

<i>Prólogo</i>	1
1 La forma de comunicar el resultado de una medición	
1. Magnitudes y cantidades	3
2. La operación de medir una cantidad	3
3. Los sistemas que intervienen en una medición	4
4. ¿Qué es una magnitud?	4
5. La apreciación de un instrumento	5
6. La estimación de una lectura	5
7. La expresión de una lectura	6
7.1 El número de cifras de una lectura	7
7.2 El valor del cero en una lectura	8
8. Los errores casuales	8
9. Lo significativo en una medición	9
10. El histograma de una medición.	10
11. El valor de la cantidad medida	13
12. Una valoración del proceso de medición.	13
12.1 La desviación de una lectura	14
12.2 El error medio cuadrático de las lecturas	14
12.3 La calidad de la medición y el ancho del histograma.	15
13. La expresión de una medición	15
13.1 Observación	16
13.2 Ejemplo 1	16
13.3 Ejemplo 2	17
13.4 Ejemplo 3	19
13.5 Una muestra parcial	20
2 El significado del promedio y de su error medio cuadrático	
1. Los orígenes de las incertezas.	22
2. Los intervalos de incerteza	23
3. El error medio cuadrático del promedio.	24
4. Confirmación y extensión de la razón de ser del promedio.	27
5. La importancia y el alcance de una sola serie de lecturas	27
6. ¿Puede anularse la fluctuación de los promedios?	29
7. Ejemplo: Una medición del segundo sidéreo	31
a) Descripción del equipo	31
b) Las lecturas	32
c) Cómo comunicar el resultado de esta mediciones.	32
d) Los errores de promedios con distintos N.	33

3 Las representaciones gráficas de una medición

1. Planteamiento del problema	35
2. Experimento 1	35
2.1 Un registro	35
2.2 Elección de una regla	36
2.3 La apreciación de la regla	38
2.4 La estimación de una lectura	38
2.5 El cero de las escalas	38
2.6 Las lecturas de las posiciones x ; de los puntos P de la trayectoria	38
2.7 La curva $x = x(t)$	40
a) Las escalas	40
b) La forma de la curva	40
2.8 La representación gráfica de $v = v(t)$	41
a) Las escalas	41
b) La estimación de los valores.	41
c) La forma de la curva $v = v(t)$	43
d) La pendiente de $v = v(t)$ es una medida de aceleración	43
e) La ley definida por la gráfica $v = v(t)$	44
f) Una verificación interesante.	44
2.9. La representación gráfica de la aceleración $a = a(t)$	44
a) Las escalas	44
b) La forma de la curva $a = a(t)$	45
3. Experimento 2: análogo al 1, pero con $m = 5$	45
4. Comprobación del principio de masa	47
5. Experimento 3: otra comprobación	49
6. Propuesta para realizar un experimento	51
7. Experimento 4: el movimiento de un péndulo	53
7.1 La propagación de incertezas	54
7.2 Ejercicio	54
8. Experimento 5: refracción de la luz en querosene	57
8.1 El dispositivo experimental	57
8.2 Las lecturas	58
8.3 El número de decimales de los senos	58
8.4 ¿Qué representar en los ejes coordenados?	58
a) Representación de $r = f(i)$	60
b) Representación de $\text{sen } r = f(\text{sen } i)$	60
9. Ejercicio: refracción en el agua.	61

4 Cómo se propagan las incertezas en las estimaciones

1. ¿En qué consiste el problema?	63
2. Mediciones indirectas	64
3. Cantidad suma de otras.	64
3.1 Ejemplo.	65
3.2 Ejemplo.	65

4. Un caso particular de la suma: cantidad múltiplo de otra	66
4.1 Ejemplo.	66
4.2 Otro ejemplo	67
5. Cantidad diferencia de otras dos.	68
5.1 Ejemplo.	68
6. La apreciación relativa	69
6.1 Ejemplo.	69
6.2 Un tercer ejemplo	70
7. Cantidad producto de otras.	70
7.1 La apreciación relativa de una cantidad producto de otras	71
7.2 Ejemplo.	71
7.3 Ejemplo.	72
8. Un caso particular: cantidad potencia enésima de otra	74
8.1 El número de cifras en las cuentas.	75
9. Cantidad cociente de otras dos.	76
10. Aplicaciones.	77
10.1 Medición indirecta de una velocidad	77
10.2 El calorímetro de las mezclas.	78
10.3 El módulo de Young	81
10.4 El isocronismo de un péndulo	83
11. Un ejemplo muy especial: medición de la aceleración de la gravedad con un péndulo	84
11.1 Las cifras de π	85
11.2 Medición de la longitud del hilo	85
11.3 El período T	86
11.4 El radio r del hilo	88
12. Incertezas y barras de error	89
13. Resumen y comentario.	91

5 La ley de probabilidad de los errores experimentales

1. Probabilidades y errores	92
2. Generalidades sobre probabilidades.	92
2.1 Definición 1	92
2.2 Definición 2	92
2.3 Definición 3	93
3. Probabilidades e histogramas	93
4. Del histograma a la gaussiana	94
5. Densidad de probabilidad	94
5.1. Propiedades de la densidad de probabilidad	95
6. Los errores experimentales están regidos por la ley de la probabilidad normal	97
7. Un cambio de variables para disponer de una tabla general.	98
7.1 Ejemplo 1	100
7.2 Ejemplo 2	101
7.3 Ejemplo 3	101
8. Dos criterios para desechar lecturas equivocadas	101

8.1 Ejemplo 1	102
8.2 Ejemplo 2	103

6 De las mediciones indirectas

1. El promedio y la probabilidad máxima	104
2. El valor más probable de una medición indirecta	105
2.1 Una definición directa, pero engorrosa de calcular	106
2.2 Cálculo estadístico del valor más probable	106
3. El error medio cuadrático de las lecturas indirectas	107
4. El error medio cuadrático del promedio de una medición indirecta	109
5. Expresión del resultado	109
6. Ejemplo.	110
6.1 Un fruto del cálculo de incertezas.	110
6.2 El cálculo de errores.	110
6.2.1 Las mediciones directas	111
6.3 Expresión de la medición	112

7 Promedios ponderados

1. La idea de aprovechar mediciones diferentes	113
2. La idea de atribuir diferentes “pesos” a diferentes mediciones	113
3. Pesos diferentes por diferencia en el número de lecturas	114
4. Definición de peso de una medición	115
4.1 Ejemplo.	115
5. Generalización	118
5.1 Definición	119
5.2 Definición general del promedio pesado.	119
5.3 El error medio cuadrático del promedio ponderado	119
6. Probabilidad y promedio pesado.	121

8 Los cuadrados mínimos y los parámetros de una curva experimental

1. En qué consiste el problema	123
2. Los parámetros de una recta	123
2.1 Ejemplo.	124
3. Los errores de los parámetros.	126
3.1 Ejemplo.	128
4. Una curva de segundo grado	129
5. Generalización	131