



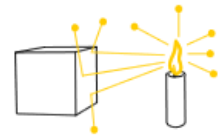
Fascinación LUZ

- La esencia de la luz
- Historia
- Que es la luz
- Fuente luminosa
- Precios promedio de corriente en Suiza
- Rentabilidad
- Estrategia de Landi Marketing
- Comentario final

- La luz como energía fue una condición indispensable para el origen de la vida. Nosotros percibimos nuestro entorno mediante diferentes sentidos pero la mayor parte de las informaciones las registramos a través de los ojos, ya que vemos la luz que llega a ellos. Ya desde la antigüedad los eruditos y científicos se han esforzado para desarrollar una teoría válida sobre la naturaleza de la luz. Se obtuvieron así muchos conocimientos cuyas teorías hoy en día son designados en general como física moderna.
- En el año 300 a. de C. **Euclides**, en su escrito sobre la óptica, se esforzó en presentar sus reflexiones en una forma matemática exacta. A raíz de esto se originó la teoría de la geometría óptica, la que dice, que la luz se expande en el espacio en forma radial en línea recta. Es decir que la dispersión de la luz puede ser descrita geoméricamente.
- A fines del siglo XVII, a raíz de la teoría de la emisión o de corpúsculos y la teoría de ondulaciones o de ondas, surgieron dos conceptos contrarios entre sí respecto de la características de la luz.
- La dispersión de la luz en línea recta llevó a **Isaac Newton** (1643-1727) a fundamentar en el año 1675 la teoría de la emisión. De acuerdo con ello la luz está compuesta de corpúsculos o partículas, los que, a partir de una fuente de luz, son proyectados en el espacio en forma lineal. Las partículas de luz pueden rebotar en los obstáculos y cambiar su dirección. La teoría de corpúsculos permanece en gran medida ligada a la óptica geométrica.



Euclides reconoció que la luz se expande en el espacio de manera radial en línea recta.

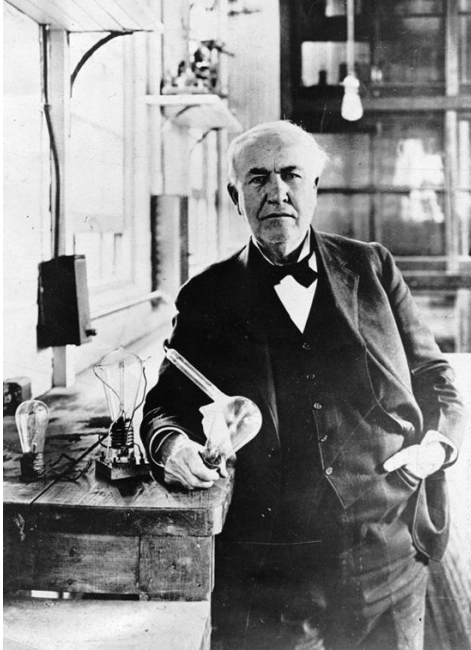


Según Newton las pequeñas partículas de luz rebotan contra los objetos como pelotas.

- En el año 1690 **Christian Huygens** (1629-1695) desarrolló en su escrito *Tractatus de lumini* (Tratado sobre la luz) una especie de primera teoría ondulatoria de la luz. En el año 1800 **Thomas Young** (1773-1829) pudo demostrar la naturaleza ondulatoria de la luz. Al igual que el sonido, también la luz puede entenderse como un fenómeno ondulatorio y la dispersión de la luz puede ser descrita con las leyes generales de dispersión de ondas. Los fenómenos como difracción, interferencia y polarización de la luz son explicables mediante la teoría de ondas.
- La teoría de ondas fue continuada en el año 1815 por **Augustin Jean Fresnel** (1788-1827). El interpretó a la luz como ondas en un medio oscilante y elástico, el éter. Si bien entretanto está comprobado que para la propagación de las ondas luminosas, no se requiere de dicha sustancia, igualmente hoy día se dice todavía que las ondas son enviadas por el éter, cuando, por ejemplo, se habla de radiodifusión. Sin embargo, la teoría mecánica del éter fue rebatida por el matemático escocés **Clerk Maxwell** (1831-1879) en el año 1864, describiendo la luz como un fenómeno electromagnético. Desde entonces la luz visible es definida como un sector relativamente estrecho de un amplio espectro de oscilaciones electromagnéticas.

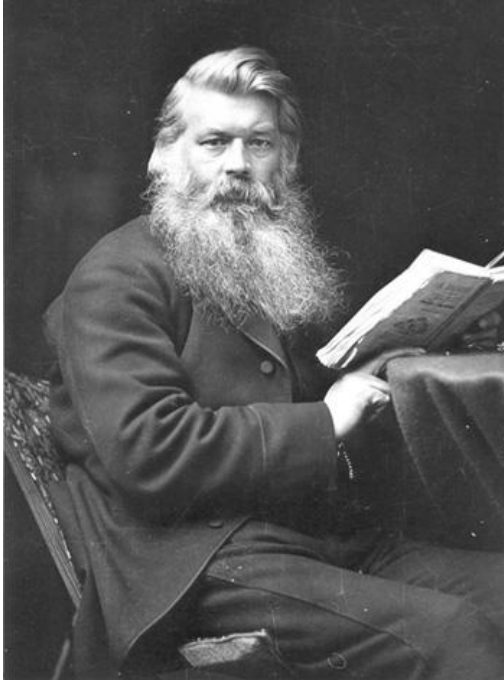


La mayoría de los fenómenos permiten ser explicados mediante la dispersión de la luz en forma ondulatoria.



Thomas Alva Edison

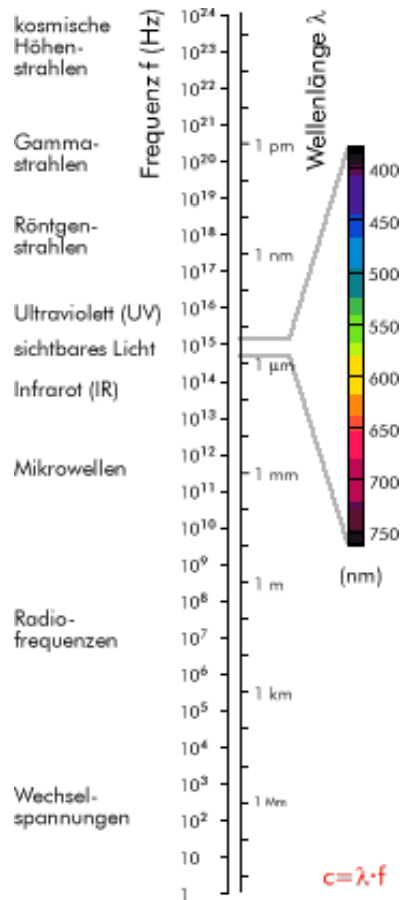
- Ya en el año 1809 fue presentada por Humphry Davy una lámpara de arco apta para el funcionamiento. Si bien las lámparas de arco son, por principio, lámparas de descarga de gas, sin embargo generan un elevado porcentaje de luz debido a los electrodos de grafito incandescentes.
- Algunas fuentes documentan sobre una lámpara incandescente con filamentos de platino bajo una campana de vidrio al vacío de la época de 1820. No son claros el origen y los datos de la lámpara denominada como „Lámpara-de-la-Rue“ o también „Lámpara-de-la-Rive“.
- Más tarde se utilizaron filamentos de carbón debido a su mayor punto de fusión y mejor eficiencia luminosa, para lo cual los filamentos de bambú carbonizados, patentados por Edison en el año 1880, eran especialmente apropiados.



Joseph Wilson Swan

- En el año 1872 Alexander Nikolayevich Lodygin obtuvo una patente para una lámpara incandescente con un delgado filamento de carbón en una bombilla con nitrógeno. A partir del año 1890 experimentó con diversos filamentos de metal. En relación a esto, en el año 1906 Lodygin vendió una patente a General Electric, quien a partir de ahí produjo industrialmente este tipo de lámpara usual aún hoy en día.
- El físico y químico británico Joseph Wilson Swan también desarrolló, en el año 1860, una lámpara incandescente, para la cual empleó papel carbonizado como filamento incandescente en una bombilla al vacío. Recién en el año 1878 logró la fabricación de una bombilla útil en la práctica. Dotó a su bombilla de un portalámpara especial, el denominado portalámpara de Swan, el que, contrariamente a las roscas de tornillo de las bombillas de Edison, no se aflojaba en caso de sacudidas, por ejemplo en vehículos.

Que es luz



En el gráfico se presenta el campo visible de las radiaciones electromagnéticas. Las ondas cortas (370nm) aparecen de color violeta (aunque el final del espectro con ondas cortas también se indica como azul). Con mayor longitud de onda el color cambia a azul, luego a verde, amarillo, anaranjado y por último al final del campo visible, con ondas largas (750 nm), cambia a rojo.

- Para poder explicar la mayoría de los fenómenos se puede definir a la luz como **onda electromagnética**. Nuestra percepción para el color, luminosidad, etc., se basa en las ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se encuentra en el campo visible. Las ondas de otras frecuencias no poseen color. Son designadas mediante nombres que indican, sobre todo, para qué se utilizan.
- El **completo rango de frecuencias** de las ondas electromagnéticas se denomina espectro electromagnético. Este espectro se extiende sin solución de continuidad desde las ondas largas, pobres en energía, que pueden ser generados fácilmente mediante circuitos oscilantes eléctricos e irradiados por las antenas (ondas de radio) hasta las radiaciones de mayor energía y ultraduros de los rayos X y las radiaciones gamma de los núcleos atómicos. El **espectro de la luz visible** abarca sólo un pequeño. Se encuentra en los 370 nm (violeta) hasta los 750 nm (rojo), correspondiendo a una frecuencia de 8×10^{14} a 4×10^{14} Hz.

p (pico-) = 10^{-12} = 0,000000000001 (billonésimo)

n (nano- = 10^{-9} = 0,000000001 (mil millonésimo)

μ (mikro-) = 10^{-6} = 0,000001 (millonésimo)

m (milli-) = 10^{-3} = 0,001 (milésimo)

k (kilo-) = 10^3 = 1000 (mil)

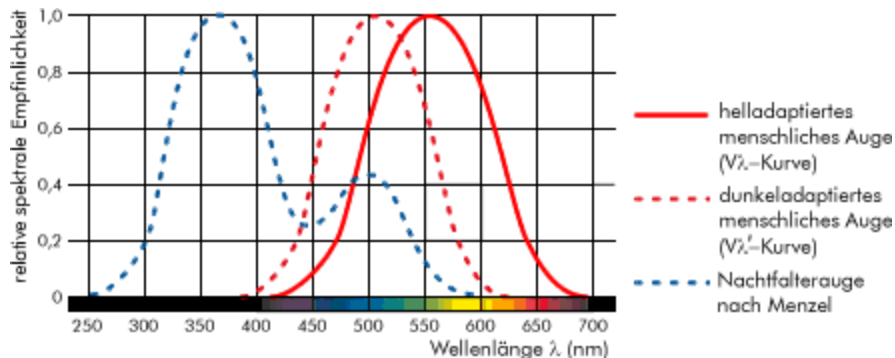
M (mega-) = 10^6 = 1000000 (millón)

G (giga-) = 10^9 = 1000000000 (mil millones)

Dado que las **longitudes de onda** (o frecuencias) de las radiaciones electromagnéticas abarcan un campo muy grande, son indicadas generalmente en potencia decimal. Así por ejemplo, **555 nm** indica la longitud de onda de la luz verde.

