



DIÁRIO DO GOVERNO

PREÇO DESTE NÚMERO — 4\$80

Toda a correspondência, quer oficial, quer relativa a anúncios e à assinatura do *Diário do Governo*, deve ser dirigida à Administração da Imprensa Nacional. As publicações literárias de que se recebam 2 exemplares anunciam-se gratuitamente.

ASSINATURAS			
As 3 séries . . .	Ano	240\$	Semestre 130\$
A 1.ª série . . .	"	90\$	" 48\$
A 2.ª série . . .	"	80\$	" 43\$
A 3.ª série . . .	"	80\$	" 43\$

Para o estrangeiro e colónias acresce o porte do correio

O preço dos anúncios (pagamento adiantado) é de 2\$50 a linha, acrescido do respectivo imposto do selo. Os anúncios a que se referem os §§ 1.º e 2.º do artigo 2.º do decreto n.º 10:112, de 24-IX-1924, têm 40 por cento de abatimento.

SUPLEMENTO

SUMÁRIO

Ministério da Educação Nacional:

Programas das cadeiras e laboratórios que constituem os grupos 1.º, 5.º, 6.º e 7.º do Instituto Industrial de Lisboa.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL

Direcção Geral do Ensino Técnico Elementar e Médio

Programas das cadeiras e laboratórios que constituem os grupos 1.º, 5.º, 6.º e 7.º do Instituto Industrial de Lisboa, mandados publicar, nos termos do disposto no artigo 6.º do regulamento aprovado pelo decreto n.º 20:553, de 28 de Novembro de 1934, por despachos ministeriais de 13 e 16 de Agosto e 8 de Setembro de 1945.

1.º grupo

1.ª cadeira (Matemática)

1.º ano

Álgebra

Divisão de polinómios por binómios da forma $x^m \pm a^n$.
Discussão da equação geral do 1.º grau a uma incógnita; soluções infinitas e soluções indeterminadas.
Análise indeterminada do 1.º grau; estudo da equação $ax + by = c$ e sua resolução em números inteiros e em números inteiros e positivos.
Discussão da equação do 2.º grau a uma incógnita; leis da sua composição (relações entre os coeficientes e as raízes da equação).
Trinómio do 2.º grau; estudo e resolução das inequações do 2.º grau.
Equações irracionais.
Equações biquadradas; sua discussão.
Representação gráfica do trinómio biquadrado.
Transformação de radicais duplos em radicais simples.

Equações simultâneas, quando uma equação é do 2.º grau e quando as duas são do 2.º grau.

Problemas de máximos e mínimos resolúveis pelo método indirecto; teoremas.

Análise combinatória: arranjos, permutações e combinações.

Binómio de Newton.

Progressões.

Desenvolvimento da teoria dos logaritmos e do estudo da função a^x ; logaritmos vulgares e neperianos; módulo de um sistema de logaritmos; representação gráfica da função a^x e da função logarítmica; equações exponenciais.

Juros compostos e anuidades.

Determinantes:

Definições. Propriedades gerais. Determinantes menores.

Teoremas sobre o desenvolvimento de determinantes, segundo qualquer linha ou coluna.

Cálculo de determinantes.

Aplicação dos determinantes à resolução dos sistemas de equações lineares, não homogéneas e homogéneas.

Regra de Cramer. Teorema de Rouché.

Números complexos:

Definições; forma algébrica e forma trigonométrica.

Operações sobre as duas formas; soma, multiplicação, divisão, potenciação e radiciação.

Fórmula de Moivre, para expoente inteiro ou fraccionário, positivo ou negativo.

Raízes dos números reais e complexos; raízes da unidade.

Representação geométrica dos complexos e das operações.

Elementos da teoria das funções:

Definições e generalidades.

Limites.

Continuidade das funções.

Infinitamente pequenos.

Trigonometria plana

Vectores; soma geométrica dos vectores; projecção de um contorno poligonal sobre um eixo; fórmula de Chasles.

Ângulos e arcos; sua aplicação. Unidades de medida. As funções circulares; definições e estudo das suas variações; sinusóides, tangentóides e secantóides.

Fórmulas que relacionam as linhas trigonométricas do mesmo ângulo ou arco; de ângulos ou arcos complementares, de ângulos ou arcos suplementares, de ângulos ou arcos que diferem de π ou $\frac{\pi}{2}$ radianos.

Redução ao primeiro quadrante e a menos de $\frac{\pi}{4}$ radianos.

Conhecimento de algumas linhas trigonométricas, pela consideração do arco duplo.

Funções circulares inversas.

Fórmulas fundamentais da trigonometria.

Fórmulas das projecções; coseno do ângulo de duas direcções; projecção de um vector sobre um eixo; projecção de um contorno poligonal, expressa com auxílio do coseno.

Fórmulas da adição, multiplicação e divisão dos ângulos.

Transformações logarítmicas.

Equações trigonométricas.

Cálculo logarítmico; uso das tábuas.

Enunciação e dedução das fórmulas que servem à resolução dos triângulos rectângulos.

Teoremas: dos senos, das projecções e de Carnot.

Fórmulas logarítmicas para a resolução dos triângulos obliquângulos.

Resolução dos triângulos; casos gerais e especiais.

Aplicações à topografia.

Projecção de uma figura plana sobre um plano.

2.º ano**Elementos de cálculo diferencial**

Derivada e diferencial de uma função explícita.

Interpretação geométrica; significação mecânica da derivada.

Derivadas sucessivas.

Derivada de uma soma, de um produto, de um quociente, de uma potência e de um radical.

Derivada e diferencial de uma função de função, de uma função composta e de uma função implícita.

Derivadas parciais e totais.

Derivadas de funções exponenciais, tendo por base um número qualquer ou o número e .

Derivadas de funções logarítmicas, com logaritmos neperianos ou de qualquer base.

Derivadas de funções circulares, directas e inversas.

Séries

Definições.

Teoremas sobre convergência.

Séries numéricas de termos reais, positivos e de sinais quaisquer. Séries alternadas.

Séries de termos complexos; séries de funções; séries trigonométricas de Fourier.

Cálculo numérico; aplicações.

Representação gráfica das séries.

Desenvolvimento de funções em série: fórmulas de Taylor e de Mac-Laurin; aplicação ao desenvolvimento das funções e^x , e^{-x} , $\sin x$ e $\cos x$.

Funções hiperbólicas

Exponenciais de expoente complexo; sua redução à forma trigonométrica dos complexos.

Fórmulas de Euler.

Interpretação geométrica das funções $\sin hx$, $\cos hx$, $\operatorname{tg} hx$ pela consideração da hipérbole equilátera.

Derivadas das funções hiperbólicas.

Funções hiperbólicas de quantidades imaginárias.

Variação das funções

Teoremas gerais.

Função crescente e decrescente.

Máximos e mínimos das funções; sua determinação.

Pontos de inflexão; sua determinação.

Elementos de geometria infinitesimal plana.

Representação gráfica das funções.

Variações do coeficiente angular da tangente a uma curva.

Interpretação geométrica.

Círculo osculador. Evolutas e envolventes.

Concavidade e convexidade.

Equações algébricas

Elementos da teoria das equações.

Relações entre os coeficientes de uma equação e as suas raízes.

Transformação das equações. Transformadas em $-x$, $\frac{1}{x}$, hx , $x-h$.

Natureza das raízes de uma equação.

Teorema de Descartes. Teorema das lacunas.

Separação das raízes de uma equação.

Teorema das substituições.

Teorema de Rolle.

Sucessão de Rolle.

Limites das raízes (método de Newton).

Determinação das raízes comensuráveis, inteiras e fracionárias de uma equação algébrica.

Resolução gráfica das equações.

Elementos de cálculo integral

Definições e notações.

Integral definido e integral indefinido. Constante de integração.

Definição analítica e significação geométrica do integral definido.

Propriedades gerais dos integrais definidos.

Valor médio de uma função.

Regras gerais da integração. Integração imediata; integração de uma soma; integração por partes; integração por mudança de variável.

Integração de funções racionais, irracionais e transcendentais.

Integração das diferenciais totais.

Aplicações do cálculo integral à avaliação de áreas planas, à rectificação de curvas e ao cálculo de volumes de sólidos de revolução.

Noções de integrais múltiplos, com aplicação ao cálculo de áreas e volumes.

Centros de gravidade das superfícies e dos volumes; momentos de inércia.

Equações diferenciais simples, com aplicação na técnica.

Métodos gráficos de diferenciação e de integração.

Elementos de geometria analítica**a) Geometria plana**

Coordenadas: cartesianas, rectangulares e oblíquas; coordenadas polares.

Transformação de coordenadas.

Linha recta:

Dedução da sua equação em coordenadas cartesianas.

Diversas formas da equação da recta.

Equação normal.
 Equação em coordenadas polares.
 Equação das rectas que passam por um ponto e por dois pontos.
 Coordenadas de um ponto de um segmento, relacionadas com as coordenadas dos extremos. Distância entre dois pontos.
 Ângulo de duas rectas. Condições de paralelismo e de perpendicularidade.
 Equação da perpendicular baixada de um ponto sobre uma recta.
 Intersecção de duas rectas.
 Distância de um ponto a uma recta.

Generalidades sobre as curvas planas:

Curvas algébricas e transcendentas.
 Classificação das curvas algébricas pelo grau das respectivas equações.
 Simetria das curvas em relação aos eixos.
 Equações da tangente e da normal a uma curva num ponto.
 Sub-tangente e sub-normal.
 Direcções assintóticas. Assíntotas.

Estudo das cónicas:

Circunferência:

Sua equação geral em eixos oblíquos, em eixos rectangulares e em coordenadas polares.
 Casos particulares.
 Potência de um ponto em relação a uma circunferência.
 Equações da tangente e da normal à circunferência.

Elipse:

Equação referida aos eixos.
 Equação da tangente e da normal.
 Sub-tangente e sub-normal.
 Equações paramétricas da elipse.
 Diâmetros.
 A elipse como projecção da circunferência.
 Teoremas de Apollonius.

Hipérbole:

Equação referida aos eixos.
 Equações da tangente e da normal.
 Equações paramétricas da hipérbole.
 Diâmetros. Assíntotas. Hipérbole equilátera.

Parábola:

Equação referida ao eixo e à tangente no vértice.
 Equações da tangente e da normal.
 Equações paramétricas.
 Diâmetros.

Construções de curvas algébricas e transcendentas:

Catenária, cicloide, epicycloide, etc.
 Representação nomográfica. Abacos.

b) Geometria no espaço

Coordenadas rectilíneas, coordenadas polares e coordenadas cilíndricas.
 Equação de uma superfície e equações de uma linha.
 Transformação de coordenadas.
 Equação do plano. Casos particulares. Intersecção de três planos.
 Ângulos de um plano com o plano das coordenadas.
 Ângulo de dois planos.
 Condições de paralelismo e perpendicularidade de dois planos.
 Linha recta. Equações da recta. Equações da recta que passa por um ponto e da recta que passa por dois pontos.

Ângulo de uma recta com os eixos.
 Ângulos de duas rectas. Ângulo de uma recta com um plano.
 Distância de um ponto a um plano.
 Distância de um ponto a uma recta.

2.ª cadeira (Física)

1.º ano

Introdução

Algumas noções de matemática que convém ter presente:

Grandeza. Quantidade.
 Representação aritmética das quantidades.
 Representação algébrica das quantidades.
 Representação geométrica ou vectorial das quantidades.

Vectores; seus elementos. Vectores polares e axiais.

Escalar de um vector. Escalar puro e pseudo-escalar.

Igualdade de vectores. Vectores livres.

Composição e decomposição de vectores. Operações de vectores: soma e diferença de vectores; soma de vectores concorrentes e paralelos.

Teorema das projecções de vectores. Projecção de um vector sobre um eixo.

Linhas trigonométricas. Noção de seno, cosseno e tangente: suas relações. Linhas trigonométricas no triângulo rectângulo. Alguns teoremas sobre o triângulo rectângulo.

Grandezas dependentes: função. Funções contínuas e descontínuas.

Método geométrico de representação das funções. Eixos cartesianos ortogonais. Equação da linha recta. Parâmetros da linha recta.

Relação funcional do 2.º grau a duas incógnitas.

Equações da elipse, da hipérbole e da parábola.

Alguns casos particulares: equação da circunferência.

Equação da hipérbole equilátera.

Noção de grandeza infinitamente pequena.

Noção de derivada. Noção de diferencial. Exemplos.

Grandezas muito pequenas; sua distinção de grandezas infinitamente pequenas. Infinitamente pequenos de diversas ordens.

Importância em física da noção de infinitamente pequeno.

Noção de integral. Exemplos.

Curvatura. Ângulo de contingência. Circunferência osculadora de uma curva. Círculo osculador de uma curva.

Generalidades:

Objecto da física; seu método de estudo e de investigação.

Observação; exemplos.

Experiência; exemplos.

Leis e teorias físicas. Hipótese. Princípio em física.

Fenómenos físicos. Causas dos fenómenos.

Distinção entre fenómenos físicos e químicos.

Representação dos fenómenos.

Métodos gerais para se estabelecerem as leis físicas:

a) Gráficos;

b) Analíticos;

c) Misto;

d) Ostroboscópico.

Matéria. Eter. Energia.

Descontinuidade da matéria. Divisibilidade da matéria.

Moléculas. Coesão. Átomos. Afinidade.

Massa. Substância.

Teoria moderna sobre a constituição dos átomos: prótão, electrão, neutrão, positão, etc.

Corpos simples. Corpos compostos. Exemplos.

Sistemas; exemplos.

Estados físicos dos corpos:

- a) Sólido;
- b) Líquido;
- c) Gasoso.

Propriedades gerais e essenciais da matéria.

Grandezas físicas. Exemplos. Grandezas mensuráveis.

Quantidade. Exemplos. Condições a que devem satisfazer as grandezas para serem medíveis.

Grandezas incomensuráveis e apreciáveis. Exemplos.

Grandezas físicas escalares. Exemplos.

Grandezas físicas vectoriais. Exemplos.

Utilidade da medição e da avaliação das grandezas.

Precisão das medidas.

Erros; sua classificação. Erros sistemáticos.

Erros accidentais.

Erro absoluto. Erro relativo.

Divisões da física.

Mecânica

Noções gerais de mecânica

Definições. Divisões da mecânica:

- a) Cinemática;
- b) Estática;
- c) Dinâmica.

Cinemática

Movimento de um ponto:

Ponto geométrico. Ponto material.

Trajectória de um ponto móvel, rectilínea e curvilínea.

Representação geométrica da trajectória de um móvel e equação da trajectória.

Equações gerais do movimento de um ponto; sua representação geométrica.

Movimento de translação.

Movimento de rotação.

Movimento helicoidal.

Movimento de arrastamento.

Vector velocidade. Vector aceleração.

Movimento uniforme:

Equações do movimento uniforme. Velocidade; sua dedução e discussão.

Representação geométrica das equações deste movimento.

Expressão trigonométrica da velocidade.

Representação geométrica da trajectória do móvel.

Equação da trajectória.

Movimento uniformemente variado:

Velocidade. Aceleração.

Equações gerais deste movimento, nos casos de movimento acelerado e retardado; sua dedução e discussão.

Representação geométrica das equações deste movimento.

Expressão trigonométrica da aceleração.

Trajectória rectilínea e curvilínea. Equações da trajectória.

Movimento variado qualquer:

Equações gerais deste movimento.

Sua interpretação.

Velocidade neste movimento.

Velocidade média. Velocidade num ponto.

Aceleração neste movimento.

Aceleração média. Aceleração num ponto.

Representação geométrica das equações deste movimento.

Trajectória. Representação geométrica da trajectória.

Movimento curvilíneo em geral:

a) Velocidade média;

b) Velocidade num ponto.

Movimento circular e uniforme:

a) Velocidade de um ponto;

b) Velocidade angular;

c) Velocidade linear.

Aceleração no caso do movimento rectilíneo e variado qualquer.

Aceleração no caso do movimento curvilíneo e variado qualquer.

Aceleração tangencial.

Aceleração centrípeta.

Aceleração centrífuga.

Dedução da expressão da aceleração centrípeta.

Discussão destas expressões para todos os casos do movimento.

Princípio da independência dos movimentos simultâneos.

Composição e decomposição de movimentos.

Composição e decomposição de velocidades.

Sistemas invariáveis e sistemas deformáveis.

Movimentos externos e movimentos internos.

Movimentos absoluto e relativo. Exemplos.

Movimento periódico. Movimento periódico de um ponto.

Movimentos projectados.

Movimento projectado sobre um diâmetro do movimento circular e uniforme. Equação geral dos movimentos periódicos; sua dedução.

Estática e dinâmica

Noção de massa. Ponto material.

Noção de força. Sua representação.

Forças naturais.

Forças instantâneas e forças contínuas.

Elementos de uma força.

Fórmula fundamental da dinâmica: $f=ma$; sua interpretação.

Medida estática das forças.

Dinamómetros. Diversos tipos de dinamómetros. Micro-dinamómetros.

Composição e decomposição de forças existentes no mesmo plano.

Composição e decomposição de forças não existentes no mesmo plano.

Momento de uma força em relação a um ponto.

Momento de uma força em relação a um eixo.

Binário: Generalidades sobre o binário: elementos do binário.

Em que circunstâncias um conjunto de forças simultâneas realizam movimento de translação, ou movimento de rotação, ou movimento helicoidal?

Demonstração de que um binário não tem resultante.

Condições de equilíbrio de um sólido invariável, livre.

Condições de equilíbrio de um sólido invariável, fixo por um ponto ou por um eixo.

Forças exteriores e forças interiores.

Forças que produzem o movimento curvilíneo.

Força tangencial.

Força centrípeta.

Força centrífuga.

Primeiro princípio da dinâmica. Princípio da inércia (Newton).

Atritos. Resistência de meios. Efeitos da inércia.

Segundo princípio da dinâmica. Princípio da independência do efeito produzido por uma força e do movimento anteriormente adquirido pelo sistema (Galileu).

Terceiro princípio da dinâmica. Princípio da independência dos efeitos produzidos pelas forças simultâneas.

Quarto princípio da dinâmica. Princípio da reacção igual e contrário à acção.

Energia

Trabalho das forças:

Diversos casos a considerar: Trabalho de forças constantes em direcção, sentido e intensidade, sendo o deslocamento do móvel na mesma direcção da força ou formando um ângulo com essa direcção.

Caso geral do trabalho de uma força variável em direcção e em intensidade.

Trabalho de um binário.

Exercícios e problemas de aplicação dos teoremas de trabalho das forças e do binário.

Soma do trabalho das forças interiores. Corolários importantes.

Impulsão de força. Quantidade de movimento; seu teorema.

Potência. Noção de potência dinâmica. Potência de um mecanismo qualquer. Distinção entre força, trabalho e potência.

Medidas das potências. Freio de Prony.

Noções gerais de energia. Mudanças do estado de um sistema.

