

INDICE

CAPITULO I

	Pág.
1. — Valor exacto y aproximación de las medidas	1
2. — Definición y clasificación de errores	2
3. — Teoría de Gauss — Hipótesis fundamentales	4
4. — Fórmula de Gauss	5
5. — Valor más probable — Error medio	9
6. — Errores medios del promedio y de cada observación	10
7. — Error más probable	13
8. — Peso de los errores	15
9. — Ley de propagación de errores	16
10. — Cálculo aproximado de propagación de errores	20
11. — Resumen	21
12. — Método de los cuadrados mínimos	23
13. — Fundamentos del método de los cuadrados mínimos	24
14. — Compensación de observaciones directas	25
15. — Ejemplos	27
16. — Aplicación de la teoría de errores al trabajo experimental	34

CAPITULO II

METROLOGIA

2-1. — Vernier rectilíneo y circular.

17. — Construcción	36
18. — Aproximación	36
19. — Lecturas en el vernier	38
20. — Usos del vernier, limitaciones	39

2-2. — Micrómetro óptico.

21. — Principio del micrómetro	40
--------------------------------------	----

2-3. — Micrómetros oculares.

22. — Descripción	42
-------------------------	----

2-4. — Otros métodos para medir longitudes

23. — Métodos mecánicos y métodos ópticos	44
---	----

2-5. — Medida de ángulos pequeños.

24. — Método de anteojo escala y espejo (Poggendorff)	45
---	----

2-6. — Goniómetro.

25. — Descripción	47
-------------------------	----

	Págs
26. — Condiciones que debe reunir el instrumento	47
27. — Puesta a punto del goniómetro	48
28. — Medición de ángulos	51
29. — Errores de excentricidad	51
30. — Errores de graduación del limbo	52

Trabajo práctico con goniómetro. — Medida del ángulo refringente de un prisma.

31. — Primer método — Prisma fijo y anteojo móvil	53
32. — Segundo método — Anteojo fijo y prisma móvil	54
33. — Tercer método — Con ocular de Gauss	54
34. — Detalles prácticos	56
Guía para realizar el trabajo de goniometría	56

2-7. — Balanza de precisión.

35. — Teoría	58
36. — Sensibilidad	59
37. — Variación de la sensibilidad	60
38. — Definición práctica de la sensibilidad	60
39. — Curva de sensibilidad	61
40. — Determinación de la posición de equilibrio	62
41. — Nota	63

Trabajos prácticos con balanza

1) Obtención de una curva de sensibilidad

42. — Indicaciones generales	67
43. — Lecturas	67
44. — Ejemplo	68
45. — Detalles constructivos	68
46. — Nota importante	69
Guía para efectuar el trabajo sobre sensibilidad de la balanza	70

2) Pesadas con balanza de precisión

47. — Generalidades	71
48. — Cero de la balanza	72

Métodos de pesadas.

49. — a) Método de Gauss (doble pesada)	73
50. — b) Método de Borda (Sustitución)	76

Correcciones.

51. — Reducción al vacío	77
52. — Peso absoluto en Buenos Aires	78
53. — Errores provenientes de las pesas	79
54. — Pesada simple	79
Guía para efectuar el trabajo de pesadas con la balanza de precisión	80

3) Calibración de una caja de pesas.

55. — Método	82
Guía para efectuar el trabajo de calibración de una caja de pesas	84

2-8. — Catetómetro.

	Pág.
56. — Descripción	84
57. — Preparación del aparato	85

Aplicación del catetómetro al cálculo de la densidad del mercurio

58. — Método	87
Guía para efectuar el trabajo de manejo del catetómetro	88

CAPITULO III

MECANICA DE SOLIDOS, LIQUIDOS Y GASES

3 A. — DENSIDADES.

59. — Definiciones	91
--------------------------	----

3 A-1. — Densidades por el método de Arquímedes.

60. — Densidad de sólidos	93
61. — Densidad de líquidos	94
62. — Detalles experimentales	95
Guía para realizar el trabajo de determinación de densidades por el método de Arquímedes	95

