

AC 05 57

Hola, buenas noches, con nuestra sintonía les damos la bienvenida al programa del curso de acceso. Esta noche, química, nos acompaña la profesora María José Morcillo, con la que hablaremos de las reacciones ácido-base. Esta noche en la asignatura de química nos acompaña la profesora María José Morcillo, muy buenas noches María José.

Hola, muy buenas noches. ¿Nos podrías hacer una pequeña introducción del tema que vamos a tratar esta noche? Sí, mira, desde hace mucho tiempo los químicos en su afán de ordenar sus conocimientos acerca de la materia y poner de relieve las semejanzas y contrastes en el comportamiento de las sustancias, clasificaron a los compuestos inorgánicos, que eran los únicos conocidos por entonces, en tres grandes grupos, ácidos, bases y sales. En la emisión de hoy vamos a comentar brevemente algunas de las propiedades y aplicaciones de los ácidos y de las bases.

¿Y en base a qué se hizo esta primera clasificación de las sustancias? En un principio la clasificación de las sustancias en uno u otro grupo se hizo teniendo en cuenta una serie de propiedades comunes que presentaban sus disoluciones acuosas. Así por ejemplo, el sabor agrio de ciertas sustancias fue lo que sugirió su primitiva clasificación como ácidos, del latín *acidus*, que significa agrio. Las bases antiguamente se llamaron alcalis, del árabe *alcalí*, cenizas de planta, nombre que todavía se utiliza, así como sus derivados alcalino, alcalimetría, para indicar bases o propiedades básicas.

Este nombre se debe a que una de las bases más utilizadas en la antigüedad, la sosa o carbonato sódico, se obtenía de las cenizas de ciertas plantas. ¿Cuáles eran las propiedades comunes de los ácidos y de las bases? Pues ya en el año 1663 aproximadamente el famoso físico inglés Boyle estableció una serie de propiedades comunes a todos los ácidos que fueron ampliándose con el transcurso del tiempo y en los comienzos del siglo XIX las principales propiedades características de los ácidos eran, en primer lugar, son compuestos que tienen un sabor agrio típico llamado sabor ácido, en segundo producen una sensación punzante o escozor en contacto con la piel o las mucosas. Sus disoluciones acuosas cambian el color de muchos colorantes vegetales, por ejemplo, pues producen un color rojo con el tornasol azul.

También contienen hidrógeno que puede liberarse en forma gaseosa cuando a sus disoluciones acuosas se añade un metal activo como por ejemplo zinc. Disuelven a muchas sustancias y por último cuando reaccionan con hidróxidos metálicos pierden todas sus propiedades características. Estas sustancias capaces de neutralizar las propiedades típicas de los ácidos reciben el nombre de bases y pueden también definirse por una serie de propiedades comunes como son en primer lugar que tienen un sabor amargo característico.

Sus disoluciones acuosas producen una sensación de suavidad o sea como jabonosa al tacto. Sus disoluciones acuosas cambian el color de muchos colorantes vegetales, por ejemplo, pues devuelven el color azul al tornasol enrojecido por un ácido. Precipitan muchas sustancias que

son solubles en los ácidos y por último pierden todas sus propiedades características cuando reaccionan con un ácido.

Esta última propiedad de las bases análoga como verás a la última de los ácidos de neutralizar sus propiedades características cuando reaccionan entre sí se llama por ello neutralización. En la reacción de neutralización entre un ácido y una base se forma agua y otro compuesto que por sus propiedades pertenece al tercer grupo que hemos dicho al principio esto es una sal. Bien esta serie de propiedades para clasificar las sustancias en ácidos o bases pues parece pues poco científica ¿no lo crees así? Sí efectivamente así es.

Esta clasificación es puramente empírica el conjunto de las propiedades anteriores constituye lo que se llama una definición operacional o fenomenológica basada en hechos experimentales pero sin tratar de darles una interpretación no hace referencia en absoluto a la constitución molecular que debe tener alguna característica común a todos los ácidos o a todas las bases. Como es lógico los químicos no se encontraban satisfechos con esta definición e intentaron poder explicar el comportamiento semejante de los ácidos o de las bases mediante algún elemento que entrase siempre en su composición. Así durante muchos años los químicos creyeron que todos los ácidos contenían oxígeno precisamente Lavoisier fue quien propuso el nombre al recién elemento descubierto en 1774 llamándole oxígeno de origen griego que significa formador de ácidos por creer que estaba presente en todos los ácidos.

