

Décomposition de la lumière par le prisme, 396. — Sa recomposition, 397. — Couleurs des corps, 399. — Arc-en-ciel, 400. — Propriétés calorifiques et chimiques des spectres lumineux obtenus à l'aide du prisme. Identité de nature des trois classes de radiations, 401. — Action exercée par les milieux sur les rayons du spectre, 405.

Raies du spectre, 403. — Spectre des gaz incandescents, 404. — Absorption des radiations par les gaz. Égalité des pouvoirs émissif et absorbant. Analyse spectrale. Découverte de métaux nouveaux, 405.

Notions sur la phosphorescence, 406.

Photographie, 421, 422.

Chambre obscure de Porta, 411. — L'œil comparé à une chambre obscure. Images formées au fond de l'œil. Vision. Lunettes des presbytes et des myopes, 407-410. — Loupe et microscope, 413, 415.

# PHYSIQUE.

## INTRODUCTION.

### NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

Divisions de la Physique. — Propriétés générales des corps. — Instruments de mesure.

#### Divisions de la Physique.

1. On appelle *corps* toute quantité limitée de matière. Les corps sont *simples* ou *composés*.
2. Les *corps simples* ou *éléments* sont ceux dont on ne peut retirer qu'une même espèce de matière. Les *corps composés* sont ceux dont on peut extraire plusieurs matières distinctes. Ainsi l'or, l'argent, le fer, le soufre, etc., sont des corps simples; tandis que le verre, le bois, le marbre, etc., sont des corps composés.
3. Les corps ne sont point des substances continues. On doit les considérer comme un assemblage de parties extrêmement petites, de forme invariable, physiquement indivisibles, et que, pour cette raison, on a nommées *atomes*. On admet que les atomes se groupent entre eux pour former des *molécules* ou petites masses de matière, auxquelles on attribue des formes déterminées, et que l'on regarde comme ayant la même nature que les corps dont elles font partie; simples dans les corps simples, composées dans les corps composés. Malgré cela, les mots *molécule* et *atome* sont souvent confondus dans le langage scientifique.
4. Les atomes ne se touchent pas; ils sont simplement juxtaposés et séparés par des espaces nommés pores *intermoléculaires* ou *insensibles*. Deux forces contraires, que l'on désigne sous le nom de *forces moléculaires*, agissent continuellement sur eux. L'une de ces forces tend à les rapprocher, c'est l'*attraction*; l'autre tend à les écarter sans cesse, c'est la force *expansive de la chaleur*.

*Physique.*

5. Les corps se présentent à nous sous trois états différents : ils sont *solides*, *liquides* ou *gazeux*. Ces trois états des corps dépendent de l'agrégation variable de leurs molécules, ou, en d'autres termes, des rapports qui peuvent exister entre la force d'attraction et la force de répulsion moléculaires.

6. Les *corps solides* sont ceux dont on ne peut modifier la forme ou séparer les parties qui les composent sans un effort plus ou moins grand.

Les *corps liquides* sont caractérisés par l'extrême facilité avec laquelle leurs molécules glissent et roulent les unes sur les autres ; leur forme, essentiellement variable, est toujours subordonnée à celle des vases qui les contiennent.

Les *corps gazeux*, que l'on nomme encore *fluides élastiques*, *fluides aëriiformes*, sont ceux dont les molécules, plus mobiles encore que celles des corps liquides, tendent sans cesse à s'écarter les unes des autres ; ce qui explique l'*expansibilité* de ces corps ou leur tendance à prendre sans cesse un volume plus grand.

7. On désigne sous le nom de *phénomène* toute modification, tout changement qui survient dans l'état d'un corps ou dans ses propriétés. Ainsi, la chute d'une pierre, la fusion de la glace, la production d'un son, l'attraction ou la répulsion produite par l'électricité, etc., sont des phénomènes physiques.

8. La *physique* est la science qui a pour objet l'étude des propriétés générales des corps et des modifications passagères qu'ils éprouvent sous l'influence des grands agents naturels. Ces agents naturels, que l'on nomme encore causes générales, et qui probablement ne sont eux-mêmes que des manifestations variables d'une force unique et universelle, sont classés dans l'ordre suivant, auquel correspondent les principales *divisions de la physique* : la PESANTEUR, la CHALEUR, l'ÉLECTRICITÉ, le MAGNÉTISME, le SON et la LUMIÈRE.

9. On appelle *loi physique* la relation invariable et constante qui existe entre un phénomène et sa cause génératrice. Ainsi, quand on dit : tout corps qui tombe librement dans le vide parcourt des espaces qui croissent proportionnellement aux carrés des temps employés à les parcourir ; les volumes des gaz sont en raison inverse des pressions qu'ils supportent ; l'intensité de la lumière est inversement proportionnelle au carré de la distance, etc., on exprime des lois physiques.

