terminais por onde se fazem as ligações às placas Y (fig. 1) que provocam desvios verticais no feixe (Recorde-se também que Y_2 está ligado à Terra);

No modelo *Phywe* a caixa a que se liga o tubo catódico (bloco de funcionamento)

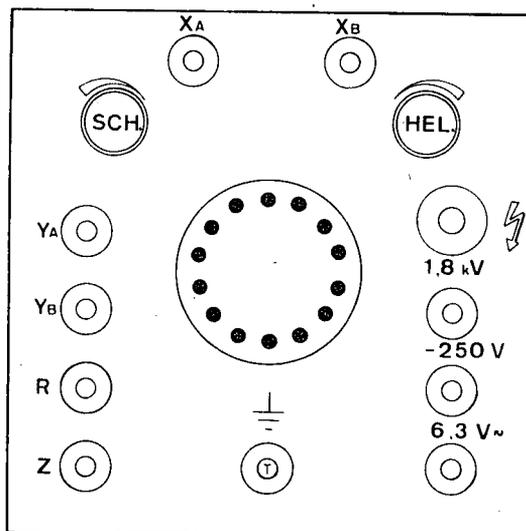


Fig. 5 — Painel do bloco de funcionamento do osciloscópio do modelo *Phywe* (1.ª caixa da figura 3).

comporta, à semelhança do modelo anterior, mas com algumas diferenças, os seguintes botões de comando e terminais para fichas de banana (fig. 5).

Luminosidade (indicada no bloco por *Helligkeit*);

Nitidez (indicada por *Schärfe*);

Wehnelt (letra *Z*);

Placas *X* e *Y* (indicadas por *Xa*, *Xb*, *Ya*, *Yb*);

R, usada para certas experiências de televisão;

Terminal de alta tensão (1,8 kV), negativa em relação à massa e assinalada por uma seta em forma de faísca;

Terminal de 250 V negativos (corrente contínua);

2 terminais de 6,3 V (corrente alternada);

Terminal de terra, *T* (indicado pelo respectivo sinal convencional).

Este modelo não tem botões de comando equivalentes aos do modelo *MAE* para centragem (*cadrage*) do sinal luminoso no alvo.

5. Os blocos de alimentação dos modelos *MAE* e *Phywe*.

No modelo *MAE* o bloco de alimentação (*MAE 128*) que fornece as tensões eléctricas ao tubo electrónico (fig. 6) apresenta, exteriormente, os seguintes pormenores:

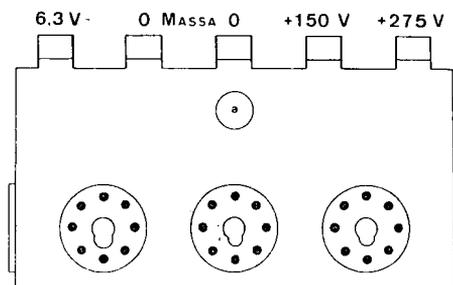


Fig. 6 — Painel do bloco de alimentação do osciloscópio do modelo *MAE* (fig. 2).

5 tomadas do tipo *octal*, das quais três na face frontal da caixa e uma em cada face que a ladeia, que servem, *indiferentemente*, para introdução da ficha do cabo que vem do tubo catódico, como já foi dito;

5 terminais de banana, na face superior da caixa, que se destinam às seguintes ligações (indicadas da esquerda para a direita):

- 6,3 V, corrente alternada, de 3 A, destinada ao aquecimento do cátodo do tubo electrónico;
- terminal para ligação à massa, com indicação 0;
- outro terminal para o mesmo efeito, *idem*;
- 150 V, positivos (tensão estabilizada por lâmpada de neo), corrente contínua, de 0,03 A;
- 275 V, *idem*, *idem*, de 0,1 A.

As tensões indicadas no bloco podem ser utilizadas independentemente do seu emprego com o osciloscópio, para o que basta fazer as ligações a um dos terminais 0 (massa) e ao outro cuja tensão se pretende. Quando, porém, se utiliza o bloco ligado ao osciloscópio, e queremos utilizar uma das tensões referidas para funcionamento do tubo catódico, não é necessário fazer qualquer ligação aos terminais 0 (massa), porque os fios do cabo entre o tubo e o bloco já põem em comunicação as massas dos dois aparelhos por intermédio da tomada *octal*.

Na face anterior do bloco existe também uma vigia, *a*, que assinala se o aparelho está sob tensão desde que acenda uma luz vermelha.

Da face posterior do bloco sai o cabo condutor com a ficha que se ligará à tomada dos 220 V alternados da rede pública. Nessa mesma face está instalado o interruptor do bloco, e aí se encontra também

um disco com cinco orifícios com as indicações 110, 125, 145, 220 e 245. Estes números referem-se às tensões que se podem utilizar para funcionamento dos circuitos interiores do bloco. Utilizando a tensão da rede, de 220 V, alternados, é necessário que uma patilha, que está aparafusada nesse disco, externamente, ligue o centro do disco ao orifício onde se lê a indicação 220.

