tiendra le poids d'un litre, autant le volume demandé contiendra de litres. Donc

$$x = 600 : \frac{1^{gr},293 \times 31,548 \times 0,7 \times 5}{(1 + 0,00367 \times 30)\ 770 \times 8} = \frac{600\ (1 \times 0,00367 \times 30)\ 760 \times 8}{1,293 \times 31,548 \times 0,7 \times 5}$$
$$= 28364 \text{ litres.}$$

XCVIII. — On demande, à 0° et sous la pression $0^m,760$, le poids d'un volume d'air sec, sachant que ce volume saturé, à 18° et à la pression $0^m,780$, pèse $16^{gr},25$. — La force élastique de la vapeur d'eau à 18° est $0^m,01535$, et sa densité égale $\frac{5}{8}$ de celle de l'air.

Pour avoir le volume d'air qui, à l'état de saturation, à 18° et à la pression 780, pèse $16^{gr},25$, cherchons le poids d'un litre d'air saturé dans les mêmes conditions. Ce poids, qui se compose du poids d'un litre d'air sec, plus du poids d'un litre de vapeur, est

$$\frac{1^{gr},293\ (780 - 15,35)}{(1 + 0,00367 \times 18)\ 760} + \frac{1^{gr},293 \times 15,35 \times 5}{(1 + 0,00367 \times 18)\ 760 \times 8}.$$

Réduisant au même dénominateur et simplifiant, on trouve, pour le poids d'un litre d'air saturé à 18° et à 780^{mm} de pression, $\frac{1^{gr},293\ (780 \times 8 - 15,35 \times 5)}{(1 + 0,00367 \times 18)\ 760 \times 8}$.

Divisant le poids donné $16^{gr},25$ par le poids d'un litre, on a pour le volume cherché

$$\frac{16^{gr},25\ (1 + 0,00367 \times 18)\ 760 \times 8}{1^{gr},293\ (780 \times 8 - 15,35 \times 5)}.$$

Or c'est de ce volume qu'on demande le poids à 0° et à 760, quand il ne contient que de l'air sec. On aura donc le poids demandé en multipliant ce volume par $1^{gr},293$, ce qui s'obtient en supprimant ce facteur dans le dénominateur; donc on a pour solution $\frac{16^{gr},25\ (1 + 0,00367 \times 18)\ 760 \times 8}{780 \times 8 - 15,35 \times 5} = 17^{gr}$.

XCIX. — La densité de l'éther liquide à 0 est 0,75; celle de l'éther gazeux rapporté à l'air 2,5. On demande l'épaisseur que doit avoir à 0° une couche cylindrique d'éther pour que, transformée en vapeur à 38°, dans un tube de même section et de 1 mètre de long, elle donne une vapeur à la tension de $0^m,70$. — Le poids du litre d'air sec est $1^{gr},293$, et le coefficient de dilatation des gaz 0,00367; l'éther entre en ébullition à 36°, à la pression de $0^m,76$.

Soient 100^{cq} la section du tube, et x l'épaisseur de la couche d'éther liquide; son poids, en grammes, est $100 \times x \times 0,75$. Quant à la vapeur, son volume, en litres, est 10, et son poids est $\frac{1^{gr},293 \times 10 \times 2,5 \times 70}{(1 + 0,00367 \times 38)\ 76}$. Égalant ce poids au premier poids $100\,x \times 0,75$, et résolvant, on trouve $x = 3^{mm},5$.

C. — On a refroidi, de 30 à 10°, un volume d'air de 500 litres, saturé d'humidité à la pression 760^{mm}. Quel est le poids de la vapeur condensée, et quel est le volume de l'air refroidi à 10°, à la même pression? — Densité de la vapeur d'eau $\frac{5}{8}$; tension maximum à 30° $30^{mm},3$, à 10° $9^{mm},43$; poids d'un litre d'air sec $1^{gr},293$; coefficient de dilatation des gaz $\frac{1}{273}$.

Poids de la vapeur condensée, $10^{gr},1$; volume de l'air refroidi, 454 litres.

FIN DES PROBLÈMES.

TABLE DES MATIÈRES

LIVRE I

MATIÈRE, MOUVEMENT ET FORCES

CH. I. — *Notions préliminaires.* 1
Matière, corps, propriétés des corps. 1
Substances simples, substances composées. 1
Phénomènes. 2
Phénomènes physiques, phénomènes chimiques 2
Objet de la physique. 3
Méthode physique ou méthode expérimentale 3
Lois physiques, théories physiques. 4
CH. II. — *Propriétés générales de la matière.* 5
États physiques des corps 5
Classification des propriétés de la matière. 6
Inertie 7
Étendue, impénétrabilité 7
Compressibilité 8
Divisibilité. 9
Atomes. 9
Molécules. 10
Pores moléculaires. 11
Porosité, pores sensibles, perméabilité. 12
Éther. 12
Mouvements moléculaires de la matière 13
Constitution de la matière 14
Anciens fluides impondérables. — Anciens agents physiques. — Physique nouvelle. 15
Divisions de la physique. 16
CH. III. — MÉCANIQUE. — *Notions de cinématique.* 17
Divisions de la mécanique 17
Définitions préliminaires. 18
Mouvement uniforme. 18
Mouvement varié. 20
Mouvement rectiligne uniformément varié. 23
Accélération dans un mouvement varié quelconque, mais rectiligne. 25
Mouvement absolu, mouvement relatif. — Mouvement apparent. 26
Composition des mouvements. 27
Principe du mouvement relatif. 27
Composition de deux mouvements rectilignes et uniformes 28
Composition de plusieurs mouvements rectilignes et uniformes. 28
Règles du polygone des vitesses et du parallélépipède des vitesses 29
Décomposition d'un mouvement rectiligne uniforme. 30
Composition des mouvements rectilignes uniformément variés, sans vitesses initiales. 31
Composition de deux mouvements rectilignes, l'un uniforme et l'autre uniformément accéléré, sans vitesse initiale 32
Accélération dans un mouvement varié curviligne 34
Mouvement circulaire uniforme. 36
CH. IV. — MÉCANIQUE. — *Notions de statique* 37
Forces. 37
Équilibre. — Statique 38
Mesure des forces. — Dynamomètre. 38
Représentation des forces. 39
Composition et décomposition des forces. 39