1.

10. L'ensemble des lois qui se rapportent à une même classe de phénomènes porte le nom de *théorie physique*. C'est ainsi que l'on dit : la théorie de la chaleur, la théorie de l'électricité, la théorie du son, de la lumière, etc. Ce mot s'applique encore à l'explication de certains phénomènes particuliers considérés dans leurs rapports avec les causes qui les produisent ; exemple : la théorie de la rosée, la théorie du paratonnerre, la théorie de l'arc-en-ciel, etc.

#### Propriétés générales des corps.

11. On entend par *propriétés* des corps ou de la matière leurs diverses manières d'être ou d'impressionner nos sens. Ces propriétés sont *générales* ou *particulières*.

Les propriétés générales sont celles qui appartiennent à tous les corps, quel que soit l'état sous lequel ils se présentent. Les propriétés particulières sont celles qui n'appartiennent qu'à certains corps et qui varient d'un corps à un autre ou suivant leurs divers états : telles sont la *couleur*, la *dureté*, la *forme cristalline*, etc. Elles servent à caractériser les corps pris individuellement et à les distinguer les uns des autres.

12. Les propriétés générales sont au nombre de huit principales, savoir : l'*étendue*, l'*impenétabilité*, la *divisibilité*, la *porosité*, la *compressibilité*, l'*élasticité*, la *mobilité* et l'*inertie*.

Parmi ces propriétés, il en est deux sans lesquelles il serait impossible de concevoir l'existence de la matière, et que, pour cette raison, on a nommées *propriétés essentielles*. Ces deux propriétés, par lesquelles on peut définir la matière, sont l'*étendue* et l'*impenétabilité*. Les autres propriétés générales ne sont pas essentielles, attendu que l'on pourrait très-bien concevoir l'existence de corps qui seraient dépourvus de ces propriétés.

13. L'*étendue* est la propriété que possèdent les corps d'occuper une portion limitée de l'espace. Cette portion de l'espace s'appelle leur *volume*.

14. L'*impenétabilité* est la propriété en vertu de laquelle deux ou plusieurs des éléments matériels qui composent les corps ne peuvent occuper en même temps le même lieu de l'espace. Un clou enfoncé dans le bois ne le *pénètre* pas ; il écarte les fibres ligneuses et en prend la place. Il en est de

même de la vapeur d'eau répandue dans l'air, de l'air ou autres corps dissous dans l'eau : les molécules du corps dissolvant font place dans leurs intervalles aux molécules du corps dissous ; mais les unes et les autres ne cessent d'occuper la portion de l'espace dévolue à chacune d'elles.

15. La *divisibilité* est la propriété qu'ont tous les corps de pouvoir être séparés en parties distinctes. Cette division des corps, bien qu'elle puisse être portée très-loin, n'est pas physiquement infinie : elle s'arrête à l'atome, qui en est la limite absolue. On cite comme exemples de divisibilité extrême les feuilles d'or battu, dont l'épaisseur peut se réduire à un millième de millimètre ; des fils de platine, réduits par le docteur Wollaston à un douze-centième de millimètre ; certaines substances colorantes et odorantes comme le carmin et le musc, les globules du sang, les animalcules microscopiques, etc.

16. La *porosité* est la propriété en vertu de laquelle les corps présentent, entre leurs parties matérielles, des intervalles vides de leur propre substance.

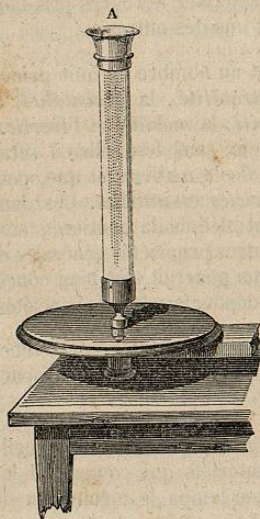


Fig. 1.

On distingue deux espèces de pores : les *pores intermoléculaires* ou *insensibles*, à travers lesquels s'exercent les forces moléculaires d'attraction et de répulsion ; et les *pores sensibles*, que l'on peut apercevoir, soit à l'œil nu, soit au microscope.

