Lecciones de Física Farmacéutica

Por el Dr. Matías González

La Física es una ciencia de observación y deducción que estudia el efecto de la energía sobre la materia.

Admitido este concepto, no puede establecerse diferencia entre fenómeno físico y fenómeno químico, dado que ambos son sólo manifestaciones mecánicas de una misma acción.

Se acepta como concepto de fenómeno las modificaciones sufridas por la energía o por los cuerpos al ser accionados por distintos agentes, llegando a establecer que los fenómenos físicos son funciones continuas y y reversibles que afectan el modo de estar de los cuerpos, mientras que los fenómenos químicos son funciones discontinuas, no reversibles, que afectan el modo de ser de los cuerpos.

No existiendo un modo de apreciar el límite perfecto entre ambos fenómenos, se considera la existencia de fenómenos físico-químicos con las propiedades de ambos.

Los fenómenos se aprecian por *observación* o por *experimentación* seguida de *generalización*.

Se *observa* cuando se mira científicamente y se *experimenta* cuando se reproduce de nuevo el fenómeno (si es posible) con el propósito de verle de nuevo o de comprobar la verdad de lo observado, en cuyo caso recibe el nombre de *investigación*.

La investigación puede practicarse también, con ayuda del *cálculo matemático*, ya sea partiendo de relaciones cuantitativas de la experiencia o de hipótesis que luego deben tener comprobación experimental.

LEY FISICA. — Los fenómenos físicos son regulares (la impresión que nos llega del exterior nos da esa noción) como cuando se observa las elongaciones del fiel de la balanza, las oscilaciones pendulares, los movimientos del sistema planetario, etc.

De esa regularidad se deduce que los fenómenos están sujetos a leyes.

Así cada grupo de fenómenos que se manifiestan de la misma manera obedecen a una ley *natural* o *física*.

La ley a su vez obedece a la *dependencia* o sean las diversas condiciones de cómo se opera el fenómeno.

Fenómeno y condiciones son complejos, como el plano inclinado y otros.

Para llegar a la causa de ese fenómeno es necesario simplificar y experimentar.

LEY DE CAUSALIDAD. — La ley de causalidad se llama también principio de la razón suficiente. Se anuncia expresando que nada sucede sin obedecer a una causa.

Esta ley es una consecuencia inmediata de la regularidad observada en los fenómenos físicos que nuestra inteligencia no puede concebir sino como obedeciendo a una causa determinada.

Esta ley es un axioma común a todas las ciencias experimentales y de observación y de ella resulta la ley de la *inercia* o sea cuando se considera al cuerpo en reposo.

LEY DE CONSERVACION DE LA MATERIA. — Fué establecida por Lavoisier: en la naturaleza no hay destrucción ni creación de materia, sólo hay transformación.

Así que la cantidad de materia existente en el Universo es constante. La ley anterior nos lleva a ésta, por cuanto que la creación o destrucción de la materia no puede obedecer a ninguna causa física; tendríamos que recurrir a la existencia de causas sobrenaturales.

Así, no creando ni destruyendo materia, los cambios se deben a movimientos.

LEY DE IGUALDAD DE ACCION Y DE REACCION. — Puede enunciarse diciendo que cuando dos cuerpos se atraen o se repelen, la acción del primero sobre el segundo es igual a la del segundo sobre el primero o sea que la reacción es igual y opuesta a la acción.

Esta igualdad de acción y de reacción es un principio confirmado experimentalmente y al propio tiempo una hipótesis sencilla relativa a la acción mutua de los cuerpos.

Admitiendo que la acción recíproca entre dos cuerpos sea igual a la suma de las acciones elementales de cada una, se deduce como consecuencia que la fuerza de acción es proporcional al producto de sus masas.

LEY DE ACCION RECTILINEA. — Cuando dos puntos materiales actúan el uno sobre el otro, la acción mutua sigue la recta que los une.

De aquí se deduce que si los cuerpos no recorren trayectorias rectilíneas, es por estar sometidos a la acción simultánea de varias fuerzas, pudiendo considerarse el movimiento como resultante de una serie de movimientos rectilíneos.