3 A-2. — Densidad de un sólido por el método de picnómetro.

63. — Picnómetros	97
64. — Detalles experimentales	98
Guía para efectuar el trabajo con picnómetro para sólidos	100

3 A-3. — Picnómetros para líquidos.

65. — Detalles experimentales	101
Guía para realizar el trabajo sobre densidad de líquidos con picnómetro ...	102

3 A-4. — Manejo de la balanza de Mohr. — Contracción de mezclas de alcohol y agua.

66. — Descripción de la balanza	103
67. — Verificación de los jinetes	103
68. — Determinación de una densidad	104
69. — Aplicación. — Contracción de mezclas de alcohol y agua	104
Guía para efectuar el trabajo de balanza de Mohr	106

3 A-5. — Otros métodos para determinar densidades.

70. — Balanza de Jolly	107
71. — Hidrómetro	108
72. — Areómetros de Nicholson y Fahrenheit	109
73. — Densímetros	110

3 A-6. — Densidad del aire.

74. — Método de medida	110
75. — Corrección de volumen	113
Guía para efectuar el trabajo sobre densidad del aire	113

3 B. — BAROMETRIA Y MANOMETRIA.

3 B-1. — Medida de la presión atmosférica con el barómetro de Fortin.

	Pag.
76. — Presión atmosférica normal	116
77. — Medida de la presión con el barómetro de Fortin	116
78. — Correcciones	118

3 B-2. — Medición de pequeñas presiones con el manómetro de McLeod.

79. — Método de medida	121
------------------------------	-----

3 C. — ELASTICIDAD DE SOLIDOS.

3 C-1. — Medida del módulo de Young por tracción. — Verificación de la ley de Hooke.

80. — Definiciones	123
81. — Métodos para la medida de los alargamientos	124
82. — Verificación de la ley de Hooke	127
83. — Cálculo del módulo de Young	127
Guía para efectuar el trabajo de determinación del módulo de Young	128

3 C-2. — Determinación del módulo de torsión. — Método estático.

84. — Definición	132
85. — Torsión de una varilla cilíndrica recta, de sección circular	132
86. — Demostración de la fórmula	133
87. — Método de medida del módulo de torsión	135
Guía para determinar el módulo de elasticidad por torsión	136

3 C-3. — Estudio de las deformaciones elásticas de un resorte.

88. — Relación entre cargas y alargamientos	137
89. — Demostración de la fórmula	138
90. — Método estático para la determinación del coeficiente de proporcionalidad	139
91. — Método dinámico para obtener el coeficiente C	140
92. — Trabajo de deformación y alargamiento	141
Guía para ejecutar el trabajo de estudio de las deformaciones elásticas de un resorte	142

3 D. — VISCOSIDAD.

93. — Definición y fórmulas	145
94. — Demostración de la fórmula de Poiseuille	146
95. — Viscosímetro de Ostwald	148
Guía para realizar el trabajo de viscosímetro	149

3 E. — OSCILACIONES. — PENDULOS. — MOMENTOS DE INERCIA. ROTACIONES

96. — Definiciones	151
--------------------------	-----

3 E-1. — Péndulo físico.

97. — Fórmulas del péndulo físico	152
98. — Determinación de la aceleración de la gravedad con el péndulo	152
99. — Medición del período de un péndulo con cronómetro a disparador	154
Guía para determinar g con el péndulo	156

	Pág.
100. — Determinación del momento de inercia de un cuerpo utilizándolo como péndulo físico	157
Guía para realizar el trabajo de determinación de un momento de inercia con péndulo físico	159

3 E-2. — Péndulo de torsión.

a) Método dinámico para la determinación del módulo de elasticidad por torsión.	
101. — Fórmulas y procedimientos	160
102. — Determinación del momento de inercia I	161
Guía para efectuar el trabajo de módulo de torsión por método dinámico ...	163
b) Determinación de momentos de inercia.	
103. — Fórmulas y procedimiento	164
Guía para efectuar el trabajo de determinación de un momento de inercia con péndulo de torsión	165

3 E-3. — Estudio de un movimiento oscilatorio amortiguado.

104. — Definiciones y fórmulas	166
105. — Método a aplicar	168
Guía para efectuar el estudio de un movimiento amortiguado	170