Modalidades de energia mecânica: cinética e potencial.

Teorema sobre a variação da energia cinética de um sistema ou das forças vivas.

Princípio da conservação da energia:

Máquinas mecânicas: simples e compostas.

Princípio da transmissão do trabalho.

Unidades de medida:

Unidades do sistema métrico.

Unidades mecânicas, absolutas e práticas, do sistema C. G. S.

Sistema de unidades M. K. S. (Giorgi).

Outras unidades usuais.

Instrumentos e processos de medida. Medidas de precisão:

Medidas de comprimento. Unidades de comprimento. Padrão.

Calibres ordinários de ajustadores. Calibres Johansson.

Erros: absoluto e relativo. Cálculo dos erros.

Nónio rectilíneo. Nónio curvilíneo.

Parafuso micrométrico. Esferómetro. Catetómetro.

Palmer. Máquina de dividir. Compasso de espessura.

Problemas diversos de aplicação, com os resultados expressos nas unidades usuais e nas unidades do sistema C. G. S. e práticas e do sistema Giorgi.

Atracção universal. Gravitação:

Gravitação universal. Gravidade.

Leis de Kepler e de Newton.

Forças centrais ou newtonianas. Campo de forças gravítico.

Direcção e intensidade da gravidade.

Queda dos graves; suas leis.

Aceleração da gravidade. Por que difere de valor nos diferentes lugares da Terra.

Pêndulo:

Estudo experimental do pêndulo.

Pêndulo simples. Pêndulo composto. Leis do pêndulo.

Aplicações do pêndulo.

Experiências de Foucault.

Reciprocidade do eixo de suspensão e de oscilação.

Variação da intensidade da gravidade com a altitude e com a latitude.

Balanças:

Determinação das massas dos corpos. Distinção entre peso relativo e peso absoluto. Analogia entre massa e peso relativo.

Aplicação das balanças.

Fórmulas gerais das balanças de braços iguais e usuais.

Condições de exactidão, de justeza e de sensibilidade das balanças.

Limite de precisão das balanças.

Processos diversos de pesagem.

Diversos tipos de balanças.

Aplicações das balanças ao comércio, à indústria e nos trabalhos de laboratório e científicos.

Prática de pesagens; exercícios.

Algumas propriedades importantes dos sólidos:

Textura dos sólidos: corpos amorfos e cristalizados.

Sistemas cristalinos.

Elasticidade dos sólidos. Limite da elasticidade. Coeficientes de elasticidade e de compressibilidade dos sólidos.

Deformações dos sólidos: por tracção, por pressão, por flexão, por torção. Respectivos coeficientes.

Choque dos corpos: directo e oblíquo. Aplicação do teorema das quantidades de movimento.

Adesão.

Atritos: de escorregamento e de rolamento; suas leis.

Estática e dinâmica dos fluídos

Dos fluídos em geral:

Fluidez. Mobilidade das moléculas.

Noção experimental de pressão.

Distinção entre peso e pressão.

Dimensões de uma pressão. Unidades C. G. S. de pressão e do sistema métrico.

Teorema fundamental e geral da estática dos fluídos.

Superfícies de nível ou de igual pressão.

Experiências demonstrativas.

Estática dos líquidos:

Compressibilidade dos líquidos. Coeficiente de compressibilidade.

Condições de equilíbrio dos líquidos; suas aplicações e consequências.

Pressão sobre as paredes dos vasos. Pressão e impulsão no fundo dos vasos; demonstrações experimentais.

Princípio de Pascal. Prensa hidráulica. Aplicações na indústria.

Princípio de Arquímedes. Aplicações práticas desse princípio para os líquidos e gases. Demonstração de Stevin.

Condições de equilíbrio de corpos flutuantes.

Correcção das pesadas efectuadas no ar ou nos líquidos.

Peso aparente e peso real dos corpos.

Densidade de sólidos e de líquidos. Densidade relativa.

Densidade absoluta; sua distinção.

Definição de massa específica dos corpos; sua determinação.

Definição de peso absoluto específico dos corpos; sua determinação.

Massa específica e peso específico absoluto da água destilada a 4°. Densidade da água destilada a diversas temperaturas. Densidade da água potável e de outras águas.

Propriedades notáveis e particulares da água.
Areômetros de volume constante e de peso variável.

Capilaridade:

Generalidades sobre os fenómenos capilares.
Ascensão e depressão dos líquidos nos tubos e entre placas.
Desnívelamento na vizinhança das paredes.
Circunstâncias que influem nestes fenómenos.
Natureza dos líquidos e dos sólidos. Dimensões do tubo.
Leis de Jurin; experiências.
Teoria dos fenómenos capilares. Tensão superficial. Experiências: de Pasteur, de Plateau, etc.
Cálculo relativo às leis de Jurin, em harmonia com a teoria da tensão superficial.
Fenómenos naturais que se explicam pela capilaridade e pela teoria da tensão superficial.
Outros exemplos de capilaridade.

Estática dos gases:

Peso do ar; sua constituição.
Pressão atmosférica. Experiência de Torricelli.
Outras experiências demonstrativas da pressão atmosférica.
Experiências quantitativas com os hemisférios de Magdebourg.
Valor da pressão atmosférica; sua medida.
Diversas unidades empregadas para medir a pressão atmosférica.
Variações da pressão atmosférica: com a altitude; com o tempo no mesmo lugar.
Barômetros: normal; de Gay-Lussac; de Fortin; registador de Richard; metálicos, de Vidi, Aneróide, etc.
Aplicações dos barômetros.
Aplicações dos barômetros em meteorologia.
Aeróstato. Força ascensional dos balões.
Balões dirigíveis.
Aviões; seu funcionamento e aplicações.

Pressão e compressibilidade dos gases

a) Lei de Boyle-Mariotte. Dedução da sua expressão analítica.

Sua representação gráfica.
Estudo experimental da lei de Boyle-Mariotte no caso de pressões superiores e no caso de pressões inferiores à pressão atmosférica.
Manômetros: de ar livre, de ar comprimido, metálicos; suas aplicações industriais.
Unidades de pressão. Diversos tipos de manômetros usados na indústria.
Válvulas de segurança. Crusher.
A lei de Mariotte considerada como lei limite.

b) Mistura dos gases. Leis de Dalton.

Exercícios e aplicações.
Solubilidade dos gases. Lei de Henry. Leis de Dalton.
Aplicações.

c) Bombas de líquidos e de gases.

Bombas de líquidos aspirantes; prementes; aspirantes-prementes.
Bombas de incêndios e outros tipos de bombas elevatórias.
Bombas rotativas e centrífugas.
Aplicações importantes na indústria.

d) Máquinas pneumáticas. Princípio das máquinas pneumáticas.

Trompas. Trompas de água e de mercúrio.
Trompa de Sprengel.
Bomba de mercúrio de Alvergnyat.
Bomba de Gaede. Outras máquinas modernas de rarefazer o ar, nos laboratórios e na indústria.
Limite de rarefacção.
Máquinas Carré.
Importância e aplicações industriais da rarefacção do ar e dos gases.
Máquinas de compressão dos gases.
Aplicações do ar comprimido.

Noções de hidrodinâmica

Sifões. Sifões intermitentes. Vaso de Tântalo.
Fontes intermitentes naturais.
Escoamento por um orifício praticado em parede delgada.
Regra de Torricelli. Pressão hidrostática. Pressão hidrodinâmica.
Vaso de Mariotte.
Escoamento por um tubo.
Equilíbrio de líquidos nas pequenas aberturas de vasos fechados. Pipeta.
Teorema de Bernoulli num fluido incompressível e sem viscosidade.
Corolários e aplicações.
Débito. Fórmula de Poiseuille.
Viscosimetria.
Resistência ao movimento nos fluidos.
Adsorção. Aplicações.
Imbibição.
Gotas líquidas: estalagnometria.

Noções de difusão de osmose

Difusão simples nos líquidos. Leis de Graham.
Cristalóides e colóides.
Experiências de Fick.
Difusão através de um septo: osmose.
Experiências de Nollet e outras.
Diálise. Dialisador. Aplicações importantes na indústria e na medicina legal, etc. Exemplos.
Difusão e osmose nos gases.
Difusão simples: experiência de Bertholet. Experiências de Rongten e outras.
Lei de Loschmidt. Lei de Graham.
Difusiómetro de Bunsen.
Atmólise.
Efusão. Lei de Graham. Efusiómetro de Bunsen.
Fenômenos de penetração.
Pressão osmótica. Leis sobre a pressão osmótica.
Paredes semipermeáveis.
Importância deste fenómeno na fisiologia vegetal e animal, na química e na indústria.

Óptica geométrica

Luz e sua propagação.
Feixe luminoso. Corpos transparentes, translúcidos e opacos.
Propagação da luz em linha recta. Imagens na câmara escura.
Eclipses.
Acidentes que experimenta um feixe luminoso na superfície de separação de dois meios.
Difusão da luz.
Reflexão da luz; suas leis.
Espelhos. Espelhos planos. Imagens dadas por estes espelhos.

Espelhos paralelos; suas imagens. Espelhos inclinados; suas imagens.
 Espelho girante. Aplicação na medida de pequenos ângulos; seu emprego no sextante e nos galvanômetros; seu emprego em estroboscopia.
 Espelhos esféricos: côncavos e convexos. Imagens dadas por estes espelhos; sua construção geométrica.
 Aplanetismo.
 Fórmulas dos espelhos esféricos; sua dedução e discussão.
 Aberração dos espelhos.
 Espelhos parabólicos e outros espelhos curvos.
 Aplicações dos espelhos.
 Refracção da luz; suas leis.
 Relação de Kepler no caso de pequenos ângulos.
 Construção de Huyghens do raio refracto.
 Refracção atmosférica. Miragem.
 Reflexão total.
 Refracção nas lâminas de faces paralelas.
 Ângulo de desvio na refração.
 Imagem dada por uma lâmina de faces paralelas.
 Prisma. Fórmulas do prisma. Índice da refração do prisma.
 Desvio do prisma. Variação do desvio. Desvio mínimo.
 Imagem dada por um prisma. Fórmulas de Kepler do prisma no caso de pequenos ângulos.
 Lentes. Lentes esféricas: convergentes e divergentes.
 Centro óptico das lentes. Imagens dadas pelas lentes.
 Dedução das formas das lentes; sua discussão. Construções geométricas das imagens.
 Potência das lentes. Unidades de potência das lentes.
 Sobreposição das lentes.
 Aberração das lentes.
 Dispersão da luz. Emprego do prisma. Espectro solar.
 Decomposição e recomposição da luz. Cores simples ou monocromáticas.
 Luzes complementares.
 Coloração dos corpos por difusão e por transparência.
 Comprimento de onda das diversas radiações.
 Espectro luminoso. Espectro calorífico. Espectro químico.
 Identidade das três radiações.
 Transformação das radiações. Fosforescência. Fluorescência.
 Noções gerais de espectroscopia. Classificação dos espectros luminosos.
 Aplicações da espectroscopia. Análise espectral.
 Acromatismo. Lentes acromáticas.
 Ideia geral da estrutura do globo ocular sob o ponto de vista óptico.
 Instrumentos de óptica de imagens reais e virtuais.
 Lupa. Microscópios. Máquinas de projecção. Câmara escura. Telescópios.
 Luneta astronómica. Luneta de Galileu, telescópio de espelhos.
 Princípios da fotografia. Aplicações técnicas da fotografia.

Fotometria:

Intensidade de iluminação.
 Leis de Kepler e de Lambert.
 Fotómetros. Unidades fotométricas.
 Aplicações.

Calor

Termometria:

Noção de temperatura. Por que é considerada uma grandeza escalar?
 Escala termométrica. Escala normal. Como se organizam as escalas.
 Termómetro padrão de hidrogénio.
 Termómetro de ar.

Termómetros indirectos: termómetros de mercúrio, de álcool, de sulfureto de carbono.
 Escalas centesimal, de Reaumur, de Fahrenheit.
 Termómetros de precisão. Termómetros de máxima e de mínima.
 Termómetros registradores, de Richard e outros.
 Termómetro diferencial de Leslie.
 Pirómetros. Escala do pirómetro eléctrico e do pirómetro óptico.
 Pirómetro de Wedgood. Emprego do calorímetro como pirómetro.
 Pirómetros modernos de precisão: suas aplicações nos laboratórios e na indústria.

Fontes de calor e de frio:

Fontes de calor: intensas, ordinárias e moderadas.
 Aplicações industriais do arco eléctrico, do forno eléctrico e da corrente eléctrica como fontes de calor.
 Emprego dos maçaricos.
 Combustão dos carvões e das hulhas.
 Fontes de frio: moderadas, ordinárias e intensas.
 Aplicações industriais do frio.
 Evaporação dos gases liquefeitos.
 Ar e hidrogénio líquidos; suas aplicações.
 Aplicações de outros gases líquidos.

Propagação do calor:

Propagação por condutibilidade, por convecção e por radiação.
 Teoria de Fourier sobre a condutibilidade do calor.
 Coeficientes de condutibilidade. Determinação dos coeficientes de condutibilidade. Experiências.
 Condutibilidade nos líquidos e nos gases.
 Bons e maus condutores. Aplicações da condução.
 Propagação por convecção nos líquidos e nos gases. Experiências.
 Radiação. Experiências.

Efeitos do calor sobre os corpos:

Dilatações. Mudanças de estado dos corpos.
 Dilatação dos sólidos, líquidos.
 Coeficientes de dilatação. Binómios de dilatação.
 Esforço desenvolvido nas dilatações. Experiências.
 Dilatação da água. Experiências de Hope, de Despretz e de Rosetti, etc.
 Máximo de densidade da água.
 Determinação dos coeficientes de dilatação dos sólidos e dos líquidos.

Dilatação dos gases:

Lei de Gay-Lussac. Deduzir e interpretar a sua expressão analítica.
 Coeficiente de dilatação em pressão constante.
 Coeficiente de aumento de pressão em volume constante.
 A lei de Gay-Lussac considerada como uma lei limite.
 Experiências de Regnault e de outros físicos.
 Lei dos gases perfeitos. Fórmula dos gases perfeitos e fórmula dos gases reais. Fórmula de Clapeyron. Fórmula de Van der Waals.
 Aplicações das dilatações dos gases.

Densidade dos gases:

Definição e dedução da sua expressão analítica. Densidade normal.
 Processos para a determinação das densidades dos gases e para determinar a massa específica do ar e a densidade do ar.

Deduzir e explicar a expressão: $D = \frac{M}{28,9}$.

Mudanças de estado dos corpos:

Fusão, solidificação, vaporização, liquefacção, sublimação.

Leis das mudanças de estado.

Fenómenos de regelo e suas consequências. Aplicações.

Anomalias da solidificação. Sobrefusão. Aplicações.

Vaporização no vácuo em recipiente a temperatura uniforme.

Vapores saturantes; suas leis.

Vapores não saturantes.

Vaporização no vácuo em recipiente a temperatura não uniforme.

Princípio de Watt ou da parede fria.

Vaporização no seio dos gases, em recipiente a temperatura uniforme e a temperatura não uniforme.

Leis da ebulição:

Lei da mistura dos gases e vapores. Experiências de Dalton.

Condições que tornam a ebulição possível em vaso fechado.

Leis da evaporação:

Ao ar livre e em vaso fechado.

Marmitta de Papin. Autoclave. Aplicações industriais e outras importantes.

Frio produzido pela evaporação. Aplicações.

Anomalias da ebulição. Líquidos sobreaquecidos.

Mecanismo da ebulição.

Estudo da calefacção. Lei da calefacção. Experiências.

Explicação de certos fenómenos pela calefacção. Experiência de Boutigny. Densidade de vapores. Métodos para a sua determinação.

Sublimação. Aplicações.

Liquefacção. Experiências de Faraday; seus resultados.

Experiências de outros físicos sobre a liquefacção dos gases. Trabalhos de Andrews; sua importância. Isotérmicas. Isotérmica crítica. Ponto crítico.

Liquefacção de todos os gases. Experiências de Cailletet e de Pictet.

Trabalhos modernos sobre a liquefacção de todos os gases. Liquefacção do ar, do hidrogénio, oxigénio, azoto e dos gases raros, o hélio, o argon, o cripton, etc.

Indústria do ar líquido; sua importância.

Dissolução. Misturas refrigerantes.

Crioscopia. Ebulioscopia.

Quantidade de calor; sua medida:

Calor. Unidade de quantidade de calor. Calorias: pequena e grande caloria.

Calor específico dos corpos. Capacidade calorífica dos corpos.

Calor de mudança de estado. Calor de fusão; calor de vaporização e de combustão.

Métodos calorimétricos.

Lei de Dulong et Petit sobre os calores específicos dos sólidos.

Lei de Westyn.

Leis sobre os calores específicos dos gases.

Lei de Delaroche e Berard. Lei de Joule.

Aplicações industriais da calorimetria; sua importância nas análises das substâncias de carácter industrial e comercial.

2.ª cadeira (Física)**2.º ano****Mecânica — Trabalho das forças — Energia**

Revisão e desenvolvimento dos capítulos da mecânica dados no 1.º ano.

Trabalho das forças:

I) A força e o deslocamento têm a mesma direcção e o mesmo sentido.

II) A força e o deslocamento têm a mesma direcção, mas sentidos contrários.

III) A força e o deslocamento têm direcções diferentes, que formam entre si um ângulo agudo.

IV) A força e o deslocamento têm direcções diferentes, que formam entre si um ângulo obtuso.

V) Caso geral em que a força é de grandeza e de direcção variáveis.

Discussão de todas estas modalidades de trabalho das forças.

Diversas formas possíveis de um mesmo trabalho.

Representação gráfica do trabalho das forças.

Trabalho de um binário:

Dedução da sua expressão analítica.

Exercícios de aplicação.

Sistemas invariáveis e sistemas deformáveis.

Movimentos externos e movimentos internos.

Forças exteriores e forças interiores.

Soma dos trabalhos das forças interiores. Dedução da sua expressão analítica. Corolários importantes deste teorema.

Forças centrais:

Trabalho da gravidade.

Trabalho das forças aplicadas a um sistema.

Trabalho produzido por um sistema.

Expressão geral do trabalho alimentar das forças aplicadas a um sistema deformável e a um sistema invariável.

Medida do trabalho. Unidades de medida do sistema C. G. S., do sistema Giorgi, do sistema prático, do sistema métrico, etc.

Unidades de trabalho usadas na indústria.

Potência:

Noção de potência dinâmica. Potência elementar no caso de trabalho uniforme e no caso de trabalho variável.

Potência de um mecanismo qualquer.

Distinção entre força, trabalho e potência.

O que é que a potência melhor caracteriza? De que é a potência função?

Potência no caso do movimento de translação, no caso do movimento de rotação e no caso de movimento helicoidal.

Suas expressões analíticas.

Unidades de potência no sistema C. G. S., no sistema prático, no sistema Giorgi, no sistema métrico e outras unidades de potência usuais.

