Machine Translated by Google

Un fenómeno basado en Física

Sonido Luz Calor

Volumen 2 para el grado 7



Manfred von Mackensen

Machine Translated by Google

A
Basado en fenómenos
Física

Sonido Luz Calor

Volumen 2 de 3

para

Grado 7

Manfred von Mackensen

Waldorf PUBLICATIONS

Machine Translated by Google

Sonido Luz Calor

Electricidad, Magnetismo y Electromagnetismo,
Mecánica, Hidráulica y Aerodinámica como Materias
en un
Introducción a la Física
6.º a 8.º grados

Volumen 2 de 3
para

Grado 7

por
Manfred von Mackensen
Departamento de Investigaciones Pedagógicas
Unión de Escuelas Waldorf Alemanas

Kassel, Alemania Occidental, 1992

traducido y editado por John H. Petering
agosto de 1994

Machine Translated by Google

Impreso con el apoyo del Fondo Curricular Waldorf

Publicado por:
Publicaciones Waldorf en la
Instituto de Investigación para la Educación Waldorf
351 Avenida Fairview, Suite 625
Hudson, Nueva York 12534

Título: Una física basada en fenómenos: sonido, luz, calor: séptimo grado
Autor: Manfred von Mackensen

Editores: David Mitchell y John Petering

Traducción: John Petering

Copyright original alemán 1987, 1992 de Manfred von Mackensen,
Kassel, Alemania Occidental
Primera impresión © 1994 por Publicaciones AWSNA

Edición revisada © 2018

ISBN 978-1-943582-25-9

Diseño: Ann Erwin

Correctora: Ruth Riegel

Portada: Imagen del Diccionario Enciclopédico Brockhaus y Efron (1890-1907) de dominio público

Traducción no revisada por el autor.
Toda la responsabilidad de la traducción recae en el traductor.

Permiso otorgado para su uso por parte de la comunidad docente Waldorf de habla inglesa.
Todos los demás derechos reservados.

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse de ninguna forma sin el permiso previo por escrito del editor, excepto breves extractos.

Machine Translated by Google

Tabla de contenido

Introducción

El enfoque Waldorf. 7
Enseñanza, Tecnología y Vida. 8
El panorama de la ciencia. 10
Ciencia alternativa: ¿no, gracias? 14
Psicología del desarrollo . . . . . dieciséis
Métodos Pedagógicos. 19
Al maestro 20

Descripción general del séptimo grado 26

Acústica de grado 7

El diapasón. 27
Oscilación y Frecuencia..... 29
Experimentos en Acústica (Ac). 32

Óptica Grado 7

Introducción 37
Fenómenos del espejo. 38
La estructura de la imagen con espejos. 48
Física en la escuela. 57
Pasos para comprender la imagen de la cámara. 59
Experimentos en Óptica (Op). 62

Calor de grado 7

Introducción 67
Calidez y Entorno. 67
Expansión térmica 69
Termómetros. 70
Nuevos tipos de experimentos con hielo. 71
Experimentos en Calor (Él). 73

Machine Translated by Google

Contenido

Electricidad de grado 7

Introducción 77
Electricidad Galvánica. 78
La pila de Volta. 81
Tensión y Corriente. 84
Fuerza actual y cortocircuitos. 86
Tensión y Resistencia. 88
La experiencia de la electricidad. 90
Experimentos en Electricidad (El). 93

Magnetismo de grado 7

Introducción 98
Experimentos en Magnetismo (Mag). 103

Mecánica de séptimo grado

Descripción general 106
La palanca 106
Rueda y Eje. 109
Acerca de poleas fijas y Block & Tackle. 111
Plano inclinado, tornillo y cuña..... 113
Experimentos en Mecánica. 114

Notas finales 118

Bibliografía seleccionada 120

Machine Translated by Google

Introducción

i. el enfoque waldorf

Los siguientes capítulos describen un área seleccionada de la enseñanza—la física—los contenidos, las reflexiones iniciales, sí, incluso toda la construcción del material didáctico y muchos métodos de enseñanza, todos extraídos del cofre del tesoro de la pedagogía Waldorf. Pero, simplemente trabajando en las descripciones de un tema de física individual dadas aquí, alguien ajeno a la metodología Waldorf difícilmente puede lograr intimidad con toda esta pedagogía. Y, sin embargo, sólo a partir de este todo pueden surgir o estar disponibles tales detalles (por ejemplo, las lecciones de física).

Lo que aquí se presenta sólo puede ser una especie de indicación de este conjunto, que al principio permanece abierto y desconocido. Al mismo tiempo, este material puede servir como estímulo también para los esfuerzos pedagógicos de aquellos que no están familiarizados con la pedagogía Waldorf. El presente material podría incluso ser útil desde diversos puntos de vista, por ejemplo, para encontrar experimentos de física poco conocidos.

Aun así, a pesar de estos obstáculos, los conceptos fundamentales del enfoque Waldorf de las ciencias naturales deberían llegar a un público más amplio. Sin duda, estará en el espíritu de las ideas preconcebidas del autor y del grupo de trabajo aquí en Kassel (la base de todo este proyecto), incluida su comprensión de las teorías científicas, la psicología del desarrollo y los puntos de partida comerciales, en la medida en que una introducción pueda hacer comparaciones con ideas contemporáneas.

Aunque este libro por sí solo no es realmente una introducción a los fundamentos de la pedagogía Waldorf, ni siquiera puede desarrollar plenamente una base científica para nuestro enfoque, debemos intentar resaltar nuestra comprensión preliminar, que se ha utilizado eficazmente, y llamar la atención sobre ella en El contexto de la literatura contemporánea sobre educación científica. Los puntos de partida de nuestro trabajo deben hacerse visibles; de este modo, los lectores escépticos podrán seleccionar algo útil, probarlo y tal vez hacer que tenga sentido más temprano que tarde.

Quien sea nuevo en este tema, o inicialmente quiera ahorrarse una discusión sobre la teoría científica fundamental y la psicología educativa (posiblemente muchos lectores), quizás podría leer sólo la sección final de este capítulo introductorio: “VII. Al Maestro”, que resume muchos puntos teóricos y prácticos. Después de eso, podrían experimentar con los distintos esquemas de lecciones de un enfoque de la física basado en fenómenos. Así, tendrán los ejemplos necesarios.

Machine Translated by Google

delante de ellos, y luego puede volver a leer el resto de los antecedentes de este enfoque para estudiar las ciencias, especialmente la física.

[Nota: Las siguientes secciones han sido resumidas de la discusión detallada de von Mackensen, ya que la mayoría de los autores educativos y filosóficos citados no son muy conocidos en los países de habla inglesa. Para una crítica completa de los fundamentos filosóficos presentados por el Dr. Mackensen, una traducción completa de su introducción está disponible en la cámara de compensación de Publicaciones Waldorf previa solicitud, sin costo.]

ii. enseñanza, tecnología y vida

Básicamente, cada vez tenemos menos éxito guiando a los jóvenes en el aprendizaje y el trabajo, tanto en la escuela como en casa. La educación se le escapa a esta generación; ¡aunque la cantidad de trabajo científico que se les ha asignado es mayor que nunca!
Las elaboradas reformas, la asignación de recursos financieros y una administración dedicada en las escuelas no han ayudado al conjunto. Es evidente que ni los modos de pensamiento analítico, técnico ni jurídico se relacionan verdaderamente con aquellos aspectos más profundos del ser humano capaces de transformarse y aprender. Las fuerzas humanas que permiten a las personas formar su espiritualidad, avivar su alma y permitirles crecer se encuentran claramente en otro reino del modo de pensar científico moderno.

Los propios escritores educativos señalan la necesidad de una reorientación de la enseñanza de las ciencias para hacerla relevante para la vida diaria de las personas, en vista de la “falta de impacto de una enseñanza de las ciencias de orientación técnica, que intenta abordar el proceso de enseñanza y aprendizaje utilizando la [métodos cuantitativos] inventados por esa misma ciencia…”
(Duit 1981) El hecho de que las escuelas no sean fácilmente reformables con medios tecnocráticos se debe al hecho de que

> la primera fase de la reforma fue... demasiado ajena a los niños, se desvió hacia criterios científicos abstractos... Junto con un desempleo creciente, estructuralmente arraigado, el principio de competencia se desplaza hacia grados cada vez más bajos. Y, a medida que las escuelas permiten que se introduzcan estos modos selectivos y competitivos, sólo aumenta el empobrecimiento de los estudiantes en términos de experiencias sociales, conexiones emocionales y posibilidades de aprendizaje llenas de sentimientos.
>
> Inmediatamente después del descubrimiento de posibilidades para el aprendizaje temprano, vinieron los programas de enseñanza basados en el desempeño, los períodos de clase minuciosamente planificados (con una conducta docente bien planificada y la conducta esperada de los estudiantes) y una mayor demanda de más contenidos y más temas científicos técnico-profesionales en el ámbito educativo. lecciones. Para nuestra consternación hoy, en realidad establecemos el aislamiento y la alienación del ser humano”. (Silkenbeumer 1981)

Machine Translated by Google

Quizás podamos explorar más a fondo este contraste entre el brillante y bien definido mundo de la ciencia y el oscuro y menos conscientemente comprendido mundo de la vida, aunque de una manera viva, utilizando caracterizaciones abiertas y siempre teniendo en cuenta toda la gama de actividades humanas. .