Tous les corps n'ont pas cette dernière espèce de porosité. Elle est très-apparente dans les éponges, le bois, le sucre, et dans un grand nombre de pierres. On peut la démontrer expérimentalement au moyen d'une capsule A (fig. 1) dont le fond est fermé par une peau de chamois, et qui est fixée à la partie supérieure d'un tube dans lequel on peut faire le vide. Si l'on remplit cette capsule de mercure et si l'on fait ensuite le vide au-dessous, on voit aussitôt ce liquide, comprimé par la pression atmosphérique,

passer à travers les pores de la peau de chamois et tomber au fond du tube sous la forme d'une pluie argentée. Les phénomènes d'imbibition, d'exhalation et d'absorption sont encore autant de preuves de la porosité sensible. Quant à la porosité intermoléculaire ou insensible, elle appartient à tous les corps sans exception. On la démontre par le raisonnement. Tous les corps, en effet, solides, liquides ou gazeux, éprouvent des variations de volume quand on fait varier leur température ou les pressions qu'ils supportent. Or, à moins d'admettre que les atomes puissent se pénétrer, on ne peut expliquer la diminution ou l'augmentation de volume d'un corps que par le rapprochement ou l'écartement de ses molécules, ce qui suppose nécessairement qu'il existe entre celles-ci des espaces vides dont l'étendue peut varier sous l'influence des agents physiques.

17. D'après le principe de la porosité, on doit distinguer dans tous les corps le *volume apparent* et le *volume réel*. Le volume apparent est la portion d'espace qu'un corps occupe ; le volume réel est celui qu'occuperait ce corps si tous ses pores étaient anéantis de manière que la substance matérielle qui le compose formât un tout continu. Or, les changements de volume qu'un corps est capable d'éprouver pouvant être très-grands (l'eau, par exemple qui, en passant à l'état de vapeur prend un volume environ dix-sept cents fois plus grand qu'à l'état liquide), sans que pour cela le nombre de ses molécules ait changé, il s'ensuit que les dimensions des espaces vides intermoléculaires peuvent être de beaucoup supérieures à celles des molécules elles-mêmes. C'est sur la porosité de certains corps, tels que le papier, le feutre, la pierre, le charbon, que reposent l'usage et la construction des filtres que l'on emploie pour clarifier les liquides.

18. La *compressibilité* est la propriété dont jouissent tous les corps de pouvoir diminuer de volume sous l'influence d'une pression extérieure. Cette propriété peut servir à démontrer la porosité, dont elle est la conséquence. Les corps les plus compressibles sont les gaz ; les liquides sont ceux qui le sont le moins.

19. L'*élasticité* est la propriété en vertu de laquelle tous les corps tendent à reprendre leur volume et leur état primitifs lorsque la cause qui les avait comprimés cesse d'agir. Les gaz et les liquides sont des corps parfaitement élastiques ; les solides ne jouissent pas d'une élasticité parfaite. Cette pro-

priété, très-apparante dans l'ivoire, le marbre, l'acier, le caoutchouc, est à peine sensible dans les corps gras, la cire et le plomb.

20. La *mobilité* est la propriété que possèdent les corps de pouvoir être mis en *mouvement*, c'est-à-dire d'occuper successivement différentes portions de l'espace.

21. Le *mouvement* est l'état d'un corps qui change de position dans l'espace. Le *repos* est l'état d'un corps qui persiste dans le même lieu de l'espace. On divise le mouvement en mouvement *absolu* et en mouvement *relatif*. Il en est de même du repos.

Le *mouvement absolu* est celui que l'on suppose s'effectuer par rapport à certains points fixes dans l'espace. Le *repos absolu* est l'absence complète de mouvement. Le *mouvement relatif* est celui d'un corps qui se déplace par rapport à un autre corps qui est lui-même en mouvement; exemple : une bille qui roule sur le pont d'un navire en marche. Le *repos relatif* est celui d'un corps qui conserve la même position par rapport à un autre corps qui se meut; exemple : un objet qui reste en place sur un navire en marche. Le mouvement et le repos absolus n'existent pas dans le système du monde; on n'y observe que le mouvement et le repos relatifs.

22. L'*inertie* est une propriété purement négative. C'est l'impuissance dans laquelle se trouve la matière de changer par elle-même son état de repos ou de mouvement. Ainsi un corps en repos restera éternellement en repos, un corps en mouvement persistera indéfiniment dans cet état, si une force extérieure ne vient agir sur lui, soit pour lui communiquer le mouvement, soit pour détruire celui dont il est animé.

#### Instruments de mesure.

25. *Instruments de mesure.* — La plupart des observations ou des expériences que l'on fait en physique exigent une mesure précise de l'étendue. Les instruments les plus usuels employés dans ce but sont le *vernier*, la *vis micrométrique* et le *cathétomètre*.