Unidades y definiciones

- Existe una diferenciación entre las **magnitudes físicas de irradiación** que se refieren a irradiaciones de cualquier longitud de onda y las **magnitudes técnicas de luminosidad** que se refieren a la luz visible con respecto a la sensibilidad espectral del ojo humano.
- Dentro del **campo visible** se emplean, para la valoración del flujo luminoso y la luminosidad, las unidades fotométricas **Lumen (lm)** y **Candela (cd)**. Éstas están basadas en la evaluación de la radiación por el ojo humano. Para las restantes longitudes de onda se emplean unidades físicas de irradiación (por ej. Watt/esterorradiación, etc.).



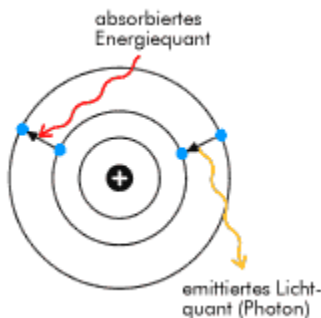
Durante el día el hombre tiene la mejor visión a **555 nm** (amarillo-verde). **Durante la noche** responden otros receptores del ojo humano, la mayor sensibilidad la presentan en el campo del azul. Las fuentes de luz muy fuertes, cuyo calor podemos sentir, las vemos también en el campo infrarrojo (IR) hasta los 1100 nm aprox. También podríamos percibir la luz ultravioleta si no fuera que el cristalino absorbe esta luz. Las personas a las que se les ha quitado el cristalino quirúrgicamente por cataratas por ej., ven hasta unos 300 nm. Los insectos, en cambio, son especialmente sensibles a la luz ultravioleta.

Luminiscencia – Cómo se origina la luz

Según el modelo atómico de Bohr los electrones no se mueven a cualquier distancia alrededor del núcleo, sino que lo hacen en determinadas órbitas caracterizadas por una condición cuántica, las llamados órbitas estacionarias o permitidas u órbitas cuántica. Los electrones se mueven en estas órbitas estacionarias sin radiación, vale decir, sin pérdida de energía. Cuanto mayor es la distancia entre las órbitas y el núcleo tanto mayor es el nivel energético del electrón.

El paso de una órbita cuántica a otra, el denominado salto electrónico o cuántico, se realiza siempre bajo absorción o emisión de la correspondiente diferencia de energía. Al pasar a un nivel energético menor la diferencia de energía se desprende en forma de un fotón. La absorción o emisión de radiaciones puede tener lugar solamente en la distancia energética de frecuencias correspondientes. Aquí la energía es indicada en electronvoltio (eV).

Los semiconductores (LED) que emiten luz deben tener la correspondiente distancia energética, la cual es superada en la recombinación, según la frecuencia de luz deseada. Por lo tanto los LED que emiten luz de ondas cortas (azul o UV) deben ofrecer un mayor hueco de energía. En la historia de los LED se investigó mucho sobre los correspondientes semiconductores.



Salto cuántico por absorción o emisión de cuantos de energía en el modelo atómico de Bohr

El proceso de emisión requiere que el átomo en el comienzo se encuentre en un nivel de estimulación.

400 nm \approx 3,10 eV

500 nm \approx 2,48 eV

555 nm \approx 2,23 eV

600 nm \approx 2,07 eV

700 nm \approx 1,77 eV

Fuente luminosa

Bombilla- Lámpara de incandescencia



La bombilla o lámpara de incandescencia pertenece a una de las fuentes de luz eléctrica más antiguas. Se trata aquí de un radiador térmico. En su interior un filamento espiralado de tungsteno se pone incandescente por la energía eléctrica.

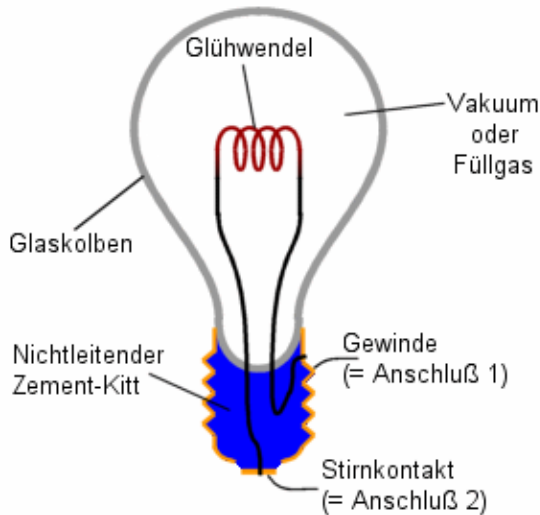
En la bombilla se calienta un conductor eléctrico (filamento o espiral de incandescencia), mediante el flujo de corriente eléctrica (calor Joule) de tal forma que se pone incandescente, vale decir, que emite radiación térmica de onda corta.

Sin embargo la capacidad eléctrica absorbida se emite sólo parcialmente en forma de radiación electromagnética (principalmente infrarrojo, luz visible y muy poco ultravioleta). Una parte es cedida mediante conducción de calor y convección al gas de relleno y a la bombilla y mediante conducción de calor a los cables de alimentación y sujeción del filamento de incandescencia.

El filamento incandescente irradia con una distribución de longitud de onda según la ley de radiación de Planck. El máximo de radiación se desplaza con el incremento de la temperatura de acuerdo con la ley de desplazamiento de Wien hacia longitudes de onda menores. Para obtener, en lo posible, un elevado rendimiento de luz y también para que la luz sea lo más natural „blanca“ posible, se procura desplazar el máximo de radiación por elevación de la temperatura del campo de la radiación infrarroja de onda larga (irradiación de calor) al campo de la luz visible.

Fuente luminosa

Bombilla- Lámpara de incandescencia



- Sin embargo la temperatura máxima es limitada por las propiedades del material del filamento de incandescencia. Para lograr temperaturas elevadas actualmente se emplea para los filamentos de incandescencia el tungsteno de elevado punto de fusión (temperatura de fusión $3422 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$), antes se empleaba también osmio o carbón. Pero aún con este material no se alcanza una temperatura de color de 6200 K como para lograr una luz similar a la diurna, dado que el tungsteno a esta temperatura pasa a la fase gaseosa (temperatura de ebullición $5660 \text{ }^\circ\text{C}$). Y aún si esto se lograra el rendimiento luminoso sería menos del 15% debido a la ancha banda de longitud de onda emitida.

• Con las temperaturas de 2300 a 2900 °C que se alcanzan prácticamente en las bombillas, no se logra ni una luz diurna ni tampoco blanca; por ello la luz de las bombillas es más amarillo-rojiza que la luz blanca o luz diurna. Las demás fuentes de luz de los espacios habitables (por ej. lámparas de bajo consumo y lámparas fluorescentes) se adecuan a esta típica temperatura de color de las bombillas a la que se denomina „tono cálido“.

Fuente luminosa de halógeno – Lámpara de halógeno



Mediante el añadido de halógeno se transforma la lámpara de incandescencia en una lámpara de halógeno. Las lámparas de halógeno son hasta un 50 por ciento más claras y duran casi el doble que las fuentes luminosas convencionales..

El agregado del halógeno bromo o yodo incrementa la vida útil hasta 2.000 a 4.000 horas a una temperatura de funcionamiento de unos 3.000 K. Las denominadas **lámparas de halógeno** alcanzan un rendimiento luminoso de 25 lm/W (comparar con bombillas convencionales, 15 lm/W, lámparas de bajo consumo, 60 lm/W).

El yodo reacciona (junto con el oxígeno residual) con los átomos de tungsteno vaporizados por el filamento incandescente y estabiliza una atmósfera que contiene tungsteno. El proceso es reversible: a elevadas temperaturas se disocia el compuesto por pirolisis nuevamente en sus elementos – los átomos de tungsteno se condensan sobre o en las cercanías de la espiral de incandescencia. Las pequeñas diferencias de temperatura a lo largo de la espiral no poseen importancia para la disociación. La suposición de que el tungsteno se condensa sólo en las zonas delgadas sobrecalentadas de la espiral es falsa. De esta suposición podría haberse desprendido un interesante efecto secundario, y es que el filamento se podría reparar por sí mismo en las partes más delgadas. Pero, en realidad, la condensación de tungsteno tiene lugar en las partes más frías de la espiral, y así se originan whisker. El principio es el transporte químico que se encuentra de en forma similar también en el proceso Van-Arkel-de-Boer.

Fuente luminosa » halógeno – Lámpara de halógeno

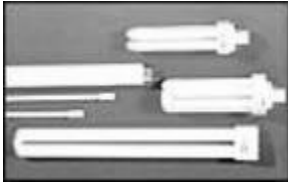
El añadido de halógeno evita la condensación de tungsteno sobre la bombilla a una temperatura del vidrio superior a 250 °C. Debido a que no tiene lugar el ennegrecimiento de la bombilla se puede producir la bombilla de una lámpara de halógeno en forma muy compacta. El pequeño volumen posibilita una mayor presión de servicio, lo cual a su vez disminuye el nivel de evaporación del filamento. Debido a esto finalmente tiene lugar el efecto de prolongación de la vida útil en las lámparas de halógeno. Pero el proceso de halógeno se ve disminuido con la atenuación de la lámpara de halógeno dado que la necesaria temperatura para esto ya no se alcanza.

El pequeño volumen permite el agregado de gases nobles pesados a costos aceptables para la reducción de la conducción de calor. Suciedades sobre la bombilla (por ejemplo impresiones dactilares por tocar el vidrio con la mano) se carbonizan durante el uso y originan elevaciones locales de temperatura, lo que puede producir el estallido de la bombilla. También las sales residuales pueden contribuir como núcleos de cristalización para la desvitrificación provocando daños.

La necesaria elevada temperatura de la bombilla obliga a una forma pequeña para reducir el desprendimiento de calor hacia el ambiente y el empleo de vidrio de cuarzo que soporta la temperatura elevada.

Se realizan aplicaciones de corriente sin gas en las bombillas de vidrio de cuarzo de las lámparas de halógeno y también en los mecheros de vidrio de cuarzo de las lámparas de descarga de gas mediante cintas de película de molibdeno.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente



La lámpara de neón, o más correctamente lámpara fluorescente, es muy económica. Necesita solamente una quinta parte de energía eléctrica de una bombilla y alumbra más de 12.000 horas.

La **lámpara fluorescente** es una lámpara de descarga de gas de baja presión que se encuentra revestida en su interior de un material fluorescente.

Como gas de relleno se utiliza vapor de mercurio (emisión de radiaciones ultravioletas) y además generalmente argón. La radiación ultravioleta es transformada en luz por el revestimiento de material fluorescente.

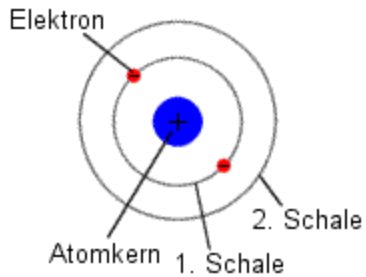
Las lámparas de neón son lámparas de descarga de gas de sencilla construcción. Están compuestas solamente de un tubo de vidrio delgado, transparente, y que cuenta con un electrodo. Este tubo de vidrio se encuentra relleno con neón, un gas noble, con una escasa presión. Si se aplica una tensión suficientemente alta de unos 10.000 Volt en los electrodos entonces se produce un pequeño flujo de corriente.