Otra descripción de cómo estos dos principios del mundo de la vida y de la ciencia se infiltran en todo se da en las últimas grandes cartas de Erich Fromm.
Las caracteriza como “tener” y “ser”: “De hecho, para alguien para quien tener es la principal forma de relación con el mundo, las ideas que no pueden ser fácilmente precisadas (escritos) son aterradoras, como todo lo que crece. , cambia y, por lo tanto, no es controlable”. (Fromm 1976) Después de mostrar cómo las crisis actuales de la humanidad surgen de la ideología de la fijación y el tener, Fromm describe cómo el mundo tecnológico moderno promueve un carácter de marketing, personas que “se experimentan a sí mismas como una mercancía... cuyo éxito depende en gran medida de qué bien se venden en el mercado” y, dedicados a perseguir el lado cuantitativo de la vida, se alejan de su entorno vital y de sí mismos. “Lo más sorprendente, a primera vista, es que el Hombre se haya convertido en dios porque ha adquirido la capacidad técnica para una segunda creación del mundo, reemplazando la primera creación por el Dios de la religión tradicional... Los seres humanos, en En el estado de su mayor impotencia real, en relación con la ciencia y la tecnología se imaginan ser omnipotentes”. (De 1976a)

Si evitamos las indicaciones pedagógicas de Fromm, aún podemos valorar sus observaciones y puntos de vista y notar nuevamente que son importantes para toda la humanidad, para todos. Así pues, lo admita o no, la educación también está en tensión entre estos polos de “tener” y “ser”, o entre cuestiones convergentes y divergentes.
(Schumacher 1979)

Los problemas convergentes son de un tipo que pueden abordarse y converger hacia una solución estable simplemente aplicando más tiempo, inteligencia o recursos (incluso sin fuerzas vitales superiores, una conciencia más amplia o experiencia personal).
Tratar problemas divergentes con más estudio sólo produce más polaridad.
requieren un nivel más elevado de ser, más allá de la mera lógica, donde se pueda trascender la aparente oposición de polaridades. Un ejemplo clásico es encontrar los métodos educativos adecuados, donde la fórmula o respuesta correcta aparentemente nunca se encuentra en las ideas opuestas de más forma versus más autonomía. Las cuestiones divergentes implican un ámbito superior, que incluye tanto la libertad como la experiencia interior directa.

Todos debemos hacer frente a nuestro mundo científico; su desarrollo es necesario para una conciencia libre. Pero ahora nos desafía a encontrar sus límites para que el entorno de vida, la sociedad y el espíritu humano puedan respirar. Este problema es verdaderamente

Machine Translated by Google

el problema más profundo y global de nuestro tiempo. Dentro de la ciencia, los desafíos nos llevan a nuevas teorías científicas y existen muchas y diversas iniciativas, pero con escasos resultados hasta ahora. (Indicaremos nuestra relación con cada una de estas iniciativas a continuación.) Cuando nuestro pensamiento dentro del mundo viviente es desafiado, puede conducir al goetheanismo, a una fenomenología rica en ideas vivas. Pero las meras preocupaciones en el mundo de los vivos sólo conducen a la mitología.

III. el panorama de la ciencia

certeza presunta versus vida

En los últimos años se han publicado muchos artículos que tratan sobre la filosofía de la ciencia (¿Cómo conocemos el mundo?). Los profesores de ciencias adoptan los mismos hábitos de pensamiento positivistas y bien aceptados que los escritores más técnicos, presumiendo que los métodos cuantitativos convencionales nos brindan un conocimiento real de la naturaleza. Sin embargo, si profundizamos en lo que muchos escritores de filosofía de la ciencia dicen al respecto, lo que surge no es tan sencillo ni claro.
La pregunta fundamental es: ¿Cuál es la relación entre nosotros y el mundo exterior? Esta es una de las cuestiones fundamentales de la filosofía. Muchos filósofos como Descartes, Kant y Goethe han luchado con la cuestión.
¿Tiene mi mente (alma, espíritu) alguna conexión real con mi cuerpo (el mundo de la materia)?

Incluso los educadores contemporáneos reconocen las sutilezas de esta relación: “Lo que la investigación científica logra, en el mejor de los casos, no es una simple descripción de la realidad. La teoría de la ciencia ha demostrado que el investigador no sólo está entrelazado con sus experimentos y los aparatos de medición que utiliza, sino que también (de una manera mucho más sutil pero potente) está entrelazado con todo su marco teórico y mental, con sus propios conceptos y forma de cuestionar, con sus definiciones e hipótesis.”1 (Wieland 1981) Y en la propia física del siglo XX se han producido resultados exactos que no iluminan una realidad clara, y de hecho nunca podrán hacerlo. La Interpretación de Copenhague sobre la teoría cuántica (1926) llevó tempranamente a un destacado físico a decir “… la realidad es otra, depende de si observamos o no… y debemos recordar que lo que observamos no es la Naturaleza misma, sino la naturaleza”. como se expresa en nuestra forma de interrogatorio”. (Heisenberg 1959; ver también KF von Weizsäcker 1971)

Esta conciencia, que comenzó primero en la física y ahora se extiende a muchos otros campos, nos obliga a reconocer que nuestra relación con el mundo no es tan simple como podríamos haber pensado. Aunque hay innumerables maneras de considerar la naturaleza, en nuestro camino la imagen de la naturaleza que desarrollamos se desarrolla y madura plenamente sólo a través de

Machine Translated by Google

el ser humano: el ser humano no es superfluo. Nuestras ideas preconcebidas (lo que T. Kuhn llama nuestro paradigma o marco de lo que consideramos que es el “mundo”) son muy importantes: condicionan el carácter mismo de lo que se nos ocurre. Si realmente pensamos en ello, la realidad misma que la ciencia supone no puede ser pensada como algo real “allá afuera”, con nosotros mismos como algo separado, una especie de espectador; esta realidad consiste en nuestra relación mutua y nuestras conexiones íntimas con el mundo.

¿la única autoridad?

Si bien es cierto que la literatura convencional no pretende ser el único método válido, al menos no explícitamente, esta actitud se implementa en el sentido de que los hábitos empíricos o positivistas son aceptados e implícitos en la forma en que se practican la ciencia y la enseñanza. En realidad, algunos educadores han estado muy cerca de abordar estas cuestiones, y sus ideas son significativas no porque planteen un problema particular, sino porque discuten estándares de lo que es “buena” ciencia.

Por lo general, suponen que nuestro conocimiento y teorías se relacionan con un mundo objetivamente material preexistente. Y “lo que da certeza [a este método] es un camino claramente marcado de regreso a la evidencia de los datos”. (Jung 1982) Esto supone un aspecto de los fenómenos separado de nuestra conceptualización, que es parte de un mundo objetivo, que existe antes de que pensemos en los fenómenos. De modo que la “realidad” debe consistir en una colección de fenómenos básicos (es decir, todas nuestras percepciones en el mundo viviente) que sea accesible a todas las personas.