Le *vernier*, ainsi appelé du nom de son inventeur, est formé (fig. 2) de deux règles : une grande et une petite. La plus grande AB est fixe et divisée en parties égales; la plus petite ab, qui est proprement le vernier, est mobile et glisse sur la première. Pour la graduer, on lui donne une longueur égale à

9 des divisions de la grande règle, puis on la divise en 10 parties égales. Chacune de ces divisions est donc d'un dixième plus petite que celles de la grande règle.

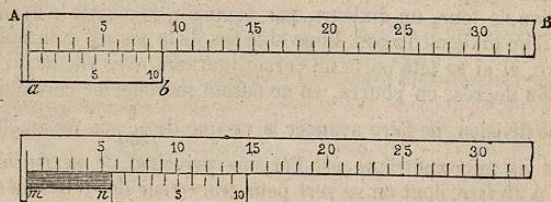


Fig. 2.

Supposons que l'on veuille mesurer la longueur d'un objet *mn*. On place celui-ci sur la grande règle divisée, je suppose, en centimètres, et on trouve ainsi qu'il mesure 4 centimètres plus une fraction. Pour évaluer cette fraction, on fait glisser le vernier sur la grande règle, jusqu'à ce qu'il vienne toucher l'extrémité de l'objet. On cherche alors le point où l'une des divisions du vernier coïncide sensiblement avec une des divisions de la grande règle. Admettons, comme le représente la figure, que cette coïncidence ait lieu à la sixième division du vernier : cela indique que la fraction à mesurer est égale à 6 dixièmes de centimètres ou 6 millimètres. En effet, les divisions du vernier étant d'un dixième plus petites que celles de la règle, il est facile de voir qu'à partir du point de coïncidence, en allant de droite à gauche, elles sont successivement en retard de 1, 2, 3... dixièmes sur celles de la règle. Si celle-ci, au lieu d'être divisée en centimètres, comme nous l'avons supposé, était divisée en millimètres, on aurait la longueur à un dixième de millimètre près. On pourrait l'obtenir à un vingtième, à un trentième de millimètre, en donnant au vernier une longueur égale à 49 ou à 29 millimètres et en le divisant en 20 ou 30 parties égales.

On peut rendre le vernier plus sensible encore en le fixant à l'extrémité du grand bras d'un levier coudé, semblable à celui qui est représenté fig. 401, et disposé de manière à lui transmettre, en les amplifiant, les mouvements produits par les variations de longueur d'une barre ou de tout autre objet mis en expérience; l'instrument prend alors le nom de *comparateur*.

La *vis micrométrique* sert également à mesurer avec précision de très-petites longueurs ou épaisseurs. Il est facile de comprendre que si une vis est bien exécutée, chaque tour

qu'on lui imprime, dans un écrou fixe, fait avancer sa pointe d'une longueur égale à celle de son *pas*, c'est-à-dire à l'intervalle compris entre deux filets consécutifs, et que, pour une fraction de tour, un dixième, par exemple, la pointe n'avance que d'un dixième du pas. Donc si le pas de la vis est d'un millimètre, et si sa tête porte un cercle tournant avec elle et divisé en 360 degrés, on pourra, en ne faisant marcher ce cercle que d'une division, ne faire avancer la vis que de  $\frac{1}{360}$  de millimètre.

La vis micrométrique est l'organe principal de la *machine dite à diviser*, dont on se sert pour tracer sur des tubes ou sur des plaques de verre ou de métal des échelles divisées en un nombre plus ou moins grand de parties égales.

Le *cathétomètre* sert à mesurer exactement la distance verticale de deux points, par exemple, la différence de hauteur entre les surfaces libres de deux colonnes liquides. Il consiste en une règle verticale graduée sur laquelle glisse une lunette horizontale avec laquelle on vise successivement les deux points donnés. La quantité dont la lunette se déplace le long de la règle graduée donne la distance cherchée.

#### Résumé.

I. La physique est la science qui a pour objet l'étude des propriétés générales des corps et des modifications passagères qu'ils éprouvent sous l'influence des grands agents naturels, tels que la *pesanteur*, la *chaleur*, l'*électricité*, le *magnétisme*, le *son* et la *lumière*.

II. On appelle *corps* toute quantité limitée de matière. Les corps sont simples ou composés, solides, liquides ou gazeux.

III. On entend par propriétés des corps ou de la matière leurs diverses manières d'être ou d'impressionner nos sens.

IV. Les propriétés des corps se divisent en *propriétés générales* et en *propriétés particulières*. Les premières sont celles qui appartiennent à tous les corps; les secondes sont celles qui varient d'un corps à un autre, exemple : la couleur, la dureté, la forme cristalline, etc.