3 E-4. — Estudio del movimiento de rotación de un volante.

106. — Ecuación del movimiento	172
107. — Resistencias de frotamiento	172
108. — Determinación de p	173
109. — Otro procedimiento para hallar p	173
110. — Determinaciones a efectuar	174
Guía para efectuar el estudio del movimiento de un volante	177

CAPITULO IV

ACUSTICA

4 A. — PROPAGACION Y VELOCIDAD DE ONDAS.

111. — Propagación de ondas	182
112. — Ondas de presión. — Cápsula manométrica	185
113. — Representación gráfica de las ondas	185
114. — Superposición de ondas. — Principio de Fresnel	187
115. — Interferencias. — Ondas estacionarias	189
116. — Fórmula de la velocidad de propagación de ondas	193
117. — Variación de la velocidad del sonido con la temperatura	198
118. — Influencia de la humedad	198
119. — Velocidad de propagación en tubos	200

4 B. — METODOS PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL SONIDO.

120. — Método directo	200
121. — Método de interferencias (Quinke)	201
Guía para efectuar el trabajo: Medida de la velocidad del sonido por interferencias	204
122. — Método de resonancia	206

	Pág.
Guía para efectuar el trabajo: Medida de la velocidad del sonido por resonancia	208
123. — Tubo de Kundt: a) determinación de $\kappa = \frac{C_p}{C_v}$	209
123. — b) Determinación de la frecuencia del sonido y del módulo de elasticidad de la varilla	210
Guía para efectuar el trabajo del tubo de Kundt	210

CAPITULO V

OPTICA

5 I. — Medida del índice de refracción de un sólido.

124. — Fórmulas del prisma	212
125. — Método a seguir	213
Guía para efectuar el trabajo: medida del índice de refracción de un sólido	214

5 II. — Medida del índice de refracción de un líquido.

126. — Angulo límite e índice relativo al aire	216
127. — Índice absoluto	216
128. — Medida del ángulo límite	216
129. — Aclaración	218
Guía para efectuar el trabajo práctico: medida del índice de refracción de líquidos	219

5 III. — Medida de los radios de curvatura de una lente. — Cálculo de la distancia focal.

130. — Imágenes en una lente	220
131. — Método de medida R	221
132. — Dispositivo práctico de medida	224
133. — Medida del ángulo φ con el teodolito	224
134. — Verificación con el esferómetro	226
135. — Cálculo de la distancia focal	227
Guía para efectuar el trabajo: medida de los radios de curvatura de las caras de una lente	228

5 IV. — Distancia focal de sistemas centrados.

136. — Definiciones	230
137. — Determinaciones experimentales	231
Guía para el trabajo: Distancia focal de sistemas centrados	232

5 V. — Anteojo astronómico de Kepler.

138. — Marcha de rayos	233
139. — Enfocado	234
140. — Diafragmas de un sistema óptico. — Iris y pupilas	234
141. — Pupilas en el anteojo astronómico	236
142. — Campos real y aparente. — Diafragmas de campo	236
143. — Posición del ojo	239
144. — Oculares y objetivos	239
145. — Reticulo	240
146. — Objeto en el infinito. — Sistema telescópico	241
147. — Aumento del anteojo	243

	Pág.
148. — Otra expresión del aumento	244
149. — Limitaciones del aumento. — Poder separador. — Aumento normal	245
150. — Medida del aumento del anteojo astronómico	246
151. — Anteojo enfocado a distancias finitas	247

Detalles prácticos para la medida del aumento de un anteojo astronómico.

152. — Primer método	250
153. — Segundo método	252
Guía para efectuar el trabajo: Medida del aumento de un anteojo astro- nómico	253

5-VI. — Estudio de un microscopio.

154. — Definiciones	255
155. — Determinación del aumento por observación directa	256
156. — Otro método para la determinación del aumento	256
157. — Manejo de la cámara clara	257
158. — Abertura numérica	257
159. — Verificación de la condición de los senos	259

5-VII. — Calibración de un espectroscopio.