Entonces, la pregunta fundamental es: ¿Existe algún tipo de mundo objetivamente material preexistente “allá afuera” y nuestras observaciones nos llevan “aquí adentro” (en mi mente) a pensar en ello y formular teorías y comprenderlo? ¿Son los “fenómenos” algo independiente de mí, preexistente, o son en realidad los fenómenos mi experiencia de una relación entre yo y el mundo, que despiertan y salen a la luz en el ser humano que percibe y contempla? Ésta es una pregunta muy complicada, sutil pero muy importante.

fortalezas de la ciencia moderna

Por otro lado, desde una visión pragmática, la gente deja de lado las cuestiones de si el conocimiento es “real” y supone que la tarea de las ciencias naturales es simplemente reproducir una imagen de esta capa de la realidad con la mayor precisión posible y organizarla. de forma comprensible. Entonces, incluso si una concepción previa subjetiva y un paradigma mundial históricamente relacionado juegan un papel, entonces la imagen que construimos (ciencia natural moderna) tendría las siguientes fortalezas:

Machine Translated by Google

- El camino desde la teoría hasta los fenómenos se puede recorrer claramente utilizando conceptos comprensibles, como es necesario, ya que este método sólo se ocupa del aspecto de los fenómenos comprensibles en categorías cuantitativas pensables. Así, todo este constructo será comprensible.
- A medida que vamos más allá de la mera aceptación de una invención y la mera En esta aplicación para construir teorías de inmensa amplitud al más alto nivel, la intuición atrevida y audaz juega un papel importante. Tales ideas abren posibilidades ilimitadas de actividad y escolarización al intelecto humano. Por tanto, el conjunto es inspirador.
- Al aplicar dichas teorías y métodos al trabajar con la naturaleza, surge la tecnología; No necesitamos discutir su efectividad. Una ciencia así es utilizable.

Incluso si no se toma toda la gama de teorías científicas como una verdad general objetiva, la mayoría de la gente siente que, de hecho, logran lo mejor que podrían lograr las personas y para ellas, con los medios a su disposición. Aunque podría abarcar y entretejer más realidad con revisiones cada vez mejores de sus teorías, ¡no ven cómo alguien podría lograr algo más comprensible, más inspirador o más efectivo! La mayoría de la gente admite que tal ciencia natural puede no ser la única posible, pero cree que es lo mejor que se puede lograr y, por lo tanto, debería ser reconocida y apoyada por todos.

pura percepción, un pozo sin tubería

Hemos explorado las ideas convencionales para contrastar nuestro enfoque de fenomenología o goetheanismo. Nuestro punto de partida para todo conocimiento y pensamiento es en realidad la percepción a través de los sentidos, la participación activa y la percepción a través de los sentidos humanos de un cuerpo humano vivo. Pero la percepción pura es muy difícil de alcanzar; En realidad, no podemos decir nada sobre los sentidos a menos que vayamos más allá de la sensación pura. Podemos explorar el mundo mediante percepciones, pero no podemos discutir el mundo en percepciones. Sin embargo, partimos de la percepción como relación, una relación que va mucho más allá de estos conceptos que utilizamos para discutirla, e incluso es anterior a ellos.

Pero no podemos probar esto, ya que la prueba ya va más allá de la percepción para utilizar la conceptualización. Sólo podemos tener percepción pura cuando reprimimos nuestra capacidad de formar ideas y conceptos. (Steiner 1918) Sólo la percepción pura existe per se, pero no podemos decir nada al respecto. La realidad tal como surge en el alma humana es en realidad algo santo; ¿Qué podríamos decir sobre el contenido?

Machine Translated by Google

La percepción es que es un producto humano, siempre una concepción previa y una teoría condicionada por el mundo viviente.

el pensamiento revive en la percepción

Alguien podría objetar: entonces toda teoría es simplemente arbitraria; pero si están claramente formulados, se relacionan con el mundo porque son técnicamente utilizables.
Respondemos: Verdadero. Los conceptos y teorías ciertamente se añaden a la percepción mediante el esfuerzo humano, pero se demuestra claramente que pertenecen al mundo si las personas se han esforzado, pero corresponden a experiencias de un lado diferente del mundo, que no se revela en las percepciones. Nuestro pensamiento es un complemento esencial de la percepción pura. Al pensar, las personas tenemos una especie de órgano para este otro lado del mundo, que es más activo cuando reflexionamos sobre el mundo de los sentidos que sobre el mundo de los pensamientos. Goethe, a diferencia de muchos pensadores modernos, entendía la percepción como una actividad conceptual particular.

paradigmas y el mundo vivo

Tan pronto como uno trasciende esta forma reduccionista de hacer preguntas y comienza a trabajar reflexivamente con el lado cualitativo de la experiencia humana, ya no existen fenómenos independientes de la teoría (percepciones organizadas conceptualmente). Los fenómenos son los aspectos del mundo en el que vivimos a través de la percepción consciente. En el proceso de pensar, a través de una conciencia equilibrada, a partir de la experiencia de percibir se desarrolla naturalmente un tipo definido de actividad conceptual. Cuanto más vivamos en el lado perceptivo de este equilibrio, más hablará realmente el verdadero ser del mundo en los pensamientos y conceptos que los fenómenos nos llevan a formar. La percepción pura existe per se; Los fenómenos ya están pasando a un lado más conceptual.

Esto es importante porque las implicaciones son muy amplias y profundas. El enfoque reduccionista, que considera la mente y el yo como algo separado del mundo exterior, tiene una división implícita: “Lo espiritual y lo moral... tratados como epifenómenos... Por un lado está la vida humana con sus valores. y elecciones, por el otro, una utopía científica: el hombre como máquina”. (Jung 1981c)

decisiones individuales

Dado que no podemos probar ninguno de los dos métodos únicamente con la lógica, debe seguir siendo una decisión libre de cada persona cómo desea entender su relación con el mundo: teorías sobre el mundo que permiten manipularlo, o una relación de percepción. Básicamente, sólo podemos decir que el autor tiene

Machine Translated by Google

trabajó a través de los fenómenos de esta manera, y tiene la intención de trabajar con ellos de esta manera. La tradición occidental tiende a la manipulación de la naturaleza que existe; un enfoque complementario vive más ricamente en los fenómenos y utiliza más el lado subjetivo y cualitativo de la percepción. Requiere una consideración cuidadosamente educada, equilibrada y reflexiva de los fenómenos y de nuestro proceso de formación de conceptos.

IV. Ciencia alternativa: ¿no, gracias?

anhelo y horror

Hemos llegado al punto más explosivo de nuestra discusión introductoria. Incluso en una de las obras más atractivas sobre métodos de enseñanza, puede suceder que cuando se trata del tema de enfoques alternativos de la ciencia, todo el estilo cambie dramáticamente: afloran ironías, predicciones nefastas y polémicas abiertas. Esto aunque o quizás simplemente porque la ciencia alternativa se convierte cada vez más en el vago objeto del anhelo de muchas personas.

El editor de Chemistry and Technology News propone: “¿Cree usted que sería posible... desarrollar un método científico racional que no persiga sólo este enfoque reduccionista de la naturaleza, sino más bien un método que considere la mayor parte del todo y simultáneamente no es útil técnicamente? Usted mismo dice que es una tarea real... ¿No podríamos al menos fortalecer la conciencia de que existe una concepción del mundo natural, científico y técnico distinta a la nuestra? ¿Hay ciertas ciencias que no están destinadas a la utilidad, pero que antes proceden de manera fenomenológica, y si las hay, no deberíamos dedicarnos a ellas? ¡No hay nada que decir más que SÍ!

Otro autor expresa alarma porque “la ciencia no son rasgos de racionalidad o libertad, ni fundamentos de la educación; es una mercancía. El propio científico se convierte en vendedor de esta mercancía, no son jueces sobre la verdad y la falsedad.... El punto de partida no es la verdad, ni el nivel más nuevo de la ciencia, ni ninguna otra generalidad vacía; el punto de partida es la equivalencia de todas las tradiciones”. (Feyerabend 1981)

El efecto anticientífico, que hoy se ha vuelto tan fuerte, surge no sólo a causa de las crisis ecológicas, político-sociales, sino que también se debe a una división en el estrato viviente del alma en conceptos científicos calculables, en una capa, y sentimientos y moral (o animal) sobre otro, que dirige los tratos prácticos en la vida y, sin embargo, se vuelve cada vez más aislado. También va en aumento porque la gente ya no duda en hablar de esta división por “respeto” a la ciencia reconocida.

Machine Translated by Google

poderes humanos

En los últimos siglos la visión científica de la naturaleza ha establecido sólo lo que contienen la revolución cartesiana, los métodos de Galileo, Newton, etc.: una especie de conocimiento imperialista que sirve a la orientación del ser humano hacia el control del cosmos. La razón por la que el enfoque causal-analítico de las ciencias naturales requiere una alternativa no es porque proporciona muy poca información sobre el mundo, sino porque no activa nuestras fuerzas anímicas y espirituales.

debilidades de la fenomenología

Según las ideas anteriores, hay tres cosas que la fenomenología no puede tener: no es comprensible en términos sencillos (en conceptos que se pueden definir en un marco mecánico); no ha avanzado mucho ni se ha desarrollado interiormente (no tiene 400 años a sus espaldas); no es utilizable de manera ingenuamente inconsciente, en un sentido mecánico, sin una mirada retrospectiva a toda la situación de la naturaleza.