V. Les propriétés générales des corps sont au nombre de huit principales, savoir : l'*étendue*, l'*impenétrabilité*, la *divisibilité*, la *porosité*, la *compressibilité*, l'*élasticité*, la *mobilité* et l'*inertie*.

VI. Les principaux instruments dont on se sert pour mesurer l'étendue avec précision sont le *vernier*, la *vis micrométrique* et le *cathétomètre*.

### PRINCIPES DE MÉCANIQUE.

Forces. — Énoncé de la règle du parallélogramme des forces et de la composition de deux forces parallèles. — Centre des forces parallèles. — Mouvement uniforme. Mouvement uniformément varié. — Proportionnalité des forces constantes aux accélérations qu'elles impriment à un même mobile. — Masses. — Quantité de mouvement. — Mesure des forces constantes. — Force vive. — Travail mécanique. — Kilogrammètre. — Force centrifuge.

Forces. Énoncé de la règle du parallélogramme des forces et de la composition de deux forces parallèles. Centre des forces parallèles.

24. *Forces*. — On donne le nom de *force* à toute cause capable de faire passer un corps de l'état de repos à l'état de mouvement, ou de modifier le mouvement qu'il possède. Ainsi l'action musculaire, la pesanteur, les attractions et les répulsions électriques, la tension des vapeurs, sont des forces.

Une force peut être *instantanée* ou *constante*. Elle est dite instantanée lorsqu'elle n'agit sur le mobile que pendant un temps très-court, comme il arrive dans un choc, dans l'explosion de la poudre, etc.; elle est dite constante, lorsqu'elle continue d'agir sur le mobile pendant toute la durée du mouvement, telle, par exemple, que la force de la pesanteur, celle d'une locomotive faisant marcher un train, etc.\*.

25. On distingue dans une force trois éléments essentiels : 1<sup>o</sup> son point d'application; 2<sup>o</sup> sa direction; 3<sup>o</sup> son intensité ou sa puissance. La représentation géométrique d'une force se fait par une droite partant du point d'application, et dont la direction et la longueur indiquent la direction, le sens et l'intensité de la force.

26. Quand un corps est sollicité en même temps par deux ou plusieurs forces agissant en sens contraires, et que ces forces

\* Cette distinction, que nous maintenons ici pour l'intelligence de ce qui va suivre, est plutôt théorique que pratique: car, en réalité, il n'y a d'autre différence entre une force instantanée et une force constante que la durée du temps pendant lequel elle agit sur le mobile.

se neutralisent complètement, on dit que ce corps est en *équilibre* ou que ces forces *se font équilibre*. Exemple : deux forces égales et de sens contraire agissant sur un même point d'un corps ou aux deux extrémités et dans la direction d'une droite matérielle.

27. On appelle *résultante* de deux ou plusieurs forces, agissant sur un même point matériel, la force unique capable de produire le même effet que ces forces combinées, et par suite de les remplacer. Les forces considérées relativement à leur résultante se nomment des *composantes*.

28. Quand deux forces, appliquées en un point, agissent dans le même sens et suivant une même ligne droite, leur résultante est égale à leur somme et agit dans la même direction que ces deux forces. Si elles agissent en sens opposé, leur résultante est égale à leur différence, et sa direction est dans le sens de la plus grande des deux forces.

29. *Parallélogramme des forces*. — Si deux forces agissent sur un même point matériel dans des directions formant un angle, leur résultante est représentée en grandeur et en direction par la diagonale du parallélogramme construit sur les deux lignes qui représentent ces deux forces.

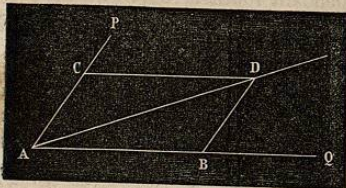


Fig. 3.

50. *Composition des forces parallèles*. — Quand deux forces parallèles agissent dans le même sens aux extrémités d'une droite inflexible, leur résultante est égale à leur somme, parallèle à leur direction, et son point d'application divise la droite en deux parties inversement proportionnelles aux deux forces.

Soient les deux forces P et Q (fig. 3) appliquées au point matériel A. Construisons sur les deux lignes AC et AB, qui représentent ces forces, le parallélogramme ABCD ; la résultante sera représentée par la diagonale AD.

Soient les deux forces parallèles P et Q (fig. 4) appliquées aux extrémités de la droite AB. Leur résultante R, égale à leur somme, divisera la droite AB au point d'application C, de manière à donner la proportion

$$\frac{CB}{CA} = \frac{AP}{BQ}.$$

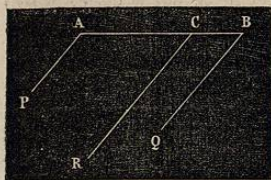


Fig. 4.