Relações e equivalências entre todas estas unidades.

Equações das dimensões destas unidades.

Numerosos exercícios de aplicação.

Medida das potências. Freio de Prony.

Quantidade de movimento:

Medida dinâmica das forças.

Impulsão de força.

Teorema das quantidades de movimento no caso de uma massa elementar.

Teorema das quantidades de movimento de um sistema projectado sobre um eixo. Sua dedução e discussão.

Exercício e problemas de aplicação.

Energia

Noções gerais de energia.
 Mudança ou alteração de estado de um sistema.
 Definições de energia.
 Modalidades de energia mecânica: energia cinética; energia potencial.
 Suas expressões analíticas: dedução e interpretação.
 Força viva de um ponto material em movimento.
 Força viva de um corpo ou de um sistema em movimento.
 Analogia com a energia cinética.
 Energia cinética ou força-viva de um sólido animado de movimento de translação.
 Energia cinética de um sólido animado de movimento de rotação, girando em torno de um ponto fixo ou de um eixo fixo.
 Momento de inércia: sua expressão analítica e sua interpretação.
 Energia cinética de sólido animado de um movimento qualquer.
 Energia total mecânica.
Teorema das forças vivas ou teorema da variação de energia cinética quando um sistema muda de posição no espaço. Dedução e interpretação deste teorema. Discussão da sua expressão analítica.
Trabalho produzido pelas forças interiores quando um sistema sofre uma deformação (mudança interna de estado).
 Dedução da sua expressão analítica; sua discussão.
 Superfícies de nível. Superfícies equipotenciais.
 Energia potencial de um grave.
Princípio da conservação da energia. Dedução, interpretação e discussão da sua expressão analítica, considerando apenas modalidades de energia mecânica.
 Exemplos de modificações de energia: a) Pêndulo; b) Lâmina elástica vibrante, etc.
 Demonstrar que a energia potencial de um sistema entre dois estados não depende senão desses dois estados e de modo algum do caminho percorrido do primeiro para o segundo estado.
 Impossibilidade do movimento perpétuo.
 Princípios de conservação de energia e do movimento num sistema conservador.
Máquinas. Sua classificação: máquinas simples e máquinas compostas. Máquinas modificadoras e máquinas transformadoras (imprópriamente chamadas geradoras).
Princípio da transmissão do trabalho. Exemplos com as máquinas simples de mecânica: alavancas; roldanas; agrupamentos de roldanas; plano inclinado; sarilho; parafuso; cunha, etc.
 Energia cinética de um volante de uma máquina.
 Rendimento de uma máquina.
Princípio dos trabalhos virtuais. Noção geral.

Termodinâmica

Noções preliminares. Objectivo da termodinâmica. Caracteres gerais dos raciocínios em termodinâmica.
 Trabalho mecânico. Troca de calor. Diversas espécies de trocas entre um sistema e o meio exterior.
 Papel especial da temperatura em termodinâmica. Escala de temperatura absoluta.
 Transformação de um sistema. Exemplos.
 Representação geométrica dos estados de um sistema. Ciclos fechados de transformação. Ciclo Carnot.
 Trabalho desenvolvido numa transformação.
 Representação geométrica do trabalho.
 Transformações reversíveis. Exemplos.
 Transformações isotérmicas. Transformações adiabáticas. Exemplos.
 O objectivo da termodinâmica em química.

A teoria cinética da matéria e a teoria dinâmica do calor.

Princípio da equivalência do calor e do trabalho. (Primeiro princípio da termodinâmica).

Produção do calor à custa do trabalho. O calor pode gerar trabalho. Inversamente, o trabalho pode gerar calor. Experiências de Rumford e de Tyndall.

Enunciado do princípio da equivalência e sua expressão analítica.

Interpretação e discussão dessa expressão.

Necessidade de considerarmos a identidade do estado inicial e do estado final. Ciclos fechados de transformação.

Experiência de Hirn sobre o choque de chumbo. Experiência de Hirn sobre a máquina a vapor. Experiências de Mayer, de Joule, de Carnot e de outros físicos.

Equivalente mecânico da caloria. Equivalente calorífico de trabalho.

Generalização do princípio da conservação da energia; sua expressão analítica: interpretação e discussão.

Significação do valor numérico do equivalente mecânico da unidade de calor.

Transformações fechadas.

Transformações não fechadas. Energia interna. Exemplos.

Medida das variações da energia interna por meio do calorímetro.

Calorímetro químico.

Maneira de considerar os fenómenos de mudança de estado de harmonia com os princípios da conservação da energia e da equivalência.

Gases perfeitos. Equações características.

Energia potencial dos gases perfeitos: lei de Joule.

Calores específicos dos gases. Relação entre o calor específico dos gases em volume constante e o equivalente mecânico da caloria.

Demonstração directa da fórmula de Mayer.

Princípio da entropia ou de Carnot-Clausius. (Segundo princípio da termodinâmica).

Ciclos com duas fontes de calor.

Motor térmico com duas origens.

Transformações reversíveis. Transformações não reversíveis.

Ciclo reversível com duas origens (ciclo Carnot).

Rendimento de uma máquina térmica.

Objectivo dos trabalhos de Carnot sobre as máquinas térmicas.

Condições de máximo rendimento de uma máquina térmica.

Rendimento de um ciclo reversível a duas origens (teorema de Carnot).

Escala termodinâmica de temperatura. Fórmula de Carnot; sua discussão.

Consequências práticas do princípio ou teorema de Carnot.

Temperatura absoluta. Expressão numérica das temperaturas absolutas por meio das propriedades de um fluido.

Relação entre a temperatura absoluta e a temperatura lida num termómetro de gás perfeito.

Rendimento de um ciclo Carnot em função das temperaturas absolutas.

Generalização do teorema de Carnot. *Princípio da entropia.*

Tradução analítica feita por Clausius do teorema de Clausius:

- Caso de ciclos fechados e reversíveis;
- Caso de ciclos fechados e realizáveis;
- Caso de ciclos abertos e reversíveis;
- Caso de ciclos abertos e realizáveis, ou partes realizáveis e partes reversíveis.

Transformações não compensadas.
 Caracteres da entropia. Propriedades da entropia.
 Lei da entropia no caso dos sistemas conservadores. Discussão das expressões analíticas. O Universo considerado como um sistema conservador.
 Principais órgãos de uma máquina térmica.
 Cálculo do rendimento de uma máquina térmica. Comparação do rendimento de uma máquina térmica teórica com o rendimento de uma máquina real.
 Rendimento económico e rendimento industrial.
 Comparação entre uma máquina térmica e um motor hidráulico.
 Consequências de ordem física do teorema de Carnot.
 Aquecimento e arrefecimento à custa de trabalho. Ciclo de Carnot funcionando em sentido inverso. Máquinas frigoríficas.
Degradação da energia. Sua importância industrial.
 Diversas formas de energia e suas transformações.
 Sua importância industrial.
 Critério termodinâmico do equilíbrio químico em geral.
 Equilíbrio químico em meio homogéneo. Soluções diluídas.
 Dedução da lei da acção da massa.
 Princípio da electroquímica das soluções diluídas.
 Regra das fases e aplicações.
 O problema da combinação química.
 Fotoquímica — teoria termodinâmica das reacções fotoquímicas.

Estudo geral dos movimentos vibratórios

Movimentos periódicos. Exemplos. Movimento pendular. Movimento vibratório. Movimento oscilatório.
 Movimento circular uniforme projectado sobre um diâmetro.
 Equações gerais dos movimentos periódicos: sua dedução e interpretação. Representação gráfica destas equações.
 Composição de dois movimentos pendulares em fase e com diferenças de fase.
Regra de Fresnel. Fenómenos da interferência.
 Composição de um movimento pendular e dos seus diferentes harmónicos.
 Propagação dos movimentos vibratórios. Vibrações longitudinais e vibrações transversais. Relação fundamental da propagação de um movimento vibratório.
 Sobreposição das ondas incidentes e das ondas reflectidas.
 Ondas estacionárias. Nós e ventres.

Acústica

Fontes sonoras e sensações auditivas.
 Ruído. Som musical.
 Propagação do som. Velocidade do som em diferentes meios.
 Meios intermediários entre as fontes sonoras e o ouvido.
 Reflexão do som. Eco. Ressonância.
 Leis das vibrações longitudinais e transversais.
 Qualidades de sensação auditiva: intensidade; altura; timbre.
 Corneta acústica. Tubo acústico. Porta-voz. Microfone.
 Limite de percepção dos sons de diversas alturas.
 Sons simples e sons compostos.
 Ressonadores. Ressonador de Helmholtz. Análise dos sons.
 Síntese dos sons.
 Reversibilidade dos fenómenos sonoros.
 Fonógrafos. Gramofones.

Óptica física

Luz e sua propagação.
 Velocidade da luz. Métodos astronómicos e físicos para a sua determinação.

Teoria das ondulações.
 Propagação da luz no vácuo.
 Fenómenos de interferência. Franjas de Fresnel.
 Hipótese sobre as vibrações luminosas. Vibrações transversais.
 Coloração das lâminas delgadas. Anéis de Newton.
 Aplicações.
 Medidas dos comprimentos de onda.
 Fotografia a cores. Método de Lippmann.
 Fenómenos de difracção. Aplicações.
 Redes. Emprego das redes. Espectros de difracção.
Dupla refração. Experiências clássicas em que se verifica este fenómeno.
 Experiências e construções de Huyghens — índices ordinário e extraordinário.
 Noções de cristalografia.
 Generalidades sobre a refração dupla.
 Classificação das substâncias cristalizadas bi-refringentes.
 Sua importância em cristalografia.
 Interpretação teórica do fenómeno da refração dupla.
 Hipótese de Fresnel.

Fenómenos de polarização:

Polarização branca. Experiência fundamental da polarização.
 Nicol. Plano de polarização.
 Reconhecimento de que um feixe de luz está polarizado.
 Polarizadores. Analisadores.
 Polarização por reflexão e por refração.
 Explicação do fenómeno da polarização luminosa, segundo Fresnel.
 Interferência de feixes de luz polarizada.
 Polarização cromática.
 Polarização rotatória. Sua importância em análise e sua importância industrial. Aplicações. Polarímetros. Sacarímetros. Experiências de laboratório sobre a sacarimetria.

Calor radiante

Reflexão e refração do calor radiante. Experiências de Rumford, de Leslie e de Melloni. Aplicações das pilhas termo-eléctricas.
 Estudo de um feixe calorífico.
 Absorção do calor. Poder absorvente.
 Interferência dos feixes caloríficos. Franjas de Fresnel.
 Polarização do calor.
 Identidade do calor radiante e da luz.

Electricidade

Electricidade estática:

Electrização e carga eléctrica.
 Electrização por atrito. Atracções e repulsões eléctricas.
 Corpos isoladores e corpos condutores. Dieléctricos.
 Modos diversos de obter a electrização dos corpos.
 Desenvolvimento simultâneo das duas modalidades de electrização.
Forças centrais newtonianas. Analogia entre massa gravítica, massa eléctrica e massa magnética. Representação analítica das forças centrais.
 A terra considerada como reservatório comum da electricidade.
 A electrização é uma grandeza medível, comensurável ou quantidade.
 Electroscopia.
 Medida das cargas eléctricas. Lei de Coulomb sobre as cargas eléctricas.
 Unidade de carga no sistema de unidades eléctricas electrostático (E. S. C. G. S.). Unidade prática de carga do sistema electromagnético (Coulomb). Seu valor em unidades do sistema electrostático.

Sistemas de unidades eléctricas:

- a) Electrostático;
- b) Electromagnético;
- c) Electrodinâmico.

Repartição da electrização nos condutores.

Densidade eléctrica superficial.

Densidade em volume em corpos maus condutores.

Campo de forças. Campo electrostático. Definição de campo.

Intensidade de campo. Campo uniforme. Campo de intensidade igual à unidade.

Linhas de força. Tubos de força. Superfícies equipotenciais.

Influência eléctrica. (Indução electrostática).

Electrização de um condutor por influência.

Estudo electrométrico da influência.

Outros modos de desenvolvimento de electrização nos corpos.

Facto geral sobre a electrização dos corpos. Princípio da conservação da electricidade.

Potencial eléctrico. (Noção experimental de potencial eléctrico).

Potencial do infinito. Potencial da terra.

Potencial de um ponto do campo electrostático.

Diferença de potencial entre dois pontos. Caracterização do potencial pelo trabalho.

Expressão analítica da diferença de potencial entre dois pontos: sua dedução, interpretação e discussão.

Características da função potencial.

Superfícies de nível e superfícies equipotenciais.

Escolha da unidade de potencial. Unidade electrostática de potencial.

Unidade prática de potencial do sistema electromagnético: volt. Valor do volt em unidades E. S. C. G. S.

Fluxo de força. Definição. Valor elementar do fluxo, supondo uma só massa central. Sinal do fluxo. Unidade de fluxo.

Teorema de Green ou de Gauss.

Capacidade eléctrica. Definição. Noção experimental de capacidade eléctrica.

Expressão analítica da capacidade.

Escolha da unidade de capacidade. Unidades de capacidade do sistema electrostático e do sistema electromagnético: farad, microfarad.

Condensação eléctrica. Condensadores.

Princípio da condensação eléctrica.

Poder condensante de um condensador.

Cálculo da capacidade de um condutor esférico, plano ou qualquer.

Associação de condensadores, em série e em superfície.

Aplicações mais importantes dos condensadores.

Electroscópio condensador de Volta.

Energia eléctrica. Suas expressões analíticas.

Trabalho eléctrico. Sua expressão. Energia actual.

Energia potencial.

Definição e cálculo da energia potencial de um condensador.

Cálculo da energia da descarga de um condensador ou de um condutor.

Máquinas eléctricas. Máquinas de atrito. Máquinas de influência.

Definição e órgãos principais das máquinas electrostáticas.

Uso das máquinas electrostáticas.

Magnetismo:

Imãs. Comunicação das propriedades magnéticas e sua distribuição nos imãs. Imãs naturais e imãs artificiais. Força coerciva.

Polos. Orientação dos polos de um imã.

Bússola.

Acção mútua dos imãs. Lei qualitativa. Lei quantitativa.

Definição de massas magnéticas. Massa unidade.

Lei de Coulomb sobre as atracções magnéticas.

Campo magnético. Sentido do campo. Unidade de intensidade do campo magnético.

Linhas de força.

Fluxo magnético. Unidade de fluxo.

Campo terrestre. Acção do campo terrestre.

Forças centrais. Analogia entre o campo gravítico, campo eléctrico e campo magnético.

Momento magnético do imã. Momento do binário director.

Constituição dos imãs. Hipótese de Weber. Filete magnético.

Folheto magnético.

Densidade magnética de um polo de imã elementar.

Intensidade de magnetização.

Folheto unidade. Potência do folheto.

Dimensões das unidades de massa magnética, de intensidade do campo, de densidade magnética, de momento magnético, de intensidade de magnetização e da potência do folheto.

Sistemas astáticos.

Electricidade dinâmica:

Experiências de Galvani e de Volta. Princípio de Volta. Lei dos contactos sucessivos.

Pilha de Volta.

Classificação das pilhas primárias hidroeléctricas. Polarização das pilhas.

Associação das pilhas.

Experiências que demonstram a transformação da energia química em energia eléctrica.

Propriedades da corrente eléctrica. Sentido da corrente. Grandeza ou intensidade da corrente.

Analogia da corrente a uma sucessão de descargas eléctricas.

Unidades de intensidade da corrente. Unidade prática de intensidade: ampere.

Força electromotriz de uma pilha.

Comparação da pilha e da máquina electrostática considerada como fonte de energia.

Leis de Ohm. Estado eléctrico de um fio condutor sede de uma corrente.

Teoria de Ohm.

Primeira lei de Ohm.

Segunda lei de Ohm. (Da resistência).

Resistividade ou resistência específica.

Unidades de resistência. Unidade prática de resistência: ohm. Ohm padrão.

Condutibilidade específica. Condutância.

Força electromotriz de uma pilha em circuito aberto e em circuito fechado.

Caixas de resistência. Resistência de um feixe de condutores.

Leis de Kirchhoff.

Reóstato. Shunt. Ponte de Wheaststone.

Rendimento de uma pilha.

Intensidade máxima, entre os diferentes modos de reunião dos elementos de pilha.

Acções caloríficas e luminosas da corrente eléctrica:

Experiências de Joule. Lei de Joule.

Energia da corrente. (Efeito de Joule). Unidade de energia.

Potência da corrente. Unidades de potência eléctrica.

Iluminação eléctrica. Lâmpadas de incandescência.

Lâmpadas de arco.

Aquecimento eléctrico.

Reostato. Shunt. Ponte de Wheaststone.

Produção de altas temperaturas. Forno eléctrico. Aplicações industriais do forno eléctrico. Electrometalurgia.

Termoelectricidade. Experiência de Seebeck. Pilhas termoeléctricas.

Aplicações.

Pirómetro termoeléctrico.

Reversibilidade dos fenómenos termo-eléctricos.

Ações químicas da corrente eléctrica:

Electrólise. Leis qualitativas e leis quantitativas de Faraday.

Teorias sobre a electrólise. Teoria de Arrhenius.

Electrólitos fortes. Electrólitos fracos.

Aplicações das acções químicas da corrente.

Unidade de intensidade da corrente eléctrica.

Definição prática, na electrólise, de coulomb e de ampere.

Utilização das acções químicas da corrente na indústria química.

Galvanização. Galvanoplastia. Electrometalurgia.

Pilhas secundárias: acumuladores. Princípio dos acumuladores.

Acumulador Planté. Acumuladores de função rápida.

Fonte de energia na pilha. Polarização da pilha.

Comparação dos acumuladores de chumbo e de níquel. Rendimento dos acumuladores: de quantidade e de energia.

Uso dos acumuladores.

Ações magnéticas da corrente eléctrica:

Experiência de Oersted. Acção de uma corrente sobre um imã móvel.

Experiência de Larive: um imã actua sobre uma corrente móvel.

Campo magnético de uma corrente. Forma e sentido das linhas de força.

Experiências clássicas.

Lei qualitativa das acções magnéticas.

Lei quantitativa de Laplace. Verificação experimental destas leis.

Solenóides. Intensidade do campo magnético no interior do solenóide.

Amperímetros e voltímetros.

Unidade electromagnética de intensidade da corrente.

Dimensões das unidades de intensidade da corrente e da quantidade no sistema electromagnético.

Bússola das tangentes e dos senos.

Ações das correntes sobre as correntes. Electrodinâmica:

Leis das acções electrodinâmicas: leis de Ampere. Leis das correntes paralelas. Leis das correntes angulares.

Leis das correntes sinuosas.

Teoria de Ampere. Equivalência de uma corrente fechada e de um folheto magnético.