Según este concepto de ácido de Lavoisier debería ser posible aislar oxígeno de cualquier ácido por ejemplo del ácido clorhídrico llamado por entonces ácido muriático sin embargo fracasaron todos los intentos que se llevaron a cabo. Años más tarde con el descubrimiento del elemento cloro que se realizó en 1810 por el famoso Sir Humphrey Davy se demostró que el ácido muriático hoy clorhídrico estaba constituido solamente por hidrógeno y cloro. El propio Davy propuso entonces que el elemento común presente en todos los ácidos era el hidrógeno y no el oxígeno opinión que ya se fue generalizando rapidísimamente.

Entonces cuál fue una de las primeras teorías más lógicas para explicar el comportamiento de los ácidos y las bases. Pues una de las primeras teorías para explicar el comportamiento de los ácidos y de las bases y que si bien no es del todo completa pero que todavía se emplea bastante es la propuesta en 1887 por el famoso químico sueco Arrhenius. Esta teoría llamada ahora teoría clásica o teoría de Arrhenius de ácidos y bases es de tipo conceptual en contraposición con la fenomenológica u operacional.

Es decir que trata de señalar el principio o la causa del comportamiento de los ácidos y de las bases. Esta nueva definición de ácidos y bases o teoría de Arrhenius está basada en la llamada teoría de la ionización o de la disociación de muchos compuestos llamados electrolitos cuando se disuelven en agua desarrollada por el propio Arrhenius en su revolucionaria tesis doctoral presentada en 1884 en la Universidad de Ushala. Conviene en este punto resaltar que la teoría de la ionización de Arrhenius tropezó al principio con la posición de muchos químicos famosos que encontraban serias dificultades para creer que por ejemplo el cloruro sódico o sal común al

disolverse en agua se disociase en iones de cloro o cloruro con carga eléctrica negativa e iones de sodio con carga positiva pues tenían erróneamente la idea de que los iones deberían tener las mismas o parecidas propiedades que los elementos correspondientes.

Pues un momento por favor porque acabas de decir que los químicos de finales del siglo XIX contemporáneos de Arrhenius creían erróneamente que los iones deberían tener las mismas propiedades que los correspondientes elementos ¿es que no es esto cierto? No en absoluto desgraciadamente esta misma idea errónea la tienen todavía muchos estudiantes de química por lo que conviene hacer hincapié para desecharla y darse bien cuenta que las propiedades del ión cloruro por ejemplo son muy distintas de las del elemento cloro y se parecen muchísimo más a las propiedades del gas noble argón por tener en sus átomos la misma estructura electrónica que la de los iones cloruro lo mismo sucede con los iones sodio que se asemejan mucho más al gas noble neón que al sodio metálico es curioso mencionar que a causa de sus ideas revolucionarias sobre la ionización la tesis doctoral de Arrhenius estuvo a punto de ser rechazada incluso después de aceptada gracias al apoyo de su teoría por el eminente químico físico alemán Oswald que ya era entonces una reconocida autoridad científica internacional pudo Arrhenius obtener una plaza de profesor ayudante en la universidad de Upsala sin embargo muy pronto se hizo su nombre ya muy famoso y en el año 1903 recibió el tercer premio Nobel de química por su teoría esta de la ionización completamente aceptada ya en esta época y gracias a lo cual se habían podido interpretar muchas de las propiedades de las disoluciones de los que se llamaron electrolitos esto es de los ácidos en bases y sales nos podrías explicar un poco más la teoría de Arrhenius si como no mira Arrhenius llegó a la conclusión de que las propiedades características que presentaban las disoluciones de los ácidos se debían a los iones hidrógenos H^+ positivo sea con una carga positiva en tanto que las propiedades típicas de las bases se debían a los iones hidróxido OH^- con una carga negativa entonces se llegó a una nueva definición de ácidos y bases que puede expresarse en la forma siguiente ácido es toda sustancia que en disolución acuosa se ioniza dando lugar a iones hidrógeno son ácidos entonces por ejemplo el clorhídrico nítrico acético etcétera porque todos ellos al disolverse en agua se ionizan en dos iones uno negativo que es el anión del ácido y otro positivo que es el catión hidrógeno base es toda sustancia que en disolución acuosa se ioniza dando lugar a iones hidróxido entonces son bases por lo tanto todos los hidróxidos como por ejemplo pues el hidróxido sódico el hidróxido cálcico el hidróxido de aluminio etcétera porque todos ellos al disolverse en agua se ionizan en un ión positivo que es el catión metálico y en un ión negativo que es el anión hidróxido con esta definición se comprende fácilmente que la neutralización esto es la reacción en disolución acuosa de un ácido con una base en la que ambos compuestos pierden sus propiedades típicas es simplemente la combinación de los iones hidrógeno con los iones hidróxido para formar moléculas de agua así por ejemplo en una disolución acuosa de ácido clorhídrico existen iones cloruro e iones hidrógeno mientras que en una disolución de hidróxido sódico existen iones sodio e iones hidróxido si se mezclan cantidades equimoleculares de ambas disoluciones los iones hidróxido de esta última se combina con los iones hidrógeno de la primera para formar moléculas de agua que están muy poco disociadas los iones cloruro y los iones sodio quedan en la disolución sin sufrir ningún