Los electrones que circulan de un electrodo al otro chocan con los átomos de neón, cediéndoles energía cinética como una canica que toca a otra con cierta velocidad. A raíz de esto se desvía un electrón de un átomo de neón hacia una capa más externa con un nivel de energía más elevado, tal como se presenta en la figura 2 con un átomo de helio, el gas noble de composición más sencilla (elegimos helio para no confundirlo con los muchos electrones que no contribuyen en la generación de luz pues el neón posee 10 de ellos, a saber 2 en la primera capa y 8 en la segunda). Si un electrón es arrojado de su capa puede saltar solamente a una capa más externa, tal como se presenta en la figura 2, no siendo posible que gire alrededor del núcleo a cualquier distancia. Esto está fundamentado en la mecánica ondulatoria la que lamentablemente es demasiado complicada para poder ser explicada aquí en pocas palabras.

En la mayoría de los choques la energía alcanza solamente para catapultar un electrón hasta la segunda capa. Ésta posee un nivel de energía de un valor, exactamente definido, superior al del nivel de energía de la primera capa. Pero de allí el electrón regresa a la primera capa debido a la atracción electrostática, cediendo una cantidad de energía definida, que es la diferencia entre la segunda y la primera capa. Las causas físicas son las mismas como en las bombillas. También aquí se ceden las diferencias de energía en forma de fotones, vale decir en forma de luz.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente



A diferencia de las bombillas la energía cedida es siempre exactamente igual porque la diferencia de niveles de energía entre las 2 capas es siempre la misma. El resultado es un espectro de líneas con una única línea. Bajo determinadas condiciones los electrones pueden ser catapultados no sólo a la siguiente capa sino inmediatamente a la subsiguiente con un nivel de energía aún más elevado. De esta manera se originan otras líneas. Con neón se irradia luz roja-anaranjada. También otros gases nobles, como ser, argón y criptón, producen luz visible, por lo que se emplean en trazos de publicidad.

La producción de alta tensión no es precisamente barata. Por otro lado los delgados tubos de vidrio pueden ser doblados prácticamente de cualquier manera antes del relleno con el gas noble. Se emplean preferentemente para los conocidos trazos de publicidad. En cambio para la iluminación las lámparas de neón y otras lámparas de descarga de gas con gases nobles son menos apropiadas.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes están construidas de manera similar a las lámparas de neón. Pero la deseada luz blanca está compuesta de una mezcla de innumerables luces de colores mientras que las lámparas de descarga de gas irradian un espectro de líneas con una cantidad limitada de longitudes de onda (frecuentemente una sola). Por eso para lograr la luz blanca se debe buscar otro camino. Se debe emplear un tubo de vidrio al vacío que contiene pequeñas cantidades de mercurio. El mercurio, cuando es bombardeado con electrones, tal como fue descrito más arriba, irradia luz ultravioleta con una longitud de onda de 185 y 254 nm. Esta luz ultravioleta choca contra la sustancia fluorescente que reviste el interior del tubo. Esta sustancia fluorescente absorbe la luz ultravioleta y no permite que salga al exterior pero es estimulada para generar luz.

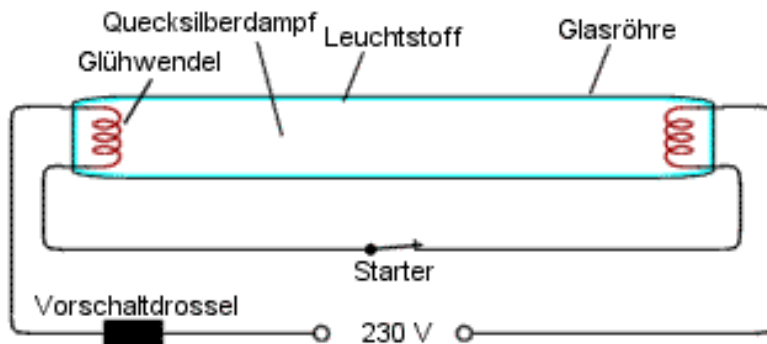


Sin embargo las sustancias fluorescentes tampoco emiten un espectro continuo. Pero mediante la mezcla de varias sustancias fluorescentes se puede lograr la irradiación de un espectro casi continuo.

Además mediante una mezcla adecuada se puede producir luz cálida o luz blanca/fría. En qué medida se acerca al espectro continuo de la luz solar o de la luz de la bombilla depende especialmente de la calidad de la lámpara fluorescente. Las lámparas fluorescentes de alta calidad, que no se consiguen en cualquier almacén de materiales de construcción, irradian una luz que se acerca bastante a la del sol.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

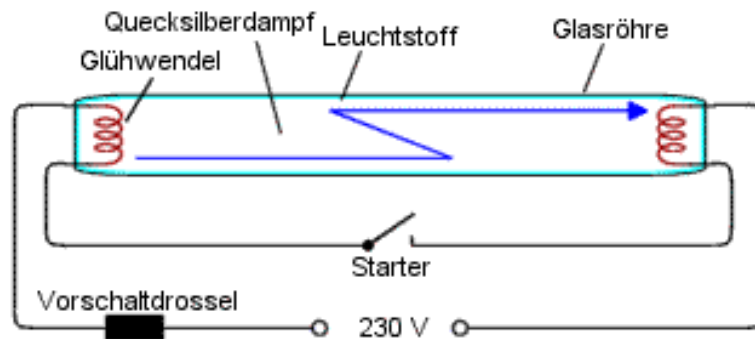
Mientras que para las bombillas y también para las lámparas de neón hay que conectar simplemente la corriente para que inmediatamente se emita la luz, esto no es posible para las lámparas fluorescentes conectadas a la usual tensión de línea de 230 V. Pues si no se aplica otra medida, vale decir, alto voltaje, no fluye la corriente por el tubo y por consiguiente no se emite luz. Las lámparas fluorescentes deben ser encendidas, como se dice, para que aún con tensión de línea tenga lugar un flujo de corriente. Para ello se encuentran los electrodos en ambos extremos del tubo como espirales incandescentes. En el momento del encendido el contacto de arranque cerrado permite un flujo de corriente a través de ambas espirales incandescentes, tal como se presenta en la figura 4.



Mediante las espirales calentadoras se logran 2 cosas: primero se vaporiza por el calor un poco de mercurio y segundo los electrones pueden salir mucho más fácil de los electrodos calientes que de los fríos. Ambas cosas son importantes para el siguiente proceso de encendido. Pues si el contacto de arranque abre normalmente después de 0,5 a 2 s, el reactor en serie procura, tal como es característico de la bobina de inductancia (=bobina/Inductividad), mantener el flujo de corriente.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

Pero el contacto de arranque está abierto estando aquí impedido el flujo de corriente. Por ello aumenta repentinamente la tensión hasta que salta una chispa para que el flujo de corriente pueda mantenerse. El camino deseado aquí es través del tubo, siendo que, debido al precalentamiento, es más fácil para la corriente. Pues las espirales de incandescencia, ahora sin corriente, siguen incandescentes por un momento, pudiendo los electrones salir fácilmente de ellas y también el mercurio vaporizado no se condensa repentinamente. Con una tensión de unos 1000 V se enciende el tubo, vale decir, que tiene lugar un flujo de corriente de un electrodo al otro. Una vez que encendió ya no se necesita una tensión elevada. Por ello inmediatamente después del encendido se reduce la tensión a la denominada tensión de alumbrado de unos 100 V. Además continúa el flujo de corriente aunque las espirales calentadoras se enfrían lentamente.



Fuente luminosa para de neón- Lámpara fluorescente

Debido al flujo eléctrico a través del tubo se estimulan los átomos de mercurio para que alumbren. Aquí el principio es el mismo que, por ej., para las lámpara de neón. La lámpara se calienta un poco de tal manera que todo el mercurio se vaporiza lentamente en el tubo participando activamente en la producción de luz. Debido a ello tarda unos minutos hasta que un tubo fluorescente alcanza su luminosidad máxima. Esto aclara además por qué las lámparas fluorescentes a bajas temperaturas no encienden bien, pues aquí, a pesar del precalentamiento, se vaporiza relativamente poco mercurio porque el tubo es bastante largo y las espirales calentadoras se encuentran sólo en los extremos.

El reactor en serie, que es el encargado de generar alta tensión para el encendido, cumple, en el funcionamiento normal, otra finalidad, y es que limita la corriente a través del tubo a un valor permitido. Dado que se trata de una inductancia esto sucede teóricamente sin pérdida. En la práctica queda, en una bobina de inductancia apropiada para un tubo de 36 W, un resto de unos 9 W que se transforman en calor. Por ello la potencia total absorbida es, en este caso, de unos 45 W y no de 36 W, como muchas veces se supone en base al rendimiento indicado en el tubo.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

Lamentablemente con frecuencia se presentan problemas en el proceso de encendido: El arrancador bimetálico, que es el que con más se usa, abre el contacto en un momento determinado. Lo ideal sería que esto suceda en el momento de máxima corriente para que se induzca una chispa con gran energía. Pero esto muchas veces sucede en el momento inadecuado, vale decir, con corriente baja, por lo cual el tubo, si bien se enciende brevemente, enseguida se apaga. Para solucionar esto se puede utilizar el llamado cebador electrónico, que generalmente cuesta menos de 2,50 euros y que realmente lo vale, pues no sólo enciende el tubo por lo general en el primer intento sino que además, debido a la reducción de los ciclos de calentamiento que tiene lugar por ello, se disminuye el desgaste en las espirales calentadoras y con ello aumenta notoriamente la vida útil del tubo.

Además las lámparas fluorescentes se usan con corriente alterna de baja frecuencia , vale decir, que en los habituales 50 Hz cada centésimo de segundo la corriente baja a cero y cambia la polaridad. Poco tiempo antes de cada pasaje por cero la tensión es tan baja que el tubo se apaga lentamente y el mercurio inoizado se enfría. En el caso de tubos fríos el enfriamiento puede ser tan fuerte que en la siguiente media onda, en la que normalmente enciende enseguida incluso con la tensión de línea, no lo hace. Por eso es que frecuentemente se requieren varios intentos de arranque hasta que el tubo queda encendido de manera estable.

Fuente luminosa para de neón- Lámpara fluorescente

En las oficinas se usan frecuentemente sistemas de alta frecuencia que trabajan generalmente con 35 a 40 kHz. Debido al tiempo marcadamente menor, a causa de la mayor frecuencia, el mercurio casi no puede enfriarse en el pasaje por cero, por lo cual el tubo con seguridad se enciende nuevamente. También el tiempo de preincandescencia puede ser mucho más breve, dado que enseguida después de la conexión de la tensión, el tubo emite luz. Además las pérdidas en el estabilizador son marcadamente menores que en un reactor en serie convencional. La desventaja, comparado con un reactor en serie, es el precio bastante más elevado.

Debido al mercurio las lámparas fluorescentes de todos los tipos son problemáticas. De ninguna manera se deben romper los tubos cuando son eliminados como desecho pues el mercurio es muy peligroso para la salud ya en pequeñas cantidades. Por ello las lámparas fluorescentes deben ser eliminadas como residuos tóxicos y no en el cubo de basura de la casa, aún cuando en este caso no se las rompa, ya que en algún momento el tubo se puede romper por lo cual el mercurio pasaría al ambiente o incluso a las aguas subterráneas. Por lo general se pueden entregar los tubos en el lugar donde se compran nuevos.