Acções electrodinâmicas:

a) Acção de uma corrente rectilínea sobre um solenóide móvel;

b) Acção de um solenóide fixo sobre um solenóide móvel. Analogias dos solenóides e dos imãs.

Electroimãs. Aplicações mais importantes dos electroimãs.

Princípios de telégrafo eléctrico.

Revisão das leis fundamentais e das fórmulas da electricidade.

Unidades do sistema electromagnético. Unidade práticas: suas definições e dedução das equações das dimensões. Múltiplos e submúltiplos das unidades práticas.

Indução eléctrica:

A descoberta dos fenómenos de indução e o progresso que deu às aplicações práticas da electricidade.

Experiências fundamentais de Faraday. Leis de Faraday sobre a indução:

a) Indução pelas correntes;

b) Indução pelos imãs;

c) Indução pela terra;

d) Self-indução.

Leis gerais dos fenómenos de indução.

Noção de fluxo através de um contorno fechado. Expressão de fluxo através de um contorno plano.

Lei geral respeitante à causa e à duração do fenómeno de indução.

Lei geral respeitante ao sentido da corrente induzida, ou lei de Lenz.

Quantidade de electricidade induzida. Força electromotriz induzida.

Intensidade da corrente induzida.

Bobine de indução de Ruhmkorff: aplicações:

Princípio das máquinas magnetoeléctricas e dinamo-eléctricas.

Máquinas fundadas sobre a indução:

Princípio e classificação das máquinas de indução.

Máquina magnetoeléctrica de corrente contínua de Gramme.

Transporte de energia. Rendimento do transporte de energia.

Motores eléctricos. Rendimento dos motores eléctricos.

Transformadores. Transporte de energia por corrente alterna.

Ondas eléctricas:

Noção geral de ondas eléctricas. Hipótese de Maxwell.

Experiências de Feddersen. Experiências de Hertz.

Ressonador de Hertz.

Teoria electromagnética da luz de Maxwell.

Aplicações práticas das ondas eléctricas. Telegrafia sem fios.

Descarga oscilante.

Produção de correntes de alta frequência. Alta tensão.

Efeitos e aplicações das correntes de alta frequência.

Descargas eléctricas nos gases rarefeitos. Raios catódicos.

Tubos de Crookes. Propriedades notáveis dos raios catódicos.

Raios X: suas propriedades. Aplicações notáveis. Medida de radiação X.

Corpos radioactivos. Rádio. Experiências de Becquerel e de Curie.

Fenómenos que caracterizam a radioactividade. A radioactividade considerada como uma propriedade atómica: experiências.

Emanações do rádio: radon. Medidas dessas emanações.

Unidades de média: curie.

Desintegração atómica. Constante radioactiva e vida média.

Hipóteses sobre a natureza da electricidade. A electricidade considerada como uma forma de energia. Hipóteses de Franklin, de Arrhenius, de Faraday, de Maxwell e Hertz.

Interpretação actual dos fenómenos radioactivos e da constituição dos átomos. Íões, electrões, protões, neutrões, etc.

Concepção de Rutherford, de Bohr, de Joliot-Curie, Perrin, etc.

Fotoelectricidade. Efeito fotoeléctrico. Célula fotoeléctrica. Seu desenvolvimento e aplicações.

Unidades eléctricas práticas e industriais.

Noções de meteorologia:

Climatologia.

Temperatura do ar. Climas. Influência da latitude e da altitude. Isotérmicas.

Micro-climas.

Causas dos ventos. Diversas espécies de ventos: ventos regulares, ventos periódicos, ventos irregulares.

Velocidade dos ventos: sua classificação.

Humidade atmosférica. Higrometria. Estado higrométrico. Higrômetros.

Meteoros aquosos:

Electricidade atmosférica. Campo eléctrico atmosférico. Electrização das nuvens. Tempestades. Relâmpago. Raio. Trovão. Efeitos do raio.

Pára-raios de Franklin e de Melsens.

Magnetismo terrestre. Campo magnético terrestre. Inclinação e declinação magnética. Bússolas de inclinação e de declinação.

Laboratório de física**1.º ano**

Representação gráfica de leis físicas.

Métodos de registo gráfico de fenómenos físicos.

Traçado de linhas figurativas de movimentos representado por diferentes equações.

Nómos recto e circular.

Goniómetro de aplicação.

Craveira.

Palmer.

Cálculo de secções, volumes e de massa específica dos corpos de forma geométrica.

Esferómetro. Medida de espessuras, de raios e superfícies esféricas e esferas.

Máquina de dividir como aplicação do parafuso micrométrico.

Cilindrómetro.

Catetómetro.

Cunha micrométrica.

Planímetro de Amsler.

Sistemas de unidades. Equações de definição e de dimensões. Exercícios sobre conversão de unidades.

Problemas variados sobre o movimento uniforme.

Problemas sobre o movimento uniformemente variado.

Verificação com a máquina de Atwood das leis do espaço, da velocidade e da proporcionalidade das forças às acelerações.

Medição de forças. Dinamómetros.

Experiências sobre a força centrífuga e problemas.

Verificação da resultante de forças concorrentes e paralelas pelo aparelho de Delaunay.

Trabalho das forças. Potência. Conversão das diferentes unidades de trabalho e potência. Problemas sobre trabalho e potência.

Verificação das leis do pêndulo. Problemas sobre o pêndulo.

Processos de pesagens. Balança de precisão.

Determinação da sensibilidade de uma balança.

Experiências e problemas sobre as pressões exercidas pelos líquidos.

Problemas sobre a prensa hidráulica.

Demonstração clássica e demonstração geral de Boudreaux do princípio de Arquimedes.

Princípio de Arquimedes aplicado ao ar.

Determinação da densidade de corpos sólidos e líquidos:

- a) Pelo picnómetro;
- b) Pela balança hidrostatica;
- c) Pelo areómetro de Nicholson;
- d) Pelo areómetro de Fahrenheit;
- e) Pela balança de Mohr-Westphal;
- f) Pelo sistema dos vasos comunicantes.

Casos especiais:

a) Densidade de sólidos menos densos que a água;

b) Densidade de sólidos solúveis na água.

Areómetros de peso constante. Densímetros.

Experiências sobre capilaridade em tubos e placas. Leis de Jurin.

Experiências demonstrativas da pressão atmosférica em todos os sentidos.

Unidades de pressão atmosférica. Milibar.

Barómetro normal, barómetro de Fortin, de Gay-Lussac, aneróide e barógrafo.

Medida das alturas pelo barómetro. Fórmulas hipsométricas.

Problemas sobre pressão atmosférica.

Verificação da lei de Boyle-Mariotte. Diferentes expressões analíticas desta lei. Problemas.

Manómetros de ar livre, de ar comprimido, de rarefacção e metálico.

Máquina pneumática. Trompas. Bomba de compressão. Bombas.

Problemas sobre a conversão das diferentes escalas termométricas.

Verificação do ponto 0° e do ponto 100° de um termómetro.

Passagem da escala normal para a absoluta e *vice versa*.

Experiências sobre a propagação do calor por condutibilidade, convexão e irradiação.

Problemas sobre a dilatação linear, superficial e cúbica.

Determinação do coeficiente de dilatação linear dos sólidos pelo comparador.

Dilatação da água. Experiência de Hope e Despretz.

Anomalias da solidificação. Sobre fusão.

Frio produzido por vaporização. Experiência de Leslie.

Anomalias da ebulição. Atraso da ebulição. Sobre aquecimento dos líquidos.

Determinação do calor específico de um sólido e de um líquido.

Problemas sobre calorimetria.

Determinação do estado higrométrico do ar.

Demonstração das leis da reflexão e da refração.

Determinação da distância focal e do raio dos espelhos esféricos.

Determinação da distância focal e da potência das lentes.

Determinação do desvio de um prisma.

Problemas sobre espelhos e lentes.

Reflexão total. Prisma de reflexão total.

Propriedade do espelho girante.

Medida dos pequenos ângulos pelo método de Poggen-dorf.

Laboratório de Física**2.º ano**

Desenvolvimento do capítulo. Trabalho de forças.

Problemas.

Osmose. Pressão osmótica. Soluções isotónicas. Osmómetro.

Aplicação à determinação dos pesos moleculares das substâncias solúveis. Viscosidade.

Velocidade de esgoto constante. Vaso de Mariotte.

Elasticidade. Leis de Hooke.

Estudo experimental da elasticidade.

Determinação do coeficiente de elasticidade.

Problemas sobre a elasticidade de tracção e compressão.

Lei de Mariotte. Problemas.

Leis de Charles-Gay-Lussac sobre os gases. Problemas.

Leis dos gases perfeitos. Problemas.

Densidade dos gases. Método de Regnault. Efusiómetro de Bunsen.

Densidade dos vapores. Densidade limite. Métodos de Gay-Lussac e de Meyer para determinar a densidade dos vapores.
 Calores específicos dos gases; suas leis.
 Mistura dos gases. Leis de Bertholet-Dalton.
 Dilatação real e aparente dos líquidos. Relação entre os respectivos coeficientes.
 Determinação do coeficiente de dilatação real do mercúrio.
 Determinação do ponto de fusão de uma substância.
 Determinação do ponto de solidificação de uma substância.
 Determinação do ponto de ebulição de um líquido.
 Determinação do calor de fusão.
 Determinação do calor de vaporização. Calorímetro de Bertholet.
 Determinação do calor de combustão. Calorímetro de Mahler.
 Calor atómico. Leis de Dulong e Petit.
 Sobrefusão.
 Sobressaturação.
 Abaixamento do ponto de constelação pelas substâncias dissolvidas.
 Crioscopia. Leis. Aplicação à determinação dos pesos moleculares.
 Elevação do ponto de ebulição pelas substâncias dissolvidas.
 Ebulioscopia. Leis; sua aplicação.
 Dissolução. Coeficiente de solubilidade. Concentração.
 Analogia de propriedades das soluções diluídas com a dos gases.
 Influência da pressão sobre o ponto de fusão. Regelo.
 Influência da pressão sobre o ponto de ebulição.
 Autoclaves.
 Psicómetro de Augusto.
 Higrómetro de Regnault e de Alluard.
 Termodinâmica. Experiência de Tyndall.
 Equivalência entre as unidades de calor e as unidades de trabalho.
 Determinação do equivalente mecânico do calor.
 Experiência de Moine.
 Princípio da equivalência ou de Mayer. Problemas.
 Transformações isotérmicas e adiabáticas.
 Princípio de Carnot. Rendimento. Problemas.
 Escala absoluta de temperaturas.
 Máquina de vapor; seus órgãos e funcionamento.
 Calefacção. Leis. Explosão das caldeiras de vapor.
 Vibrações. Movimento periódico.
 Composição de movimentos do mesmo período e em fase com discordância de fase.
 Comprimento de onda.
 Vibrações longitudinais e transversais.
 Interferência. Franjas de Fresnel.
 Determinação do comprimento de onda de uma luz.
 Princípio das ondas envolventes.
 Lentes. Lentes acromáticas.
 Prismas.
 Espectros calorífico, químico e luminoso.
 Estudo do espectroscópio.
 Espectroscópio de visão directa.
 Espectros de emissão e absorção.
 Elementos de análise espectral.
 Estudo do microscópio.
 Ampliação da lupa e do microscópio.
 Câmara clara. Dimensões reais do objecto.
 Fotometria. Determinação da intensidade das luzes.
 Leis de Kepler.
 Lei de Lambert.
 Unidades fotométricas luminosas.
 Refracção dupla.
 Polarização da luz. Nicol.
 Experiência fundamental da polarização.

Polarização por reflexão, por refracção e por dupla refração.
 Polarização rotatória. Leis de Biot.
 Generalidades da polarização rotatória.
 Sacarímetro de Biot.
 Sacarímetro de penumbras de Laurent.
 Determinação da concentração e do grau de pureza dos solutos açucarados.
 Electricidade. Campo eléctrico e magnético. Leis de Coulomb. Problemas.
 Condensadores. Condensadores-padrões. Unidades de capacidade.
 Problemas.
 Natureza do magnetismo. Analogias e diferenças entre os fenómenos do magnetismo e da electrização. Analogia dos solenóides e dos magnetes.
 Teoria do magnetismo de Ampere. Estudo dos campos magnéticos. Acções mútuas dos polos dos magnetes; suas leis. Unidade de massa magnética.
 Problemas. Magnetismo terrestre. Bússolas de declinação e inclinação.
 Agulhas estáticas. Intensidade de campo. Fluxo magnético. Unidades de intensidade de campo e de fluxo magnético.
 Experiência indicatriz dos vários efeitos da corrente eléctrica. Sentido da corrente. Intensidade e força electromotriz.
 Unidades e problemas.
 Acção calorífica da corrente. Lei de Joule. Energia e potência da corrente. Problemas.
 Acções químicas da corrente. Electrólise. Leis de Faraday.
 Voltímetro de sulfato de cobre. Galvanização.
 Pilhas. Associação de pilhas. Problemas. Padrões de força electromotriz.
 Efeitos magnéticos da corrente eléctrica. Experiência de Oersted.
 Regra de Ampere. Electroímãs. Campanha eléctrica.
 Queda de potencial ao longo de um condutor.
 Leis de Ohm. Unidade de resistência. Padrões de resistência.
 Problemas.
 Factores afectando a resistência de um condutor. Temperatura, auto-indução, capacidade.
 Estudo da ponte de Wheatstone. Medida de uma resistência.
 Leis das resistências em série e em paralelo. Shunt.
 Estudo dos instrumentos de medida. Galvanómetros.
 Amperímetros.
 Voltímetros. Wattímetros.
 Aferição de um voltímetro e de um amperímetro.
 Correntes induzidas. Indução por correntes, por magnetes e por electromagnetes. Leis de Faraday. Lei de Lenz. Auto-indução.
 Estudo do dínamo ideal. Modos de excitação. Reversibilidade.
 Resistência, indutância e capacidade num circuito de corrente alternada.
 Potência num circuito de corrente alternada.
 Bobina de Ruhmkorff. Princípio dos transformadores.
 Tubos de Geissler. Radiação catódica. Raios X; suas propriedades e aplicações.

5.º grupo

10.ª cadeira (Hidráulica Geral e Aplicada)

1.º ano

1) Hidráulica Geral

A) Introdução.

Objecto da hidráulica. Hidrostática, hidrodinâmica e hidráulica.

B) Hidrostática.

Fluidos perfeitos e fluidos naturais.
 Massa, densidade e peso específico. Unidades.
 Pressão num ponto. Pressão efectiva e pressão absoluta. Unidades.
 Direcção da pressão em relação ao elemento premido.
 Igualdade de pressão em torno de um ponto.
 Princípio de Pascal e suas aplicações práticas.
 Equação geral da hidrostática. Superfícies de nível. Estudo da variação da pressão num líquido em repouso.
 Vasos comunicantes e líquidos sobrepostos.
 Pressão unitária e pressão total ou impulso.
 Altura piezométrica e plano de carga hidrostática.
 Pressão atmosférica; altura representativa da pressão. Unidades.
 Triângulo das pressões ou de impulso.
 Centro de pressão e pressões totais sobre superfícies planas e curvas.
 Processos analíticos e geométricos para a sua determinação. Fórmulas gerais considerando um trapézio inclinado e referidas às profundidades ou às distâncias.
 Posição dos centros de pressão em relação aos centros de gravidade.
 Faixas de igual pressão: processo gráfico e analítico.
 Adufas; agulhas de açudes. Estabilidade de um açude. Reservatórios e caldeiras.
 Espessura de tubos (cálculo). Consulta dos catálogos comerciais.
 Comportas de nível constante. Portas de eclusas e portas batéis.
 Princípio de Arquímedes. Equilíbrio e estabilidade dos corpos imersos e flutuantes. Indicação de algumas aplicações práticas.
 Trabalho do meio ambiente sobre um corpo que se deforma.
 Equilíbrio relativo dos fluidos em vasos animados de movimento de rotação (eixo horizontal e eixo vertical). Aplicações práticas na turbinagem, fundição, indicadores de velocidade, etc.

C) Hidrodinâmica:

Movimento permanente e movimento variado; suas características.
 Paralelismo das secções.
 Princípio da continuidade. Vazão ou caudal.
 Regime das pressões nos líquidos em movimento. Pressão estática e pressão dinâmica.
 Teorema de Bernoulli; enunciados e representação gráfica.
 Plano de carga e linhas de carga estática e efectiva.
 Linha dos níveis piezométricos e carga entre dois pontos.
 Perdas de carga e indicação sumária de algumas das suas causas. Introdução das perdas de carga na equação de Bernoulli.
 Generalização do teorema de Bernoulli ao movimento relativo.

D) Escoamento por orifícios:

Indicação dos vários dispositivos usados na prática e fins em vista.
 Contração da veia líquida; contração completa e incompleta.
 Coeficientes de velocidade, de contração e de vazão.
 Vazão teórica e vazão efectiva.
 Vazão sob carga constante:

- a) Orifícios completos (atendendo às suas formas, dimensões, situação e carga).
 Adufas e caleiras.
 Vazão sob pressão.

- b) Descarregadores (atendendo aos seus perfis e posição, à natureza do lençol líquido e à carga).
 Aplicações várias.
- c) Tubos adicionais.
 Teorema de Bélanger.
 Perdas de carga por variação da secção.
 Aplicações práticas e dispositivos mais frequentemente adoptados nas canalizações.

Tabelas de coeficientes de vazão.
 Vazão por orifícios completos sob carga variável.

- a) Secção variável;
- b) Secção constante;
- c) Caudal alimentar.

E) Movimento da água nos tubos:

Hipótese de Navier; velocidade média.
 Atrito nos líquidos; leis e expressão geral dos atritos.
 Equação fundamental do movimento em tubos de diâmetro constante.
 Carga e perda de carga.
 Fórmulas práticas: tabelas e ábacos para as suas aplicações.
 Influência do diâmetro e da carga sobre o caudal.
 Influência de uma variação de diâmetro sobre a carga (condições económicas para a instalação de uma central elevatória).
 Perdas nos pontos singulares de uma canalização (mudanças de secção, de direcção e dispositivos vários).
 Estudo de um tubo simples de diâmetro e vazão constante.
 Tubo alimentado por um ou dois reservatórios; serviço de extremidade e serviço de percurso; caudal equivalente.
 Limite da velocidade nas canalizações.
 Diâmetro e velocidade mais económica no caso de um tubo elevatório.
 Potência de uma estação elevatória.
 Tubo de derivação.
 Tubos mistos; preponderância do troço de menor secção sobre o caudal.
 Tubos complexos; necessidade da sua aplicação.
 Tubos equivalentes; vantagens e economia resultante do seu emprego.
 Golpes de ariete nas canalizações.
 Repuxos.
 Sifões.
 Distribuição de água.