160. — Definiciones y fórmulas	260
161. — Procedimientos para obtener espectros de emisión	263
162. — Espectros de absorción	266
163. — Espectro solar. — Líneas de Fraunhofer	267
164. — Registro fotográfico de los espectros	267
165. — Fórmulas de interpolación	269
166. — Espectroscopios calibrados en longitudes de onda	269
Guía para efectuar el trabajo: Calibración de un espectroscopio	271

5-VIII. — Fotometría. — Empleo del fotómetro de Weber. — Comparación de fuentes heterócromas.

167. — Intensidad de una fuente luminosa	273
168. — Iluminación y flujo luminoso	273
169. — Unidades de intensidad	275
170. — Unidades de iluminación	275
171. — Unidades de flujo luminoso	275
172. — Principio de los fotómetros	276
173. — Fotómetro de Bunsen	276
174. — Fotómetro de Lummer y Brodhum	276
175. — Fotómetro de Weber	279
176. — Constantes de las placas	282
177. — Medida de intensidades. — Luces de distinto color	282
178. — Variación de la intensidad con la dirección	283
Guía para efectuar el trabajo sobre fotometría	285

5-IX. — Polarimetría.

179. — Polarización de la luz	287
180. — Doble refracción	288
181. — Prisma de Nicol	288
182. — Explicación de la polarización	289
183. — Polarización rotatoria	290
184. — Polarímetros	291
185. — Sentido de la rotación	292
186. — Dosaje de sacarosa	292

	Pág.
187. — Métodos para mejorar la determinación del ángulo de giro del plano de polarización	293
187 a). — Escala sacarimétrica	294
Guía para efectuar el trabajo sobre polarimetría	294

5-X. — Medida de longitudes de onda con la red de difracción.

188. — Generalidades	296
189. — Red de difracción	297
190. — Espectros normales	299
191. — Medida de los ángulos de difracción	299
192. — Determinación de la constante de la red	300
193. — Cálculo de la longitud de onda en el aire	300
Guía para efectuar el trabajo de medida de longitudes de onda con la red de difracción	300

CAPITULO VI

CALOR

6-I. — Termómetro de gas.

194. — Objeto	302
195. — Teoría elemental	302
196. — Teoría completa	303
197. — Indicaciones generales	304
Guía para realizar el trabajo de termómetro de gas	305

6-II. — Termómetro de peso.

198. — Aparato y método de trabajo	307
Guía para realizar el trabajo de termómetro de peso	308

6-III. — Calor específico de sólidos.

200. — Definición	309
201. — Calorímetro de las mezclas	309
202. — Correcciones	310
Guía para realizar el trabajo sobre calor específico de sólidos	312

6-IV. — Calor de fusión de sólidos.

203. — Definición	313
204. — Método de medida	313
Guía para realizar el trabajo sobre calor de fusión de sólidos	315

6-V. — Calor de vaporización.

205. — Definición	315
206. — Método de medida	315
Guía para realizar el trabajo sobre calor de vaporización	317

6-VI. — Tensión de los vapores saturados. — Variación con la temperatura.

207. — Método experimental	318
Guía para efectuar el trabajo sobre tensión de los vapores saturados	319

CAPITULO VII

ELECTRICIDAD

7-I. — Electrómetro bifilar de Wulf.

	Pág.
208. — Descripción del instrumento	320
209. — Calibración	322
210. — Determinación de la capacidad del electrómetro	323
211. — Reconocimiento de la polaridad de una batería con el electrómetro	324
212. — Comparación de capacidades	325
213. — Comprobación de la ley de Ohm	326
Guía para efectuar el trabajo sobre electrómetro de Wulf	328

7-II. — Comparación de resistencias con el puente de Wheatstone.

214. — Teoría	330
215. — Nota	330
216. — Puente de hilo (Kirchhoff)	331
217. — Puente de caja	332
218. — Determinación del error de las mediciones	333
219. — Valor mínimo del error	334
220. — Modo de operar	335
Guía para realizar el trabajo de puente de Wheatstone	336

7-III. — Medición de resistencias aplicando la ley de Ohm.