Fuente luminosa para de neón- Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes se encuentran muy difundidas, sobre todo como tubos rectos. También existen las denominadas lámparas de bajo consumo. En éstas un estabilizador electrónico se encuentra unido a uno o más tubos delgados doblados, pudiéndoselos usar en lugar de bombillas normales. El rendimiento de las lámparas fluorescentes es con un 8 a 15% notoriamente mayor que el de las bombillas, siendo que las lámparas largas con mayor diámetro poseen un mayor rendimiento que aquellas con tubos cortos („lámparas de bajo consumo“). El tono de luz, sobre todo de las lámparas fluorescentes económicas, es considerado por lo general como no natural. Además frecuentemente molesta el parpadeo de los tubos convencionales que funcionan con reactor en serie. Para las plantas es muy apropiada también la luz de las lámparas fluorescentes de construcción sencilla y por ende económicas, en tanto y en cuanto la relación de luz azul a luz roja es favorable, que es el caso de los tubos con tono de luz „fría-blanca“.

Un concepto erróneo, lamentablemente muy difundido, es el de que hay que cambiar periódicamente las lámparas fluorescentes porque después de medio a un año el rendimiento desciende a la mitad, vale decir, que con el mismo consumo de corriente se irradia sólo la mitad de la “cantidad de luz”. Es cierto que las lámparas fluorescentes nuevas brindan más luz que las más viejas, pero la diferencia en el tiempo mencionado es de sólo un 10% aproximadamente, manteniéndose además en ese orden. Generalmente en las hojas informativas del fabricante se encuentra la curva exacta. Por ello, en general, se puede utilizar una lámpara fluorescente hasta el final de su vida útil. Sólo aquél que acostumbra a calcular muy exactamente el valor restante del tubo debido a la corriente desperdiciada por la disminución de la luz, va a cambiar sus tubos cada 4 a 5 años de uso con 12 h de funcionamiento diario. Para el caso de uso sólo en los meses oscuros de invierno, por ej. 4 meses en el año, no tiene sentido pensar en un recambio antes de los 12 a 15 años de uso.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

La reproducción de la luz es descrita por el index de reproducción R_a .

En las lámparas fluorescentes la composición de color de la luz está determinada básicamente por la composición del revestimiento del vidrio, pero por otra parte también por las primeras líneas de emisión del gas interior y su traspaso por la sustancia fluorescente y el vidrio. El revestimiento fluorescente está compuesto de un polvo cristalino (principalmente óxidos anorgánicos), los que, en el caso de sustancias fluorescentes de 3 bandas, poseen residuos de cationes lantánidos bi- o trivalentes, los cuales, según el lantánido empleado y el sistema de rejilla hospedadora, generan diferentes colores. Estos colores dan como resultado aditivamente el color de la luz del tubo. Las sustancias fluorescentes estándar están basadas sobre el sistema del denominado calciohalofosfato con la fórmula general $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{Cl}):\text{Sb},\text{Mn}$, siendo que la diferente temperatura de color se logra por variaciones en la concentración de ambos elementos mangano (Mn) y antimonio (Sb).

La temperatura de color depende también de la temperatura ambiente. Las lámparas fluorescentes habituales están diseñadas para una temperatura ambiente de 20 °C; a esta temperatura se calientan hasta unos 35 °C. Si la temperatura se mantiene bastante por debajo entonces el argón comienza a brillar más intensamente y la lámpara fluorescente emite más luz infrarroja. Para el uso en exteriores e instalaciones frigoríficas existen lámparas fluorescentes especiales para bajas temperaturas ambientales.

Fuente luminosa de neón- Lámpara fluorescente

El color de luz de las lámparas también es importante para la calidad del ambiente. Los colores de luz también se encuentran asignados para los diferentes tipos o lugares de trabajo. La luz blanca se clasifica en tres tipos de temperatura de color, según DIN5035:

Abreviación	Denominación	Temperatura de color	Aplicación
ww	Blanco cálido/ warm white	< 3300 K	Salas de conferencias y oficinas, comedores, espacios habitables
nw	Blanco neutro/ cool white	3300 K a 5300 K	Escuelas, oficinas, talleres, salas de exposición
tw	Luz diurna/ day light	> 5300 K	Sustituto de luz diurna en ambientes cerrados y para aplicaciones técnicas

El color nw se elige con más frecuencia. En un ambiente debería emplearse siempre el mismo color de luz.

Fuente luminosa bajo consumo- Bombilla de bajo consumo



La bombilla de bajo consumo produce luz según el mismo principio como las lámparas de neón. Pero mediante el doblado del tubo de vidrio se logró fabricar estas lámparas de bajo consumo en una forma bien compacta.

En los tubos de cátodos de calentamiento (lámparas fluorescentes, lámparas de bajo consumo) se encuentra montado en los extremos un filamento térmico. Un adecuado revestimiento reduce el esfuerzo de salida de los electrones, para que, a moderadas temperaturas, el filamento térmico emita suficientes electrones. En el proceso de arranque en primer lugar ambos electrodos son atravesados con corriente para calentarlos. Luego mediante el dispositivo de arranque se activa recién la tensión de servicio entre los electrodos. Es una tensión alterna, por ello, actúan ambos electrodos medio período cada uno alternativamente como ánodo (electrodo positivo) o cátodo.

Esta tensión de descargue acelera los electrones que se juntaron alrededor del filamento térmico catódico en el campo eléctrico en dirección ánodo. En su vuelo por el tubo se chocan los electrones con los átomos de mercurio. Debido a ello se ioniza el gas (ionización por choque), y se genera un plasma dentro del tubo de vidrio.

Debido al bombardeo de los electrodos con iones y electrones se mantiene por sí mismo el calentamiento de los cátodos, no requiriéndose más la corriente de calentamiento de los cátodos.

Fuente luminosa bajo consumo- Bombilla de bajo consumo

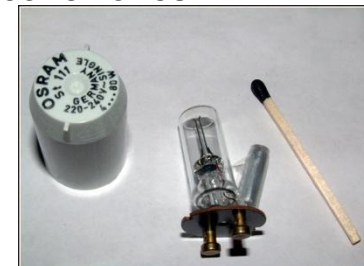
Encendido y funcionamiento con estabilizador convencional

El estabilizador está compuesto de una bobina de red (bobina de inductancia para 50 Hz), además se necesita un **cebador**. Éste se encuentra cerca de la lámpara o en algunas lámparas fluorescentes compactas se encuentra integrado.

Bobina de inductancia

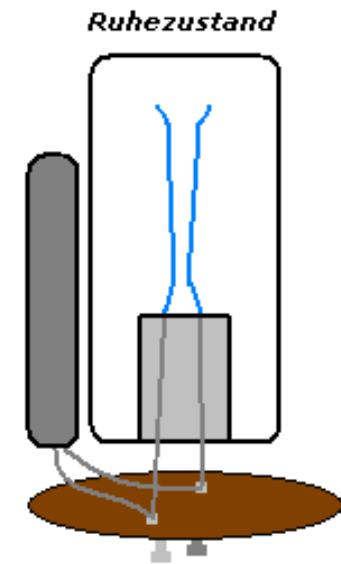
El tubo fluorescente mismo trabaja con unos 55 V de tensión de servicio y necesita una resistencia en serie para limitar el flujo de corriente en el tubo durante el funcionamiento. Posee una línea característica „decreciente“. Vale decir que la tensión disminuye cuando aumenta la corriente. Sin resistencia en serie ésta aumenta demasiado y el tubo explota. Con tensión alterna debe emplearse siempre ya sea un condensador o una bobina con la adecuada reactancia para evitar una innecesaria generación de calor. Una bobina de inductancia, conectada en serie con el tubo, puede producir también la tensión necesaria para el encendido del tubo. Con un condensador se requieren complicadas conexiones.

La bobina de inductancia se denomina también „estabilizador convencional,,. Éste posee en un tubo de 58 W una potencia de disipación de unos 12 W. Los „estabilizadores de baja disipación“ son un perfeccionamiento (raramente se encuentran) con 5 W de potencia de disipación. Los condensadores raramente producen disipación y se usan por ello en linternas.



Cebador

La figura a la derecha muestra un cebador de efluvios abierto, a la izquierda la carcasa, a la derecha un fósforo para comparación del tamaño. El cebador inicia el encendido de la lámpara. Se encuentra conectado paralelo al tubo y posee, en el modelo tradicional, una lámpara de efluvios, cuyos electrodos son tiras metálicas (ver figura a la derecha) y que se calientan por el encendido del efluvio. La tensión de encendido de la lámpara de efluvios está dimensionada de tal manera que se encuentra por debajo de la tensión de servicio de la lámpara fluorescente. Paralelo a la lámpara de efluvios se encuentra un capacitor antiparasitario, visible en la figura de la derecha al lado de la lámpara de efluvios. Éste limita, al abrirse los contactos, la velocidad de incremento de tensión y se encarga también en la lámpara encendida de una disminución de las emisiones perturbadoras en la descarga de gas de la lámpara.



Hay una diferenciación entre cebadores para funcionamiento individual (un sólo tubo de 4 – 65/80 Watt) y cebadores para funcionamiento tipo tándem (lámparas dobles con, generalmente, 2 tubos de 18 Watt, conectados en serie con una bobina de inductancia de 36 Watt). Un cebador para funcionamiento individual no puede ser utilizado para una lámpara tipo tándem, los contactos de la lámpara de efluvios cierran después de algunos minutos o no lo hacen. En cambio un cebador tipo tándem puede ser utilizado en tubos individuales de hasta 20 Watt. Los tubos con más Watt no se encienden correctamente, produciéndose un continuo parpadeo del tubo. También puede ser que se enciendan por unos segundos y luego se apaguen pues la lámpara de efluvios es para bajas tensiones o bajas intensidades de corriente no pudiéndose mantener la descarga de gas.

Si un tubo defectuoso no se enciende más entonces en los cebadores se produce un continuo efluvo debido a la falta de protección. Los contactos de la lámpara de efluvios cierran y después de un fallido intento de encendido se abren brevemente para luego volver a cerrarse. Esto también origina un continuo parpadeo del tubo fluorescente. Esto finaliza recién cuando un filamento térmico del tubo se funde. En este caso el cebador envejece rápidamente.