- a) Estudos prévios e dados a colher. Sistema de distribuição;
- b) Traçado; situação dos reservatórios;
- c) Caudais a fornecer e localização dos vários pontos a abastecer;
- d) Cálculo dos diâmetros; solução mais económica;
- e) Velocidades médias nos diferentes troços;
- f) Cargas disponíveis em cada ponto;
- g) Linhas de carga e perfis longitudinais;
- h) Preenchimento do mapa de uma distribuição de águas;
- i) Peças que constituem um projecto de distribuição.

Precauções a tomar para meter uma rede em carga.

F) Movimento da água nos canais:

Variação da velocidade numa secção; velocidade máxima, velocidade no fundo e velocidade média.
 Regime uniforme e regime variado.

Equação do movimento no regime uniforme.
 Fórmulas práticas; tabelas e ábacos para as suas aplicações.
 Quantidades principais que influem no custo de um canal.
 Secções usuais e suas características.
 Limites da velocidade média e do declive.
 Raio médio das várias secções.
 Forma mais vantajosa para a secção.
 Trapézio de vazão máxima.
 Canal de derivação.
 Secções de aquedutos e de esgotos; níveis correspondentes à máxima vazão e à máxima velocidade.
 Regolho e resalto; curvas de regolho.

G) Avaliação de caudais:

Operações hidrográficas, hidrométricas e taquimétricas (nos cursos de água).
 Medição directa dos pequenos caudais (fontes).
 Contadores para canalizações — Contadores Venturi.
 Medição por orifícios completos e por descarregadores (regatos e pequenos ribeiros).
 Medição quando existe um açude.
 Determinação da área (secção) de um curso de água.
 Estudo das variações das velocidades numa secção. Fórmulas e tabelas.
 Medição das velocidades.

- 1) Flutuadores;
- 2) Tubo de Pitot;
- 3) Tubo de Darcy;
- 4) Flutuador duplo ou composto;
- 5) Dinamómetro ou tachómetro de Brumngs;
- 6) Molinetes — Woltmann e Ott Kempton;
- 7) Haste lastrada.

Avaliação de caudais pelo método das soluções salinas.
 Cálculo dos caudais pela velocidade média da secção, pelo método de Harlacher e pelo método de Culmann.
 Cálculo do caudal conhecendo o perfil longitudinal e vários perfis transversais do curso de água.
 Escalas de vazão, caudal integral e caudal médio.
 Fórmulas empíricas para a avaliação dos caudais dos cursos de água.

10.ª cadeira (Hidráulica Geral e Aplicada)

2.º ano

II) Hidráulica urbana

A) Abastecimento de águas:

a) Hidrogeologia; utilidade destes estudos.

Origem das águas subterrâneas: chuva.
 Pluviometria: observações pluviométricas.
 Chuva média anual: chuva máxima e mínima anual; chuva média mensal. Intensidade; frequência e probabilidade da chuva.
 Isoietas e seu traçado.
 Frações da chuva: evaporação, escorrentia e infiltração.
 Terrenos permeáveis e impermeáveis; porosidade e permeabilidade; permeabilidade directa e indirecta.
 Medição da porosidade.
 Processo da infiltração; nível freático, artesianismo.
 Classificação das nascentes: de emergência, de afloramento e filoneanas ou diaclásicos. Ressurgências e exsurgências.
 Qualidade das águas das toalhas aquíferas e das nascentes.
 Potência das toalhas aquíferas e caudal das nascentes.
 Pesquisa das nascentes e das toalhas aquíferas.

Estudo das reservas aquíferas.
 Noções sobre a teoria do escoamento subterrâneo.
 Experiência de Darcy. Fórmula de Dupuit.
 Toalha aquífera sobre um plano horizontal, sobre um plano inclinado.
 Galeria filtrante sobre um plano horizontal.
 Poço filtrante aberto numa toalha horizontal.
 Poços artesianos.
 Teoria de Nourtier.
 Exemplos de aplicações práticas.

b) Salubridade urbana:

Utilização e indispensabilidade da água.
 Águas potáveis: suas qualidades.
 Colheitas de amostras e análises.
 Depuração das águas: decantação, filtração e esterilização.
 Quantidades de água necessária ao abastecimento, variações de consumo.
 Captação das águas: nascentes; cisternas e depósitos; rios, torrentes e lagos; derivações: albufeiras; poços, galerias filtrantes e minas.
 Reservatórios e depósitos.
 Elevação da água.
 Condução da água desde a captação.
 Obras de arte (arcos, pontes, sifões e túneis e obras acessórias, clarabóias, poços de visita, ventiladores, etc.).
 Materiais, aparelhos e dispositivos vários numa canalização.
 Distribuições urbanas; sistemas vários. Provas de uma canalização.
 Fornecimento e venda de água ao consumidor; contadores e sua aferição.
 Abastecimento público (chafarizes, marcos-fontanários, bebedouros, balneários, sentinas, bocas de incêndio, de rega e de lavagem, águas decorativas).
 Distribuição nos edifícios públicos e particulares.
 Conservação das distribuições de água.
 O abastecimento de água à cidade de Lisboa e do Porto.

B) Esgotos:

Matérias a esgotar; classificação e quantidade.
 Indispensabilidade dos esgotos na salubridade urbana.
 Sistemas de esgotos, colectores, reservatórios e emissores.

Sistema circulante misto (*tout-à-l'égout*):

- 1) Águas negras e águas meteóricas;
- 2) Traçado e secções; cálculo.

Sistema circulante separativo (líquidos separados):

- 1) Velocidade e declive;
- 2) Traçados e secções;
- 3) Materiais na circulação de águas negras;
- 4) Cálculo de rede;
- 5) Evacuação das águas limpas.

Instalação das canalizações.
 Vedação por válvulas e sifões.
 Poços de visita e limpeza.
 Execução dos trabalhos.
 Esgoto das habitações; dispositivos vários (sifões, caixas de visita, válvulas, etc.).
 Ventilação.
 Limpeza. Autoclismos.
 Destino das águas dos esgotos. Fossas.
 Depuração e aproveitamento dos esgotos.
 Esgotos pneumáticos.
 Os esgotos de Lisboa e Porto.

III) Hidráulica agrícola

a) Generalidades:

A agricultura e o clima.

O solo: propriedades físicas e químicas: categoria de terras.

A vida das plantas: consumo da água para a sua constituição e compensação da evaporação (transpiração). Substâncias fertilizantes em suspensão ou dissolução na água.

Drenagem e enxugo, colmatagens e dessalgamentos.

b) Drenagem:

Origens da água em excesso; inconvenientes.

Teoria da drenagem; efeitos da drenagem.

Estabelecimento de um sistema de drenagem; drenagem longitudinal e drenagem transversal.

Profundidade e intervalo dos drenos.

Declives, diâmetros e vazão pelos drenos e colectores.

Área saneada.

Traçado e comprimento dos drenos.

Cálculo dos emissores.

Execução de uma drenagem; dispositivos vários.

Conservação.

Poços absorventes.

Valas de enxugo (abertas e fechadas).

c) Irrigação, colmatagens e dessalgamentos:

Fins da irrigação, das colmatagens e dos dessalgamentos; vantagens.

Ação fertilizante, de arejamento do solo e de aquecimento.

Qualidades das águas a empregar.

Épocas de irrigação; quantidades de água em cada rega e em cada período de rega; caudais; dados práticos.

Captção das águas; derivações com e sem açude.

Canais de irrigação; traçados, perfis e velocidades.

Obras de arte.

Perdas por evaporação e infiltração.

Módulos e partidores. Distribuição da água de irrigação; períodos de rega e horário.

Métodos de irrigação, armação do terreno; sistema distributivo e colector.

1) Escorrimento;

2) Inundação;

3) Submersão;

4) Infiltração;

5) Aspersão.

Escolha do método a adoptar.

Execução dos trabalhos.

Irrigação para fins especiais.

Obras de irrigação em Portugal.

Utilidade das colmatagens: águas utilizáveis.

Métodos de colmatagem (contínuo e intermitente).

Conservação das obras de irrigação e de colmatagem.

Dessalgamento dos terrenos; valorização.

IV) Rios e portos de mar

a) Rios navegáveis:

Classificação dos rios navegáveis.

Elementos de um curso de água.

Força de arrastamento.

Transporte de materiais arrastados.

Forma do leito em planta; perfil transversal e longitudinal.

Estabilidade do leito.

Relação entre a forma das margens e o relevo do fundo.

Sondagens; medição das alturas e sua representação gráfica.

b) Obras para melhorar e estabelecer a navegação:

Rios de corrente livre.

Trabalhos de melhoramento.

Caminhos de sirga.

Defesa das margens.

Sistema de protecção; cofragens de madeira; empedrados.

Revestimentos e fundações.

Regularização e rectificação do leito.

Dragagens.

Tapagem dos braços secundários.

Método de regularização para estreitamento do leito.

c) Portos fluviais:

Cais de madeira, betão armado e alvenaria.

Obras acessórias.

d) Rios canalizados:

Açudes fixos; perfil dos açudes.

Portadas e eclusas.

Açudes móveis de quadros; de taipais e de tambores.

Constituição de um açude móvel.

Espaçamento dos açudes.

e) Canais:

Considerações gerais e classificação.

Canais laterais e de ramal divisório.

Cruzamento de canais com outras vias de comunicação.

Consumo de água nos canais; alimentação.

Meios de diminuir o consumo da água.

Bacias de alimentação.

Planos inclinados. Elevadores. Eclusas de canais.

f) Portos de mar:

Movimento dos mares: ondas, marés e correntes.

Teoria das marés.

Marégrafos.

Estabelecimento do porto.

Regime das costas.

Portos e enseadas. Classificação e disposição geral.

Obras exteriores dos portos. Antepostos. Docas de flutuação.

Eclusas marítimas. Docas de marés. Muros-cais.

Obras para a construção e reparação de navios. Estaleiros de construção e de reparação. Aparelhos elevatórios.

Meios de combater o assoreamento dos portos. Influências naturais.

Correntes de varrer. Dragagens.

Balizagem das costas. Faróis. Sistemas de iluminação e intensidade e alcance das luzes.

Hidráulica

1.º ano

Aula prática

Determinação de pressões totais e centros de pressão sobre superfícies.

Aplicação aos açudes, barragens, reservatórios, etc., tendo em vista obter os dados necessários aos cálculos de resistência que são professados noutras cadeiras do curso.

Cálculo de vazões por orifícios completos, descarregadores, tubos adicionais nos casos de maior aplicação prática.

Cálculo do tempo da descarga de um reservatório com caudal alimentar ou não (carga variável).

Determinação de perdas de carga.

Resolução de problemas sobre o movimento da água nos tubos e redes de distribuição, canais, aquedutos e esgotos.

Traçado da linha dos níveis piesométricos numa secção de uma rede de distribuição.

Prática de interpolação nas tabelas dos coeficientes de vazão e leitura de gráficos e ábacos para resolução de vários problemas.

Consulta dos formulários de hidráulica, *aide-memoires* e catálogos diversos.

Observações:

a) O desenvolvimento e número de trabalhos serão organizados de acordo com o tempo disponível durante o ano lectivo e com o aproveitamento dos alunos;

b) Cada aluno organizará um *dossier* (modelo uniforme) de todos os seus trabalhos, que ficará arquivado no gabinete da 10.^a cadeira.

Hidráulica

2.º ano

Aula prática

Aplicação simples sobre as matérias constantes do programa da cadeira para melhor compreensão e facilidade de aplicação.

Comparação de várias secções de esgoto e escolha da secção mais conveniente.

Cálculo de uma pequena rede de distribuição de águas, organizando-se o projecto com todas as peças necessárias.

Cálculo da medição do caudal de um curso de água.

Consulta de formulários, *aide-memoires*, catálogos e bibliografia necessária para a execução dos trabalhos práticos a realizar.

Visitas e missões de estudo

Abastecimento de águas a Lisboa: depósito das Amoreiras; Aqueduto das Águas Livres e depósito dos Barbadinhos; captação por poços do Carregado; à sede da Companhia para examinar o plano geral de captação, condução e distribuição de água à cidade.

Câmara Municipal de Lisboa: consulta dos planos respeitantes ao sistema de esgotos da cidade.

Visita no fim do curso, tendo por objecto a observação das principais obras de hidráulica do País, já executadas ou em construção, como sejam os serviços de captação de águas, saneamento da cidade do Porto (esgotos pneumáticos). Barragens de centrais hidroeléctricas ou para irrigação, etc.

11.^a cadeira

Topografia

Capítulo I — *Noções preliminares:*

A) Definições:

- a) Topografia;
- b) Planimetria;
- c) Fotogrametria aérea e terrestre;
- d) Topografia mineira;
- e) Altimetria;
- f) Limite das plantas topográficas.

B) Escalas. Cartas;

C) Sinais convencionais.

Capítulo II — *Representação do relevo do terreno:*

A) Pontos cotados:

- a) Método;
- b) Problemas.

B) Curvas de nível:

- a) Método;
- b) Problemas.

C) Normais.

Capítulo III — *Leitura e utilização das cartas:*

A) Medições de distâncias na carta. Instrumentos de medição:

- a) Campilómetro de Goumet;
- b) Curvimento de mostrador;
- c) Roleta de Dupuit.

B) Medição de áreas na carta:

- a) Métodos analíticos;
- b) Método mecânico. Planímetro.

C) Exercícios de leitura de uma carta:

- a) Leitura de uma carta sem a comparar com o terreno;
- b) Leitura da carta feita em face do terreno.

D) Relações entre a planimetria e o nivelamento. Leis de Brisson;

E) Desenho e reprodução de cartas. Pantógrafo.

Capítulo IV — *Orientação:*

A) Pela bússola;

B) Por meio da carta;

C) Pelos astros;

D) Por indícios e informações.

Capítulo V — *Planimetria:*

A) Métodos de levantamento:

- a) Método das coordenadas ou das normais;
- b) Método das poligonais ou método de caminhar e medir;
- c) Método de irradiação ou das coordenadas polares;
- d) Método da intersecção;
- e) Método dos pontos isolados ou de Pothénot;
- f) Método dos alinhamentos;
- g) Método da triangulação;
- h) Método fotográfico;
- i) Combinação dos métodos fundamentais.

B) Medição de distâncias no terreno:

- a) Alinhamentos;
- b) Medição directa de distâncias;
- c) Medição indirecta das distâncias. Miras, estadia simples e lunetas topográficas. Telémetros.

C) Medição dos ângulos:

- a) Esquadros;
- b) Goniómetros — Pantómetro, grafómetro, sextante, tipos de bússolas, círculo de alinhamento e círculo geodésico;
- c) Goniógrafos — Prancheta, alidades e acessórios;
- d) Emprego da prancheta de alidade.

D) Levantamentos expeditos.

Capítulo VI — *Altimetria:*

A) Processos de nivelamento:

- a) Nivelamento directo. Modelos de cadernetas.

- b) Nivelamento indirecto. Modelos de cadernetas;
- c) Nivelamento barométrico;
- d) Superfície e linha de nível. Nível verdadeiro e aparente;
- e) Causas de erros de nivelamentos.

B) Instrumentos usados no nivelamento:

- a) Nível de água. Miras de alvo;
- b) Nível de perpendicular;
- c) Nível de bolha de ar: de tubo e esférico; suas verificações e rectificações;
- d) Níveis de óculo. Tipos de níveis;
- e) Exame e rectificação dos níveis de óculo;
- f) Nível de colimador;
- g) Clissímetro de Chezy.

C) Nivelamento expedito.

Capítulo VII — Instrumentos de planimetria e nivelamento:

A) Alidade auto-redutora de Paigné. Teoria da auto-redução;

B) Teodolitos:

- a) Descrição do instrumento;
- b) Condições de funcionamento do teodolito na medição dos ângulos;
- c) Rectificações dos teodolitos;
- d) Teodolito de óculo excêntrico;
- e) Erro da excentricidade das alidades dos teodolitos;
- f) Método de repetição e de reiteração;
- g) Método das observações cruzadas;
- h) Teodolito Wild.

- C) Taqueómetros. Rectificações, verificações e uso;
- D) Taqueómetros auto-redutores.

Capítulo VIII — Fotogrametria terrestre e aérea:

- A) Fotogrametria terrestre;
- B) Fotogrametria aérea.

Capítulo IX — Aparelhos usados na fotogrametria e restituição:

- A) Câmaras fotográficas;
- B) Fototeodolitos;
- C) Restituído de Roussilhe;
- D) Aparelhos estereofotogramétricos.

Capítulo X — Topografia mineira.

Capítulo XI — Aparelhos especiais empregados na topografia mineira:

- A) Bússola de mina;
- B) Teodolitos;
- C) Alvos luminosos.

Capítulo XII — Execução dos levantamentos. Cálculos fotográficos:

A) Triangulação topográfica:

- a) Escolha e número de pontos;
- b) Forma dos triângulos;
- c) Gráfico ou anteprojecto da triangulação;
- d) Medição das bases;
- e) Medição dos ângulos;
- f) Redução das direcções aos centros de estação;
- g) Fecho dos triângulos;
- h) Cálculo dos triângulos;

- i) Determinação dos azimutes dos lados dos triângulos;
- j) Cálculo das coordenadas cartesianas dos vértices dos triângulos;
- k) Cálculo dos azimutes e das distâncias por meio das coordenadas.

B) Levantamento das poligonais:

- a) Medição dos comprimentos dos lados e medição dos ângulos;
- b) Cálculo das poligonais;
- c) Compensação das poligonais;
- d) Compensação gráfica;
- e) Poligonação apoiada na triangulação.

- C) Método da irradiação;
- D) Método das normais;
- E) Método das intersecções;
- F) Método do recorte;
- G) Método dos alinhamentos;
- H) Método das medidas métricas.

Capítulo XIII — Nivelamentos hidrográficos:

Aula prática da 11.ª cadeira (Topografia)

A) Exercícios de leitura de cartas:

- a) Instrumentos usados;
- b) Conhecimento dos sinais convencionais, que representam o figurado do terreno e todos os pormenores de planimetria e nivelamento;
- c) Exame das formas naturais do terreno, simples e compostas, e das relações entre a planimetria e o nivelamento;
- d) Avaliação das áreas na carta. Uso do planímetro;
- e) Exercícios de perfis do terreno na carta;
- f) Descrição completa de um trecho de terreno representado na carta.

- B) Uso do pantógrafo;
- C) Exercícios de orientação;
- D) Determinação directa das distâncias;
- E) Determinação indirecta das distâncias. Uso das estadias;
- F) Exercício da medição de ângulos com goniómetros e goniógrafos;
- G) Exercícios com instrumentos de nivelamento;
- H) Uso do teodolito, do taqueómetro e da alidade auto-redutora;
- I) Rectificações de níveis de óculo, teodolitos e taqueómetros;
- J) Nivelamento de um polígono ou perfil, com nível de óculo, desenhando-o em seguida;
- K) Execução, no campo, de levantamento à prancheta, bússola topográfica, teodolito e taqueómetro, desenhando a respectiva planta.