cambio con lo que ésta resulta igual que si se hubiese disuelto en agua directamente sal común es decir cloruro sódico si esto es verdad todas las propiedades de la reacción de neutralización deben ser iguales para cualquier ácido y cualquier base y esto es en efecto lo que se encuentra experimentalmente así por ejemplo el calor desprendido en la reacción anterior cuando se mezclan disoluciones de ácido clorídico y de hidróxido sódico es de 13.6 kilocalorías por mol este mismo resultado se obtiene al mezclar disoluciones de otros ácidos con otras bases por ejemplo al mezclar una disolución de ácido nítrico con otra de hidróxido potásico esto es lógico puesto que este calor llamado calor de neutralización no es otra cosa que el calor desprendido en la formación de un mol de agua por combinación de los iones hidrógeno con los iones hidróxido en toda esta explicación de la teoría de argenios de ácidos y bases estás hablando continuamente de iones hidrógeno es decir H^+ positivo mientras que en muchos textos se habla de iones hidrónio esto es H_3O^+ positivo porque es esto qué diferencia hay entre ambos ya está es una pregunta muy acertada que voy a explicar en primer lugar conviene advertir que en disolución acuosa tanto los iones hidrógeno H^+ positivo como los hidróxido OH^- negativo están siempre unidos más o menos fuertemente a varias moléculas de agua es decir que están siempre hidratados esta hidratación es mucho más intensa en los iones hidrógeno debido a su pequeñísimo tamaño son protones sin ningún electrón resultados experimentales confirman que el ión hidrónio o H_3O^+ positivo llamado también ión o sonio es particularmente estable aunque también se encuentra hidratado formándose una primera capa de hidratación con tres moléculas más de agua por lo que a veces suele escribirse en la en la forma $H_2O_4^+$ positivo un poco de difícil de entender por la radio no obstante para casi todos los fines suelen utilizarse las formas más simples es decir H^+ positivo o bien H_3O^+ positivo aunque hay que tener presente que tanto estos como todos los demás iones en disolución acuosa están siempre hidratados pues muchas gracias por tu aclaración yo creo que ha quedado muy claro este concepto así que si quieres ya puedes continuar con lo que estabas explicando si mira volviendo a la reacción de neutralización conviene indicar que puede darse también la reacción inversa esto es la reacción de una sal con agua para formar el ácido y la base correspondientes que recibe el nombre de hidrólisis que viene del griego que significa descomposición por el agua la neutralización y la hidrólisis son por lo tanto los dos procesos directo inverso de la reacción reversible entre un ácido y una base para formar una sal y agua el equilibrio de esta reacción se encuentra en general muy desplazado hacia la formación de la sal y agua únicamente en el caso de sales que procedan de ácido débil o de base débil o de ambos débiles es apreciable el proceso de hidrólisis la teoría de argenio según creo entender se refiere únicamente a disoluciones acuosas es así efectivamente así es por ello dicha teoría de ácidos y bases se llama también en definición acuosa porque sólo puede aplicarse cuando se utiliza el agua como disolvente en la actualidad si bien el agua sigue siendo disolvente de mayor uso se emplean también a veces otros disolventes como por ejemplo pues benceno amoníaco líquido dióxido de azufre líquido etcétera por ello varios autores extendieron la definición de argenios a disolventes no acuosos en la forma el siguiente ácido es toda sustancia que al disolverse origina los mismos iones positivos que el disolvente en que se auto ioniza y base es toda sustancia que al disolverse origina los mismos iones negativos que en la auto ionización del disolvente así por ejemplo pues en amoníaco líquido que se auto ioniza en iones amonio en H_4