Lo más negativo es la falta de demostrabilidad externa, sin un modo de pensar mecanicista. Esto es inevitable, ya que esta demostrabilidad surge precisamente de aquellas herramientas conceptuales que ahora deberían ampliarse y complementarse, a saber, el enfoque cuantitativo y, en última instancia, las matemáticas.

extensión de ambos métodos: propadeutica (instrucción de artes liberales)

La ciencia alternativa y la ciencia basada en reglas se complementan y ninguna posee todos los aspectos necesarios para la educación; no podemos prescindir de ninguno de los dos.
Incluso cuando podemos explorar con un enfoque cuantitativo, debemos ir hacia adentro.

Por ejemplo, en las leyes de los gases, si queremos penetrar realmente en la materia, debemos entrar en la mera fórmula Vt = V0 (1 + 1/273 t). A medida que aumenta el calentamiento, el aumento de la tensión en el recipiente de gas (presión) se experimenta como un reflejo de la actividad del calor y el aumento del volumen medible.

El pensamiento analítico inicialmente crea distancia, pero luego permite una conexión interna con los procesos del mundo, en la medida en que las magnitudes de la fórmula que elaboramos se sienten y experimentan internamente. Esta introspección es el punto de partida de toda investigación fenomenológica.

Si el material técnico avanzado presentado en el nivel introductorio de un plan de estudios amplio de artes liberales debe ser limitado, ¿qué debería ampliarse correspondientemente? Esto nos lleva a una base humana para un nuevo método de enseñanza: basar los temas en el desarrollo del alumno. Las preguntas entonces son: ¿En qué grado debería comenzar la física? ¿Qué ideas debería perseguir?

Machine Translated by Google

v. psicología del desarrollo

división tradicional del material de física

En los trabajos pedagógicos de Rudolf Steiner hay muchos lugares donde señala la esencial reorientación de las lecciones al inicio de la prepubertad. Indica cómo, principalmente después de los 11-2/3 años (6º grado), el joven separa el aspecto vivo y animado del aspecto muerto del entorno y ahora es capaz de reconocerlo. Por lo tanto, podemos estar atentos a este momento, comprender por qué entonces puede comenzar el estudio de la mineralogía y la física y relacionarnos con el creciente interés natural del joven por la vida.

descripción general del plan de estudios

En sexto grado –cuando se inician los estudios de física– la manera de ver las cosas sigue siendo fenomenológica e imaginística en todos los temas. Todavía no está abstraído en el sentido, por ejemplo, de derivar leyes generales de la naturaleza. Se excluye el método material-causal de la física escolar. Sin embargo, en séptimo grado este enfoque imaginativo comparativo ya recibe una nueva dirección. Ciertamente no hacia los modelos científicos, los átomos y similares, sino más bien hacia el trabajo, los medios de vida, las conexiones comerciales y, por tanto, hacia las aplicaciones técnicas en la vida. Dado que los jóvenes en la pubertad comienzan a distanciarse del hogar paterno, se preocupan por la pregunta: ¿Cómo puede una persona ayudarse a sí misma en el mundo a través de ideas claras?
Y, subyacente a esto: ¿Cómo puede una persona aportar algo de valor en el mundo exterior del trabajo?

Al finalizar los estudios de física de 7º grado, como tema esencialmente técnico, presentamos las teorías mecánicas involucradas con el uso de palancas. En la mecánica se combinan experimentos sencillos, sistemática científica y comprensión técnico-práctica del aparato. A partir de este tratamiento llegamos al punto de partida de la física clásica. Sin embargo, todavía no se ha logrado un tratamiento sistemático de otros temas de la física basados en esto. Incluso en octavo grado, usaremos fórmulas cuantitativas o expresables sólo en casos particulares (por ejemplo, en el tratamiento de la corriente en un circuito o en los cálculos de presión para la mecánica de fluidos del aire o del agua), pero seguirán estando relacionados con observaciones directas. en el aula.

En el noveno grado, después de haber estudiado a fondo las explicaciones material-causales del teléfono y la locomotora (por ejemplo, con diagramas de tiempo actuales, curvas de presión de vapor y comparaciones de masa térmica), este método basado en fenómenos llega por primera vez a una sistemática cuantitativa. tiempo

Machine Translated by Google

sólo en el décimo grado. Aquí, aunque sea cuantitativa, la mirada vuelve al ser humano: cómo predecimos mediante cálculos de una trayectoria parabólica se considera ahora reflexivamente como un fenómeno de conocimiento. Y sólo después de que en el 11º grado se haya trabajado la cuestión de la percepción y la realidad en lo "suprasensible" mediante el estudio de los inventos eléctricos modernos (bobina de Tesla, rayos Roentgen, radioactividad), se realizan los estudios de luz y color del bloque. en el 12º grado penetra de nuevo en un goetheanismo. Sin embargo, la metodología [y la epistemología] ahora está clara para los estudiantes.

Así, al avanzar hacia el noveno grado, el plan de estudios deja cada vez más de lado el enfoque fenomenológico, a medida que dejamos de lado cada vez más la naturaleza. Con el método analítico y el uso de instrumentos técnicos, una cadena de causalidad material y no espiritual ahora se convierte en el objetivo de las lecciones. Esto es lo apropiado aquí y, por tanto, desde el punto de vista pedagógico, un método goethiano (el goethianismo en la consideración de una secuencia de pensamiento). A partir de estos temas técnico-prácticos de 8º y 9º grado y sus implicaciones sociales, volvemos a dar la vuelta en 10º grado y nos centramos en el ser humano pensante. El proceso mediante el cual desarrollamos el conocimiento y la relación que éste tiene con el mundo se plantea aquí como fenómeno. A través de una disposición tan cuidadosa e interconectada de pasos en física, los jóvenes estudiantes despiertan gradualmente a una exploración de sus propios métodos de conocimiento, y ese es el verdadero objetivo.