51. Si les deux forces parallèles sont inégales et agissent en sens contraire, leur résultante sera égale à leur différence, parallèle à leur direction, et agira dans le sens de la plus grande force. Le point d'application de cette résultante sera sur le prolongement de la droite qui unit les deux forces parallèles et placé de manière que ses distances à leurs points d'application soient en raison inverse de leurs intensités respectives.

Soient les deux forces parallèles P et Q (fig. 5) agissant en sens inverse aux extrémités de la droite AB. Leur résultante R, égale à leur différence, s'appliquera au point C, de la ligne AB prolongée, de manière à donner la proportion

$$\frac{BC}{AC} = \frac{AP}{BQ}.$$

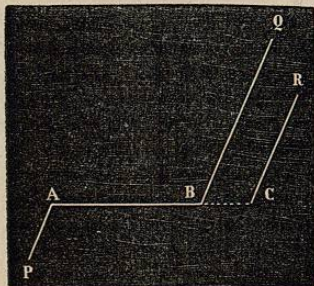


Fig. 5.

52. Quand deux forces parallèles sont égales et agissent en sens contraire aux extrémités d'une droite matérielle, leur résultante est nulle : elles forment alors ce qu'on appelle un *couple*. Or, comme aucune force unique ne peut leur faire équilibre, elles ont nécessairement pour effet d'imprimer à cette droite un mouvement de rotation.

55. Lorsque plusieurs forces parallèles, agissant dans le même sens, sont appliquées aux différents points d'un même

corps, leur résultante générale est égale à leur somme, et son point d'application s'obtient en composant les deux premières forces, puis leur résultante avec la troisième, et ainsi de suite.

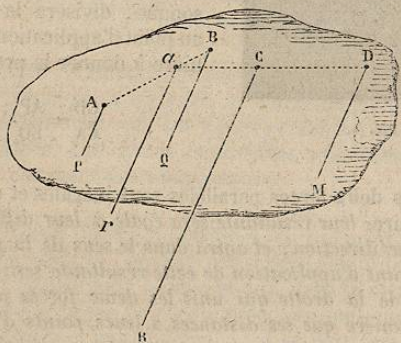


Fig. 6.

Soient les trois forces parallèles P, Q, M, agissant sur un corps quelconque (fig. 6). Je cherche d'abord le point d'application de la résultante  $r$  des deux forces P et Q; ce que j'obtiens en divisant la droite AB de manière à avoir la proportion

$$\frac{aB}{aA} = \frac{AP}{BQ}.$$

Joignant ensuite, par la ligne droite  $aD$ , le point d'application  $a$  de cette première résultante  $r$  au point d'application D de la troisième force M, je divise également cette droite de manière à obtenir la proportion

$$\frac{CD}{Ca} = \frac{ar}{DM};$$

ce qui me donne le point d'application C de la résultante générale R. Or il est facile de voir que si, en conservant à ces trois forces leur parallélisme et leurs intensités propres, on change seulement leur direction, les rapports que nous venons d'indiquer restent les mêmes, et que, par conséquent, la résultante générale passe invariablement par le même point. C'est ce point que l'on nomme *centre des forces parallèles*, et *centre de gravité* lorsqu'il s'agit de la pesanteur.

### Mouvement uniforme. Mouvement uniformément varié.

54. *Mouvement.* — On distingue le mouvement en *mouvement rectiligne* et en *mouvement curviligne*. Il est *rectiligne*, quand le mobile suit dans sa marche une ligne droite; *curviligne*, quand le chemin parcouru par le mobile est une ligne courbe. La ligne droite ou courbe que suit le mobile se nomme sa *trajectoire*.

53. Le mouvement rectiligne ou curviligne peut être *uniforme* ou *varié*. Il est uniforme quand le mobile parcourt dans des temps égaux des espaces égaux; il est varié dans le cas contraire. On ne considère en physique que le *mouvement uniforme* et le *mouvement uniformément varié*.

56. *Mouvement uniforme.* — Le *mouvement uniforme* est toujours le résultat d'une force instantanée ou d'une force constante qui, après avoir agi pendant un temps plus ou moins long sur un mobile, l'abandonne tout à coup. Toutefois, une force constante, même sans cesser d'agir, peut produire un mouvement uniforme; c'est lorsque les résistances qu'éprouve le mobile de la part du milieu dans lequel il se meut détruisent l'accroissement de vitesse que cette force tend à lui communiquer à chaque instant.