La acción de las fuerzas sobre la materia se manifiesta por atracciones o repulsiones dependiendo su intensidad de la distancia:

$$f = k \frac{m . m'}{d^2}$$

LEY DE COMPOSICION DE FUERZAS. Esta ley nace directamente de la ley de causalidado, dado que una suma dada de causas, en igualdad de condiciones, produce el mismo efecto como si las causas actuaran simultáneamente.

La ley ésta diría que varias causas obrando simultáneamente, cada una de ellas actuaría como si estuviera sola.

Esta ley es un complemento esencial de las leyes de la inercia.

LEY DE CONSERVACION DE LA FUERZA. — La suma de las fuerzas físicas es siempre constante. Pueden considerarse dos especies de fuerzas: las que engendran movimientos efectivos y aquellas que sólo tienden a producirlos, llamándose fuerzas vivas a las primeras y fuerzas de tensión a las segundas.

Complementariamente a esta ley se establece la transformación recíproca de las fuerzas físicas.

CORRELACION DE LAS LEYES FUNDAMENTALES. — Hay una *conexión íntima* entre las leyes fundamentales, no pudiendo suprimirse una de ellas sin tocar las demás.

Así, las leyes de conservación de la materia, de las fuerzas, no son más que las expresiones de un mismo principio considerado bajo sus dos fases, la materia se revela por las fuerzas que desenvuelve; la materia privada de fuerza o de movimiento es un concepto que no responde a la realidad.

Los principios fundamentales enunciados caben todos dentro del estudio de la mecánica, siendo la física una rama de la mecánica aplicada, puesto que todos los fenómenos pueden referirse al movimiento.

ANOTACION DE FENOMENOS. — Para la interpretación de las observaciones y para llegar a las deducciones consiguientes, es necesario proceder a la anotación sistemática de las magnitudes observadas.

Las magnitudes físicas se pueden considerar en dos grupos, las *escalares* aritméticas o algebraicas y las *vectoriales* geométricas o vectores.

Las magnitudes aritméticas expresan su número sin dirección alguna, como cuando se mide una longitud.

Las magnitudes algebraicas expresan cantidad que puede contarse en sentidos opuestos, positivas o negativas, como la temperatura.

Las magnitudes geométricas o vectores, expresan rectas de magnitud, dirección y sentido determinados.

Los vectores pueden sumarse, se aplican a un mismo punto y dirección, a un mismo punto formando ángulo, en tal caso se llaman *concurrentes* o se aplican a distintos puntos.

Se pueden establecer diferencias geométricas en ellos, se pueden combinar varios y también se llega a trazar un equivalente resultante del total.

Las magnitudes están relacionadas entre sí, como ocurre con las magnitudes eléctricas.

Con las magnitudes ópticas no sucede lo mismo, porque en óptica no hay leyes como las de Colomb, Ampère, Laplace, para relacionar las unidades luminosas con las mecánicas y por no existir una *masa luminosa* como la *masa magnética* o *masa eléctrica* en función de L.M.T.

Si fuera posible reducir un foco luminoso hasta la magnitud de un punto, se parecería a un polo magnético porque enviaría rayos en todas direcciones, y circunscribiendo este punto en una circunferencia de radio igual a la unidad, el flujo emanado se distribuiría en la superficie esférica (S).

Suponiendo esta distribución uniforme, la relación entre el flujo y la superficie 4 X de la esfera o sea el flujo por unidad de superficie sería la *intensidad luminosa*:

$$I = \frac{S}{4x}$$

A flujo constante y superficie esférica de radio R, la intensidad de superficie, sería:

$$I' = \frac{S}{4xR_2} \text{ de donde } \frac{I}{I'} = \frac{R^2}{1}$$

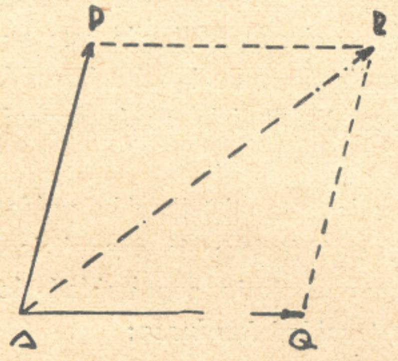
expresión que confirma la ley del cuadrado de las distancias.