Résultante et composantes. . . . 39
Composition des forces concourantes 40
Composition et décomposition des forces parallèles. 43
Théorème général des moments.. 45
Expression analytique des moments d'une force par rapport à trois axes rectangulaires. 46
Composition des couples. 47
Équilibre des forces appliquées à un point matériel. 48
Équilibre des couples appliqués à un corps solide libre. 48
Équilibre des forces appliquées à un corps solide libre. 49
Équilibre des forces appliquées à un corps solide gêné. 50
Équilibre d'un système quelconque de forces parallèles appliquées à un corps solide libre. 51
Détermination du centre des forces parallèles.. 51

Ch. V. — Mécanique. — *Notions de dynamique*. 52

Définitions. 52
Principe de l'inertie. 53
Principe du mouvement relatif. . 54
Principe de l'égalité de l'action et de la réaction. 54
Théorèmes fondamentaux.. . . . 54
Masse.. 56
Expression d'une force quelconque.. 57
Quantité de mouvement. — Impulsion.. 57
Proportionnalité des forces aux quantités de mouvement. . . . 58
Travail et force vive.. 59
Travail mécanique d'une force constante en grandeur et en direction. 59
Travail d'une force variable en grandeur et en direction.. . . . 61
Force vive, puissance vive. — Moments d'inertie.. 62
Théorème du travail ou des forces vives.. 64
Transformation du travail en force vive et de la force vive en travail. 65
Énergie actuelle, énergie potentielle. — Énergie totale. 66
Principe de la conservation de l'énergie. 67
Unités métriques d'énergie. . . . 68
Transmission du travail dans les machines.. 69

LIVRE II

PESANTEUR

MOUVEMENT ET ÉQUILIBRE DES CORPS PESANTS

Ch. I. — *Direction et nature de la pesanteur*.. 73

Définition de la pesanteur. 73
Direction de la pesanteur. — Fil à plomb. 73
Verticale. — Définitions accessoires 76
Nature de la pesanteur. — Définition du poids et du centre de gravité des corps. 78

Ch. II. — *Lois de la chute des corps*. 79

Énoncé des lois. 79
Vérification expérimentale des lois. 80
Plan incliné. 82
Machine d'Atwood. 84
Autre usage de la machine d'Atwood.. 89
Appareil de Morin. 90
Conclusions.. 94

Ch. III. — Applications des lois de la chute des corps. — *Centres de gravité. — Équilibre des corps solides pesants. — Mouvement des projectiles dans le vide. — Propriétés mécaniques du plan incliné. — Mouvement pendulaire ou oscillatoire. — Mouvement vibratoire*. 96

Centre de gravité des corps homogènes.. 96
Centre de gravité des solides géométriques. 97
Centres de gravité des surfaces et des lignes. 100

Équilibre des solides pesants. . . 101
Détermination empirique du centre de gravité des corps solides. 103
Mouvement des projectiles dans le vide. 104
Propriétés mécaniques du plan incliné. 113
Mouvement d'un point matériel pesant sur une courbe. . . . 116
Mouvement pendulaire. 118
Autre définition du mouvement pendulaire de petite amplitude. 123
Mouvement vibratoire.. 124

Ch. IV. — *Détermination de l'intensité de la pesanteur. — Pendule. — Expériences de Borda. — Applications du pendule*. . . 126

Procédés divers de détermination de g. 126
Pendule. 127
Lois expérimentales du pendule. . 131
Vérification expérimentale des lois du pendule. 132
Comparaison du pendule composé et du pendule simple.. 133
Formule du pendule composé. — Longueur du pendule composé, longueur du pendule simple synchrone. 135
Cinquième loi du pendule. Loi des intensités. 137
Longueur du pendule simple synchrone : autre formule. 138
Théorème d'Huygens : Réciprocité de l'axe d'oscillation et de l'axe de suspension. — Pendules réversibles. 140
Application du pendule à la mesure de g.. 142
Expériences de Borda. 143
Résultats des diverses mesures de g à Paris.. 151
Pendule de Kater. 153
Variations de g à la surface du globe.. 153
Variations de g à l'intérieur du globe.. 156
Origine de la pesanteur. — Attraction universelle. 157
Explication de l'attraction solaire. 160
Explication de la pesanteur : elle est un cas particulier de l'attraction universelle.. 161
Causes des variations de g à la surface du globe. 163
Diverses applications du pendule composé. 168