57. La *vitesse* est l'espace que parcourt un corps dans l'unité de temps, c'est-à-dire en une seconde. Dans le mouvement uniforme, la vitesse est nécessairement constante, et les espaces parcourus croissent proportionnellement aux temps. *La vitesse du mouvement uniforme est donc égale au rapport de l'espace au temps*, ou, en d'autres termes, à l'espace divisé par le temps. On prend pour *unité de vitesse* celle d'un corps qui parcourt un mètre par seconde. Ainsi, supposons qu'un mobile ait parcouru 60 mètres en 15 secondes; en divisant 60 par 15, on trouvera que sa vitesse est 4, c'est-à-dire que le mobile a parcouru 4 mètres par seconde.

*Formules.* En désignant par  $e$  l'espace parcouru par un mobile animé d'un mouvement uniforme, par  $t$  le temps employé

à le parcourir, et par  $v$  sa vitesse, c'est-à-dire l'espace parcouru dans l'unité de temps, on aura les formules

$$e = vt \quad \text{et} \quad v = \frac{e}{t}$$

qui représentent les lois du mouvement uniforme.

58. *Mouvement uniformément varié.* — Le mouvement uniformément varié est celui dans lequel le mobile parcourt dans des temps égaux et successifs des espaces qui augmentent ou diminuent suivant une loi constante; ou, en d'autres termes, le mouvement dont la vitesse augmente ou diminue de quantités égales en des temps égaux. Dans le premier cas, le mouvement est uniformément accéléré; exemple: un corps qui tombe dans le vide. Dans le second cas, il est uniformément retardé; exemple: une pierre qu'on lance verticalement de bas en haut. Le mouvement uniformément varié est toujours le résultat d'une force constante qui agit sur le mobile pendant toute la durée de son mouvement, soit pour accélérer, soit pour ralentir sa vitesse. On doit entendre par *vitesse du mouvement uniformément varié* la vitesse du mouvement uniforme que prendrait le mobile à un moment donné, si la force constante cessait subitement d'agir sur lui. On appelle *accélération* dans un pareil mouvement la variation de la vitesse dans l'unité de temps.

59. Le mouvement uniformément varié est soumis à deux lois fondamentales:

- 1<sup>o</sup> La vitesse croît ou décroît proportionnellement au temps;
- 2<sup>o</sup> Les espaces parcourus varient proportionnellement aux carrés des temps employés à les parcourir.

*Formules.* L'expression des lois que nous venons d'énoncer se traduit par les formules suivantes:

1<sup>o</sup> *Mouvement uniformément accéléré; 1<sup>re</sup> loi.* Représentons par  $\gamma$  l'accélération ou l'accroissement de vitesse par seconde, et supposons le mobile partant du repos: sa vitesse  $v$  au bout d'une seconde sera  $\gamma$ ; au bout de 2, 3, 4... secondes, elle sera de  $2\gamma$ ,  $3\gamma$ ,  $4\gamma$ , et ainsi de suite. Donc, après  $t$  secondes cette vitesse sera

$$v = \gamma t.$$

Ce qui exprime que dans le mouvement uniformément accéléré les vitesses sont proportionnelles aux temps.

Si le mobile, au lieu de partir du repos, était animé d'une vitesse initiale  $a$ , la formule deviendrait

$$v = a + \gamma t.$$

2<sup>o</sup> *loi.* Un corps qui se meut pendant  $t$  secondes d'un mouvement uniformément accéléré, avec une vitesse initiale nulle et une vitesse finale  $\gamma t$ , parcourt nécessairement le même espace que s'il était animé d'un mouvement uniforme avec une vitesse moyenne  $\frac{\gamma t}{2}$ . Or, dans le mouvement uniforme, l'espace étant égal à la vitesse multipliée par le temps (37), si nous représentons par  $e$  cet espace, nous aurons, en multipliant  $\frac{\gamma t}{2}$  par  $t$ , la formule

$$e = \frac{\gamma t^2}{2}.$$

C'est-à-dire que les espaces sont proportionnels aux carrés des temps.

Si le mobile, au lieu de partir du repos, était animé d'une vitesse initiale  $a$ , la formule deviendrait

$$e = at + \frac{\gamma t^2}{2}.$$

Enfin, si l'on élimine le temps  $t$  entre les deux équations  $v = \gamma t$  et  $e = \frac{\gamma t^2}{2}$ , on a

$$v = \sqrt{2\gamma e};$$

c'est-à-dire que les vitesses sont également proportionnelles aux racines carrées des espaces parcourus.