positivo e iones amoníaco en H^+ negativo si bien en mucho menor grado que el agua la constante de ionización o producto iónico del amoníaco es del orden de 10^{-14} a 10^{-25} a menos 33 grados centígrados muchísimo menor que la del agua que es 10^{-14} a 25 grados centígrados serán ácidos en todas las sales amónicas que por ejemplo como por ejemplo pues el cloruro amónico que al disolverse en amoníaco líquido se disocia en iones cloruro cloro negativo e iones amonio en H^+ positivo los mismos iones positivos que se producen en la auto ionización del amoníaco como ejemplo de base en amoníaco líquido podemos indicar los amidos de los metales alcalinos como el amido sódico que es en H^+ que al disolverse en amoníaco líquido se disocia en iones sodio en H^+ positivo y en iones amido en H^+ negativos los mismos iones negativos que se producen en la auto ionización del amoníaco hasta qué año se siguió utilizando la teoría de argenios como única definición de ácido y bases con la definición de argenios generalizada de ácidos y bases se utilizó durante algunos años hasta que en 1923 el químico danés brønsted y el químico inglés thomas lowry establecieron de forma independiente y casi simultánea una nueva definición de ácidos y bases que es conocida en la actualidad como la teoría de brønsted lowry y también como teoría protónica puesto que está basada en la transferencia de protones en ella se define a ácido es toda su especie química capaz de ceder un protón a una base y base es toda especie química capaz de aceptar un protón de un ácido en esta teoría dada la reversibilidad de la transferencia de protones es muy importante tener en cuenta que cuando una molécula de un ácido que suele representarse de forma general por H^+A^- cede un protón el anión A^- negativo puede naturalmente aceptar un protón esto es puede aceptar puede actuar como una base que se llama base conjugada del ácido análogamente cuando una base que representaremos por B^- acepta un protón se convierte en un ácido HB^+ positivo puesto que puede volver a ceder el protón y que se llama ácido conjugado de la base las especies de cada pareja es decir H^+A^- y A^- negativo y HB^+ positivo y B^- que toman parte en toda reacción H^+A^- base reciben el nombre de pares ácido base conjugados y la reacción de forma general es pues ácido 1 más base 2 igual a base 1 más ácido 2 esta reacción es reversible y estará más o menos desplazada en uno u otro sentido según los pares H^+A^- base que se que se enfrenten por lo tanto el concepto de ácido o de base es relativo esto es depende de que la sustancia a la que se enfrente así por ejemplo frente al hidrógeno el agua actúa como una base aceptando un protón en cambio actúa como ácido cediendo un protón frente al amoníaco o en los iones carbonato y en el hidróxido etcétera las sustancias que pueden comportarse en unos casos como ácidos y en otras como bases se llaman anfipróticas y en la teoría de argenios anfóteras según tengo entendido la teoría de brønsted lowry es normalmente la que se utiliza en la actualidad es esto así qué ventajas tiene sobre la teoría de argenios efectivamente la teoría de brønsted lowry la más utilizada hoy en día en primer lugar sirve para cualquier disolver disolvente y no sólo para disoluciones acuosas pero además es más general que la teoría de argenios y engloba a ésta como un caso particular respecto al concepto de ácido en disolución acosa ambas teorías son muy son muy parecidas todos los ácidos clásicos o de argenios como el clorhídrico nítrico sulfúrico acético etcétera son dadores de protones únicamente la teoría protónica de brønsted lowry extiende el concepto de ácido a ciertos iones como por ejemplo en H^+ positivo HS^+ o H_4^+ negativo H_2PO_4^- etcétera no no considerados explícitamente como ácidos en la teoría