12.ª cadeira

Estradas e caminhos de ferro

1.ª parte

Estradas

Capítulo I — Noções preliminares:

- A) Definições. História;
- B) Classificação das estradas;
- C) Partes componentes de uma estrada:
 - a) Faixa de rolagem. Largura e forma;
 - b) Bermas.

- c) Valetas;
- d) Taludes.

D) Eixo, planta, perfis e trainéis da estrada:

- a) Eixo da estrada;
- b) Planta da estrada;
- c) Perfis longitudinais;
- d) Perfis transversais;
- e) Construção e sobreposição dos perfis;
- f) Trainéis.

Capítulo II — *Veículos. Resistência à marcha e esforço tractor:*

- A) Veículos.
- B) Resistência ao movimento:
 - a) Resistência ao movimento em terreno horizontal;
 - b) Resistência ao movimento nas subidas;
 - c) Resistência do ar.
- C) Esforço de tracção e consumo de energia:
 - a) Tracção animal;
 - b) Tracção mecânica.

Capítulo III — *Estudo e redacção dos projectos:*

- A) Considerações sobre os traçados:
 - a) Considerações estratégicas;
 - b) Considerações económicas;
 - c) Considerações técnicas.
- B) Trabalhos de campo:
 - a) Levantamento de plantas;
 - b) Piquetagem dos alinhamentos rectos e dos vértices da poligonal;
 - c) Medição dos ângulos e rumos;
 - d) Piquetagem das curvas;
 - e) Piquetagem geral;
 - f) Nivelamento longitudinal;
 - g) Perfis transversais;
 - h) Planta parcelar;
 - i) Notas diversas a colher no campo;
 - j) Modelos de cadernetas.
- C) Trabalhos de gabinete:
 - a) Nomenclatura, disposição e organização das peças desenhadas de um projecto;
 - b) Planta geral;
 - c) Perfil longitudinal;
 - d) Perfis transversais;
 - e) Planta parcelar;
 - f) Obras de arte;
 - g) Peças escritas.
 - 1) Memória descritiva e caderno de encargos;
 - 2) Medição das obras;
 - 3) Série de preços;
 - 4) Orçamento.
- D) Comparação dos traçados:
 - a) Método de Favier;
 - b) Método de Durand-Claye;
 - c) Método de Lechalas.

Capítulo IV — *Curvas:*

- A) Concordância dos alinhamentos em planta:
 - a) Curvas circulares. Métodos usados para o seu traçado;

- b) Curvas parabólicas. Métodos usados para o seu traçado;
- c) Curvas de concordância.

- B) Concordância dos trainéis:
 - a) Concordâncias circulares;
 - b) Concordâncias parabólicas.
- C) Inscrição dos veículos nas curvas:
 - a) Sobrelargura nas curvas;
 - b) Sobrelevação nas curvas;
 - c) Visibilidade nas curvas.

Capítulo V — *Cálculo das áreas dos perfis transversais e cálculos dos volumes:*

- A) Cálculo das áreas dos perfis:
 - a) Processos geométricos;
 - b) Processos analíticos;
 - c) Processos mecânicos.
- B) Cálculo dos volumes:
 - a) Método exacto;
 - b) Método da média das áreas;
 - c) Método da área média;
 - d) Mapas de cálculo de volumes.

- C) Compensação das terraplenagens:

Capítulo VI — *Distribuição das terras:*

- A) Generalidades;
- B) Distribuição pelo mapa;
- C) Distribuição pelo método gráfico de Lalanne;
- D) Distribuição pelo método gráfico de Bruckner:
 - a) Construção da curva de Bruckner;
 - b) Propriedades desta curva;
 - c) Determinação da linha de distribuição;
 - d) Determinação da distância média de transporte;
 - e) Prática do método.

- E) Preços de transporte.

Capítulo VII — *Execução das terraplenagens:*

- A) Restabelecimento do traçado;
- B) Execução das escavações;
- C) Execução dos aterros;
- D) Regularização e consolidação dos taludes.

Capítulo VIII — *Obras de arte:*

- A) Generalidades:
 - a) Obras de arte especiais. Pontes e viadutos;
 - b) Obras de arte correntes;
 - c) Obras acessórias.
- B) Secção de vazão;
- C) Cálculo dos elementos das obras de arte e sua execução.

Capítulo IX — *Superestrutura das estradas:*

- A) Generalidades;
- B) Tipos de pavimentos:
 - a) Pavimentos de pedra britada;
 - b) Calçadas;
 - c) Pavimentos de betão;
 - d) Pavimentos betuminosos;
 - e) Outros tipos de pavimentos.

Capítulo X — *Vias urbanas:*

- A) Perfis-tipos de arruamentos;
- B) Pavimentos;
- C) Passeios e alamedas;
- D) Acessórios: esgotos e arborização;
- E) Serviços de limpeza.

Capítulo XI — *Conservação e reparação das estradas:*

- A) Organização do pessoal;
- B) Princípios gerais de conservação;
- C) Reparação dos empedrados;
- D) Reparação das calçadas e de outros pavimentos;
- E) Conservação das partes acessórias.

Capítulo XII — *Polícia das estradas.*

Indicação geral das disposições regulamentares em vigor

2.ª parte

Caminhos de ferro

Capítulo I — *Noções preliminares:*

- A) História;
- B) Classificação das linhas de caminhos de ferro;
- C) Ideia geral da organização dos serviços de caminhos de ferro;
- D) Ideia geral da relação entre a via e o rodado do caminho de ferro.

Capítulo II — *Noções gerais do estudo de um traçado de caminhos de ferro:*

- A) Características técnicas;
- B) Escolha da bitola;
- C) Raios das curvas. Visibilidade;
- D) Inclinação dos trainéis;
- E) Posição das estações e bifurcações.

Capítulo III — *Via férrea:*

- A) Perfis transversais tipos;
- B) Elementos essenciais da superestrutura:
 - a) Carris;
 - b) Juntas dos carris;
 - c) Parafusos de barretas e anilhas. Calços;
 - d) *Tirefonds*;
 - e) Cunhas Barberot e encostos metálicos;
 - f) Fixadores. Estroncas;
 - g) Travessas;
 - h) Balastro;
 - i) Contracarris nas passagens de nível.

Capítulo IV — *Aparelhos e grupos de aparelhos de via. Mudanças de via. Atravessamentos:*

- A) Mudanças de via:
 - a) Mudanças de via simples;
 - b) Mudanças de via dupla.
- B) SS ou diagonais de ligação;
- C) Atravessamentos:
 - a) Atravessamento oblíquo;
 - b) Atravessamentos rectangulares;
 - c) Transversal de junção simples;
 - d) Transversal de junção dupla.
- D) *Bretelle*;
- E) Manobra de agulhas;
- F) Cálculo dos aparelhos e mudanças de via e atravessamentos;

- G) Placas girantes;
- H) *Chariots* rolantes.

Capítulo V — *Traçado das curvas:*

- A) Preliminares sobre o traçado das curvas, em planta;
- B) Escalas. Disfarces da escala;
- C) Parábola empregada nas concordâncias;
- D) Métodos osculadores;
- E) Métodos tangenciais;
- F) Método de Leber;
- G) Métodos de rectificação por correcção de flexas;
- H) Concordância dos trainéis.

Capítulo VI — *Assentamento e conservação da via:*

- A) Assentamento da via;
- B) Deformações da via;
- C) Organização do serviço de conservação;
- D) Pessoal de conservação;
- E) Trabalhos de conservação.

Capítulo VII — *Obras de arte:*

- A) Obras de arte destinadas a dar esgoto às águas (vide 1.ª parte);
- B) Obras destinadas ao restabelecimento das comunicações:
 - a) Passagem superior;
 - b) Passagem inferior;
 - c) Passagem de nível. Casas de guarda.

C) Túneis:

- a) Emprego dos túneis;
- b) Métodos de perfuração;
- c) Revestimento dos túneis;
- d) Esgoto das águas.

Capítulo VIII — *Gares e estações:*

- A) Apeadeiros e estações:
 - a) Apeadeiros;
 - b) Pequenas estações;
 - c) Estações de importância média;
 - d) Estações principais.
- B) Edifícios das estações:
 - a) Serviço de passageiros;
 - b) Serviço de mercadorias;
 - c) Serviço de tracção.
- C) Alimentação de máquinas:
 - a) Toma de carvão;
 - b) Toma de água.
- D) Aparelhos diversos das estações:
 - a) Gruas de carregamento;
 - b) *Gabarit* de carregamento;
 - c) Pára-choques.
- E) Gares especiais:
 - a) Gares marítimas e fluviais;
 - b) Gares de triagem.

Capítulo IX — *Sinalização — Encravamentos:*

- A) Sinalização:
 - a) Distâncias de protecção;
 - b) Sinais de mão;
 - c) Sinais fixos;
 - d) Sinais detonantes.

B) *Enclavamentos. Diversos sistemas;*

C) *Fechaduras:*

- a) Fechadura Annett;
- b) Fechadura Bouré.

Capítulo X — *Exploração:*

A) *Classificação e formação dos comboios;*

B) *Circulação dos comboios:*

- a) *Circulação em via dupla;*
- b) *Circulação em via simples.*

C) *Circulação temporária ou via única nas linhas de via dupla;*

D) *Velocidade dos comboios:*

- a) *Velocidade de marcha;*
- b) *Velocidade comercial;*
- c) *Velocidade máxima.*

E) *Recepção, conservação e carregamento das mercadorias;*

F) *Transporte. Manobras. Transbordo;*

G) *Acidentes. Medidas preventivas para os evitar;*

H) *Horários;*

I) *Tarifas.*

Capítulo XI — *Material circulante:*

A) *Disposições gerais;*

B) *Partes componentes de um vagão:*

- a) *Caixilho;*
- b) *Eixos;*
- c) *Suspensão;*
- d) *Caixas de lubrificação;*
- e) *Rodas;*
- f) *Aparelhos de choque e de tracção.*

C) *Carruagens de passageiros:*

- a) *Sistemas e tipos de carruagens;*
- b) *Comunicação de um comboio em marcha;*
- c) *Iluminação;*
- d) *Aquecimento.*

D) *Vagões de carga:*

- a) *Vagão plataforma;*
- b) *Vagão de bordas altas;*
- c) *Vagão fechado e coberto;*
- d) *Vagão especial.*

E) *Disposições do material circulante para facilitar a sua inscrição nas curvas:*

- a) *Material rígido;*
- b) *Material articulado;*
- c) *Material americano;*
- d) *Articulação de Bissell;*
- e) *Eixos convergentes.*

Capítulo XII — *Tracção:*

A) *Estudo teórico da resistência dos comboios:*

- a) *Atrito dos moentes;*
- b) *Atrito das rodas sobre os carris.*
- c) *Resistência do ar;*
- d) *Resistência nas rampas;*
- e) *Resistência nas curvas;*
- f) *Resistência devida a obstáculos accidentais;*
- g) *Resistência da máquina e do tender.*

B) *Força de tracção das locomotivas:*

- a) *Aderência;*
- b) *Trabalho e esforço de tracção da locomotiva;*

c) *Máquina de três eixos;*

d) *Determinação da carga dos comboios;*

e) *Máquinas com mais de três eixos;*

f) *Máquinas de aderência artificial.*

C) *Freios — Sua utilidade:*

a) *Diversos sistemas de freios;*

b) *Freios manuais;*

c) *Freios contínuos;*

d) *Emprego da locomotiva como freio. Contra-vapor;*

e) *Influência dos freios na composição dos comboios.*

Aula prática da 12.ª cadeira

1.ª parte

Estradas

A) *Anteprojecto de uma estrada, feito sobre uma carta com curvas de nível;*

B) *Prática de tabelas de traçado de curvas;*

C) *Prática de cálculo de caderneta de trabalhos de campo;*

D) *Projecto de um troço de estrada, compreendendo trabalho de campo e a elaboração de todas as peças desenhadas e escritas que o constituem.*

2.ª parte

Caminhos de ferro

A) *Cálculo de atravessamentos, transversais de junção e SS de ligação;*

B) *Rectificação de uma curva de caminhos de ferro pela correcção das flexas;*

C) *Elaboração de um projecto de estação de caminho de ferro com serviço de passageiros e mercadorias e suas instalações de serviço.*

6.º grupo

6.ª cadeira (Mineralogia e Geologia)

1.º ano

Mineralogia

1) *Introdução:*

a) *Noções sobre a origem e evolução deste ramo da ciência; seus principais precursores;*

b) *Fins e objectivos do estudo da mineralogia. Noção de mineral e de minério. Divisões da mineralogia.*

2) *Mineralogia geral:*

a) *Caracteres essenciais dos minerais; divisões da mineralogia geral;*

b) *Morfologia mineral: noção de cristal, formação e constituição dos cristais, noção da teoria reticular de Bravais, pseudomorfoses, direcções equivalentes.*

Minerais cristalizados, cristalinos e amorfos. Indivíduo mineral. Formas regulares e irregulares, cristalografia e suas divisões;

c) *Cristalografia geométrica: regularidade geométrica e cristalográfica. Cristal teórico; formas distorcidas. Elementos geométricos dos cristais: faces, arestas, ângulos diedros e ângulos sólidos. Elementos homólogos, homologia geométrica e cristalina. Formas simples e compostas; forma dominante. Poliedros cristalinos, princípio da convexidade, teorema de Euler. Simetria cristalina: centro da simetria; paralelismo de faces. Eixos de simetria, graus de simetria dos eixos, eixos principais e secundários, formas mono e poliaxiais, relações entre o número de faces das formas e o número*

e o grau de simetria dos eixos. Planos de simetria, planos principais e secundários, relação entre os planos e os eixos de simetria. Formas dos poliedros cristalinos da natureza, formas fechadas, formas abertas; sua nomenclatura geral. Formas invariáveis, formas variáveis. Princípios e leis fundamentais da cristalografia: relação entre a forma e a substância cristalinas, formas compatíveis e incompatíveis. Lei da constância dos ângulos diedros, goniómetros. Representação analítica das formas cristalinas, notações cristalográficas de Weiss, Naumann e Miller. Lei da racionalidade dos coeficientes paramétricos.

Representação gráfica das formas cristalinas, projecções cristalográficas ortogonal e estereográfica.

Operações cristalográficas, formas fundamentais e derivadas, método das truncaturas, lei da simetria.

Classes de simetria; sua classificação, agrupamento em sistemas cristalográficos.

Estudo dos sistemas cristalográficos e em especial das classes de simetria mais importantes.

Maclas, definição e classificação, outros agrupamentos regulares dos cristais;

d) Cristalografia física:

Relações entre as propriedades físicas e a forma cristalina — clivagem, dureza e curvas de dureza, figuras de pressão e percussão, elasticidade, figuras de cor, rotação, piroelectricidade, piezoelectricidade.

Noções de óptica dos minerais: breves considerações sobre a origem da luz, teoria emissiva e ondulatória. Movimentos vibratórios e suas características, interferências. Luz monocromática, luz branca.

Meios isotropos, cores de irisação. Meios anisotropos, corpos positivos e negativos; eixos ópticos, cristais uniaxiais e biaxiais.

Luz ordinária e luz polarizada, experiências de Huyghens com a calcite. Nicol, pinça de turmalina.

Preparação de lâminas delgadas, descrição do microscópio polarizante. Estudo dos minerais em luz ordinária, observação da forma, cor, clivagem, diafanidade, inclusões, índice de refração, pleocroismo.

Estudo dos minerais em luz polarizada paralela: observação de extinções, cores de polarização e sua avaliação, distinção entre minerais isotropos e birrefringentes. Estudo em luz polarizada convergente; obtenção de figuras de interferência, distinção entre minerais uniaxiais e biaxiais.

Anomalias ópticas. Polarização rotatória, cristais dextrogiros e levogiros, propriedades da polarização rotatória.

3) Física mineral: propriedades físicas dos minerais:

a) Densidades: métodos para determinação das densidades. Balança hidrostática, Jolly e Mohr-Westphall; picnómetro; líquidos pesados;

b) Caracteres dependentes da coesão: maleabilidade, ductibilidade, tenacidade, fractura e tipos de fractura, dureza e sua avaliação, escala das durezas;

c) Caracteres ópticos: brilho e vários tipos de brilho, diafanidade, poder refractivo, cor, mudança de cor, jogo de cores, opalescência, traço e sua cor, fosforescência, fluorescência;

d) Magnetismo e acção sobre a agulha magnética; algumas propriedades eléctricas.

4) Termos descritivos:

a) *Habitus* dos minerais, tipos de agregados cristalinos; suas formas diversas e estruturas mais comuns;

b) Caracteres especiais das faces cristalinas, faces estriadas, faces curvas.

5) Determinação dos minerais: ensaios pirotécnicos:

a) Descrição dos aparelhos e objectos empregados, reagentes, natureza e uso da chama, fusibilidade e escala das fusibilidades;

b) Ensaios ao maçarico: aquecimento na pinça de platina (coloração de chamas), em tubo aberto, em tubo fechado, sobre o carvão (auréolas e glóbulos metálicos); fusões no fio de platina (pérolas), tratamento pelo nitrato de cobalto, reacção da prata negra (d'Hépar) e outras mais vulgares;

c) Resumo das propriedades características dos elementos mais comuns nos minérios portugueses.

6) Mineralogia descritiva:

a) Orientação a seguir na descrição dos minerais, tendo em vista o futuro estudo das rochas;

b) Descrição dos elementos essenciais e acessórios das rochas e dos silicatos de metamorfismo mais frequentes: minerais das famílias da sílica, feldspatos, feldspatóides, micas, esfena, turmalina, topázio, berilo, zircão; piroxenas, anfíbolos, peridotolitos, zeólitos; andaluzite, cianite, estauroilite, argila e caulino, granadas, epidoto clorite, serpentina, talco;

c) Descrição dos elementos dos jazigos minerais, em especial dos minérios portugueses; sua importância, utilidade e distribuição no País: alguns óxidos, carbonatos, sulfatos, fosfatos, halóides, enxofre, arsénio e suas combinações, antimónio e combinações, pirite, minérios de crómio, de tungsténio, de manganés, de ferro, de zinco, de estanho, de chumbo, de cobre, de mercúrio, de prata, de ouro, grafite e diamante.

6.ª cadeira (Mineralogia e Geologia)

2.º ano

Geologia

1) Objecto da geologia e seus fins. Divisões.

2) Origem e formação do globo terrestre: teoria de Laplace, noção de rochas e diversas naturezas de rochas:

a) Distribuição da temperatura na crosta terrestre: grau geotérmico;

b) Densidade do globo terrestre;

c) Constituição do globo terrestre;

d) Forma do globo, teoria tetraédrica de Green;

e) Idade da terra, ciclo das suas transformações, evolução e fim. Eras geológicas; suas características gerais e divisões.