Ch. V. — *Mesure des grandeurs mécaniques et physiques. — Système des unités absolues ou système C. G. S. — Instruments de précision*.. 170

Définitions générales. 170
Avantages généraux d'un système de mesures rationnelles.. . . . 171
Insuffisance du système métrique. Nécessité d'un système de mesures absolues : système de Gauss et système C. G. S.. . . . 173
Exposé du système C. G. S. 174
Conversion des mesures rationnelles en mesures absolues : dimensions et équations de dimensions.. 180
Dimensions et équations des dimensions des principales unités mécaniques dérivées. 183

Mesure des grandeurs fondamentales. 185

Généralités sur les mesures et les instruments de précision. . . . 185
Règles divisées. Mètre-étalon. . 186
Vernier.. 188
Vis micrométrique. 191
Génération et propriétés de l'hélice. 191
Génération et propriétés de la vis. 192
Construction de la vis ordinaire. . 193
Construction de la vis micrométrique. 195
Sphéromètre. 194
Application de la vis micrométrique : appareil de Borda. 196
Machine à diviser. 197
Cathétomètre. 199

Mesure des masses, des poids et des forces. 201

Définitions et généralités. 201
Levier. 202
Balances. 205
Balance de précision 214
Différentes méthodes de pesée. . . 218

LIVRE III

HYDROSTATIQUE

Ch. Ier. — *Caractères generaux des liquides* 220
Objet de l'hydrostatique 220
Caractères physiques des liquides. 220
Compressibilité des liquides. . . . 221
Principe d'égalité de pression ou principe de Pascal. 222
Généralisation du principe de Pascal 224
Pression en un point. 225
Direction des pressions. 226
Presse hydraulique. 227
Presses de Desgoffe et de Cailletet. 229

Ch. II. — Propriétés des liquides pesants en équilibre. — *Pressions sur les parois des vases. — Pressions sur les corps immergés. — Conditions d'équilibre des liquides pesants.* . . . 230

Existence des pressions dans les liquides pesants en équilibre.. . 230
Théorème fondamental. 232
Démonstration du théorème fondamental. 232
Conditions d'équilibre d'un liquide pesant. 233
Pressions sur les parois des vases. 234
Pressions sur le fond plan et horizontal d'un vase.. 234
Vérification expérimentale. . . . 235
Pressions sur une paroi plane latérale.. 237
Centre de pression. 239
Pressions sur l'ensemble des parois d'un vase.. 242
Paradoxe hydrostatique. 244
Vases à réaction 245
Principe d'Archimède.. 247
Pressions sur les corps immergés. 247
Réciproque du principe d'Archimède 249
Détermination du volume d'un corps 250
Équilibre des corps immergés et des corps flottants. 250
Conditions d'équilibre des corps flottants. — Métacentre. . . . 252
Ludion. 253
Natation. 254
Conditions d'équilibre des liquides pesants. 254
Équilibre d'un liquide dans un seul vase 254
Équilibre d'un seul liquide dans un système de vases communiquants. 255
Équilibre des liquides superposés 256
Équilibre de deux liquides hétérogènes dans deux vases communiquants. 259

Ch. III. — Applications des principes d'hydrostatique. — *Détermination des densités et poids spécifiques. — Aréomètres. — Applications diverses.* 260

I. *Détermination des densités*. . . 260
Définitions générales.. 260
Détermination des densités ou poids spécifiques. 264
Densités des solides. 265
Cas particuliers de la densité des solides. 269
Tableau des densités à 0° de quelques solides usuels. 270
Densités des liquides. 271
Tableau des densités à 0° de quelques liquides usuels.. 274
Aréomètres 275
Différents types d'aréomètres. . . 275
Aréomètres de Baumé.. 275
Aréomètre de Cartier. 277
Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac. 277
Extension de la graduation centésimale aux pèse-sels, pèse-lait, pèse-vins, pèse-urine. 279
Graduation par comparaison.. . . 279
Densimètres et volumètres. . . . 281
Utilisation des aréomètres de Baumé comme volumètres et densimètres. 284

II. *Applications diverses*. 285

Niveau d'eau. 285
Niveau à bulle d'air. 286
Cours d'eau. — Jets d'eau. — Puits artésiens. 291

LIVRE IV

PNEUMATIQUE

Ch. I. — Statique des gaz. — *Pression atmosphérique et baromètres* 295
Caractères physiques des gaz. . . 295
Objet de la pneumatique. 299
Hydrostatique des gaz 299
Pression atmosphérique.. 301
Pression atmosphérique : démonstration expérimentale de son existence. 302
Mesure de la pression atmosphérique : expérience de Torricelli. 303
Expériences de Pascal.. 303
Valeur de la pression atmosphérique en kilogrammes. 305
Classification des baromètres. . . 306
Baromètre à cuvette.. 307
Baromètre à niveau invariable.. . 308
Baromètre normal.. 309
Baromètre de Fortin. 310
Baromètres à siphon. 314
Construction des baromètres.. . . 317
Corrections barométriques.. . . . 319
Réduction du baromètre à la latitude de 45° et au niveau de la mer. 323
Pression atmosphérique en unités C. G. S. — Atmosphère C. G. S. . 324
Prévision du temps par le baromètre. 324
Baromètre à cadran.. 325
Mesure des altitudes par le baromètre ou nivellement barométrique. 326
Calcul de la formule barométrique. 328
Baromètres métalliques ou anéroïdes. 329