de argenios en cuanto al concepto de base las dos teorías presentan notables diferencias en primer lugar los hidróxidos de metales activos como el hidróxido de sodio de potasio de calcio etcétera bases típicas de argenios se comportan como bases de bronsted lowry debido a su disociación produciendo iones OH^- negativos que son los que realmente actúan como base aceptando un protón por otro lado una de las limitaciones más graves en de la teoría de argenios esto es que sustancias que no contienen grupos OH no pudiesen actuar como bases como por ejemplo el amoníaco el carbonato sódico una de las bases más antiguas se salva en la teoría de bronsted lowry que amplía mucho el concepto de base como aceptor de un protón incluyendo así a moléculas neutras como amoníaco aminas pirimidinas etcétera y también a muchos iones como carbonato acetato sulfuro cianuro etcétera cuyo comportamiento como bases no se pueden explicar en la teoría de argenios por ello la teoría de bronsted lowry de ácidos y bases es la más utilizada en la actualidad sin embargo no es del todo tampoco completa pues nos podrías aclarar por qué dices que no es del todo completa la definición de bases como aceptora de protones incluye en efecto a todas las sustancias conocidas que en cualquier aspecto presentan propiedades básicas por el contrario la definición de ácidos como dadores de protones limita estos obviamente a las sustancias que contienen hidrógeno sin embargo hay muchos compuestos que sin tener hidrógeno se comportan como ácidos en sus reacciones así por ejemplo una base como es el amoníaco puede neutralizarse y perder todas sus propiedades básicas si se le añade el cloruro de aluminio o dióxido de azufre estos dos compuestos tienen propiedades ácidas aunque no pueden ceder protones puesto que no existe hidrógeno sus moléculas estos hechos condujeron al eminente químico norteamericano newton lewis primero en 1923 a exponer su teoría del enlace químico y más concretamente después en 1938 a dar una definición más amplia de ácidos y bases que puede resumirse en la forma siguiente ácido es toda molécula o ión que puede aceptar la compartición de una pareja de electrones para formar un enlace covalente coordinado y base es toda molécula o ión que puede ceder para compartir una pareja de electrones y forman un enlace covalente coordinado de esta definición resulta que las moléculas de los ácidos deben tener un orbital vacío en la capa de valencia de alguno de sus átomos para poder aceptar y compartir una pareja de electrones esto es lo que ocurre en los halogenuros de boro y de aluminio así como en los óxidos de los no metales antiguos anhidridos como CO_2 CO_3 etcétera y en muchos cationes metálicos especialmente de transición que por lo tanto se comportan como ácidos el protón como es obvio tiene vacío el orbital $1s$ por lo que es un ácido de lewis naturalmente se comportarán como ácidos de lewis todas las sustancias que puedan ceder protones es decir los ácidos de bronsted lowry a estos como por ejemplo HCl NH_4^+ etcétera se les llama a veces ácidos secundarios de lewis puesto que para comportarse como ácidos tienen primero que romper el enlace del protón y dejarlo libre por otro lado las moléculas de las bases deben tener una pareja solitaria de electrones en la capa de valencia de algunos de sus átomos para poder cederla y compartirla esto es lo que ocurre en muchas moléculas como H_2O NH_3 CH_3NH_2 etcétera así como en iones como el flúor negativo o 2^- negativo CN^- etcétera y en el propio ión hidróxido o OH^- negativo en realidad todas las bases de bronsted lowry para poder aceptar un protón deben cumplir esta condición por lo que son a su vez bases de lewis la reacción de un ácido con una base esto es la neutralización es simplemente la unión de una

molécula del ácido con otra de la base mediante la formación de un enlace covalente coordinado así la formación de los iones hidratados y en general la de todos los iones complejos o de coordinación como por ejemplo el ión hexaciano ferrato 3 o ión ferroceanuro se pueden interpretar como reacciones de neutralización ácido base de lewis de lo que acaba de decir deduzco que la teoría de lewis es la más general y la que se debe emplear para tratar las reacciones ácido base no es así en efecto así es la teoría de lewis es la más general y es por lo tanto necesaria para explicar el comportamiento como ácidos o como bases de todas las sustancias conocidas no obstante en el caso más corriente de disoluciones acuosas y también en disolventes hidrogenados como amoníaco líquido alcohol es ácido acético etcétera es suficiente la teoría de brosted lori que por ello es la más utilizada en la actualidad para tratar las reacciones ácido base tienes algo más que añadir ya para finalizar nuestro programa pues no mira ya para terminar pues conviene resaltar que los ácidos y las bases tienen una aplicación tan extensa importante en la industria que su producción suele tomarse como un buen índice de la economía y o nivel de la vida de una de una nación pero además las reacciones de tipo ácido base tienen una influencia decisiva en numerosos procesos de gran importancia no sólo en química que lo que hemos hablado sino también en biología en medicina y hasta en las cosas muchas veces ordinarias de la vida cotidiana pues con esto acabamos despedimos a la profesora maría jose morcillo muy buenas noches muchas gracias buenas noches y también el curso de acceso la uned les ha acompañado con dos horas y media de radio educativa y cultural mañana estaremos de nuevo con ustedes en esta misma emisora ya nuestra hora habitual nuestro primer espacio será revista de derecho continuaremos con el informativo universitario por último el curso de acceso gracias por acompañarnos que pasen una feliz noche