No modelo *Phywe* o bloco de alimentação, que também pode ser utilizado para trabalhos independentes do osciloscópio, permite mais possibilidades de emprego do que o *MAE*. No painel frontal apresenta (fig. 7):

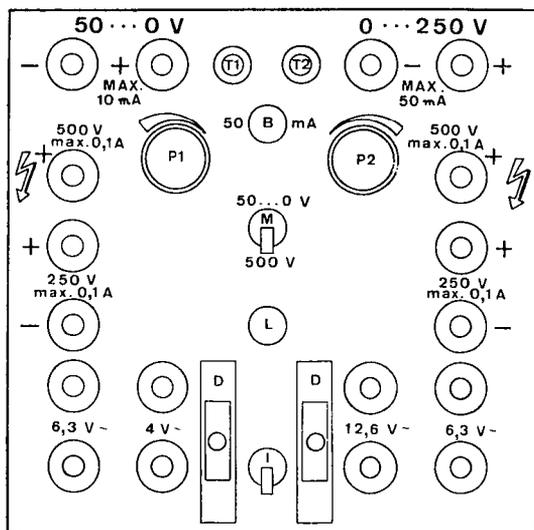


Fig. 7 — Painel do bloco de alimentação do osciloscópio do modelo *Phywe* (2.^a caixa da figura 3).

2 terminais (+ e —) (ao alto, à esquerda) que fornecem tensões contínuas, variáveis de 0 V a 50 V, com a intensidade máxima de 10 mA;

botão de potenciômetro (P 1), situado abaixo dos terminais anteriores, para comando das referidas tensões;

2 terminais (+ e —), (ao alto, à direita) que fornecem tensões contínuas, variáveis de 0 V a 250 V, com a intensidade máxima de 50 mA;

botão de potenciômetro (P 2) para comando destas tensões;

2 terminais, ambos positivos, um à esquerda e outro à direita do painel, para tensão contínua, fixa, de 500 V e intensidade máxima 0,1 A, assinalados com a seta que simboliza alta tensão;

2 pares de terminais (+ e —), um à esquerda e outro à direita do painel, que fornecem tensões fixas, alternadas, de 6,3 V;

1 par de terminais, à esquerda, que fornece a tensão alternada fixa, de 4 V;

1 par de terminais, à direita, que fornece a tensão alternada, fixa, de 12,6 V.

Na linha média do painel, e de cima para baixo, encontra-se:

1 botão (B) que tapa a entrada do canal onde se instala um fusível de 50 mA;

1 manipulador (M) que deve estar desviado para cima ou para baixo conforme se trabalha com tensões até 50 V ou até 500 V;

avisador de luz vermelha (L) para indicar que o bloco está sob tensão;

o interruptor do bloco (I) com o qual se estabelecem os circuitos levantando (EIN) o manipulador, ou se interrompem baixando-o (AUS);

2 disjuntores (D), que ladeiam o interruptor.

Na primeira linha horizontal do painel existem mais 2 terminais (T 1 e T 2), além

dos que fornecem as tensões 0 V a 50 V e 0 V a 250 V. Ligando esses dois terminais por um fio condutor ou por uma ficha apropriada, pode-se utilizar uma tensão de 0 V a 300 V ($= 50 \text{ V} + 250 \text{ V}$), variável, recorrendo aos dois terminais extremos do conjunto.

6. Montagem dos osciloscópios para a realização de experiências

Modelo MAE:

- a) Ligar a ficha do osciloscópio a qualquer dos octais do bloco de alimentação, e a ficha deste à tomada da rede pública.
- b) Rodar um pouco o botão da luminosidade para tornar mais visível o sinal luminoso quando aparecer.
- c) Fechar o interruptor do bloco (acende-se o avisador vermelho) e esperar cerca de 40 segundos para que o cátodo aqueça e apareça no alvo o sinal luminoso.
- d) Aperfeiçoar o sinal movendo os botões da luminosidade e da nitidez, de modo a obtê-lo o mais pequeno e mais brilhante possível.
- e) Centrar o sinal no alvo por meio dos botões de enquadramento horizontal e vertical.

Notas:

- 1) Não se deve deixar ficar parado o sinal luminoso, sobre o alvo, durante muito tempo, porque altera a substância fluorescente onde os electrões embatem. No intervalo entre duas experiências, em que não seja necessário observar o sinal luminoso, rodar-se-á um pouco o botão de nitidez para aumentar o

diâmetro da mancha e lhe diminuir a luminosidade.

- 2) Convém afastar o bloco de alimentação, tanto quanto puder ser, do tubo electrónico, para evitar possíveis acções magnéticas sobre o feixe catódico. O mesmo se diz relativamente a quaisquer dispositivos próximos que produzam campos magnéticos.

Modelo Phywe:

- a) Instalar o tubo catódico no bloco de funcionamento, ou ligá-lo a este por meio do respectivo cabo.
- b) Pôr em comunicação os blocos de funcionamento e de alimentação conforme se vê na figura 3 (ligando, entre os dois blocos, os terminais da tensão alternada de 6,3 V e os terminais de -250 V).
- c) Ligar o tubo catódico ao bloco de alimentação pelos terminais que indicam 500 V (fig. 3).
- d) Dispensar o terceiro bloco, (base de tempo) que se vê na figura 3.
- e) Ligar a ficha do cabo do bloco de alimentação à tomada da rede pública.
- f) Proceder conforme se indica nas alíneas b), c) e d) relativos ao modelo MAE.
- g) Dar atenção às notas 1 e 2 relativas ao modelo MAE apenas com a reserva de que o bloco de alimentação não pode ser afastado do tubo catódico quando este se encontra instalado, directamente, no bloco de funcionamento.

Temos agora o material preparado para a realização de experiências, que dividiremos em dois grupos: I — Experiências sem utilização da base de tempo. II — Experiências com utilização da base de tempo.