Ch. II. — Statique des gaz. — *Principe d'Archimède et aérostats*.. 332

Extension du principe d'Archimède au cas des gaz.. 332
Expérience du baroscope.. 333
Conséquences du principe d'Archimède : Poids réels et poids apparents. — Correction des pesées faites dans l'air.. 334
Conséquences du principe d'Archimède : Équilibre des corps immergés dans l'atmosphère. . . . 335
Aérostats : montgolfières et ballons. 336
Principaux organes d'un aérostat ; description. 336
Construction et remplissage des aérostats. 340
Théorie des aérostats. — Force ascensionnelle 343
Manœuvres aéronautiques. 345
Parachute.. 346
Historique de l'invention des aérostats. 348
Ascensions célèbres. 350
Navigation aérienne ou direction des ballons. 353

Ch. III. — Compressibilité des gaz. — *Loi de Mariotte et manomètres*. 360

Loi de Mariotte. 360
Critique de la loi de Mariotte. — Expériences de Despretz. 364
Expériences de Pouillet. 364
Expériences de Dulong et Arago. . 365
Expériences de Regnault.. 366
Expériences postérieures à celles de Regnault.. 370
Expressions analytiques de la loi de Mariotte 371
Manomètres. 372
Définition et classification. 372
Manomètres de Regnault. 373
Manomètres à liquides moins denses que le mercure. 373
Manomètre différentiel de M. Kretz. 375
Manomètre à air libre ordinaire. . 377
Manomètre Desgoffe.. 379
Manomètres à air comprimé. . . 379
Manomètre à sensibilité constante. 383
Manomètres métalliques. — Manomètre de Bourdon. 384
Manomètres de M. Cailletet. . . . 385
Voluménomètre.. 385

Ch. IV. — Expansibilité des gaz. — *Diffusion et dissolution*. 387
Mélange des gaz ou diffusion. . . . 387
Lois du mélange des gaz. 388
Dissolution ou absorption des gaz par les liquides. 390
Étude expérimentale de la solubilité. 391
Application des lois de la dissolution des gaz. 392
Ch. V. — Applications de l'expansibilité des gaz. — *Machines pneumatiques*. 393
Machine pneumatique ordinaire. . 393
Limite du vide. 402
Robinet de Babinet ou robinet à double épuisement. 403
Usages de la machine pneumatique. — Expériences classiques. 405
Machine pneumatique de Bianchi. 406
Machine pneumatique de Deleuil. . 408
Pompe pneumatique de E. Carré. . 410
Machines pneumatiques à mercure. 412
Principe et généralités. 412
Machine d'Alvergniat (modèle primitif). 412
Machine d'Alvergniat (nouveaux modèles) 414
Machine à mercure de Jamin. . . 414
Ch. VI. — Applications de l'élasticité des gaz. — *Pompes de compression. — Trompes soufflantes et aspirantes. — Applications de l'air comprimé*. 418
Machines de compression. . . . 418
Pompe à main. 419
Pompe de Silbermann. 421
Grande pompe de compression. . 421
Pompe Cailletet. 422
Théorie des machines de compression. 423
Limite de la condensation. . . . 424
Trompes aspirantes et soufflantes. 426
Définitions. — Principe. 426
Petite trompe à eau d'Alvergniat. . 427
Trompe portative de M. Lionet. . . 428
Aspirateur de Sprengel : pompe-trompe d'Alvergniat. 428
Aspirateur ordinaire de Sprengel. . 430
Machine soufflante ou trompe à eau. 430
Trompe aspirante et soufflante d'Alvergniat. 430
Applications de l'air comprimé et de l'air raréfié. 432
Généralités et classification. . . . 432
Fusil à vent. 433
Poste ou télégraphe pneumatique. 433
Horloges pneumatiques. 436
Freins automoteurs. — Freins Westinghouse 438
Chemins de fer atmosphériques. . 438
Moteurs à air comprimé. 439
Machines perforatrices. 439
Travaux sous-marins : cloche à plongeur, scaphandre, appareil Triger. 445

LIVRE V

HYDRODYNAMIQUE. — CAPILLARITÉ

Ch. I. — Notions d'hydrodynamique. — *Principe de Torricelli et applications*. 448
Principe de Torricelli : Énoncé et formule. 448
Démonstration du principe. . . . 449
Vérification expérimentale de la formule de Torricelli. 450
Écoulement par les ajutages et tuyaux. 453
Flacon ou vase de Mariotte. . . . 453
Écoulement d'un liquide en contact avec une masse d'air limitée. 455
Pipette. 456
Fontaine intermittente. 457
Ch. II. — Notions d'hydrodynamique (suite). — *Pompes et siphons*. . 458
Classification et définitions préliminaires. 458
Pompes aspirantes. 459
Pompe aspirante et élévatoire. . . 462
Travail nécessaire pour manœuvrer la pompe aspirante. . . . 462