3) Geodinâmica, seu objectivo e divisões:

a) Geodinâmica interna: movimentos da crosta, orogénia e principais cadeias de montanhas (sua idade, localização e estado), vulcanismo (origem e regime dos vulcões, emanções vulcânicas, tipos principais e distribuição dos vulcões), sismos (natureza e classificação dos movimentos, registo e medida, escalas comparativas, efeitos e causas prováveis dos abalos sísmicos);

b) Geodinâmica externa: erosão, acção da atmosfera, das águas, dos ventos e dos organismos. Fenómeno da disjunção e seus principais aspectos.

4) Geotectónica e seu objectivo:

a) Geotectónica das rochas eruptivas: modos de jazida das rochas intrusivas (batolitos, cabeços, lacolitos, filões, *dyks*), modo de jazida das rochas efusivas (lavas, torrentes, mantos, toaças, *sill*, cones vulcânicos);

b) Geotectónica das rochas sedimentares: modo de jazida (extractos, camadas, bancadas, leitos e suas caracte-

terísticas), enrugamentos, dobras, plicaturas (sua constituição e nomenclatura), fracturas e falhas (sua classificação), agrupamentos de falhas;

c) Modificações na estrutura das rochas provenientes de acções tectónicas: encurvamento, torsões, laminagem, dinamometamorfismo, metamorfismo de contacto (endo e exometamorfismo).

5) Rochas eruptivas:

a) Considerações gerais sobre a consolidação dos magmas e separação dos elementos constitutivos das rochas eruptivas;

b) Estrutura e textura das rochas eruptivas; seus tipos principais;

c) Classificação das rochas eruptivas, atendendo à composição (percentagem de sílica), à natureza cristalina dos seus elementos, à cor, ao modo de jazida (Rosenbusch). Classificação macroscópica, classificação petrográfica de Michel Levy. Breves noções sobre as modernas classificações químicas;

d) Noções complementares de óptica física: determinação do sinal óptico ou do alongamento de uma secção com lâmina de gesso e de mica nos minerais uniaxiais e biaxiais, caracteres ópticos dos principais minerais das rochas;

e) Descrição das principais rochas das diferentes famílias, segundo a classificação de Michel Levy; sua utilidade, aplicações e ocorrência.

6) Rochas sedimentares:

a) Origem e formação: destruição das massas mineiras mais antigas, transporte dos materiais, sedimentação, diagénese;

b) Classificação segundo a origem e modo de formação;

c) Descrição das principais variedades de rochas sedimentares; sua importância, aplicações e distribuição pelo País.

7) Rochas metamórficas:

a) Origem e formação: geossinclinal;

b) Composição química e mineralógica. Texturas;

c) Classificação;

d) Descrição dos principais tipos de rochas metamórficas e das intercalações nos xistos cristalinos; sua importância e ocorrência.

8) Geo-história:

a) Paleontologia: fósseis, fossilização, circunstâncias geológicas do seu estudo. Classificação zoológica e botânica dos fósseis e enumeração de algumas espécies mais vulgares. Contribuição da paleontologia para o estudo da estratigrafia. Resumo dos caracteres paleontológicos das várias eras geológicas;

b) Estratigrafia: noções e princípios basilares sobre a deposição dos estratos, sincronismo e equivalência. *Facies*. Série sedimentar e suas divisões. Idade relativa das rochas. Escala estratigráfica portuguesa.

9) Geologia portuguesa:

a) Estudo resumido da carta geológica do País, carácter petrográfico e paleontológico das várias formações, fósseis mais característicos;

b) Breves notas sobre a geologia das províncias ultramarinas.

21.ª cadeira (Tecnologia e Preparação Mineira)

I) Generalidades:

a) Princípios gerais e objectivos;

b) Minérios e gangas;

c) Propriedades físicas dos minerais e gangas utilizadas na preparação dos minérios;

d) Equação geral da preparação mecânica.

II) Operações e processos gerais de preparação de minérios:

A) Operações de lavagem e de escolha, manuais e mecânicas:

a) Sheidage e Klaubage;

b) Mesas de escolha: fixas, anulares rotativas, telas sem-fim, canais oscilantes e correias transportadoras.

B) Fragmentação. Objectivo e princípios gerais:

a) Quebradores:

1) De maxilas: tipo Blake e tipo Dodge; descrição e funcionamento.

2) Giratórios: de eixo móvel — tipo Comet; de eixo fixo — tipo Telsmith; descrição e funcionamento.

3) De discos: tipo Symons — vertical e horizontal.

b) Trituradores e pulverizadores:

1) Moinhos de cilindros: tipo Sturtevant; descrição e funcionamento.

2) Moinhos de mós verticais: tipo chileno.

3) Martelos-pilões: gravíticos, a vapor e ar comprimido.

4) Moinhos de pêndulo: tipo Huntington.

5) Moinhos de bolas: cilíndrico e cilindro-cónico — tipo Hardinge.

6) *Tube-mills*.

7) *Rod-mills*.

C) Classificação. Princípios gerais da classificação; fórmula de Rittinger:

a) Classificadores volumétricos:

1) Crivos fixos: grades, chapas furadas, de malha ou rede.

2) Crivos móveis:

Movimento de rotação: *trommels*.

Movimento vibratório — tipo Ferraris.

Movimento giratório — tipo Cox.

b) Classificadores hidrogravíticos:

1) Spitzkasten.

2) Decantadores: cone Calow, cone Allen.

3) Classificadores: tipo Dorr, tipo Akins.

4) Classificador Richards.

5) Classificador Likenbach.

6) Classificador Spitzluten.

D) Concentração. Objectivo:

a) Hidrogravítica:

1) Bateia.

2) *Sluice*.

3) *Jiggs*: de crivo fixo, de crivo móvel e de pulsão.

4) Mesas oscilantes: Ferraris, Wilfley e James.

b) Electromagnética:

1) Separadora Wetherill.

2) Separadora Humboldt.

c) Flutuação:

1) Princípios gerais da flutuação.

2) Processos de flutuação.

III) *Exemplos de diagramas de oficinas de preparação mecânica;*

IV) *Ideias gerais sobre classificação e lavagem de carvões.*

2.ª parte

Extracção dos metais dos seus minérios

I) *Generalidades:*

- a) Combustíveis;
- b) Refractários;
- c) Fundentes.

II) *Classificação das operações metalúrgicas:*

A) *Calcinação:*

- a) Dissecção ou secagem;
- b) Desagregação.

B) *Ustulação:*

- a) Simples;
- b) Oxidante;
- c) Redutora;
- d) Clorurante;
- e) Carburante;
- f) Volatilizante.

C) *Aparelhos de calcinação e de ustulação:*

- a) Fornos de cuba;
- b) Fornos de revérbero;
- c) Fornos de cadinho e de mufra.

D) *Fusão:*

- a) Simples;
- b) Oxidante;
- c) Redutora;
- d) Sulfurante;
- e) Carburante;
- f) Escorificante: estudo das escórias e mattes.

E) *Aparelhos de fusão:*

- a) Fornos de cuba: altos fornos e cubilots;
- b) Fornos de cadinho;
- c) Fornos de copelação;
- d) *Water-jackets*;
- e) Convertedores.

F) *Operações pirometalúrgicas diversas:*

- a) Liqueação;
- b) Cristalização;
- c) Destilação;
- d) Sublimação.

G) *Operações por via húmida:*

- a) Dissolução;
- b) Precipitação: hidrometalurgia do cobre;
- c) Amalgamação;
- d) Cianuração.

III) *Electrometalurgia:*

- a) Electrólise por via húmida: anodos solúveis e insolúveis;
- b) Electrólise por via seca;
- c) Electrotermia;
- d) Fornos eléctricos.

IV) *Tratamentos mecânicos dos metais e suas ligas:*

- a) Forjagem;
- b) Laminagem;
- c) Trefilagem.

V) *Tratamentos térmicos dos metais e suas ligas:*

- a) Têmpera;
- b) Re cozido;
- c) Revenido (*Revenue*).

VI) *Tratamentos químicos dos metais e suas ligas:*

- a) Cementação;
- b) Nitruração.

VII) *Métodos gerais de tratamento dos diferentes minérios:*

- a) Metais nativos;
- b) Óxidos;
- c) Carbonatos;
- d) Silicatos;
- e) Sulfuretos simples e complexos.

VIII) *Metalurgia especial:*

- a) Alumínio;
- b) Antimónio;
- c) Arsénio;
- d) Bismuto;
- e) Chumbo;
- f) Cobre;
- g) Crómio;
- h) Estanho;
- i) Ferro;
- j) Manganésio;
- k) Magnésio;
- m) Mercúrio;
- n) Níquel;
- o) Ouro;
- p) Platina;
- q) Prata;
- r) Tungsténio;
- s) Urânio;
- t) Zinco.

Estudo das principais ligas dos metais.

IX) *Transacções e utilização dos produtos minerais e metalíferos:*

- a) Amostragens e fraudes;
- b) Valor à boca da mina e no mercado;
- c) Fórmulas de venda e contratos;
- d) Movimento geral dos minérios e metais; estatística da produção.

22.ª cadeira (Exploração de minas)

1.º ano

1) *Generalidades:*

A) *Objectivo da lavra de minas;*

B) *Prospecção de minas:*

- a) Métodos ordinários;
- b) Métodos geofísicos.

C) *Pesquisa de minas:*

- a) Nos filões;
- b) Nas camadas;
- c) Nas massas;
- d) Nos aluviões.

D) *Cubicagem de um jazigo;*

E) *Amostragem de um jazigo;*

F) *Classificação e génese dos jazigos minerais;*

G) *Geometria dos jazigos: falhas e rejeições; regras para a sua determinação;*

H) *Topografia mineira: cartas topográficas, plantas e instrumentos;*

I) Ideia geral sobre os trabalhos de uma mina, desde a sua descoberta até ao pleno funcionamento da sua exploração;

J) Ideia geral sobre a indústria mineira portuguesa.

II) Sondagens:

A) Generalidades;

B) Processos:

a) De percussão: sondagem à corda e com haste rígida;

b) De rotação: com coroa de dentes, de grenalha e de diamantes;

c) *Rotary*.

C) Entubamento dos furos;

D) Acidentes usuais: causas e remédios;

E) Desvios: aparelhos e métodos para a sua verificação e correcção;

F) Aplicações das sondagens:

a) Em trabalhos subterrâneos;

b) Nos poços artesianos;

c) Na exploração do petróleo;

d) Na exploração dos gases naturais;

e) Na exploração do sal-gema;

f) Na exploração do enxofre.

III) Desmante:

A) Generalidades;

B) Desmante sem emprego de explosivos:

a) Com ferramentas manuais;

b) Com ferramentas mecânicas: martelos picadores, solinhadeiras e recortadeiras.

C) Desmante com emprego de explosivos:

a) Explosivos utilizados: espécies e propriedades;

b) Técnica do fogo: escorvamento, carregamento, atacamento e disparo;

c) Tiro eléctrico;

d) Precauções a tomar com o emprego dos explosivos, especialmente nas minas grisutasas ou poeirentas;

e) Armazenagem dos explosivos;

f) Legislação sobre a utilização dos explosivos;

g) Disposição e execução dos furos de mina;

h) Aparelhagem de perfuração:

1) Manual: barrenas e perfuradores;

2) Mecânica: martelos perfuradores e máquinas perfuradoras, pneumáticos e eléctricos.

IV) Entivação:

A) Generalidades;

B) Entivação de madeira:

a) Madeiras adequadas às minas;

b) Processos para a conservação das madeiras;

c) Entivação de galerias e grandes escavações.

C) Revestimentos de alvenaria, betão e betão armado;

D) Revestimentos metálicos.

V) Abertura de galerias e poços:

A) Galerias:

a) Nomenclatura das galerias;

b) Abertura de galerias em terrenos consistentes;

c) Abertura de galerias em terrenos inconsistentes.

B) Poços:

a) Nomenclatura dos poços;

b) Abertura de poços em terrenos consistentes: método ordinário;

c) Abertura de poços em terrenos inconsistentes:

1) Método dos tabuões de avanço.

2) Método de Haase.

3) Método do revestimento descendente.

d) Abertura de poços em terrenos aquíferos:

1) Método de congelação.

2) Método de cimentação.

3) Método Honigmann.

4) Método de ar comprimido.

e) Entivação dos poços:

1) Entivação de madeiras;

2) Cuvclagens de alvenaria, betão, betão armado e metálicas.

f) Aprofundamento, alargamento e reparação dos poços.

2.º ano

I) *Lavra*:

A) Trabalhos preparatórios:

a) Acessos aos jazigos:

1) Por galerias ou travessas.

2) Por poços: número de poços e sua localização; campo de exploração de um poço.

b) Traçagem geral de um jazigo em vista da sua exploração:

1) Importância da traçagem.

2) Divisão em andares e ordem da sua exploração.

3) Traçagem dos maciços de desmante.

B) Processos de lavra:

a) Lavra a céu aberto:

1) Generalidades.

2) Casos em que é mais vantajoso o seu emprego.

3) Limite económico.

4) Modalidades da lavra a céu aberto.

5) Exemplos de minas exploradas por este sistema.

b) Lavra subterrânea sem enchimento:

1) Lavra por abandono de maciços:

1) Por meio de pilares: isolados e contínuos.

2) Por meio de câmaras.

3) Por meio de pilares e *stots*.

II) Lavra por desabamento:

Generalidades sobre o desabamento; influência da solidez do tecto; propagação do movimento em altura; deslocamentos à superfície.

1) Desabamento do tecto:

Caso das camadas médias: por maciços curtos, por maciços longos, pilares e câmaras; método inglês de *longwall*, progressivo ou regressivo.

2) Desabamento da matéria útil:

Caso das camadas possantes.

c) Lavra subterrânea com enchimento:

Generalidades sobre o enchimento; sua colocação; enchimento hidráulico e pneumático.

I) Caso das camadas delgadas:

1) Pouco inclinadas:

Avanço segundo a inclinação — talhões: ascendentes, descendentes, oblíquos ou diagonais.

Avanço segundo a direcção — talhões: progressivos e regressivos.

2) Muito inclinadas — degraus: direitos e invertidos.

II) Caso das camadas médias:

1) Por grandes talhões: ascendentes ou descendentes, progressivos, regressivos e *longwall*.2) Método de *stossbau*: progressivo e regressivo.

3) Por recortes e câmaras.

III) Caso das camadas possantes:

1) Por talhões inclinados.

2) Por talhões horizontais.

Exemplos de minas exploradas pelos vários sistemas descritos.

C) Diferenças essenciais entre os processos de lavra nas minas de carvão e metálicas:

1) Caso dos filões delgados: degraus direitos e degraus invertidos.

2) Caso dos filões médios: por desabamento do tecto ou outros processos.

3) Caso dos filões possantes e massas: câmaras, pilares rectangulares, talhadas horizontais ou outros processos.

D) Dados gerais acerca da lavra subterrânea:

- a) Organização do trabalho;
- b) Estabelecimento do custo de exploração;
- c) Rendimento do operário.

II) Transportes:

A) Força motriz nas minas:

- 1) Generalidades.
- 2) Espécies de motores utilizados.
- 3) Meios de transmissão da força motriz:
 - a) Pelo ar comprimido;
 - b) Pela electricidade.

B) Transportes subterrâneos. Tracção sobre plano horizontal ou próximo da horizontal.

a) Transporte na frente de ataque (camadas planas):

- 1) Transportes simples.
- 2) Transportes mecânicos: canais oscilantes, cadeias ou cabos de arrastamento e correias.

b) Transportes em galeria.

- 1) Transporte por meio de vagoneta: tipos de vagonetas; caminhos de ferro: via e material empregado; locomotivas.
- 2) Rodagem: tracção humana e animal; tracção mecânica por máquinas fixas; por

meio de cabo aberto; por meio de cabo sem-fim; por cabo ou cadeia flutuante; por cabo ou cadeia de arraste.

C) Transportes subterrâneos em alturas:

- a) Planos inclinados;
- b) Balanças;
- c) Chaminés.

III) Extração:

A) Poço de extração: condições gerais a que deve satisfazer;

B) Cabo de extração:

- a) Material constituinte: vegetal e metálico;
- b) Forma da secção: redondo e chato;
- c) Tipo: de secção constante e de igual resistência;
- d) Cálculo;
- e) Conservação.

C) Bobinas e tambores:

- a) Poleia Koepe;
- b) Tambores cilíndricos;
- c) Tambores espiralóides;
- d) Tambores cónicos;
- e) Tambores cilindro-cónicos;
- f) Tambores bi-cilindro-cónicos;
- g) Bobinas.

D) Máquina de extração: a vapor e eléctrica;

E) Material de extração:

- a) Jaulas;
- b) *Skips*;
- c) Vagonetas;
- d) Baldes.

F) Cavaletes e andorinhas;

G) Dispositivos de segurança:

- a) Evita-andorinhas;
- b) Limitador de velocidade;
- c) Pára-quedas.

H) Instalações de sinalização:

- a) Ópticas;
- b) Acústicas.

I) Instalações de carga e de descarga:

- a) *Receitas* interiores e exteriores;
- b) Manobras.

IV) Ventilação:

A) Generalidades: objectivo da ventilação — grau geotérmico — fontes termiais;

B) Atmosfera das minas:

a) Composição do ar das minas:

- 1) Gases principais: oxigénio, azoto, anidrido carbónico, óxido de carbono, ácido sulfídrico e anidrido sulfuroso.
- 2) Grisu e poeiras de carvão.
- 3) Temperatura e humidade.

b) Contrôl da atmosfera das minas:

- 1) Lâmpada grisumétrica e aparelhos grisumétricos.
- 2) Análise grisumétrica.
- 3) Meios para combater os perigos do grisu e das poeiras.

C) Movimento do ar:

a) A corrente de ar:

- 1) Importância e medida dos elementos fundamentais relativos às correntes de ar: volume, depressão e velocidade da corrente de ar; manómetros e anemómetros.
- 2) Cálculos relativos à massa de ar, depressão e resistência ao atrito.
- 3) Temperamento de uma mina.
- 4) Orifício equivalente de uma mina.
- 5) Potência exigida pela ventilação.

b) Meios empregados para produzir a corrente de ventilação:

- 1) Ventilação natural, seu funcionamento nas minas, sua importância e cálculo.
- 2) Ventilação artificial:
Por meio de fornalhas.
Por meio de ventiladores: volumogêneos e deprimogêneos; principais tipos usados.
- 3) Emprego das duas espécies de ventilação.

c) Condução e distribuição do ar na mina:

- 1) Ventilação aspirante ou insuflante.
- 2) Ventilação por poços diferentes ou por poço e galeria; localização do poço de ventilação.
- 3) Vedação dos poços; diferentes sistemas.
- 4) Compartimentação dos poços.
- 5) Plano de ventilação.
- 6) Regularização da importância das correntes.
- 7) Portas de vedação.

d) Ventilação dos trabalhos:

- 1) Por galerias conjugadas.
- 2) Por meio de compartimentação.
- 3) Por meio de tubos de ventilação natural.
- 4) Ventilação secundária.

e) *Contrôle* e vigilância da ventilação;

f) Características de uma boa ventilação.