Intensidad y flujo tiene valores iguales porque 4 X es valor numérico; si conociéramos el valor de I o de S en función de L.M.T., las unidades fotométricas podrían figurar al lado de las eléctricas y magnéticas, cosa que no es factible si no se conoce la masa luminosa y sus dimensiones en función de las unidades fundamentales.

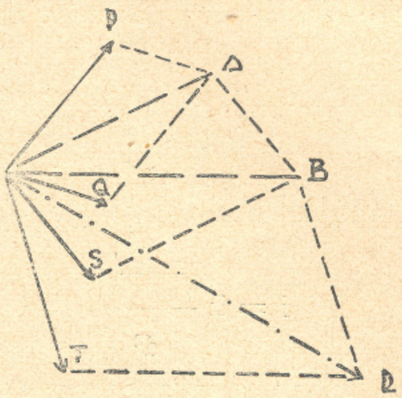
Los vectores se designan con una sola letra, atribuyéndoseles un valor numérico igual a su magnitud.

Esta letra se encierra entre paréntesis para diferenciarla de las magnitudes algebraicas.

Suma de vectores concurrentes. — La suma geométrica o resultante de dos vectores concurrentes es la diagonal del paralelogramo construído sobre ellos como lados. Así, si P y Q son aplicados al mismo punto A, la suma será el vector R conseguido tirando por P una paralela P R a Q, y por Q otra Q R a P.



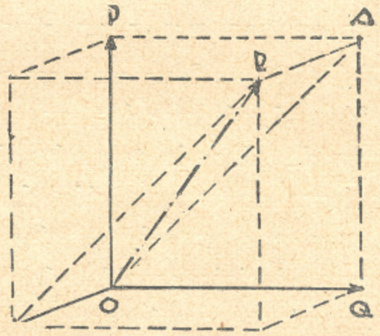
Suma de varios vectores. — Si fueran varios los vectores como (P) (Q) (S) (T) la suma de ellos se halla sumando, según el caso anterior, dos de ellos (P) y (Q) después sumando la suma de estos (A) con el tercero (S) y añadiendo geométricamente la suma obtenida (B) con el (T) así se consigue, como resultante o suma total, el vector (R).



Este vector (R) se puede encontrar, también, trazando por P un vector (PA) igual y paralelo al (Q), por (A) otro (AB) igual y paralelo al (S) y por (B) un tercero (BR) igual y paralelo al (T) uniendo después el punto (R) con el origen O, la recta (OR) representa la suma geométrica o resultante.

Así se suman en general los vectores aún cuando no se hallen en un mismo plano.

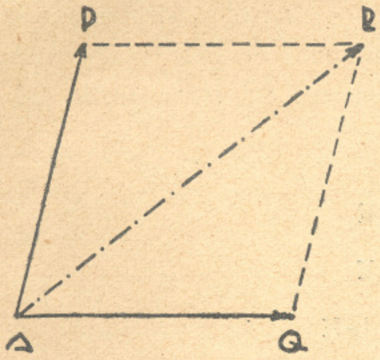
Suma de vectores en planos distintos. — Tratando de sumar los vectores (P) (Q) (S) situados en planos distintos, si trazamos por P a (PA) igual y paralela a (Q) y por A, a AR en igual condición con relación a (S) uniendo O con R lograremos obtener la resultante de los vectores dados, que no es más que la diagonal del paralepípedo cuyas aristas son (P) (Q) (S).



Diferencia geométrica. — Es el vector que añadido a uno de los sumandos, produce el otro.