Pompe aspirante à volant. 463
Pompes foulantes. 464
Pompes aspirantes et foulantes. . . 466
Pompes oscillantes. — Pompe de Bramah. 466
Pompes à jet continu. 467
Machines élévatoires ou machines d'épuisement. 468
Fontaine de Héron. 469
Machine de Schemnitz. 470
Siphons. 471
Théorie complète du siphon. . . . 473
Siphon à écoulement constant. . . 474
Siphon intermittent ou vase de Tantale. 474
Fontaines intermittentes naturelles. 475
Ch. III. — *Notions de capillarité*. 476
Phénomènes capillaires : définitions. 476
I. *Phénomènes produits au contact des solides par les liquides qui les mouillent*. 478
Lois de l'ascension des liquides dans les tubes capillaires. . . . 478
Loi de l'ascension des liquides entre deux lames parallèles. 479
Loi de l'ascension des liquides entre deux lames inclinées. . . 479
Vérification des lois. — Expériences de Gay-Lussac. 479
Expériences d'Édouard Desains. . . 483
Influence de la température. — Expériences de M. Wolf. 483
Tension superficielle. 484
Origine de la tension superficielle. — Cohésion des liquides. — État de la couche superficielle. . . . 486
Conséquences de la tension superficielle. — Pression capillaire. — Formule de Laplace. 487
Vérification de la formule de Laplace. — Expériences de Plateau. 488
Théorie des phénomènes capillaires. 490
II. *Phénomènes produits au contact des corps solides par les liquides qui ne les mouillent pas*. 400
Contact des liquides et des solides. — Angle de raccordement. . . . 494
Étude expérimentale de l'angle de raccordement 495
Lois de la dépression des liquides dans les tubes capillaires, et entre les lames parallèles. 496
Vérification des lois de la dépression capillaire. 497
Conséquences relatives à la correction barométrique. — Construction des tables de correction. . . 497
III. *Phénomènes capillaires divers. — Applications*. 498
Longueur de la colonne liquide suspendue dans un tube ouvert. 498
Formation des gouttes à un orifice capillaire. — Loi de Tate. — Théorie du compte-gouttes. . . 499
Exception aux lois de l'équilibre des corps flottants. 500
Mouvements des gouttes dans les tubes capillaires coniques. . . . 500
Mouvements de deux plans parallèles plongeant dans un liquide. 501
Attractions et répulsions des corps flottants. 502
Expérience de M. Lippmann. — Phénomènes électrocapillaires. . 503
Applications de la capillarité aux aréomètres. 504

LIVRE VI

ACOUSTIQUE

Ch. I. — *Production, propagation et réflexion du son*. 506
Objet de l'acoustique. 506
Son et bruit. 506
Cause du son. 506
Le son ne se propage pas dans le vide. 507
Le son se propage dans tous les corps élastiques. 508
Vitesse du son dans les gaz. . . . 508
Formules pour calculer la vitesse du son dans les gaz. 510
Vitesse du son dans les liquides et les solides. 511

Mode de propagation du son dans l'air : Idée synthétique du phénomène. 511
Propagation du son dans l'air : Analyse du phénomène. 515
Réflexion du son 516
Échos et résonnances. 517
Réfraction du son. 520
Circonstances qui font varier l'intensité du son. 521
Renforcement du son par les tuyaux. 522
Speaking-tubes. 523
Porte-voix. 523
Cornet acoustique. 524
Audiphone. 525
Stéthoscope. 526

Ch. II. — Hauteur du son. — *Mesure du nombre des vibrations.* 527

Qualités du son musical. 527
Méthodes diverses pour mesurer le nombre des vibrations. 528
Méthode acoustique. — Sirène de Cagniard de Latour. 528
Sirène de Seebeck. 531
Soufflerie. 531
Roue dentée de Savart. 532
Limite des sons perceptibles. . . 533
Méthode graphique. — Vibroscope de Duhamel. 534
Phonautographe. 535
Phonographe. 535

Ch. III. — Hauteur du son. — *Classement des sons musicaux. — Théorie de la gamme.* 537

Classement des sons. — Intervalles musicaux. 537
Accords : accords consonnants et dissonnants. — Accords parfaits. 539
Harmoniques. 540
Échelle musicale. — Gamme. . . 540
Intervalles successifs des notes : Tons et demi-tons. 541
Gamme naturelle. — Transposition musicale. — Dièses et bémols. . 542
Gammes mineures. — Tons relatifs. 544
Gamme tempérée. — Tempérament. 545
Diapason. 546
Notation des diverses gammes naturelles. — Nombres absolus de vibrations. 547
Limites de l'échelle musicale. . . 548

Ch. IV. — *Vibrations des cordes.* . 548

Cordes vibrantes. — Définitions. . 548
Sonomètre. 549
Lois des vibrations transversales. . 550
Lois des vibrations transversales. — Vérifications. 551
Nœuds et lignes nodales. — Sons harmoniques des cordes. 551
Vibrations longitudinales des cordes. 552

Ch. V. — *Vibrations de l'air dans les tuyaux sonores.* 553

Tuyaux sonores : Définitions. . . . 553
Tuyaux à bouche : Description et jeu. 554
Tuyaux à anche : Description et jeu. 555
Lois expérimentales des tuyaux sonores. 556
Nœuds et ventres de vibration. . . 559
Disposition des nœuds et des ventres. 561
Formules des tuyaux sonores. . . 562
Interférences sonores. — Principe des interférences. 563
Application du principe des interférences aux ondes sonores. — Théorie des tuyaux sonores. . . 564
Théorie des tuyaux sonores. . . . 565
Battements. 566
Sons résultants. 567