2<sup>o</sup> *Mouvement uniformément retardé.* Si nous désignons par  $a$  la vitesse initiale d'un mobile animé d'un mouvement uniformément retardé, et par  $\gamma$  la diminution de la vitesse dans chaque unité de temps, on aura pour la valeur de la vitesse  $v$  à un instant déterminé  $t$

$$v = a - \gamma t$$



d'où l'on déduira, comme précédemment, la valeur de l'espace parcouru  $e$ , considéré dans le sens de la vitesse initiale  $a$ ,

$$e = at - \frac{\gamma t^2}{2}.$$

Ces diverses formules sont très-importantes à connaître, principalement, comme nous le verrons bientôt, pour l'étude des mouvements des corps produits par la pesanteur.

**Proportionnalité des forces constantes aux accélérations qu'elles impriment à un même mobile. Masses. Quantité de mouvement. Mesure des forces constantes.**

**40. Proportionnalité des forces constantes aux accélérations.**

— Soient deux forces constantes  $F$  et  $F'$  dont les intensités sont dans le rapport de 3 à 5. La première force  $F$  peut évidemment être remplacée par trois forces égales à la commune mesure, agissant simultanément et dans la même direction sur le mobile. Donc l'accélération  $\gamma$  de vitesse imprimée au mobile par la force  $F$ , dans l'unité de temps, sera le triple de l'accélération que donnerait la force servant de commune mesure. Par la même raison, l'accélération  $\gamma'$  communiquée au même mobile par la force  $F'$  sera égale à 5 fois cette même accélération. Les accélérations  $\gamma$  et  $\gamma'$  seront donc dans le même rapport que les forces  $F$  et  $F'$ , ce qui donne

$$\frac{F}{F'} = \frac{\gamma}{\gamma'}.$$

Donc, quand deux ou plusieurs forces constantes agissent successivement sur un même mobile, elles lui communiquent, dans des temps égaux, des accélérations de vitesse qui leur sont proportionnelles.

Il suit de ce principe que l'on peut mesurer les forces constantes par les accélérations de vitesse qu'elles communiquent à un même mobile, les forces étant exprimées en kilogrammes et les vitesses en mètres.

**41. Masses.**— De l'égalité ci-dessus  $\frac{F}{F'} = \frac{\gamma}{\gamma'}$ , on peut déduire

$$\frac{F}{\gamma} = \frac{F'}{\gamma'} = \frac{F''}{\gamma''} \dots = M;$$

d'où il résulte que, pour un même mobile, le rapport  $M$  entre la force qui agit sur lui et l'accélération de vitesse que cette force lui communique est constant, quelle que soit la force.

C'est ce rapport constant qui, en mécanique, représente la masse des corps. Deux corps, quelle que soit leur nature, sont donc de même masse quand, soumis à l'action de forces égales, ils prennent, dans le même temps, des accélérations égales.

Supposons que la force considérée soit la résultante des actions que la pesanteur exerce sur toutes les molécules d'un corps ou le poids  $P$  de ce corps, et représentons par  $g$  l'accélération due à la pesanteur; la masse  $M$  de ce corps aura pour expression

$$M = \frac{P}{g}.$$

On peut donc, dans ce cas particulier, appeler *masse* d'un corps le rapport de son poids à l'accélération qu'il prend sous l'action de la pesanteur.

Supposons  $M = 1$ ; on aura  $P = g$ . D'où il suit que l'unité de masse est la masse d'un corps dont le poids, en un lieu déterminé, est exprimé en kilogrammes par le même nombre qui exprime en mètres l'accélération en chute libre, dans ce même lieu.

**42. Quantité de mouvement.**— Soient  $M$  et  $M'$  les masses différentes de deux corps,  $F$  et  $F'$  les forces qui agissent sur eux, et  $\gamma$  et  $\gamma'$  les accélérations qu'elles leur communiquent dans le même temps; on aura

$$\frac{F}{\gamma} = M \quad \text{et} \quad \frac{F'}{\gamma'} = M'; \quad \text{d'où} \quad \frac{F}{F'} = \frac{M\gamma}{M'\gamma'};$$

Or, d'après la formule exprimée plus haut  $v = \gamma t$  (39), les accélérations sont entre elles comme les vitesses acquises au bout du même temps, puisque pour le second mobile on aura

$$v' = \gamma' t; \quad \text{donc} \quad \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{v}{v'}.$$

Nous pouvons donc remplacer dans les égalités ci-dessus  $\frac{\gamma}{\gamma'}$  par sa valeur  $\frac{v}{v'}$ ; ce qui nous donne

$$\frac{F}{v} = M \quad \text{et} \quad \frac{F'}{v'} = M'; \quad \text{d'où} \quad \frac{F}{F'} = \frac{Mv}{M'v'}.$$

Physique.