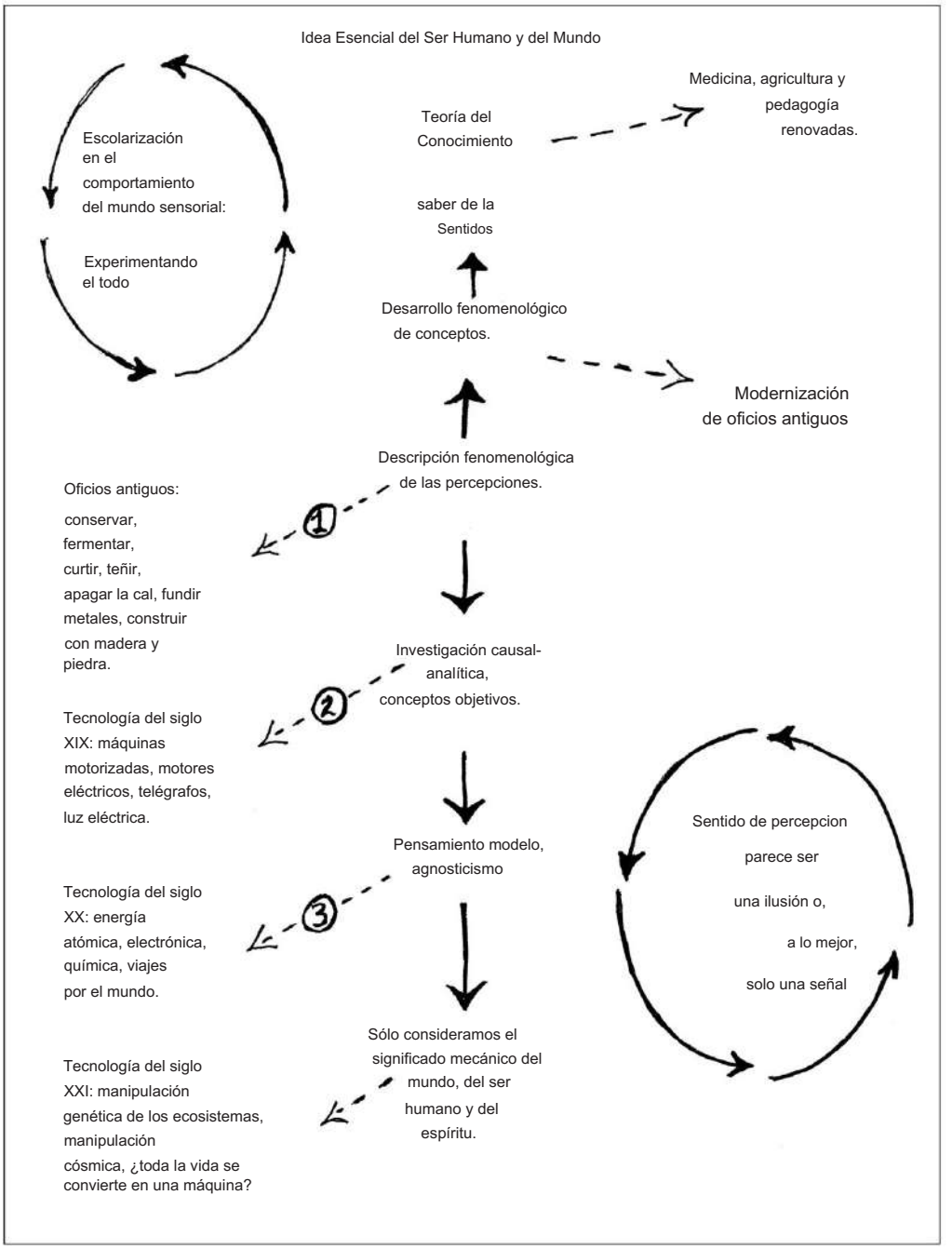
resumen

El llamado estudio abstracto de las ciencias naturales, utilizando métodos analíticos causales, en realidad se encuentra cerca de otros caminos (ver cuadro en la página siguiente). En primer lugar, podemos considerar la experiencia general que se lee hacia abajo en la columna central: una restricción para aumentar la abstracción y los modelos, proporcionar el significado omnipresente del mundo y degradar la experiencia holística inicial a un reflejo engañoso, un subproducto del modelo (un espejismo). El conocimiento queda aprisionado en el círculo inferior y la gente corre de un lado a otro en una experiencia sin sentido de un mundo mecanicista causal-analítico. Desarrollan gigantescos trabajos técnicos y disfrutan de todo lo que aman.

Por el contrario, trabajar hacia arriba en la derecha es una profundización de una forma fenomenológica de considerar el mundo, que lleva a las personas a comprender verdaderamente quiénes son y, por lo tanto, construye una base para un nuevo enfoque del espíritu: una experiencia holística. Disfrutan de lo que descubren. Con esto observamos como el 6to grado inicia con conocimientos holísticos; el noveno grado pasa al pensamiento causal-analítico pero aún no a los modelos; y el pensamiento mecánico en el décimo, donde nos detenemos.

Machine Translated by Google

Dos caminos de las ciencias naturales contrastados.



Machine Translated by Google

vi. métodos pedagógicos

Hoy en día, las ciencias naturales se dedican a sacar a la luz hechos y utilizarlos técnicamente. Que la investigación cause una impresión en el público depende de la utilidad de estos hechos y de lo que se pueda producir a partir de ellos. El método analítico es impresionante y muestra el significado fundamental de lo investigado. Pero, ¿cómo va el saber?

Para unificar y ordenar los innumerables hechos, los físicos construyen teorías y modelos conceptuales, por ejemplo, el modelo ondulatorio de la luz. Saben, en principio, que todo modelo tiene limitaciones y que, sobre todo, siempre hay fenómenos que lo contradicen. Un modelo se aplica sólo a ciertos fenómenos; para otros, es necesario construir un modelo contrastante para el mismo tema. De modo que, ciertamente, no surge ningún conocimiento del todo. Sin embargo, los modelos científicos como las teorías de la luz o el concepto del átomo (que nunca tocan la esencia de la materia) son comúnmente vistos como la esencia, o al menos como pasos hacia lo esencial, tanto en la visión popular como en la conciencia científica. . Al pensar esto, pasamos por alto el hecho de que las preguntas sobre la “esencia” quedan completamente fuera de las categorías de la física, no pueden incluirse en ellas y tampoco pueden ser respondidas por ellas.
Sin embargo, para el estudiante cada modelo es naturalmente tomado como una respuesta a preguntas esenciales, una declaración sobre el fundamento de la existencia, ¡aunque los estudiantes no estén preguntando conscientemente sobre ello! El estudiante no puede apreciar realmente la estrechez de este tipo de respuestas, ya que aún no comprende el papel que desempeña el pensamiento puro en la formación de las concepciones del mundo, ni cómo se relaciona con él una actividad libre del ser humano. El alumno se orienta más a la percepción.

Sin embargo, las concepciones abstractas que no se derivan de los fenómenos se convierten en conceptos erróneos: como si no fueran inventados por nosotros, sino más bien como seres burdamente materiales o también como seres mágicos que encontramos y luego creemos que son la causa final de todo lo que existe. . Y así, los fenómenos dan lugar a una mala comprensión ontológica de la física2 [mal comprensión de la naturaleza del ser o de la realidad].

El trabajo científico natural de Goethe, tal como lo presentó Rudolf Steiner, desarrolló una forma cualitativa poco conocida de observar la naturaleza y ahora produce y amplía constantemente una literatura de goetheanismo y fenomenología. Este camino concreto construido alrededor de una relación con cualidades de percepción realmente llevará a la realidad al ser humano que percibe. Debido al estilo de enseñanza típico de los últimos años de la escuela primaria, existe una necesidad fundamental de métodos científico-naturales cualitativos, ya que sólo éstos intentan trabajar de acuerdo con lo esencial, trabajar precisamente en aquellas cuestiones profundamente experimentadas en esta etapa. de vida. La pregunta

Machine Translated by Google

La cuestión de si tal enfoque promueve una comprensión completa puede permanecer abierta, pero ciertamente es más completa que la que promueven los modelos. Para nosotros, el valor pedagógico del esfuerzo del maestro y de su actividad espiritual interior supera el valor del mero conocimiento.

dos caminos hacia la naturaleza

Esto sugiere dos métodos de concepción de la naturaleza (y por tanto también del mundo) que al principio no están relacionados, a saber: (1) el método material-causal, que quiere encontrar un modelo de la causa última mediante el análisis de la materia, que se cree que se encuentran en la base, y (2) el método goethiano de fenomenología, que busca ordenar ricas percepciones de la naturaleza como totalidad. Estas dos formas de acercarse a la naturaleza están contenidas en el plan de estudios del Dr. Steiner.
Sin embargo, no los mezcló ni los presentó intercalados unos con otros. Más bien, los encontramos organizados en el currículo con lo analítico siguiendo a lo fenomenológico; el objetivo es ubicarlos en un contraste evaluable para el 12º grado.

vii. al maestro

preparación saludable y no saludable

Este libro ha sido escrito precisamente para aquellos que no lo recibirán primero: los estudiantes. Sin duda los docentes lo recibirán, quizás con un suspiro de alivio. Puede parecer que contiene una gran cantidad de material de física, cuidadosamente empaquetado y en espera de ser utilizado como conceptos preensamblados, escondidos en un congelador. La impresión que he tratado cuidadosamente de crear, para que tal vez sea comprendida más tarde, es que tal esperanza no puede realizarse a través de un libro; ¡Y si pudiera, debería estar prohibido! Los estudiantes no viven de las cosas de un libro, sino de la iniciativa de los maestros y de su lucha espiritual y perseverancia para abrirles un camino sobre cómo ver el mundo. Así como el maestro aprende, los estudiantes aprenden. Quien domine bien la materia, sabiendo que no sólo debe ordenar las cosas de nuevo, sino que también debe descubrir nuevos aspectos de la misma, podrá enseñar a partir de una experiencia espiritual directa: llegará interiormente a la clase. Para que la física aquí abordada abarcara esta dimensión, era necesario, por un lado, facilitar la materia al profesor, para que pudiera expresarse con palabras, y, por otro lado, también era necesario ponérsela difícil al profesor. maestro. Este desafío viene de mí, ya que sólo puedo entender el alcance completo del material en ciertos términos científicos y pedagógicos.

Machine Translated by Google

Siguiendo los principios de Goethe y en el espíritu de la teoría del conocimiento del Dr. Steiner, una persona debe prestar atención a los fenómenos de la naturaleza y simultáneamente prestar atención a la actividad interna y las experiencias del ser humano [que percibe]; entonces la persona debe intentar liberarse de las rígidas etiquetas [mentales] de “partículas”, “ondas” y “energías”. Las ideas nuevas y básicas son de gran valor para profundizar en la naturaleza, pero son radicalmente diferentes de los conceptos tradicionales de la física escolar y de una comprensión convencional y materialmente dispuesta.