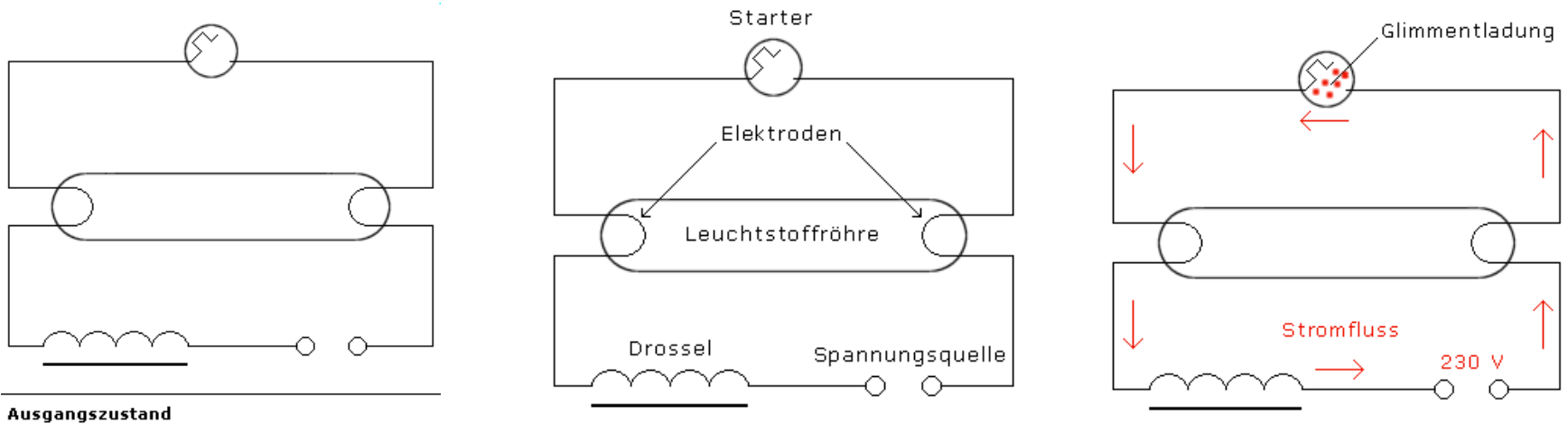
Con el tiempo los cebadores viejos alcanzan un punto en el que ya no son útiles, o muy poco. Existen tres posibilidades de defectos en los cebadores. Por un lado el capacitor antiparasitario puede lesionarse. En este caso el cebador emite un ruido relativamente fuerte para luego no encender más, dado que uno o más contactos han sido dañados. Si bien la lámpara de efluvios en sí misma frecuentemente no se encuentra afectada, no obstante el cebador debe ser reemplazado. Por otro lado los electrodos de la lámpara de efluvios pueden soldarse. En este caso se produce un circuito eléctrico cerrado como si en el lugar del cebador se hubiera colocado un simple cable de conexión. El tubo fluorescente es calentado continuamente y los electrodos luminosos en sus extremos envejecen rápidamente. Estos cebadores también deben ser reemplazados.

El tercer defecto es que el gas de relleno en el cuerpo de vidrio ha sido adsorbido total o parcialmente por metal pulverizado. Estos cebadores necesitan ya sea mucho tiempo para cerrar el contacto en la lámpara de efluvios (un prolongado „alumbramiento“ del cebador antes que la bobina de inductancia comience a zumbar.), o los impulsos de encendido se hacen muy débiles o escasos, por lo cual los tubos de muchos Watt no se pueden encender más.

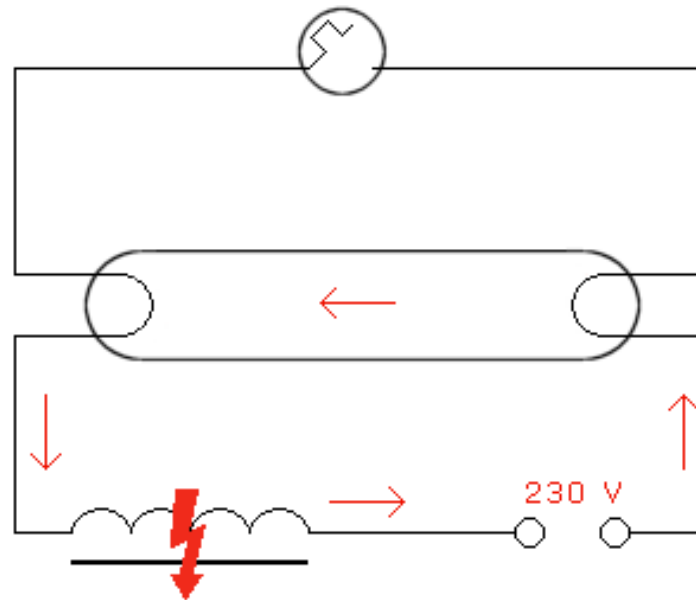
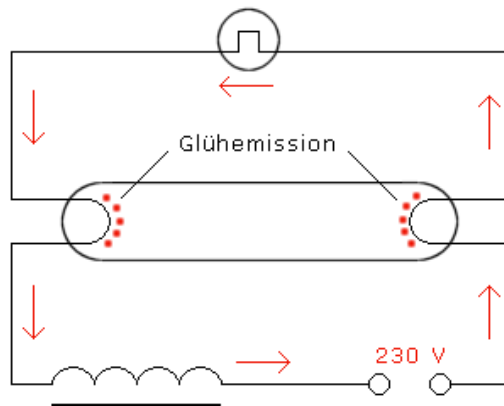
Si un tubo, que se encuentra aún en buen estado, es calentado durante varias horas por un cebador defectuoso, pierde bastante de su vida útil (esto se reconoce por los extremos con tizne). Este tipo de tubo puede ser encendido aún pero el proceso de encendido por el electrodo afectado lleva mucho tiempo. También, enseguida después del proceso de encendido, da mucho menos luz que una lámpara intacta y parpadea más intensamente (esto se reconoce notoriamente en lámparas de tres bandas con muchos Watt ≥ 36 Watt). Dado que el tubo después de un rato se calienta desde los extremos estos frecuentemente emiten una luz más clara que en el medio, en el que se produce una especie de falta de flujo de corriente („hueco de corriente eléctrica,,). Este tipo de tubo alcanza su flujo de corriente completo recién después de mucho tiempo, si es que lo logra.

- El precalentamiento de los cátodos se realiza mediante corriente alterna como en los cebadores convencionales. Los cátodos aquí se calientan levemente. Después de un breve instante de 1 a 3 segundos (según el modelo) se abre el cebador (lo ideal en el momento de máxima corriente), por lo cual se produce una elevada tensión de inducción en la bobina de inductancia, la que enciende el tubo.
- La corriente de la bobina de inductancia se orienta similarmente, por ello, debido a la saturación de dicha bobina, esta corriente es más elevada comparada con los cebadores convencionales. Debido a ello la lámpara es encendida en menos de medio segundo. Una desventaja de este método es el ruido de la bobina de inductancia: si ésta se encuentra montada sobre metal entonces se oye un fuerte zumbido durante la fase de encendido.

Los estabilizadorelectrónicos realizan el proceso de arranque por sí mismo. Si un tubo no se encendió después del proceso de arranque entonces frecuentemente es que está defectuoso. En la mayoría de los casos uno de los cátodos se encuentra sordo, durante una media onda no fluye corriente por la lámpara, de tal manera que, por la mayor tensión, el cebador vuelve a encender.



La figura 1 muestra la construcción esquemática de un tubo fluorescente conectado a un cebador bimetal y una bobina de inductancia. El proceso de arranque se realiza de la siguiente manera: después del encendido toda la tensión de corriente se encuentra en el cebador, dado que aún no fluye corriente por el tubo. La lámpara de efluvios del cebador se enciende (ver figura 2).



La tira bimetálica se calienta y se dobla por lo cual ambos contactos se ponen en cortocircuito. Entonces fluye mucha corriente por la espiral térmica en el tubo fluorescente y la bobina de inductancia. Las espirales comienzan a calentarse y emiten electrones que enriquecen el gas en el tubo con portadores de carga (ver figura 3).

La falta de efluviio en el cebador hace que el bimetálico se enfríe, abriéndose nuevamente el contacto de bimetálico. Dado que la lámpara de efluviios y el tubo fluorescente no encendido aún poseen una elevada resistencia, desciende rápidamente la corriente en la bobina de inductancia, y por propia inducción se genera brevemente una alta tensión que enciende el gas con portadores de carga en el tubo (ver figura 4). Ahora fluye la corriente por el gas ionizado en el tubo.

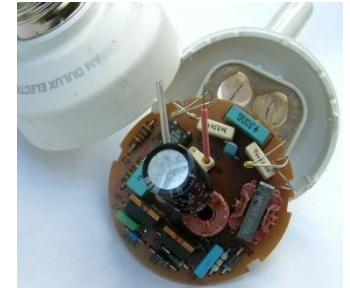
Ya que el tubo funciona con corriente alterna puede suceder que al abrir el contacto de bimetálico la corriente momentánea en la bobina de inductancia sea demasiado baja para alcanzar la necesaria tensión para el encendido. Entonces el proceso de arranque comienza otra vez desde el principio, el efluviio enciende otra vez y calienta el bimetálico. Por eso el arranque se realiza generalmente algo irregular y el tubo parpadea frecuentemente una o dos veces antes de arrancar.

Después del encendido la tensión de servicio se distribuye en el tubo y la bobina de inductancia de tal forma que se conserva una suficiente tensión (entre 50 y 110 V) para mantener el tubo encendido. Ésta es demasiado baja para la lámpara de efluvios en el cebador no realizándose otro encendido. Esta tensión alcanza ahora para provocar otro proceso de encendido después de cada cambio de dirección de la corriente dado que el gas está bastante ionizado y los electrodos están calientes.

Funcionamiento con estabilizador electrónico

La constitución del estabilizador convencional y cebador puede ser reemplazado por un estabilizador electrónico. La figura muestra la construcción de una lámpara fluorescente compacta („lámpara de bajo consumo“). Junto con el capacitor de filtraje (condensador electrónico, cilindro grande de pie), el rectificador (elemento pequeño, negro con la impresión „+ -“ sobre el condensador) genera una corriente continua. Los dos transistores bipolares de pie a la izquierda del capacitor de filtraje la transforman en una corriente alterna de alta frecuencia de unos 40 kHz que mueve un circuito oscilante LC (bobina de inductancia con la impresión „3.5 mH“ y uno de los condensadores en la carcasa cuadrada de plástico) con la lámpara fluorescente como carga. El pequeño transformador, compuesto de un núcleo de ferrita con 2x3 y 1x5 espiras, sirve para la regulación del semipunto de ambos transistores. Los estabilizadores electrónicos integrados a la carcasa de la lámpara poseen normalmente un fusible incorporado.

El encendido de la lámpara fluorescente se realiza con previo precalentamiento, por la regulación de la frecuencia de tiempo del semipunto a un valor que conduce el circuito oscilante en su resonancia, lo que origina una elevada tensión en la lámpara, la que finalmente permite encender el tubo fluorescente. Después del encendido disminuye la impedancia de la lámpara a su valor de funcionamiento por lo cual se regula la tensión de funcionamiento en la lámpara.



Como ventajas frente a los estabilizadores convencionales se presentan, según el modelo:

- Casi ninguna potencia reactiva (aparatos con corrección de factor de potencia)
- Escasa potencia de disipación en el estabilizador y en la lámpara (ahorro de hasta un 30%)
- Arranque confiable y rápido
- Funcionamiento libre de parpadeo sin efecto estroboscópico por ello utilizable también en máquinas rotativas
- Reconocimiento de fallas e interrupción en lámparas defectuosas
- Menor desarrollo de ruido (ningún zumbido de red)
- Adaptación de tensión, por ej. 154...254 V DC en corriente eléctrica de emergencia y 220...240 V AC en disponibilidad normal.
- Funcionamiento con corriente continua de bajo voltaje (por ej. 24 o 12 V). Estos estabilizadores electrónicos pueden utilizarse también en acumuladores, siendo por ende apropiados para vehículos, lanchas o en pequeños jardines.