221. — Teoría	337
Guía para efectuar el trabajo de medición de resistencias aplicando la ley de Ohm	339

7-IV-A. — Medición de fuerzas electromotrices.

222. — Teoría	340
223. — Método de compensación (Poggendorff)	341
224. — Electrómetro capilar	343
225. — Empleo de una pila normal	343
Guía para efectuar el trabajo de medida de f. e. m. por oposición empleando pila normal	344

7-IV-B. — Aplicación del potenciómetro.

226. — Electrodo y pilas reversibles	345
227. — Pila de Daniell	346
Guía para el trabajo sobre pilas reversibles	347
228. — Observación	348
229. — Cálculos	348

7-IV-C. — Electrodo normales. — Potenciales relativos de electrodos.

230. — Teoría	350
231. — Electrodo de Calomel	351
Guía para efectuar el trabajo sobre electrodos normales	352

7-IV-D. — Calibración de un amperímetro o un voltímetro con el potenciómetro

232. — Explicación	354
--------------------------	-----

7-V. — Calibración de un amperímetro por aplicación de las leyes de Faraday.

	Pág.
233. — Teoría	355
Guía para realizar el trabajo de calibración de un amperímetro y determinación del equivalente electroquímico del H.	358

7-VI. — Conductividad de electrolitos.

234. — Definiciones	360
235. — Método de medida	360
236. — Determinación de C.	362
237. — Condiciones de la instalación. — Causas de error	362
238. — Aclaración	363
239. — Otros métodos para mejorar la sensibilidad	364
Guía para efectuar el trabajo sobre conductividad de electrolitos	365

7-VII. — Galvanómetro balístico.

240. — Generalidades	366
241. — Galvanómetros a campo radial	367
242. — Galvanómetro balístico	367
243. — Teoría del galvanómetro balístico	368

Determinación de la constante de un galvanómetro balístico

244. — Resultado de la teoría	375
245. — 1er. Método: Calibración con una capacidad	376
246. — 2º Método: Calibración con una inducción mutua	377
Guía para realizar el trabajo de galvanómetro balístico	378
247. — Nota	380

APENDICE

INDICACIONES GENERALES Y TABLAS

248. — Esquemas y cuadros de valores	383
249. — Gráficos	383

Regla de cálculo.

250. — Teoría de la regla de cálculo	384
251. — Multiplicaciones y divisiones	385
252. — Número de cifras enteras en los productos y cocientes	386
253. — Combinación de productos y cocientes	388
254. — Cuadrados y raíces cuadradas	389

TABLAS

I. — Fórmulas aproximadas	393
II. — Constantes físicas más importantes	394
III. — Pesos atómicos de los elementos y sus isótopos	395
IV. — Reducción de pesadas al vacío	403
V. — Densidad del agua a diversas temperaturas	404
VI. — Densidades de algunos sólidos y líquidos	405
VII. — Constantes físicas de los sólidos	406
VIII. — Constantes físicas de los líquidos	408
IX. — Constantes físicas de los gases	409
X. — Densidades de mezclas de alcohol y agua	409

	Pág.
XI. — Momentos de inercia	410
XII. — Módulos de elasticidad	411
XIII. — Reducción de alturas barométricas a 0°	412
XIV. — Corrección de capilaridad	413
XV. — Coeficiente de viscosidad del agua	413
XVI. — Índices de refracción en función de la longitud de onda y poder rotatorio del cuarzo	414
XVII. — Longitudes de onda características	415
XVIII. — Espectros de líneas en el visible con indicación de longitudes de onda	416
XIX. — Constantes fotométricas	420
XX. — Poder rotatorio de diversas sustancias	421
XXI. — Tensión y densidad del vapor de agua saturado	422
XXII. — Tensión del vapor de agua saturado entre 90° y 200°	423
XXIII. — Punto de ebullición del agua en función de la presión	424
XXIV. — Equivalentes electroquímicos	424
XXV. — Resistencias específicas y coeficientes de temperatura	425
XXVI. — Conductividad de soluciones	426
XXVII. — Conductividad equivalente de soluciones acuosas	427
Logaritmos hasta 9999 con cuatro decimales	428