Mi ideal sería dejar de lado las definiciones rápidas en términos foronómicos [movimiento puramente mecánico] y conducirlo todo hacia conceptos abiertos, aparentemente indeterminados. Qué “es” la luz, qué es el sonido “en realidad”, cuál es “la base” del calor: todo esto no puede aclararse sin más, sino que debe lograrse mediante observaciones y reflexiones experimentadas por parte del profesor y de los alumnos. . Recurrimos al propio juicio perspicaz del lector. (Compárese con el concepto de Goethe: Anschauende Urteilskraft, “poder perceptivo de contemplar”).

Es evidente que las clases de física no deberían ser simplemente una lista de puntos del gran libro de autoridad científica, sino que deberían ser espontáneas, sin límites desde el principio a preguntas que impliquen únicamente mediciones cuantificables. Naturalmente, esto requiere mucho, a saber: una forma alternativa de pensar, el mayor sentido de orientación individual posible y un conocimiento de los fenómenos. Sólo en la medida en que este texto busque alcanzar objetivos tan difíciles, se debería permitir que aparezca. Una recopilación fácil y práctica de conocimientos escolares obvios (siempre que sean buenos) es sólo una ayuda para el maestro que ya se encuentra en una situación desesperada; sin embargo, subestima precisamente estas necesidades más profundas de los estudiantes.

Además de ayudar a una búsqueda espiritual personal, directa y sin trabas, de conocimiento, la enseñanza tiene, naturalmente, un lado más ordinario: también debemos proporcionar a los estudiantes un conocimiento real del pensamiento y las actividades cotidianas de nuestra civilización tecnológica. Para ello el profesor necesita información refinada y preparada. Por eso he entrelazado algunas de estas indicaciones en el texto principal y también he proporcionado algunos temas relacionados. Allí podemos ver cómo podemos trabajar sin modelos científicos abstractos e hipótesis tan alejadas de los fenómenos.

experiencias con este metodo

Mientras tanto, han surgido interesantes experiencias docentes de colegas que recibieron este libro simplemente porque la física era nueva para ellos. En los peores casos, los estudiantes dijeron: "Eso fue, ciertamente, todo muy lógico", lo que significa que los fenómenos ya estaban claros (no conducían a fenómenos previamente desconocidos). Por un lado, estaban demasiado poco cautivados por las maravillas del mundo; por el otro, no se les plantearon suficientes preguntas difíciles.

Machine Translated by Google

Ahora bien, esto plantea varias cuestiones. Los estudiantes tienen razón: las nuevas facetas del mundo deben mostrarse en efectos maravillosos y hasta ahora desconocidos. A los estudiantes les gusta sumergirse en manifestaciones de la actividad viva de fuerzas extrañas, les gusta ver cosas que se pueden conjurar con una simple manipulación. Cada vez que el profesor los sorprende con fenómenos inesperados, ¡eso les impresiona!
El lado manipulador y perceptible del mundo debe pasar a primer plano. Es cierto que sin una reflexión despierta sobre los experimentos se fomentaría cierta superficialidad y desconsideración. Sin embargo, hago algunas presentaciones directas y sorprendentes. Pero, al ocuparnos del lado perceptivo de las cosas, no debemos descuidar el aspecto del pensamiento.

Al arte de la experimentación pertenece también el arte de la conceptualización. Una persona se ubicará perceptivamente en los fenómenos cotidianos y, a partir de su propia reflexión cuidadosa, formará nuevos conceptos para construir completamente sobre los fenómenos. Entonces los experimentos que parecen triviales ya no parecerán meramente lógicos sino que, al percibirlos con nuevos ojos, permitirán que el pensamiento alcance las ideas operativas de la naturaleza para que hablen realmente (ver el ensayo de Goethe sobre las plantas, sobre su “ver” la planta arquetípica). No debería suceder (como suele ocurrir en la física convencional) que el profesor simplemente presente cómo se supone que deben verse las cosas. El goetheanismo como pronunciamiento sigue siendo mera semántica.

La física convencional, por un lado, se basa en formas de pensamiento cotidianas, que tienen vida propia y, por tanto, se arraigan fácilmente en los estudiantes. Por otro lado, cuanto más tenga el maestro los fundamentos del goetheanismo en sí mismo, utilizándolos y experimentándolos aún en los días en que no los enseña, más capaz será de extraerlos de los fenómenos más simples y darles forma. una base permanente en el alma de los estudiantes.

Usar un libro para mostrar la manera de hacerlo es, naturalmente, arriesgado. En las peores situaciones, podría dar la impresión de que el material propuesto es demasiado infantil y que el material de 6.º grado ya debería haberse hecho en 5.º grado porque carece de pensamiento causal. Por supuesto, los estudiantes de doce años (grado 7) ya deberían practicar un pensamiento basado en los vínculos o relaciones convincentes entre fenómenos específicos. Sólo nos queda intentar desarrollar un pensamiento más libre que un pensamiento que explique las apariencias a partir de procesos de la materia, que se supone constituye el sustrato de la realidad. Esto se mostrará particularmente en la sección sobre luz.

Machine Translated by Google

lenguaje inusual

Es necesario en 6º y 7º grado, y algo en 8º, que los alumnos se sumerjan en el aspecto cualitativo de las cosas. De este modo, su experiencia recibe una orientación hacia la objetividad, no a través de abstracciones analíticas, sino en una expresión cuidadosa y en la conexión con los fenómenos.

Si uno quiere trabajar de esta manera, necesita expresiones y un lenguaje que abarque el lado emocional de la experiencia. El cultivo unilateral de las facultades cognitivas (básicamente sólo elementos de instrucción racionales y objetivos sólo en el ámbito cognitivo) no tiene en cuenta y descuida el lado del sentimiento y del hacer del ser humano. El estudiante aprende conocimientos individuales. Pero los sentimientos no se expresarán, desarrollarán ni diferenciarán: “El sentimiento de aprendizaje sin sentido se convierte a menudo en un sentimiento de vida sin sentido, la semilla de una orientación depresiva”. (Fischer-Wasels 1977) A través de la enseñanza abstracta, el deseo de una realidad emocional puede conducir a una división de la personalidad. Como en muchos de estos artículos, se requiere un tema rigurosamente restringido y, en el caso de las ciencias naturales, una consideración profunda de los fenómenos. [Ver en los EE. UU., la decisión del proyecto curricular del PSSC de enfatizar fenómenos simples con aparatos simples – Trans.]

Como muestra la experiencia, tal restricción del contenido científico será de poca ayuda si un nuevo arte de pensamiento –un lenguaje diferente y una manera experiencial de trabajar conectado con los fenómenos– no reemplaza simultáneamente la simple consideración de un fenómeno tras otro. . Sólo se puede poner algo más, no nada, en lugar de un pensamiento abstracto que se ha convertido en cientificismo. Este “algo diferente” debería abarcar la experiencia completa del ser humano, no sólo nuestras facultades conceptualizadoras. Es decir: ¡En el contenido del curso son necesarios nuevos conceptos fundamentales! El lenguaje técnico no es suficiente.

Lo que se intenta en este libro es utilizar un lenguaje que una el sentimiento con lo conceptual. Pero este es el principal inconveniente para las personas con formación profesional. Más que una iluminación de las percepciones reales, esperan combinar definiciones y conceptos purificados de cada aspecto experiencial (por ejemplo, foronomía o cinemática; movimiento sin consideración por las unidades reales). Ya desde el punto de vista pedagógico, no podemos estar de acuerdo con este objetivo. Por lo tanto, debemos intentar intercalar estos elementos instructivos racionales y emocionales, no sólo como un condimento, sino más bien para sacarlos de las cosas que tenemos a mano. Desde las percepciones más fundamentales hasta los pensamientos más abarcadores, es importante hablar siempre con todo el ser humano y mirar verdaderamente los fenómenos concretos del mundo hasta el final. Esto conduce necesariamente a conceptos e indicaciones no convencionales y abiertos.

Machine Translated by Google

Tenemos en cuenta que estos conceptos fundamentales nuevos y abiertos tienen su origen en percepciones saturadas de sentimiento, conducen a pensamientos significativos y tienen una estructura que puede evaluarse como resultado de su relación con las percepciones reales. No se trata de un complejo de sentimientos que surgen de algún tipo de evaluación subjetiva, sino más bien de elementos de la ciencia [un proceso consciente]. La plena seriedad de la tarea de la enseñanza de la física, tal como se presenta aquí, funcionará como un estímulo cuando uno tenga la idea de que los conceptos centrales por los que nos esforzamos no apuntan a un embellecimiento infantil del tema estéril de la naturaleza con todo tipo de subjetividad; más bien, nuestro objetivo es abrir una nueva realidad científica a partir de nuestras percepciones personales, por modesto que pueda ser el comienzo presentado aquí.