Ch. VI. — *Analyse et synthèse des sons. — Timbre. — Perception des sons.* 568

Analyse des sons. — Méthode de M. Helmholtz : Résonnance et résonnateurs. 568
Résonnateurs et appareil analyseur de Kœnig. 568
Résultats généraux. — Cause du timbre. 569
Synthèse des sons. 572

Perception des sons. 572

Description de l'oreille. 572
Mécanisme de l'audition. 574

LIVRE VII

OPTIQUE

Ch. I. — *Propagation de la lumière* 575

Définitions générales. 575
Optique géométrique. — Optique physique. 576

Direction de la propagation. . . . 577

Loi de la propagation rectiligne. . 577
Théorie géométrique des ombres. 578
Applications 581
Images données par les petites ouvertures. 583

Vitesse de propagation. 584

Vitesse de la lumière. — Historique et résultats. 584
Méthode de Rœmer. 586
Expériences de M. Fizeau. 587

Intensité de la lumière transmise. — Photométrie. 588

Définitions. 588
Méthode photométrique. — Photomètres. 588
Photomètre de Rumford. 589
Vérification de la première loi de l'intensité. 590
Photomètre de Bouguer. 591
Photomètre de Foucault. 592
Photomètre de Bunsen. 592
Mesure des pouvoirs émissifs. . . 593

Ch. II. — Catoptrique. — *Réflexion spéculaire et miroirs plans.* . . 594

Réflexion spéculaire. — Définitions et lois. 594
Réflexion irrégulière ou diffusion. 595
Intensité de la lumière réfléchie et de la lumière diffusée. . . . 596
Miroirs. 597
Miroirs plans. — Formation des images. 597
Champ d'un miroir plan. 599
Images virtuelles et images réelles. 600
Miroirs étamés. — Images multiples. 600
Images multiples dans deux miroirs plans inclinés. 601
Kaléidoscope. 602
Images multiples données par deux miroirs parallèles. 602

Ch. III. — Catoptrique (suite). — *Miroirs courbes.* 604

Miroirs sphériques. — Définitions. 604
Miroirs concaves. — Étude géométrique et expérimentale (cas des rayons centraux). 605
Définition des foyers. 605
Foyer principal. — Définition et détermination. 605
Cas des points lumineux. — Foyers conjugués. 606
Cas d'objets lumineux : Construction des images. 609
Miroirs convexes. — Étude géométrique et expérimentale (cas des rayons centraux). 612
Formules des miroirs sphériques concaves de petite ouverture. . 615
Discussion de la formule des miroirs concaves. 616
Formules des miroirs convexes de petite ouverture. 617
Cas des objets lumineux. 618
Aberration de sphéricité. — Caustiques par réflexion. 619
Miroirs paraboliques. 619
Construction et emploi des miroirs aplanétiques. 620
Applications des miroirs. 620

Ch. IV. — Dioptrique. — *Lois de la réfraction simple* 621

Définitions. 621
Lois de la réfraction simple. . . . 622
Indice de réfraction, indice de retour. 625
Phénomènes dus à la réfraction. . 625
Angle limite. — Phénomène de la réflexion totale. 626
Mirage. 628

Ch. V. — Dioptrique (suite). — *Transmission par les milieux réfringents. — Lames et prismes* 629

Lames à faces parallèles. 629
Prismes. — Définitions. 631
Marche des rayons lumineux dans un prisme. 631

Angle de déviation. — Formules du prisme.. 632
Condition expérimentale de la déviation minimum.. 636
Condition d'émergence dans les prismes 637
Prismes à réflexion totale. 637
Mesure de l'indice de réfraction des corps solides. 638
Mesure de l'indice de réfraction des liquides.. 639
Mesure de l'indice de réfraction des gaz. 639
Ch. VI. — Dioptrique (suite). — *Transmission par les milieux réfringents. — Lentilles*.. . . . 641
Définitions. 641
Analogie physique d'une lentille et d'un prisme.. 642
Lentilles minces convergentes : Étude géométrique et expérimentale 643
Foyers : Définition et détermination. 644
Centre optique. — Axes secondaires 646
Détermination expérimentale des foyers 647
Détermination graphique des foyers. 647
Construction des images réelles. . 650
Relation entre la grandeur de l'image et celle de l'objet. 651
Construction des images virtuelles. 651
Lentilles minces divergentes : Étude géométrique et expérimentale.. 652
Foyers virtuels : Construction et détermination 652
Construction des images.. 653
Formules relatives aux lentilles minces. — Théorie des rayons centraux. 653
Discussion des équations fondamentales. 656
Aberration de sphéricité.. 657
Aplanétisme. 659
Aberrations dues à l'épaisseur des lentilles 659
Notions sur les lentilles épaisses. — Théorie des rayons centraux. 659
Ch. VII. — Chromatique. — *Dispersion et achromatisme*.. 664
Décomposition de la lumière blanche. — Spectre solaire. 664
Production d'un spectre pur. — Règle de Newton. 666
Les couleurs du spectre sont simples et inégalement réfrangibles. 667
Recomposition de la lumière blanche 668
Théorie de la composition de la lumière et de la couleur des corps : Idées de Newton. 670
Couleurs complémentaires.. . . . 671
Constitution du spectre solaire : Spectre lumineux, calorifique et chimique.. 671
Spectre lumineux : Pouvoir lumineux des divers faisceaux du spectre. — Expérience de Draper. 672
Spectre calorifique. 672
Spectre chimique : Pouvoir chimique dans ses diverses régions. — Expérience de Stokes.. 673
Aberration de réfrangibilité. . . . 674
Effet d'aberration de réfrangibilité : Irisation des objets vus au travers d'un prisme.. 675
Achromatisme 675
Théorie de l'achromatisme (rayons centraux).. 676
Absorption de la lumière par les milieux transparents. 678
Ch. VIII. — Chromatique (suite). — *Raies du spectre et analyse spectrale*. 678
Raies du spectre. 678
Spectroscopes. 679
Spectroscope ordinaire. 681
Spectroscopes à prismes multiples. 683
Spectroscopes à vision directe. . . 683
Applications du spectroscope. — Analyse spectrale. 686
Découvertes principales de l'analyse spectrale.. 687
Résumé de spectroscopie. — Spectres de divers ordres. 688
Ch. IX. — *Instruments d'optique*.. 691
Définitions et classification. . . . 691
Instruments qui grossissent ou microscopes.. 691
Loupe ou microscope simple.. . . 691
Grossissement.. 694
Correction des aberrations.. . . . 695
Microscope simple.. 695
Microscope composé.. 696
Mesure expérimentale du grossissement.. 697