La pérdida de potencia activa de un estabilizador electrónico para una lámpara fluorescente de 58 Watt es de unos 4...6 W, vale decir, marcadamente menor que el de un estabilizador convencional (bobina de inductancia/50 Hz; unos 8...12W). El precio de un estabilizador electrónico en comparación a un estabilizador convencional es mayor. El ahorro de energía se logra además porque la elevada frecuencia de la tensión alterna (entre 10 y 100 kHz) le deja menos tiempo a los átomos ionizados para recombinarse con los electrones libres. Por ello la conductibilidad del plasma disminuye menos en las pausas durante el pasaje por cero de la tensión, que en la frecuencia de red de 50 Hz en los estabilizadores convencionales. Este efecto se denomina rendimiento AF. El encendido remanente de la capa fluorescente contribuye también a la reducción de la fase oscura en el pasaje por cero de la tensión.

Para la evaluación del consumo de energía se clasifican los estabilizadores electrónicos, al igual que otros consumidores de electricidad, en categorías de eficiencia de energía del Index de eficiencia de energía (IEE). El IEE considera tanto la potencia de entrada del estabilizador electrónico como también el rendimiento de luz de la lámpara. Dentro de esta clasificación los buenos estabilizadores electrónicos alcanzan la clase „A2“. El rendimiento de un estabilizador electrónico puede alcanzar hasta un 95%.

Los estabilizadores electrónicos con regulación de voltaje pueden variar la corriente de la lámpara para lograr una regulación de la luminosidad (por ej. 3 % a 100 % de luminosidad) de la lámpara. Con una luminosidad menor permanece la potencia de entrada igualmente baja por lo cual el rendimiento de los estabilizadores electrónicos con regulación de voltaje podrían llegar a clasificarse como „A1“ en el IEE.

Estabilizador electrónico para enchufar

Las lámparas con estabilizador electrónico para tubos T-8 permiten reajustarse con un estabilizador electrónico para enchufar a tubos T 5 de menor potencia. Estos estabilizadores son enchufados como juego adaptador de ambos lados entre tubo y portalámpara viejo. Ofrecen un funcionamiento sin parpadeo de los tubos T5 y ahorran hasta un 50% de costo de corriente. Dado que los tubos T5 son más eficientes de por si el flujo de corriente permanece casi igual. En el reajuste queda el reactor en serie convencional en el circuito, lo que disminuye algo el rendimiento frente a las lámparas con estabilizador electrónico montado fijo. El cebador de las lámparas convencionales es reemplazado en el reajuste por un puente (la misma construcción pero con conexiones en cortocircuito).

Los estabilizadores electrónicos para enchufar pueden ser también atenuadores en parte.

Eficiencia

Los tubos fluorescentes alcanzan un rendimiento de luz de 50 a 100 Lumen por Watt (a título de comparación: bombillas normales: 15 lm/W) y poseen así una elevada eficiencia energética, superada solamente por lámparas de vapor de sodio pero con un peor índice de reproducción cromática.

De esta forma las lámparas fluorescentes ahorran un 75 a 80% de energía con respecto a las bombillas. En las instalaciones de medición los tubos fluorescentes nuevos primero son desgastados 100 a 200 horas y la medición en sí se realiza recién después de 10-20 minutos (según el tipo) luego del encendido.

Todas las lámparas fluorescentes alcanzan recién después de un tiempo de encendido su potencia lumínica completa. Este efecto puede observarse especialmente en las lámparas fluorescentes compactas (por ej. lámparas de bajo consumo) dado que éstas logran la máxima presión de servicio recién después del calentamiento.

Al rendimiento de luz 4 a 6 veces mayor de los tubos fluorescentes frente a las bombillas se le contrapone un precio de compra notoriamente mayor.

La comparación se puede hacer muy bien para el caso de lámparas de bajo consumo que pueden ser roscadas directamente en el portalámparas de bombilla. En este caso para un mismo flujo luminoso puede reemplazarse una bombilla de 60 Watt por una lámpara de bajo consumo de 12 Watt.

Vida útil

Los tubos fluorescentes se caracterizan por una vida útil muy prolongada, limitada por la adsorción del mercurio por los componentes de la lámpara, por la degradación de la sustancia fluorescente y, en el caso de tubos de cátodos de caldeo, por la vida útil de los cátodos calientes.

Las lámparas fluorescentes habituales (T8) poseen una vida útil real de 3 a 4000 horas, vale decir, un año. Una lámpara fluorescente moderna (Osram Lumilux T5, 14-80 W) con estabilizador electrónico alcanza una duración de iluminación de 18.000 horas. Una lámpara fluorescente compacta alcanza una duración de iluminación generalmente de entre 5.000 y 15.000 h (a modo de comparación: las bombillas convencionales poseen una vida útil de unas 1.000 horas). Después de este tiempo deberían cambiarse los tubos dado que emiten menos del 80% del flujo luminoso original. Sin embargo en este tiempo estas lámparas han rendido en gran medida debido a la reducción de los costos de corriente. Las sustancias fluorescentes nuevas permiten un servicio hasta que dejan de funcionar los cátodos dado que ahí brindan aún un 80 % del flujo luminoso inicial.

Importante para la vida útil de las lámparas fluorescentes es:

- en lo posible poca conmutación
- arranque caliente de ambos lados previo a la conmutación (de un solo lado limita marcadamente la vida útil)
- buen filtrado de red (resulta del certificado de examen VDE del estabilizador electrónico)

Las lámparas fluorescentes (cátodos calientes) son apropiadas sólo condicionalmente para la conmutación repetida y tiempo de encendido corto por debajo de los 10 minutos; este tipo de funcionamiento desgasta los cátodos. Una excepción la ofrecen los nuevos tipos de lámparas de bajo consumo, las que mediante un control de la fase de precalentamiento se encuentran preparadas para 100.000 conmutaciones en lugar de sólo 10.000.

Las lámparas fluorescentes compactas con estabilizador integrado (lámparas de bajo consumo) fracasan a menudo por fallo del estabilizador electrónico: éste es muy sensible frente a temperaturas ambiente elevadas, lo que provoca fallos iniciales especialmente en lámparas cerradas.

„Parpadeo“ y efecto estroboscópico

Con estabilizadores convencionales se apaga la luz de la lámpara dentro de cada pasaje por cero debido a la tensión alterna de 50 Hz. Se producen fases claro-oscuro en el ritmo de 100 Hz („parpadeo“), las que pueden originar efectos estroboscópicos que pueden ser notados con movimientos rápidos o que, en el caso de máquinas rotativas, pueden simular una máquina lenta o detenida.

Está comprobado que el ojo humano se cansa más rápido por el parpadeo.

Una ayuda la ofrece la conexión dúo o, en instalaciones más grandes, la alimentación con corriente alterna de 3 fases (corriente trifásica), con lo cual varias lámparas emiten su luz en forma desfasada.

Los estabilizadores electrónicos (también los estabilizadores para enchufar, los que se ofrecen para reajustar las lámparas T8 con estabilizador convencional a tubos T5 de menor rendimiento) brindan luz casi sin parpadeo dado que accionan el tubo con corriente alterna con frecuencia más elevada para evitar el efecto estroboscópico y disminuir el tamaño de la bobina de inductancia.

Hoy en día las lámparas de bajo consumo normalmente tienen un estabilizador electrónico integrado y por ello casi no parpadean.

Reciclaje

El mercurio de los tubos fluorescentes es tóxico para el ser humano y para el medio ambiente y el revestimiento de los tubos también. Además los escasos elementos empleados son relativamente caros y pueden ser recuperados, por lo cual los tubos fluorescentes gastados no deben ser desechados en la basura doméstica o en los contenedores de vidrio de desecho. Dentro de la UE se encuentra reglamentado el reciclaje de tubos fluorescentes y otras fuentes luminosas a través de la reglamentación WEEE.

Los tubos fluorescentes de casas privadas deben ser entregados en un lugar de recolección de reciclaje. Las reglamentaciones para tubos fluorescentes provenientes de la industria y el comercio es diferente en cada uno de los Estados miembros de la UE. En Alemania la recogida debe ser efectuada por el fabricante pero las cantidades habituales de los hogares pueden ser desechadas a través de los lugares públicos de recolección; esto está reglamentado por la ley ElektroG de Alemania.

„Smog electrónico“ y compatibilidad electromagnética

Básicamente los tubos fluorescentes y las lámparas con estos tubos, como también todos los aparatos eléctricos que existen en el mercado, deben cumplir con los valores límites de compatibilidad electromagnética. Esto se encuentra documentado por la marca de CE. Con ello están limitadas las emisiones de interferencia a un nivel en el que un perjuicio en los otros aparatos es aceptable (porque es pequeño o se produce durante un breve lapso).

Las siguientes interferencias son posibles:

- Los tubos fluorescentes con estabilizador electrónico producen, por el inversor que contienen, radiaciones de alta frecuencia de banda ancha que son irradiadas por la lámpara y sus conductores. Aquí son decisivas las frecuencias de trabajo por lo general inferiores a 50 kHz y sus ondas armónicas.
- También las lámparas fluorescentes con estabilizador convencional emiten un espectro de interferencia de banda ancha en la zona AM de radio. Pueden verse afectados, entre otros, el radioreceptor para onda larga, media y corta.

-El proceso de arranque de las lámparas fluorescentes convencionales puede afectar también a las instalaciones de audio; el impulso interferente de banda ancha generado se mete en la red y alcanza por diversos caminos, generalmente en forma capacitiva, los transmisores de señal y amplificadores. La mejor medida en contra de esto, y también contra las interferencias de banda ancha durante el funcionamiento, es la eliminación de perturbaciones de poco alcance en la lámpara (condensador en el cebador de efluvios) o un filtro de red antes de la lámpara o previo a los consumidores fastidiados.

-Los monitores con rayos catódicos pueden verse perturbados por el campo magnético de 50 HZ de las bobinas de reactancia convencionales.

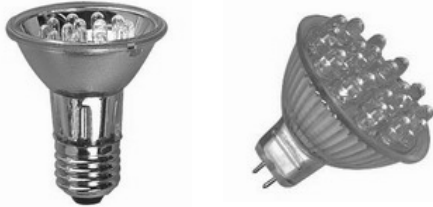
- Ocasionalmente la luz generada por estabilizadores electrónicos interfiere los receptores de IR (mando a distancia) de los aparatos de entretenimiento dado que sus frecuencias de trabajo son parecidas.

Smog electrónico es un término pseudocientífico que abarca la radiación no ionizante (ondas de radio) y los campos eléctricos y magnéticos y el perjuicio de salud que se le adjudica a los mismos.

Especialmente los estabilizadores convencionales provocan un campo de dispersión magnética con una frecuencia de 50 Hz.

Los efectos que el smog electrónico tiene sobre la salud están muy discutidos. (ver smog electrónico)

Fuente luminosa LED



Los diodos LED pertenecen a los rayos electroluminiscentes. Son diodos semiconductores, los que emiten luz después de efectuarse la tensión umbral de la capa barrera. Se basan en conexiones semiconductoras.

La generación de radiación se realiza en los LED por recombinación de pares de portadores de carga en un semiconductor con la correspondiente distancia de banda.

La distancia de banda, y por ende la longitud de onda de la luz, está determinada por la elección de las sustancias semiconductoras en relación con el material de dopar.

El diodo LED genera una radiación de banda angosta (en comparación con radiadores térmicos) cercana a la UV en la zona visible o en infrarrojo. También el diodo laser se basa en el concepto de LED. Los diodos luminiscentes son modulables hasta la zona de MHz (optoelectrónica) y requieren sólo una baja tensión. Contrariamente a las espirales de incandescencia son resistentes a los golpes mecánicos ya que no poseen un cuerpo hueco que pueda hacer implosión. El tamaño de la superficie de iluminación está en los 10-3mm² a 4mm². Prácticamente se cuenta con una fuente luminosa puntual.