Podrías notar que los nuevos conceptos en la sección sobre la luz están un poco más desarrollados hacia una fenomenología goetheana. Con el calor, especialmente en sexto grado, un enfoque tan goethiano sería impresionante pero también se vuelve más difícil de comprender. La acústica en el sexto grado también se organiza en torno a ideas poco convencionales, y solo en los grados siguientes se familiarizará más. Pero en acústica estos nuevos conceptos no adoptan una forma tan inusual como en los estudios de iluminación. La electricidad y el magnetismo se presentan de manera cualitativa y conducen a conceptos formados de una manera particular, aunque estos siguen siendo principalmente formas vacías, aún sin llenar mucho de lo que es convincente o germinal. En mecánica, menos aún hemos comenzado con un tratamiento experiencialmente claro de la fuerza y la presión (hidromecánica).

Se trata de una búsqueda de una comprensión que toma como punto de partida al ser humano. Para vivir un modo de enfoque tan nuevo, es necesario hablar de la orientación epistemológica en una obra extensa, ampliamente respaldada por puntos filosóficos y antropológicos que aquí apenas comenzamos.

Y, sin embargo, el físico no estaría libre de una profunda inquietud, pues, en lugar de estudiar los gratificantes avances científicos de este siglo, aparentemente los hemos abandonado en favor de una nueva consideración de Aristóteles. Si esto es necesario, algo que soportar o simplemente una tontería, no se puede determinar a partir de conceptos, sino sólo en el propio encuentro íntimo con las percepciones.

Si de vez en cuando recurro a conceptos de los escritos del Dr. Steiner, esto debería proporcionar a quienes estén familiarizados con su trabajo un medio rápido para seguir leyendo. Sin embargo, el germen del método fenomenológico y lo que por tanto es útil en la enseñanza no dependen de estos referentes. Por lo tanto, espero también invitar a muchos profesores no Waldorf a realizar contribuciones útiles.

Machine Translated by Google

El diseño del libro y la abreviatura del material.

Con respecto a la estructura de esta serie de tres libros para los grados 6, 7 y 8, puedo decir que sigue la secuencia de los grados 6 a 8. Las descripciones experimentales, con algunas excepciones, se extraen del texto y se insertan después de cada capítulo. En el Libro 3 se adjunta una lista de equipos y, como posible profundización, algunos temas complementarios.

La extensión del material presentado a menudo excede lo que se puede manejar en un bloque, especialmente si un profesor lo presenta por primera vez y no está familiarizado con muchos de los fenómenos. Sin embargo, no se debe omitir un tema entero, como por ejemplo el que suele quedar último: el magnetismo. Se desea al menos una experiencia central de cada tema.

Al intentar acortar este programa de estudios, el profesor tendrá dificultades, ya que he intentado desarrollar cada tema cuidadosa y exhaustivamente a partir de los fenómenos más simples y así establecer una línea de pensamiento hacia las ideas fundamentales. De este modo ha entrado en juego una cierta sistematización. Cada proposición está preparada y también demostrada a partir de la anterior. Una forma tan estructurada es indispensable para que el profesor le introduzca en una nueva forma de ver; de lo contrario, no tendría suelo sólido bajo sus pies para futuras preguntas de los estudiantes. Debe poder basar sus concepciones, cuidadosamente consideradas, en un amplio campo de percepciones. Es diferente para los estudiantes: ciertamente quieren evaluar y establecer, no a través de un proceso de construcción cuidadosamente controlado, sino a partir de ideas que surgen del círculo de sus propias experiencias. Ciertamente quieren pistas y, en ocasiones, conciencia de que los conceptos que se les enseñan son buenos juicios y están bien fundamentados. Pero no buscan sistemática ni pruebas, sino más bien un pensamiento experiencial, primario y espontáneo, no una piedra angular para la prueba. Por supuesto, se deben dar pruebas y el maestro debe saberlo, pero no debe sermonear incesantemente después.

De esta manera queda claro cómo podemos abreviar: Disponer de la sistemática para el profesor; desechar la mitad de los experimentos. Lo que al maestro le parece más comprensible, más característico, queda como un residuo. Lo que se omite se puede recordar con grandes pinceladas y pensamientos resumidos. Para los pocos estudiantes que desean una estructura sistemática definida, o que quieren material para reflexiones complejas y aman el pensamiento resumido abstracto, se puede entretejer mucho más material de base sistemática. En los experimentos no se debe aportar demasiado ni omitir demasiado. Para cada experimento, debe haber tiempo para elaborarlo con amor, para presentarlo en su plenitud.

Machine Translated by Google

Descripción general del séptimo grado

A diferencia del plan de estudios de física de sexto grado, en séptimo grado estamos más centrados en el objetivo y en los aparatos. Ya no consideramos sólo impresiones amplias o fenómenos experienciales generales; ahora nos centraremos en (1) aparatos más complicados manipulados por el profesor y los estudiantes y (2) sus observaciones.

Mientras que la secuencia acústica del sexto grado se desarrolló a partir de la música y luego hacia los tonos puros, comenzamos el séptimo grado con tonos puros, pero luego nos enfocamos más de cerca en la oscilación como un prerrequisito material del tono. Formamos conceptos mecánicos, sí, incluso abstractos. En lugar de longitudes de cuerdas claramente visibles, hablamos de "frecuencias" invisibles.

En óptica de séptimo grado , ya no nos preocupa explorar el entretejido del rango de relaciones experienciales de brillo que nos rodean, sino que ahora, utilizando aparatos de laboratorio experimentales, generamos nuevas imaginaciones y conceptos, inicialmente usando el espejo y la cámara estenopeica.

En nuestros estudios sobre el calor , ya no nos limitamos a ofrecer una visión general cualitativa desde la descomposición gradual del calor hasta la construcción de formas y la rigidez del frío o el hielo. En cambio, medimos las capacidades de expansión térmica y aislamiento térmico de materiales específicos. Lo mismo ocurre con la electricidad: de una discusión sobre los efectos eléctricos generales, como las chispas de electricidad que destellan cerca de los tranvías, pasamos a un estudio de la corriente eléctrica encerrada en circuitos simples. Y dejamos el magnetismo terrestre.
aparte para estudiar el campo de un potente imán fabricado y la forma en que se comporta su campo artificial.

Machine Translated by Google

Acústica de grado 7

En el séptimo grado, los distintos temas están organizados sólo mínimamente de acuerdo con la secuencia del sexto grado dada por el Dr. Steiner. Sin embargo, una vez más forman una serie que pasa de lo más conectado, cohesivo, cualitativo-observacional, a lo más objetivo, manipulador, abstracto y separado del cosmos.

i. el diapasón

En la introducción a la acústica de este año, comenzamos, no con un pequeño cuarteto de cuerda, sino con una colección de diapasones sobre cajas de resonancia de madera (Ac1). El diapasón fue inventado por primera vez por John Shore en 1711, en la época del ascenso de Inglaterra. (Ver Sección I bajo Electricidad Grado 6). ¿Cómo crean los sonidos los diapasones? ¿Dónde hay que golpearlos y dónde sujetarlos firmemente?

La forma en que se mueve un diapasón cuando suena se demuestra inicialmente golpeándolo y luego sosteniéndolo tocando la piel (Ac2) o tocando la superficie del agua (Ac3). Una base que resuena con el diapasón aumenta su sonido (Ac4). Trabajamos cómo un diapasón oscila físicamente para encarnar el sonido, como muestra la siguiente ilustración (las deflexiones son exageradas).

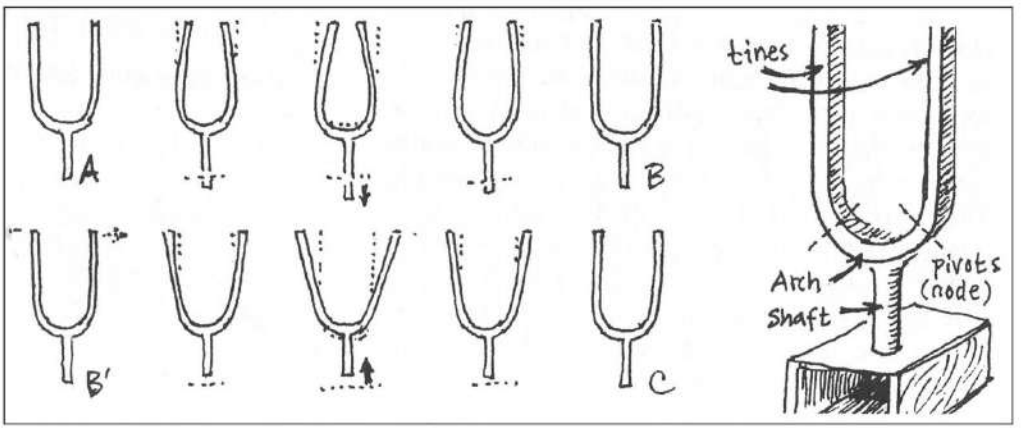


Figura 1. Mecánica de oscilación del diapasón.