D) Exemplos relativos à ventilação.

V) *Esgoto*:

A) Regime das águas subterrâneas:

- a) Sua origem e importância;
- b) Factores que influem no regime;
- c) Influência da situação das minas;
- d) Composição das águas das minas;
- e) Minas submarinas.

B) Processos e aparelhos para o enxugo das minas:

- a) Processos empregados à superfície;
- b) Processos empregados no interior;
- c) Barragens e tampões: de madeira, de alvenaria e metálicos.

C) Preparação da mina sob o ponto de vista do esgoto:

- a) Galerias de esgoto;
- b) Instalações de esgoto nas minas profundas.

D) Aparelhos de esgoto:

1) Bombas de êmbolo:

Instalações com máquina motriz à superfície:

- a) Bombas aspirantes;
- b) Bombas prementes.

Instalações com máquina motriz subterrânea:

- a) Comando por meio de vapor;
- b) Comando pela electricidade;
- c) Comando hidráulico;
- d) Tipos diversos de bombas de êmbolo.

2) Bombas centrífugas:

- a) Princípio em que se baseiam; seu funcionamento e comando;
- b) Suas particularidades;
- c) Seu emprego em casos especiais.

3) Outros meios de esgoto:

- a) Por meio de máquina de extracção;
- b) Ejector;
- c) Emulsímetro;
- d) Pulsómetro;
- e) Sifão.

E) Exemplos de sistemas de esgoto de diversas minas.

VI) *Iluminação*:

A) Iluminação a fogo nu por meio de lâmpadas portáteis:

- a) Candeias de azeite;
- b) Gasómetros de acetilene.

B) Iluminação a fogo nu por meio de lâmpadas fixas:

- a) Bicos de gás;
- b) Lâmpadas de arco eléctricas;
- c) Lâmpadas de outros tipos.

C) Iluminação de segurança:

- 1) Por meio de lâmpadas fixas.
- 2) Por meio de lâmpadas portáteis:
 - a) De tela metálica, diversos tipos;
 - b) Eléctricas, diversos tipos.

D) Postos de manutenção e de reparação das lâmpadas.

VII) *Acidentes*:

A) Desenvolvimento instantâneo de gases:

- a) De grisu, medidas preventivas;
- b) De anidrido carbónico;
- c) Aparelhos respiratórios, sua descrição.

B) Incêndios subterrâneos;

C) Desabamentos e inundações;

D) Organização dos socorros.

VIII) *Higiene e profilaxia mineira*.IX) *Legislação mineira portuguesa de minas, pedreiras e águas minerais*.

Programa das aulas práticas

Leitura e interpretação da carta geológica em relação com os principais jazigos portugueses; regiões mineiras; linhas de afloramento e intersecções de camadas e de falhas; cortes estratigráficos; leitura e compreensão das plantas subterrâneas das principais minas portuguesas; projecções, cortes e convenções usadas; desenho de secções normais de galerias e poços com as principais peças de escoramento, em diversos casos; desenho de jaulas, *skips* e cavaletes; esquemas dos métodos de lavra mais empregados; círculos de concessão e demarcações nos termos da lei; organização de processos de pedidos de concessão; estudo da ventilação de uma mina; elabora-

ção de folhas de férias e de produção; levantamento de plantas de trabalhos subterrâneos, utilizando a bússola suspensa e o teodolito; visitas e excursões às principais minas do País.

Laboratório de mineralogia e geologia

1.º ano

1) *Cristalografia geométrica:*

- a) Exame de exemplares naturais: minerais amorfos, cristalinos e cristalizados; clivagem e fractura;
- b) Morfologia: formas da natureza, formas teóricas (modelos). Nomenclatura geral das formas cristalinas. Formas simples e formas compostas, forma dominante;
- c) Geometria das formas cristalinas: faces, arestas e ângulos sólidos; elementos homólogos. Desenho e projecções das formas simples;
- d) Simetria dos cristais: centro, planos e eixos e respectiva classificação;
- e) Notações cristalográficas: Weiss, Naumann e Miller, como símbolos das formas e aplicadas às diversas faces de uma mesma forma;
- f) Operações cristalográficas: truncaturas, biselamentos e rebaixamentos;
- g) Estudo gradual dos diversos sistemas cristalográficos: formas simples e compostas das suas classes mais importantes;
- h) Exame e classificação das maclas mais frequentes.

2) *Cristalografia física (óptica):*

- a) Microscópio polarizante: exame e funcionamento;
- b) Observação de minerais talhados em lâminas delgadas: luz natural — forma, cor, clivagem, índice da refração, pleocroísmo, etc.; luz polarizada paralela (nicóis cruzados) — cores de polarização, extinções, distinção entre minerais isotropos e birrefringentes; luz polarizada convergente (nicóis cruzados) — figuras de interferência, distinção entre minerais uniaxiais e biaxiais quando convenientemente talhados.

3) *Propriedades físicas dos minerais:*

- a) Determinação de densidades — balança de Jolly, hidrostática, picnómetro — de minerais sólidos e líquidos;
- b) Ensaio de dureza — escala de Mohs;
- c) Ensaio de fusibilidade — escala de fusibilidades;
- d) Observação e classificação dos vários tipos de lustre, fractura e traços dos minerais; magnetismo.

4) *Reconhecimento de minerais: (ensaio piromagnético):*

- a) Ensaio sobre carvão — libertação de gases, formação de auréolas e glóbulos metálicos ou massas magnéticas;
- b) Ensaio em tubo aberto e tubo fechado — libertação de gases e formação de sublimados;
- c) Ensaio na pinça de platina — cores de chama e fusibilidades;
- d) Ensaio no fio de platina — obtenção de pérolas;
- e) Reacções especiais — prata negra, nitrato de cobalto, papel vermelho de tornesol, etc.

5) *Mineralogia descritiva:*

- a) Termos descritivos: *habitus*, formas e estruturas de agregados cristalinos;
- b) Exame e reconhecimento macroscópico dos exemplares de minerais, principalmente portugueses (metropolitanos e coloniais), mais importantes existentes na colecção do laboratório.

2.º ano

1) *Determinação de minerais:*

Ensaio piromagnético para o reconhecimento dos minerais mais importantes dos jazigos minerais: metais nativos, sulfuretos, sulfatos, óxidos, carbonatos, fosfatos, tungstatos, etc.

2) *Petrografia:*

Estudo óptico de alguns minerais e rochas:

- a) Ensaio sobre preparação e confecção de lâminas delgadas de minerais ou rochas;
- b) Observação ao microscópio das propriedades ópticas dos minerais, determinação da birrefringência e do sinal óptico em lâminas especialmente talhadas; determinação dos minerais essenciais das rochas eruptivas;
- c) Observação de texturas tipo das rochas mais vulgares com vista à sua classificação.

3) *Geologia:*

- a) Exame e reconhecimento macroscópico das rochas eruptivas, sedimentares e metamórficas mais vulgares, de preferência portuguesas (continente e colónias), existentes na colecção do laboratório;
- b) Escala estratigráfica portuguesa, observação e reconhecimento dos fósseis mais característicos;
- c) Geotectónica: estudo sobre modos de jazida das rochas, movimentos, falhas, plicaturas, etc.;
- d) Cortes geológicos: confecção, estudo e interpretação de casos simples;
- e) Estudo geral das cartas geológicas de Portugal e das colónias;
- f) Excursões ao campo atinentes não só a mostrar os assuntos tratados nas aulas práticas e teóricas, mas também a pôr os alunos em contacto directo com os fenómenos da Natureza.

7.º grupo

4.ª cadeira (Química Geral)

I) *Origem e classificação.*

II) *Constituição da matéria.*

- 1) Substâncias heterogéneas e homogéneas.
- 2) Fases.
- 3) Corpo puro.
- 4) Corpo simples e corpo composto. Elemento.
- 5) Molécula:
 - a) Nos corpos simples e compostos; dimensões;
 - b) Movimento browniano;
 - c) Número de Avogadro;
 - d) Distinção entre molécula e molécula-grama.
- 6) Átomo. Atomicidade.
- 7) Hipótese de Avogadro-Ampère.
- 8) Interpretações, pela teoria atómica-molecular, de:
 - a) Fenómeno físico e químico;
 - b) Combinação e mistura;
 - c) Conclusões das leis das transformações químicas.

III) *Simbolismo químico:*

- 1) Sistemas de notação química. Números proporcionais.
- 2) Determinação dos pesos atómicos.
- 3) Determinação dos pesos moleculares.
- 4) Fórmulas químicas.

IV) *Teoria dos iões:*

- 1) Electrólise.
- 2) Leis de Faraday.
- 3) Teoria de Arrénius.
- 4) Mecanismo da electrólise.
 - a) Valência-grama e electrovalência;
 - b) Acção sobre a reacção primária da dissociação electrolítica;
 - c) Classificação dos electrólitos em ácidos, bases e sais;
 - d) Equações iónicas;
 - e) Electrão.
- 5) Aplicações da teoria dos iões:
 - a) Propriedades dos solutos;
 - b) Propriedades dos ácidos e bases e suas definições iónicas;
 - c) Interpretação iónica das reacções entre ácidos e bases;
 - d) Neutralização;
 - e) Características do electrólito-água;
 - f) Concentração hidrogeneónica;
 - g) Classificação de ácidos e hidróxidos em fortes e fracos;
 - h) Distinções entre acidez potencial, iónica e total;
 - i) Tampões.
- 6) Acidimetria e alcalimetria:
 - a) Solutos padrões;
 - b) Determinação de títulos.
- 7) Noções sobre o pH — Indicadores.

V) *Estrutura atómica:*

- 1) Raios catódicos:
 - a) Emissão, propriedades e constituição;
 - b) Massa do electrão.
- 2) Raios X.
- 3) Lei de Moseley.
- 4) Conceito moderno do átomo.
- 5) Pormenores de alguns átomos.
- 6) Isótopos.

VI) *Valência:*

- 1) Noção de valência. Valências dos elementos.
- 2) Objecções à teoria de Arrénius.

VII) *Classificação periódica dos elementos:*

- 1) Classificação de Mendéléieff:
 - a) Suas bases;
 - b) Classificação clássica de Mendéléieff;
 - c) Actualização do quadro de Mendéléieff;
 - d) Tabela periódica.

VIII) *Transmutações:*

- 1) Radioactividade natural:
 - a) Noções;
 - b) Trabalhos dos esposos Curie.
- 2) Radiações dos corpos radioactivos e seus efeitos.
- 3) Noções sobre transmutação:
 - a) Heliões; neutrões; positões e negatões.
- 4) Isóbaros.
- 5) Acção dos corpúsculos (noções muito elementares

dessa acção, desde as manifestações da electricidade estática até às teorias da relatividade).

IX) *Nomenclatura dos compostos da química:*

- 1) Quadro geral do objecto da química.
- 2) Elementos químicos.
- 3) Espécies químicas.

X) *Energia química:*

- 1) Formas de energia.
- 2) Reacções completas e limitadas.
- 3) Tipos de reacções.
- 4) Oxidação-redução:
 - a) Interpretação, com variação de valências e com a deslocação dos electrões;
 - b) Agentes oxidantes e redutores e seus pesos equivalentes.
- 5) Factores que influem nas reacções.

XI) *Termoquímica:*

- 1) Reacções exotérmicas e endotérmicas:
 - a) Calor de reacção;
 - b) Dependência entre a temperatura e a posição de equilíbrio.

Electroquímica:

- 1) Condutividade eléctrica dos electrólitos.
- 2) Produção da corrente nas pilhas.

XII) *Noções sobre as preparações, propriedades e aplicações dos metalóides e metais mais importantes, com maior desenvolvimento do carbono e ferro nas suas aplicações industriais.*XIII) *Noções sobre as preparações, propriedades e aplicações dos óxidos, bases, ácidos e sais mais importantes.*

Ar. Ar confinado das oficinas. Água. Dureza. Depuração das águas industriais.

XIV) *Noções sobre química orgânica:*

(Hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, acetonas, ácidos, ésteres, éteres, aminas, amidas, nitrilos, iminas, derivados halogenados, série aromática, hidratos de carbono, gorduras, proteínas, fermentações).

Noções sobre óleos lubrificantes e combustíveis.

24.ª cadeira (Química Analítica)

1.º e 2.º anos

- 1) Reacções de catiões:
 - a) Separação de grupos;
 - b) Separação de catiões dos grupos.
- 2) Reacções dos aniões e dos metalóides:
 - a) Separação de grupos;
 - b) Separação dos aniões dos grupos.
- 3) Marcha geral da análise.
- 4) Análise qualitativa por ensaio de toque, com reagentes orgânicos.
- 5) Gravimetria.
- 6) Volumetria:
 - a) Acidimetria e alcalimetria;
 - b) Volumetria por oxidação;
 - c) Volumetria por redução;

- d) Iodometria;
- e) Volumetria por precipitação.

- 7) Gasometria.
- 8) Densimetria. Capilimetria. Espectrometria. Polarimetria.
- 9) Análise dos compostos orgânicos.

Laboratório de química analítica

Prática do programa da 24.ª cadeira (Química Analítica)

Química inorgânica e orgânica

A) Química inorgânica

I) Metalóides:

Preparações laboratorial e industrial, propriedades e aplicações de: hidrogénio, cloro, bromo, iodo, oxigénio, enxofre, nitrogénio, fósforo, arsénio, antimónio e carbono.

II) Compostos:

Preparações laboratorial e industrial, propriedades e aplicações de: água, peróxido de hidrogénio, cloratos, hipocloritos, sulfuretos, sulfatos, sulfitos, amoníaco, ácido nítrico, nitratos, óxido de carbono, anidrido carbónico, carbonatos e bicarbonatos.

III) Noções químico-industriais mais importantes de:

1) Adubos:

- a) Sulfato de amónio;
- b) Superfosfatos;
- c) Cianamida cálcica.

2) Combustíveis:

- a) Sólidos;
- b) Líquidos;
- c) Gasosos.

3) Vidro e cerâmica.

4) Cal, cimento e gesso.

IV) Metais:

1) Ideias gerais sobre metalurgia.

2) Estado natural, propriedades, extracção e aplicações de: ferro, níquel, potássio, sódio, cálcio, cobre, prata, ouro, zinco, alumínio, estanho, chumbo, arsénio, antimónio, crómio, magnésio, molibdeno, volfrâmio e urânio.

B) Química orgânica

I) Objecto da química orgânica:

II) Funções da química orgânica:

Preparação e propriedades dos mais importantes:

- 1) Hidrocarbonetos.
- 2) Alcoois, aldeídos e acetonas.
- 3) Ácidos e ésteres.
- 4) Éteres.
- 5) Aminas e amidas.
- 6) Nitrilos e isonitrilos.
- 7) Óximas.
- 8) Iminas e imidas.
- 9) Anidridos de ácidos.
- 10) Derivados halogenados e nitrados.
- 11) Hidroxilaminas.
- 12) Hidrazinas.
- 13) Cetenas.
- 14) Lactonas.
- 15) Série aromática.

III) Hidratos de carbono. Proteínas. Gorduras. Alcalóides. Fermentações.

Análises bromatológicas e biológicas

A) Biológicas:

1) Substâncias minerais:

Pesquisa e doseamento dos principais elementos inorgânicos que entram na constituição orgânica.

2) Substâncias orgânicas:

- a) Reacções dos hidratos de carbono;
- b) Reacções das gorduras;
- c) Reacções de proteínas;
- d) Noções de técnica microbiológica.

3) Técnica geral do exame microscópico.

4) Esterilização (pelo calor, fraccionada, por filtração; velas filtrantes).

5) Noções gerais sobre os meios de cultura. Métodos de cultura.

6) Exame de bactérias.

7) Principais fermentações.

B) Bromatológicas:

1) Análise de água potável.

2) Análises de vinho, cerveja, vinagre e aguardentes.

3) Análises de leite, manteiga e queijos.

4) Análises de óleos comestíveis.

5) Análises de farinhas e pão.

6) Análises de substâncias açucaradas.

7) Análises de café, chá e cacau.

8) Análises de conservas alimentares.

Laboratório de química geral

1.º ano

1) Preparações e experiências demonstrativas das principais propriedades dos seguintes compostos: hidrogénio, oxigénio, ozono, cloro, nitrogénio, ácido clorídrico, água oxigenada, ácido sulfídrico, amoníaco, anidrido sulfuroso, anidrido carbónico, ácido nítrico, carbonato de sódio.

2) Determinação das densidades, com auxílio de tabelas, das concentrações de soluções.

3) Noções práticas de acidimetria e alcalimetria.

4) Ensaaios de dureza de águas.

2.º ano

1) Preparações e experiências demonstrativas das principais propriedades dos seguintes corpos: sulfato de sódio, tiosulfatos, sulfato de sódio, sulfato de zinco, alúmenes, metano, etileno, clorofórmio, brometo de etilo, álcool etílico, aldeído fórmico, ácido acético, acetona, éter, nitrobenzeno, anilina.

2) Determinação da água da cristalização de sais.

3) Destilação fraccionada.

4) Extracção de óleos e gorduras por solventes.

5) Saponificações. Sabões de soda e de cálcio.

6) Ligações de cadeias e grupos orgânicos.

Química industrial e tecnológica

1) Generalidades. Operações industriais.

2) Indústrias orgânicas de acordo com o desenvolvimento industrial do País, tais como:

a) Ar. Água;

b) Combustíveis;

c) Enxofre e sulfureto de carbono. Ácido sulfúrico, sulfatos e superfosfatos;

- d) Sal comum, ácido clorídrico e sulfato de sódio. Carbonato de sódio. Indústria do cloro;
- e) Ácido nítrico. Amoníaco. Adubos;
- f) Cais, cimentos e gessos;
- g) Indústrias vidreira e cerâmica;
- h) Fósforo e palitos fosfóricos.

3) Indústrias orgânicas:

- a) Indústria da madeira;
- b) Gás de iluminação;
- c) Petróleo e derivados;
- d) Óleos vegetais e animais;
- e) Sabões, velas e glicerina;
- f) Essências, resinas e gomas;
- g) Produtos fermentados;
- h) Indústrias alimentares;
- i) Amido, dextrina e açúcares;
- j) Explosivos e gases tóxicos;
- k) Papel;

- l) Plásticos e aglutinantes;
- m) Corantes e mordentes;
- n) Tanantes, peles e curtumes.

Análises industriais

- 1) Combustíveis.
- 2) Matérias-primas e produtos fabricados das indústrias de: superfosfatos, ácido clorídrico, ácido nítrico, cais e cimentos, vidros e cerâmica.
- 3) Petróleo e derivados.
- 4) Resinas e gomas.
- 5) Sabões.
- 6) Produtos fermentados.
- 7) Matérias tanantes.

Direcção Geral do Ensino Técnico Elementar e Médio,
3 de Janeiro de 1946. — O Director Geral, *Carlos Proença*.