Description détaillée du microscope.. 698
Achromatisme du microscope. . . 701
Oculaire négatif, oculaire positif . 702
Champ. — Diaphragme. — Point oculaire 702
Applications du microscope. . . . 703
Instruments qui rapprochent ou télescopes.. 703
Lunette astronomique.. 703
Grossissement dans la lunette astronomique.. 704
Mesure expérimentale du grossissement. 705
Description détaillée de la lunette astronomique.. 708
Lunette terrestre. 710
Lunette de Galilée. 711
Jumelles ou lorgnette binoculaire. 713
Clarté dans les lunettes. 713
Applications scientifiques des lunettes terrestres : Réglage du cathétomètre. 714
Télescopes. 718
Télescope de Gregory.. 718
Télescope de Newton. 718
Télescope d'Herschel. 722
Instruments de projection. . . . 722
Chambre obscure.. 722
Chambre claire.. 724
Lanterne magique. 725
Microscope solaire. 726
Microscope photo-électrique. . . . 728
Lentilles à échelons. — Phares. . 729
Ch. X. — *Photographie*. 732
Définitions. — Historique. 732
Procédé de Daguerre ou daguerréotypie. 732
Théorie chimique de la photographie. 735
Photographie sur papier.. 736
Photographie sur plaques de verre albuminées. 736
Photographie au collodion. . . . 737
Procédé au gélatino-bromure d'argent. 739
Avantages du procédé au gélatino-bromure. 740
Clichés au gélatino-bromure avec support de papier.. 741
Photographie instantanée. 742
Tirages des positifs sur papier : épreuves photographiques. . . . 743
Platinotypie. 743
Agrandissements photographiques. 743
Photographie à la lumière artificielle.. 743
Émaillage des photographies. . . 743
Dégradés photographiques.. . . . 746
Retouche photographique. 746
Impression photographique : Procédé au charbon. 746
Procédés d'impression mécanique appliqués à la photographie. — Héliogravure. 747
Photographie micrographique. . . 748
Héliochromie ou photographie des couleurs. 749
Ch. XI. — *Vision*. 751
Structure de l'œil humain. 751
Indices de réfraction des milieux transparents de l'œil. 754
Marche des rayons dans l'œil.. . . 754
Ligne visuelle. — Angle des lignes visuelles. — Angle visuel. . . . 755
Appréciation de la distance et de la grandeur des objets. 756
Vue simple avec les deux yeux. . 756
Cause du relief apparent des corps. 757
Stéréoscope.. 758
Partie insensible de la rétine : Punctum cæcum. 758
Persistance de l'impression sur la rétine. 759
Images accidentelles. 759
Irradiation. 760
Auréoles accidentelles, contraste des couleurs. 760
Aberrations de réfrangibilité de l'œil. 760
Distance de la vue distincte. . . . 761
Accommodation.. 761
Vue normale. — Œil emmétrope. 762
Presbytie. — Besicles ou lunettes à verres convexes.. 762
Myopie. — Besicles ou lunettes à verres concaves 763
Hypermétropie. 764
Astigmatisme. 765
Diplopie. 765
Achromatopsie ou daltonisme. . . 766
Ophthalmoscope.. 766
Ch. XII. — Notions d'optique physique. — *Double réfraction. — Interférences. — Polarisation*.. 767
Double réfraction. 767
Définitions. — Préliminaires.. . . 767