Fuente luminosa LED

	III	IV	V	VI
102,01 3e Bor [He]2s ² 2p ¹ 1,9 4,26 3,9 11,26 2,8 14,51 3,8 13,82	10,811 5 B Bor [He]2s ² 2p ¹ 1,9 4,26 3,9 11,26 2,8 14,51 3,8 13,82	12,011 6 C Kohlenstoff [He]2s ² 2p ² 1,9 4,26 3,9 11,26 2,8 14,51 3,8 13,82	14,007 7 N Stickstoff [He]2s ² 2p ³ 1,9 4,26 3,9 11,26 2,8 14,51 3,8 13,82	15,999 8 O Sauerstoff [He]2s ² 2p ⁴ 1,9 4,26 3,9 11,26 2,8 14,51 3,8 13,82
26,9815 13 Al Aluminium [Ne]3s ² 3p ¹ 1,2 5,98 1,9 8,49 1,8 15,48 2,1 18,36	26,9815 14 Si Silicium [Ne]3s ² 3p ² 1,2 5,98 1,9 8,49 1,8 15,48 2,1 18,36	28,9768 15 P Phosphor [Ne]3s ² 3p ³ 1,2 5,98 1,9 8,49 1,8 15,48 2,1 18,36	32,066 16 S Schwefel [Ne]3s ² 3p ⁴ 1,2 5,98 1,9 8,49 1,8 15,48 2,1 18,36	
69,723 31 Ga Gallium [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹ 1,6 6,9 1,9 7,36 1,8 16,69 2,8 18,4	72,6 32 Ge Germanium [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 1,6 6,9 1,9 7,36 1,8 16,69 2,8 18,4	74,9216 33 As Arsen [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 1,6 6,9 1,9 7,36 1,8 16,69 2,8 18,4	76,64 34 S Selen [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 1,6 6,9 1,9 7,36 1,8 16,69 2,8 18,4	
114,818 49 In Indium [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 1,6 6,9 1,7 7,34 1,8 16,64 1,9 18,1	118,71 50 Sn Zinn [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 1,6 6,9 1,7 7,34 1,8 16,64 1,9 18,1	121,76 51 Sb Antimon [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 1,6 6,9 1,7 7,34 1,8 16,64 1,9 18,1	127,60 52 Te Tellur [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 1,6 6,9 1,7 7,34 1,8 16,64 1,9 18,1	

Los más frecuentes son los semiconductores III/IV que están compuestos de elementos del 3° y 5° grupo del sistema periódico por tener las distancias de banda adecuadas y porque su estructura de banda posibilita una recombinación de radiación eficiente. Entre ellos contamos con sustancias como fosfuro de galio (GaP), arseniuro gálico de aluminio (AlGaAs) o nitruro gálico de indio (InGaN).

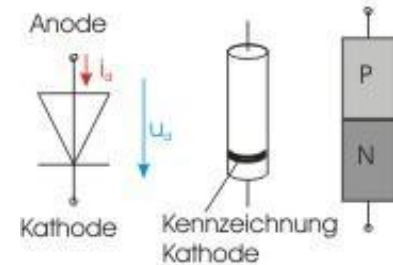
Fuente luminosa LED

Modo de funcionamiento del diodo – Diodo LED

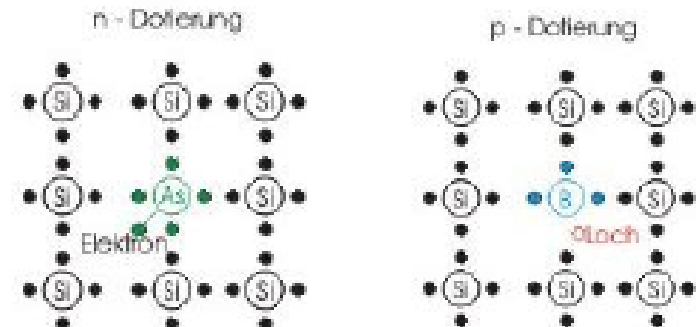
El **LED (Light Emitting Diode)** responde en principio a la construcción del diodo y se activa en directo.

Los diodos básicamente emiten ondas en la recombinación sólo que hasta ahora se encontraban en la zona del infrarrojo y además eran absorbidas por la sustancia opaca. En el año 1963 se utilizó por primera vez este fenómeno para la producción de luz de señal. A la derecha se muestra el **diagrama de conexiones del Diodo** y su estructura pn.

Diode



Una **unión pn** se produce por la unión de dos semiconductores diferentemente dotados. Un semiconductor se caracteriza por presentar cuatro electrones en la órbita de electrones más externa. De esta manera puede combinarse perfectamente con otros cuatro átomos. Lamentablemente entonces ya no hay portadores de carga libres que permitirían un flujo de corriente.



Fuente luminosa LED

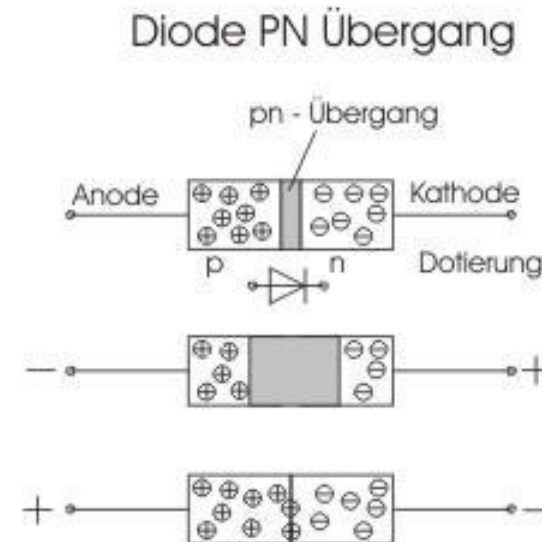
Pero si se contamina un semiconductor como ser **silicio** con un átomo que posee cinco electrones en la órbita más externa entonces se encuentra disponible un electrón para el flujo de corriente eléctrica. A estos átomos se los llama **donadores**.

Si se contamina el cristal de silicio con un átomo como ser boro (**aceptador**) con sólo tres ligaduras entonces falta un portador de carga. Se habla aquí de **agujeros**. También los portadores de carga positivos como este agujero pueden posibilitar un flujo de corriente.

Si se encuentran las dos sustancias entonces en la capa límite se hallarán los electrones libres en los lugares de los agujeros y de esa forma este cuerpo es eléctricamente neutro y no es conductor.

Si se admite una tensión en **dirección de bloqueo** entonces esta capa se hace cada vez más ancha. La corriente no se puede instalar hasta que la tensión sea marcadamente mayor y tenga lugar un „vuelco“.

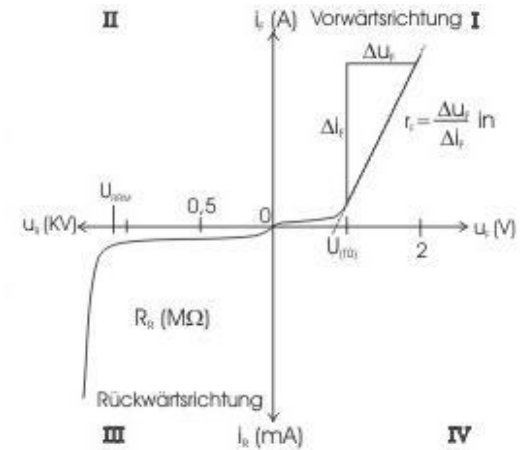
Si se aplica la tensión en **dirección del flujo** se necesita una pequeña tensión para superar la capa barrera. Luego tiene lugar un flujo de corriente.



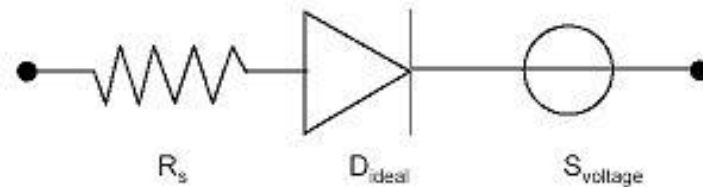
Fuente luminosa LED

Típica característica de un diodo y por lo tanto también de un diodo LED.

En base al circuito eléctrico equivalente del diodo se puede explicar bien el componente y la característica. Una vez superada la tensión de la fuente (capa barrera) puede fluir la corriente dependiendo de la resistencia del material del semiconductor R_s .

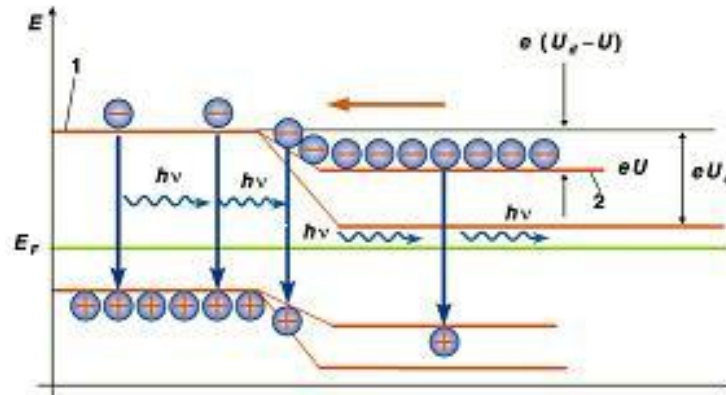


La válvula aceptada como ideal impide el flujo de corriente en dirección de bloqueo .



Fuente luminosa LED

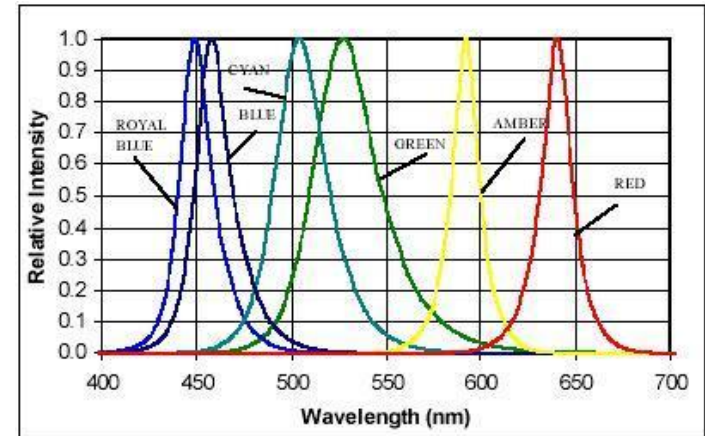
En la capa barrera (unión pn) se liberan **fotones** por **recombinación** de los portadores de carga. Aquí la longitud de onda es proporcional al espesor de capa de la zona prohibida de la unión pn. Dado que esta zona es constante en sus dimensiones también es constante la longitud de onda, lo que significa que se trata aquí de un foco **monocromático**. Contrariamente al diodo laser, con sus espejos resonadores y dotaciones desnaturalizadas, la luz del LED es **incoherente**..



Fuente luminosa LED

Para conservar **diferentes colores** se eligen distintos cristales semiconductores, los que, por las adiciones de sustancias, forman diversas **zonas prohibidas** grandes. Para ello se deben generar energías de diferentes dimensiones para la **recombinación** de los **portadores de carga** y por ende finalmente deben cederse distintas **longitudes de onda de luz**.