Así (PR) = (AQ) es la diferencia entre (AR) y (AP) porque si a este último le añadimos AQ tendremos (AP) + (AQ) = (AR) o

(AP) = (AQ) con lo cual se deduce que la diferencia de dos vectores de igual magnitud, pero de distintas direcciones no es igual a cero, por-

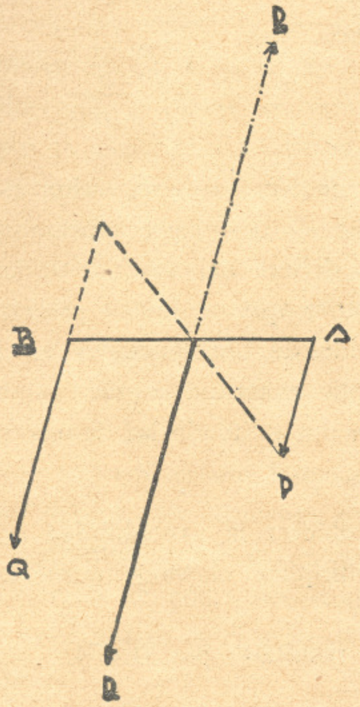


que si en el triángulo A P R fuese (AR) = (AP), la diferencia geométrica sería siempre el tercer lado (PR) o lo que es lo mismo (AQ).

Resultante de vectores. — Si varios vectores están aplicados a puntos distintos dirigidos en cualquier sentido, la resultante general con relación a otro punto distinto de los primeros será la resultante de otra serie de vectores cuyo origen sea este último punto, trazados paralelamente a los primitivos y con igual magnitud.

Así, el valor de la resultante es independiente de la posición del punto a que se refiera.

Vectores paralelos. — Son vectores paralelos



los de dirección paralela cuya resultante o vector equivalente es otro vector con las condiciones siguientes:

1º Ser paralelo a los dos primeros;

2º Ser de magnitud igual a la suma de sus magnitudes; y

3º Su origen ha de distar de los vectores primitivos cantidades inversamente proporcionales a las magnitudes de estos.

Así, si (P) y (Q) son los vectores primitivos, su resultante es (R) por llenar las condiciones indicadas.

El punto O donde se aplica el vector resultante (R) recibe el nombre de centro de vectores paralelos, dependiendo su posición de las magnitudes y origen de los vectores componentes.

Cuando en vez de ser dos los vectores son varios, se les combina dos a dos, haciendo lo mismo con las resultantes respectivas; así se llegaría a un vector único equivalente a todos los demás que sería la resultante total.

GRAFICOS. — Sirven para seguir la marcha del fenómeno físico y para deducir sus consecuencias, pudiendo establecerse ecuaciones, así se tendría la representación geométrica y analítica.

La representación gráfica más simple consiste en trazar dos rectas perpendiculares; a la horizontal se llama eje de abcisas y a la vertical eje de ordenadas; en la primera se señalan longitudes proporcionales a la magnitud del fenómeno y en la segunda los resultados obtenidos; de los puntos marcados se llevan paralelas a los ejes, se unen las intersecciones que dan una curva continua o una serie de líneas rectas, cuyo conjunto es una línea quebrada.

Los aparatos llamados registradores se aplican a los fenómenos de variación continua y dan las curvas sin solución de continuidad.

La notación en columnas o sectores no es de uso tan corriente.

Errores de observación y de experimentación. La observación, la experimentación y la medida de los fenómenos físicos está sujeta a errores.

Los errores pueden ser *personales*, por insuficiencia de observación o por impericia del observador; *instrumentales*, por defecto de los aparatos, o *teóricos*, por desconocimiento de leyes verdaderas o defectos de las teorías aplicadas.

Estos errores admiten una división en errores *sistemáticos* y errores *accidentales*.

Los errores sistemáticos tienen una causa constante que siempre produce efectos iguales; conocida la causa, es fácil corregirlo.

Los errores accidentales son desconocidos en sus efectos y a veces en sus causas y varían constantemente sin obedecer a ninguna ley.

Para purificar una observación, experimentación o medida, de estos errores, se recurre al cálculo de probabilidades, basado en los siguientes postulados:

1º La suma de los errores, o diferencias entre el valor exacto de la magnitud y los valores observados, es igual a cero. (Se cumple tanto más cuanto mayor sea el número de observaciones).

2º La magnitud del error tiene cierto límite del cual no se puede pasar. (Sobrepasando ese límite, son equivocaciones).

3º La probabilidad de un cierto error, es función de su magnitud o cuantía. (Lógicamente abundarían más los errores pequeños que los errores mayores).