Cristaux à un axe. 768
Rayon ordinaire et rayon extraordinaire 770
Cristaux positifs et cristaux négatifs. 771
Lois de la double réfraction dans les cristaux à un axe.. 771
Construction des rayons réfractés : Règle d'Huygens. 772
Lois de la double réfraction dans les cristaux à deux axes. . . . 773
Interférences. 773
Expérience des miroirs de Fresnel. 773
Explication des franges de Fresnel. — Confirmation de l'hypothèse des ondulations.. 775
Nécessité de l'existence de l'éther. 777
Origine des couleurs du spectre. . 777
Valeurs numériques des longueurs d'onde et des vibrations lumineuses. 778
Autres phénomènes d'interférence : Anneaux de Newton. 778
Autres phénomènes d'interférence : Diffraction et réseaux.. 779
Polarisation. 781
Définition expérimentale de la polarisation.. 781
Cause de la polarisation : Vibrations transversales de l'éther. . 783
Loi de Malus. 784
Conséquences de la loi de Malus. — Vérification expérimentale.. 784
Divers procédés de polarisation de la lumière. 785
Interférence des rayons polarisés. 787
Appareils de polarisation. 788
Polariscopes ou analyseurs.. . . . 788
Appareil de Norremberg. 789
Polarisation rotatoire. 791
Rotation du plan de polarisation. 791
Coloration produite par la polarisation rotatoire.. 791
Pouvoir rotatoire des liquides. — Expériences de Biot.. 792
Applications de la polarisation rotatoire. — Saccharimétrie et saccharimètres : Définitions. . . 794
Saccharimétrie et saccharimètres : Principe et méthode, organes essentiels 795
Saccharimètre de Soleil. 796
Saccharimètre à pénombres.. . . 799
Analyse de l'urine des diabétiques. 800

LIVRE VIII

CHALEUR

Ch. Ier. — *Effets généraux. — Thermométrie*.. 801
Définition et origine de la chaleur. — Théorie dynamique. 801
Travail interne et travail externe de la chaleur.. 802
Effets divers de la chaleur sur les corps.. 803
Expériences de dilatation. 803
Travail de la chaleur dans la dilatation.. 804
Thermométrie. 805
Température : définitions. 805
Choix des substances thermométriques.. 805
Thermomètre à mercure : généralités. 806
Division du tube en parties d'égale capacité. 806
Remplissage du thermomètre. . . 807
Graduation du thermomètre : points fixes de l'échelle. 808
Précautions à prendre pour la graduation.. 811
Différentes échelles thermométriques. 811
Déplacement du zéro. 813
Limites de l'emploi du thermomètre à mercure 814
Conditions de sensibilité. 814
Thermomètre à alcool. 814
Thermomètres différentiels. . . . 816
Thermomètre métallique de Breguet. 818
Thermomètres à maxima et à minima. 818
Thermomètre à maxima de Negretti et Zambra. 819
Thermomètre à maxima de Walferdin, ou thermomètre à déversement. 820
Pyromètres. 821
Thermomètres électriques.—Thermomultiplicateur.. 822
Ch. II. — *Dilatation des solides*.. 823
Définitions préliminaires. — Coefficients de dilatation. 823
Mesure des coefficients de dilatation linéaire. — Expériences de Lavoisier et Laplace.. 824
Expériences de Roy et Ramsden. . 826
Résultats généraux relatifs à la dilatation des solides. 827
Coefficients de dilatation linéaire des solides entre 0° et 100°. . . 828
Formules relatives aux dilatations des solides. 829
Dilatation des cristaux. 831
Applications de la dilatation des solides.. 833
Pendules compensateurs. 834
Compensateur Graham. 836
Lames compensatrices. — Compensateur Martin. 837
Ch. III. — *Dilatation des liquides*. 837
Définitions préliminaires. 837
Dilatation absolue du mercure : Expériences de Dulong et Petit. 839
Coefficient de dilatation apparente du mercure : Expériences de Dulong et Petit. 841
Thermomètre à poids. 842
Coefficient de dilatation du verre. 842
Coefficients de dilatation des divers liquides. 843
Maximum de densité de l'eau. . . 844
Maximum de densité des solutions salines. 846
Application du thermomètre à poids à la mesure des dilatations cubiques. 846
Correction des poids spécifiques des solides et des liquides. . . 847
Ch. IV. — *Dilatation des gaz*. . . 848
Expériences de Gay-Lussac. . . . 848
Formules générales relatives à la dilatation des gaz. 851
Expériences de Regnault : Généralités et résultats. 853
Dilatation des gaz sous pression constante.. 856
Dilatation des gaz à volume constant.. 858
Dilatation des gaz à volume et à pression variables.. 860
Travail de la chaleur dans la dilatation des gaz. 862
Ch. V. — *Applications de la dilatation des gaz*.. 863
Thermomètres à air 863
Défaut de comparabilité des différents thermomètres. 863
Choix de la substance thermométrique. 863
Thermomètres à air. — Nouvelle définition du degré centigrade. 864
Pyromètre à air. 865
Thermomètres à gaz autres que l'air. 865
Comparaison du thermomètre à air normal avec le thermomètre à mercure normal. 865
Zéro absolu. 866
Densité des gaz. 867
Définition. — Méthode générale de détermination. 867
Procédé de Dumas et Boussingault. 867
Méthode de Regnault. 868
Densité des gaz qui attaquent le cuivre. 871
Résultats des expériences de Regnault. 872
Densités des gaz par rapport à l'eau. 872
Ch. VI. — *Changements d'état des corps*. 874
Fusion et solidification.. 874
Fusion : définition du phénomène. 874
Lois de la fusion. 874
Généralités sur les points de fusion. 875
Chaleur de fusion : travail consommé. 877
Fusion aqueuse ou dissolution. . 877
Solidification : définition et lois. . 878
Cristallisation 878
Formation de la glace. 879
Changements de volume dus aux changements d'état physique. — Force expansive de la glace. . . 879
Exceptions aux lois de la fusion et de la solidification : Influence de la pression extérieure. 881
Regélation de la glace. 884