Lo característico es la emisión de una banda muy angosta como lo corrobora la siguiente tabla . Estas bandas angostas son también el motivo de por qué no se puede medir la iluminancia de LED simplemente con un luxómetro.



Fuente luminosa LED

LED blanco

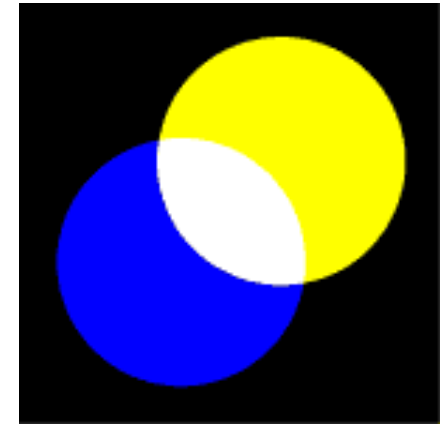
Para los **diodos LED blancos** se combinan LED de emisión azul o también UV con colorantes luminiscentes (fotoluminiscencia). La luz azul de onda corta y, por tanto, de mayor energía estimula al colorante para iluminar. Aquí se desprende luz amarilla pobre en energía. Dado que no se convierte toda la luz azul la mezcla aditiva resultante de los colores del espectro da como resultado la luz blanca. El tono del diodo de luz blanca se puede graduar mediante elección y dosificación del colorante, éste se encuentra en la tabla de colores normados CIE en las coordenadas entre ambos colores.



El chip diodo que se halla en la cubeta reflectora se encuentra tapado con una gota de colorante luminiscente.

Fuente luminosa LED

Según qué colorante luminiscente (o también combinaciones) y qué color LED primario se emplee, pueden generarse, además de luz blanca, también **otros** colores: así por ejemplo, de la adición de mezcla de colores LED azul con una fotoluminiscencia roja resulta un magenta, un color que no se puede generar con un LED convencional, dado que no se trata de un color del espectro. Se pueden combinar diferentes colorantes luminiscentes y en principio se puede lograr cualquier tono (LED color pastel) y tonos de blanco (temperatura de color) finamente graduados.

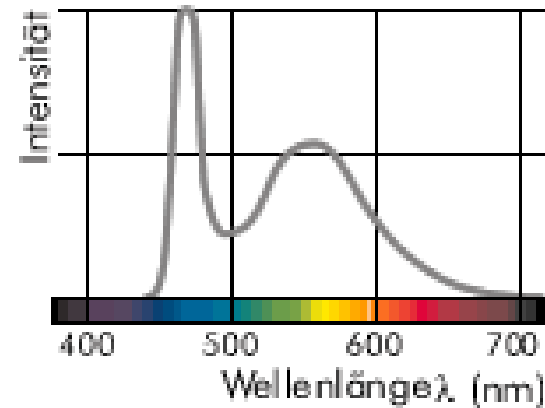


Mediante la dosificación de la sustancia fluorescente pueden regularse las partes espectrales de la luz azul y amarilla. Así se logran diferentes tonos de blanco.

Fuente luminosa LED

Los LED fabricados con este principio se denominan **LED de conversión de luminiscencia** (Osram OS: „LUCO-LED“) o „phosphor-converted“-LED (Lumileds: PC-LED).

Después que la empresa japonesa Nichia desarrolló los LED de luz blanca en el año 1995, éstos son fabricados allí desde el año 1997. En la misma época de Nichia el instituto Fraunhofer IAF desarrolló LED blancos y conjuntamente con Osram OS (Infineon) efectuó el proceso de fabricación. El know-how se transfirió allí y en el verano del año 1998 se inició la producción. Entretanto casi todos los fabricantes tienen LED blancos en su programa.



Los LED blancos poseen, debido a su distribución espectral relativamente grande, una buena reproducción del color. Por ello el color de un cuerpo iluminado con esta luz el ojo humano lo ve correctamente.

Fuente luminosa LED

Color	Dom.Wavel. [nm]	Spec. Halfwidth [nm]	Temp.shift [nm/ °C]
Red	625	20	0.03
Amber	590	14	0.09
Green	530	35	0.04
Cyan	505	30	0.04
Blue	470	25	0.04
Royal Blue	455	20	0.04

Conclusión:

- Un LED emite luz solamente en una banda muy estrecha de un determinado color.
- La luz blanca puede ser generada indirectamente.
- No aparecen otras radiaciones como IR o UV.
- Como cuerpo sólido, el LED es resistente a los golpes y vibraciones.
- El LED posee la eficiencia energética más alta.**

Rentabilidad

Precios promedio de corriente en Suiza

Consumidor final

Haushalte und Gewerbebetriebe mit niedrigem Energiebezug

Für wen ist dieses Produkt?

Das Produkt easy light gilt für einen jährlichen Bezug von elektrischer Energie bis zirka 20 000 Kilowattstunden (kWh) ohne separate Verrechnung der gemessenen Leistung.

So setzt sich der Energiepreis zusammen:

Sie bezahlen den Grundpreis für das Abonnement und den Konsumpreis für den bezogenen Strom in kWh.

Sie haben die Wahl zwischen easy light und easy:

easy light ist vorteilhafter für kleine Bezüge, easy dagegen für grössere Bezüge in der Niedertarifzeit, zum Beispiel für Boiler.

Bei easy light bezahlen Sie über 24 Stunden immer den gleichen Konsumpreis. Bei easy bezahlen Sie von zirka 7 Uhr bis zirka 21 Uhr den Hochtarif und von zirka 21 Uhr bis zirka 7 Uhr den Niedertarif. Eine Verschiebung der Niedertarifzeit aufgrund der Netzbelastung bleibt vorbehalten.

So wird der Strom gemessen:

Der Strom wird in Niederspannung (400 Volt) abgegeben und gemessen. Wir stellen Ihnen die erforderliche Messeinrichtung zur Verfügung. Änderungen aufgrund eines Wechsels zwischen easy light und easy gehen zu Ihren Lasten. Für jeden Zähler wird ein Abonnement geführt.

Der Stromverbrauch in gemeinsam genutzten Räumen und Anlagen wird separat gemessen und dem Hauseigentümer verrechnet.

Das sollten Sie beachten:

- Die Einschalt- und Aufheizzeiten der Boiler werden von uns festgelegt. Sofern es die Netzbelastungsverhältnisse erlauben, werden Elektroheizgeräte bis 4 kW pro Zählerstromkreis und Apparate bis 8 kW in der Regel nicht gesperrt. Für grössere Anschlusswerte oder Apparate, die den Netzbetrieb störend beeinflussen bzw. ungünstig belasten, können besondere Anschluss- und Lieferbedingungen festgelegt werden.
- Ist Ihr jährlicher Bezug grösser als zirka 14 000 kWh, wird ein Zähler mit Leistungsmessung installiert.
- Falls Sie jährlich mehr als zirka 20 000 kWh Energie beziehen oder eine Leistung ab zirka 12 kW beanspruchen, erhalten Sie ein anderes Produkt.
- Für Sondereinrichtungen und zusätzliche Zähler wird eine Miete verrechnet.

Ergänzende Grundlagen für das Lieferverhältnis:

- Allgemeine Lieferbedingungen für elektrische Energie der BKW FMB Energie AG (ALB BKW)
- Werkvorschriften (WV) über die Erstellung elektrischer Hausinstallationen

MWS-Nr. 120839

easy light

	Grundpreis	Konsumpreis Einheitstarif
exkl. MwSt.	11.00 CHF/Mt.	21.50 Rp./kWh
inkl. MwSt. 7.6%*	11.84 CHF/Mt.	23.13 Rp./kWh

*Bei diesen Preisen handelt es sich um kaufmännisch gerundete Angaben.

In diesen Preisen ist die Netznutzungsvergütung mitenthalten.

Rentabilidad

Cálculo de gastos total fuente luminosa y gastos de corriente

Base de cálculo:

Tiempo de encendido diario aprox. 3 horas corresponde al año
unas 1000 horas

Precio promedio por Kwh según anexo 23 Rp/Kwh

1. Bombilla 60 Watt – vida útil 700 horas:

Compra de bombilla	0,50 CHF/unidad
Inversión p.a.	0,71 CHF
Gastos de corriente p.a.	13,80 CHF
Gastos totales p.a	14,51 CHF

2. Lámpara de bajo consumo 11 Watt – vida útil 6.000 horas

Compra de lámpara de bajo consumo	3,00 CHF
Inversión p.a.(porcentual vida útil)	0,50 CHF
Gastos de corriente p.a.	2,53 CHF
Gastos totales p.a	3,03 CHF

3. Lámpara LED 32 LED – vida útil 10.000 Std.

Compra de lámpara LED	10 CHF
Inversión p.a.(porcentual vida útil)	1,00 CHF
Gastos de corriente p.a.	0,81 CHF
Gastos totales p.a	1,81 CHF

Rentabilidad

Resultado cálculo de gastos

La fuente luminosa bombilla „más barata“ es la fente luminosa más cara en la consideración total.

La fuente luminosa lámpara LED „más cara“ es la fente luminosa más barata en la consideración total.

Landi en el futuro quisiera presentar las fuentes luminosas en los estantes de venta de tal manera que el cliente pueda reconocer por el envoltorio cuál es la fuente luminosa que compra.

Para ello existen las correspondientes categorías:

- **Color amarillo** = fuente luminosa de alto consumo
- **Color verde** = lámparas de bajo consumo
- **Color azul** = fuente luminosa que menos energía requiere y que es más económica en la consideración general de costos de compra y de consumo de energía.

- Al elegir la fuente luminosa correcta Ud. debería pensar ya ahora, si es que se imponen los planes de los protectores del ambiente, que la bombilla habitual pronto ya habrá cumplido con su función y que podría dictarse una prohibición de uso de bombillas.
- Como ejemplo de esta prohibición se menciona a Australia, en donde, como contribución para la protección del clima, a partir del 2010 se usarán sólo lámparas de bajo consumo en lugar de las bombillas habituales. De esta manera habría una reducción de la expulsión de gas propelente de hasta 4 millones de toneladas.
- La mayor parte de la energía requerida en las bombillas normales se transforma en calor y no en luz (sólo 5 %), en cambio las lámparas de bajo consumo (lámparas fluorescentes compactas) consumen 80 % menos corriente para la misma producción de luz.

Comentario final

Pregunta más frecuente

Mercurio en lámparas de bajo consumo

¿No son las lámparas de bajo consumo, por el contenido de mercurio, más perjudiciales para el medioambiente que las „bombillas“?

Cada lámpara de bajo consumo contiene generalmente tres a cuatro miligramos de Mercurio pero las bombillas no. También en la producción de corriente en la central eléctrica se libera mercurio. Las bombillas consumen cinco veces más corriente que una lámpara de bajo consumo clara: una bombilla de 60 W y una lámpara de bajo consumo de 11 Watt se encuentran encendidas tres horas al día. La primera consume 66 kilowattshora al año, la segunda sólo 12. La emisión de mercurio de la bombilla es de 0,97 miligramos, la de la lámpara de bajo consumo sólo de 0,18.

Especialmente en el caso de las fuentes luminosas habrá muchos cambios en los próximos años, siendo la modificación del medio ambiente y los requerimientos de energía aspectos importantes para ello.

Por lo pronto las lámparas de bajo consumo no pueden ser suplantadas por las lámparas LED pero en un lapso de 3 años habrá nuevos desarrollos futuros especialmente en la técnica del LED.

Gracias por su atención!