El cálculo de probabilidades nos da el límite probable de los errores después de haber practicado varias observaciones y deducirle de su conjunto.

Los errores de observación pueden limitarse por el cálculo de la media aritmética, del error medio, del error probable y del error medio de una observación.

Media aritmética. — La media aritmética nos da el límite probable del error siempre que se hayan practicado un número regular de obsevaciones en igualdad de condicionts de exactitud y aun cuando alguna de ellas difiera un tanto de las demás, excluído el caso de las equivocaciones.

La media aritmética, de vulgar conocimiento, se logra cuando se suman los valores de las observaciones aisladas y dividiendo esa suma por el número de ellas:

$$M = \frac{m.' \; m.'' \; m.''' \; --- \; m^n}{n}$$

Error medio. — Se establece el error medio de una observación aislada buscando la diferencia entre la media aritmética y el valor numérico de cada una de las observaciones, elevando al cuadrado las diferencias, sumando esos cuadrados y dividiendo la suma por el número de observaciones menos uno, lo que da el cuadrado del error medio; la raíz cuadrada de esta cantidad da el valor del error medio de una observación.

Error medio del resultado. — Dividiendo el valor medio de una observación por la raíz cuadrada del número de observaciones, se consigue el valor numérico del error medio del resultado:

$d' = m' - M$

$d'' = m'' - M$

$d''' = m''' - M$

$d^n = m^n - M$

S = suma cuadrados de las diferencias.-

$S = d'^2 + d''^2 + d'''^2 --- + d^{n2}$

$\frac{S}{n-1}$ (cuadrado del error medio)

(error medio de una experiencia)

$$\pm \sqrt{\frac{S}{n-1}}$$

El error medio del resultado o de la media aritmética

$$= \pm \sqrt{\frac{S}{n(n-1)}}$$

Error probable. — Este valor está afectado con el signo + o — que expresa que el valor encontrado difiere del verdadero dentro de ese límite, siempre que se hayan practicado un número regular de observaciones en igualdad de condicones de exactitud y aun cuando alguna de ellas difiera un tanto de las demás, salvo el caso de equivocaciones.

Para establecer la probabilidad cuyo valor es 0.5, se multiplica el valor numérico del error medio del resultado por 0.6745, o sea $\frac{27}{40}$, o aproximadamente por $\frac{2}{3}$.

Influencia de errores de observación sobre el *resultado.* — Cuando la magnitud del fenómeno no está determinada por la experiencia, es necesario deducirla por el cálculo.

Se tiene en cuenta una sola observación o se practican varias cuyos datos se relacionan entre sí por medio de fórmulas.

Esta corrección nos da el valor del error y también las abreviaciones que pueden llevarse a los cálculos sin que aumente la inexactitud de manera apreciable.

Así, llamando x a la magnitud observada y X el resultado que se investiga, cuando x y X representen los valores exactos, X será función de x que se hallará por una expresión matemática en que entre x.

Pero si x se ha determinado con un error, que llamaremos f, para encontrar F o sea el error cometido en el resultado a causa del error f de x, tendremos que reemplazar en la fórmula que sirve para calcular X a x por $x + f$, siempre que f esté representada en las mismas unidades que la magnitud **x**.

Procediendo así llegamos a un resultado exacto para X y la diferencia entre este valor y el anterior es el error F.

Dado que el valor de los errores de observación son de pequeña magnitud, los cálculos pueden ser simplificados teniendo en cuenta: que es posible dar a X un valor aproximado al determinado por la experiencia; que es dable despreciar los términos de corrección de la fórmula cuando no se determina su influencia propia en el resultado; que cuando se han practicado varias observaciones, siendo erróneas cada una de ellas, en el caso de querer establecer el error de una de éstas relacionado al resultado, se puede hacer caso omiso de las demás, y que en términos generales el error del resultado procedente del error de una observación aumenta proporcionalmente a la magnitud de ese error, pudiendo representarse el error F como un producto, en el cual uno de los factores es el error f de la magnitud observada.

Aproximación en el cálculo. — Cuando las magnitudes en las fórmulas son pequeñas, por razones de comodidad pueden emplearse fórmulas de aproximación que no tienen mayor influencia en el error del resultado.

Generalmente desde la iniciación del cálculo se da a la expresión una forma tal como para que la cantidad de corrección sea muy pequeña con relación a la unidad, pudiendo sumarse o restarse de ésta.

Para simplificar una serie de cantidades a, b, c, etc., muy pequeñas con relación a I, lo suficientemente pequeñas como para que sus cuadrados a^2, b^2, c^2 y sus potencias superiores, lo mismo que el producto de ellas ab, bc, sean pequeñas con relación a a, b, c, se pueden prácticamente despreciar con relación a I.

Así, $a = 0.001$, por consecuencia, $a^2 = 0.000001$.

Si $b = 0.002$, ab será igual a 0.000002.

Cuando se trata de observaciones de precisión, las milésimas no pueden ser despreciadas a menos que los errores de observación sean superiores a ellas.

En esos casos se recurre a las fórmulas de aproximación siguientes:

$$(1)\quad (1+a)^m = 1+ma \;\ldots\ldots\; (1-ma)^m = 1-$$

$$(2)\quad (1+a)^2 = 1+2a \;\ldots\ldots\; (1-a)^2 = 1-2a$$

$$(3)\quad \sqrt{1+a} = (1+a)^{1/2} = 1+\tfrac{1}{2}a \;\ldots\; \sqrt{1-a} = (1-a)^{1/2} = 1-\tfrac{1}{2}a$$

$$(4)\quad \frac{1}{1+a} = 1-a \;\ldots\ldots\ldots\; \frac{1}{1-a} = 1+a$$

$$(5)\quad \frac{1}{(1+a)^2} = 1-2a \;\ldots\ldots\ldots\; \frac{1}{(1-a)^2} = 1+2a$$

$$(6)\quad \frac{1}{\sqrt{1+a}} = 1-\tfrac{1}{2}a \;\ldots\ldots\ldots\; \frac{1}{\sqrt{1-a}} = 1+\tfrac{1}{2}a$$

$$(7)\quad (1\pm a)(1\pm b)(1\pm c) \;\ldots\ldots\ldots\; = 1\pm a\pm b\pm c \ldots$$

$$(8)\quad \frac{(1\pm a)(1\pm b)}{(1\pm c)(1\pm d)} = 1\pm a\pm b\pm c\pm d$$

También se llega a considerar en lugar de la media geométrica de dos cantidades p y p' poco diferentes, su media aritmética:

$$\sqrt{pp'} = \frac{p+p'}{2}$$

También es posible de las fórmulas trigonométricas: a representa un ángulo muy pequeño con relación al tomado por unidad (57.03) por ser aquel en que el arco es igual al radio.

INTERPOLACION

Se practica por la fórmula de Lagrange, generalmente, y tiene por objeto expresar o establecer una función de una variable, exacta o aproximada, cuando se conocen los valores de la función que corresponden a un cierto número de valores dados de la variable, a fin de poder encontrar enseguida los valores de la función para valores intermedios de la variable.

Supongamos que la función buscada sea:

$$y = f\,c\,x$$

y que los datos del problema sean: m valores de la función correspondientes a m valores de la variable.

Así tendremos que:

$$\begin{aligned} y &= y^0 \text{ para } x = x^0 \\ y^1 &\;\;\text{"}\;\; x = x^1 \\ y^2 &\;\;\text{"}\;\; x = x^2 \\ &\vdots \\ y^m &\;\;\text{"}\;\; x = x_m \end{aligned}$$

con estos datos podemos buscar la forma del segundo miembro de la (1), como lo encontró y obtuvo Lagrange:

$$y = y^0 \frac{(x-x^1)(x-x^2)\dots(x-x^m)}{(x^0-x^1)(x^0-x^2)\dots(x^0-x^m)} + y^1 \frac{(x-x^0)(x-x^2)\dots(x-x^m)}{(x^1-x_0)(x^1-x^2)\dots(x^1-x^m)} + \dots\dots y^m \frac{(x-x^0)(x-x^1)\dots(x^m-x^{m-1})}{(x^m-x^1)(x^m-x^1)\dots(x^m-x^{m-1})} \quad (2)$$