A medida que las púas se doblan hacia afuera en el modo primario, el arco se abre a la fuerza y desplaza el eje o vástago hacia arriba. Cuando las púas se doblan hacia adentro, se desplazan hacia abajo. De este modo, la oscilación de las púas (que se produce con un golpe suficiente) se transmite a través del eje a una tapa armónica. Esta oscilación vertical del eje se amortigua poco al sujetarlo, por lo que sólo se necesita un impacto débil.

Machine Translated by Google

Las púas también oscilan en un segundo modo, moviéndose transversalmente (una hacia delante y otra hacia atrás); la deflexión es mayor en los extremos de las púas y nuevamente es nula en el punto de pivote (donde comienza el arco de conexión). En este nodo, el arco oscila transversalmente a su longitud pero con una pequeña deflexión. El eje presenta una oscilación longitudinal, paralela a su eje, aunque menor que la oscilación primaria del púas.

El movimiento que ocurre desde la etapa A a la C (Figura 1) se denomina oscilación. Ciertamente, la posición inicial se recupera en B, pero la dirección del movimiento en este momento no es la misma: en A, las púas se mueven hacia adentro y en B, hacia afuera. El intervalo de tiempo correspondiente para alcanzar la misma posición y la misma dirección de movimiento es el tiempo de ciclo o longitud de onda. El número de oscilaciones por segundo se llama frecuencia y se expresa en unidades de Hercios (Hz). 1 Hz = una oscilación/segundo. Lógicamente, la frecuencia (ciclos/seg) es la misma que el recíproco del tiempo del ciclo (segundos/ciclo).

Los llamados matices surgen si golpeamos el tenedor con mucha fuerza. Superpuestos al tono básico (el "fundamental"), se escuchan tonos débiles, estridentes y más altos que se desvanecen rápidamente. Las púas se mueven en un patrón de oscilación complicado con tales matices. Sin embargo, si golpeamos la púa desde el frente (transversalmente), producimos principalmente armónicos (Ac2b, Figura 4b). Un golpe de este tipo impacta las púas sólo brevemente y, por lo tanto, puede producir armónicos de tan alta frecuencia con su corto tiempo de ciclo.

Con un golpe moderadamente intenso en el lado habitual, las púas producen un sonido casi libre de armónicos (no con una amplitud demasiado grande). Este tono "puro" es vacío, estéril e inmutable: inadecuado para la música y, por tanto, más aún para un estudio completo de la acústica. [2]

El tono o altura del tono (es decir, la frecuencia) de un diapasón depende claramente de su tamaño; o, más precisamente, depende de la masa de las púas y de su rigidez (la fuerza de recuperación de las púas metálicas contra la flexión). Las púas largas, pesadas y flexibles se flexionan lentamente de un lado a otro, realizando una gran excursión. Por el contrario, las púas cortas y gruesas vibran muy rápidamente y con menor desviación (Ac5). Por lo tanto, si se coloca un peso (jinete) como masa adicional en el extremo de las púas, las oscilaciones serán más lentas y el tono más profundo (Ac5). Además, el contacto extendido con el martillo de goma en Ac3a y 3b actúa para cargar la púa, favoreciendo los tonos de frecuencia más baja.

Machine Translated by Google

ii. oscilación: trazados y frecuencia

1. seguimiento de oscilación

Una curva muy agradable surge cuando dibujamos un tenedor llamado "trazador" sobre una placa de vidrio hollín (Ac6). Muestra cómo las púas no tienen un movimiento en zigzag aleatorio y entrecortado, sino que se detienen suavemente y se deslizan para moverse en la otra dirección; todas las partes del calco están suavemente curvadas. La frecuencia (paso) de las púas es independiente de la amplitud (correspondiente a la desviación). La amplitud disminuye gradualmente mientras la frecuencia permanece constante. Podemos deducir la rapidez con la que nuestro tenedor de rastreo atravesó el vidrio por el número de picos comprimidos en el trazo (es decir, el número de picos por pulgada). El trazado de la izquierda, es decir, en el diagrama siguiente, se realizó con un trazo rápido y el de la derecha con un trazo lento.

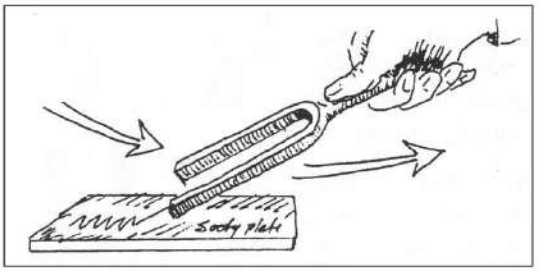


Figura 2a. Hacer trazas de oscilación

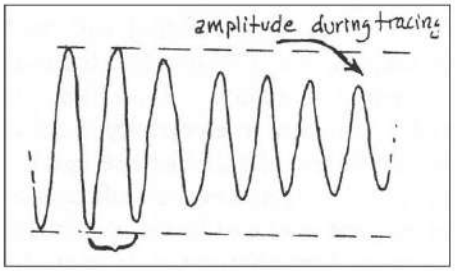


Figura 2b. El trazado de oscilación dibujado con un trazo más lento.

La anchura de la traza de oscilación de pico a pico refleja la excursión de las púas; cuanto mayor sea este desplazamiento (amplitud), más fuerte será el sonido que escuchamos. El desplazamiento disminuye más en el trazado derecho, porque transcurre más tiempo durante este trazado, como se ve también por el mayor número de oscilaciones (ciclos) trazados en el hollín. Con estos calcos intentamos hacer visibles los detalles del movimiento o la oscilación del diapasón de una manera nueva.

2. medición de frecuencia

Para medir la frecuencia, debemos mantener constante la velocidad y medirla. Es más sencillo girar un disco con dientes numerados lo suficientemente rápido como para que una tarjeta sujeta contra sus dientes giratorios produzca un zumbido del mismo tono que el diapasón. A partir del número de rotaciones y del número de dientes se puede determinar la frecuencia del zumbido (Ac7). En principio, también podríamos hacer que el diapasón se desplace sobre una pista especial a una velocidad constante y conocida y utilizar el trazado que realiza en estas condiciones controladas para determinar la frecuencia de un tono determinado.

Machine Translated by Google

3. frecuencia de los tonos

La velocidad de oscilación de un diapasón es demasiado grande para ser visible a simple vista. Sólo vemos que las púas vibran (parecen borrosas), pero no podemos seguir las distintas etapas del movimiento y, por tanto, no podemos distinguir las oscilaciones ni contarlas. Por encima de 10 Hz, todas estas oscilaciones son invisibles a nuestros ojos. Sólo los tonos superiores a 30 Hz tienen un tono distinguible para nuestro oído.

El oído y la vista están separados uno del otro por naturaleza. La diferenciación en la audición (tonos altos y bajos) no puede ser reemplazada directamente por la diferenciación en la vista. Sin embargo, si imaginamos oscilaciones visiblemente presentes cuando en realidad no podemos verlas directamente, entonces en el pensamiento ya no se trata de unir las percepciones sensoriales, sino que se supone que hay algo mecánico detrás del sonido. Aunque esta línea de pensamiento es común en física, debemos ser conscientes de su carácter problemático. En la enseñanza, esto tiene el efecto de concebir una excursión o desplazamiento mecánico como un término numérico para el tono, que luego aclaramos utilizando aparatos y mediciones mecánicas. La forma en que medimos la frecuencia debe ser experiencial en cada paso. Sólo entonces el concepto de frecuencia se relaciona claramente con los fenómenos sonoros revelados y los estudiantes no aprenden una abstracción desconcertante, ya que valores de oscilación de cientos o miles de Hertz sólo son concebibles en abstracto. Aún más difíciles de entender son los frentes de compresión en movimiento o las ondas de presión que se expanden esféricamente en el aire. Aplazamos el estudio de estos hasta el octavo grado cuando estudiamos la presión en los fluidos.

4. relaciones de frecuencia en una escala musical

Una mirada a las relaciones de frecuencia correspondientes a los intervalos de una escala puede ser una conclusión adecuada para el estudio de acústica de séptimo grado. La demostración más clara (pero más difícil) es hacer trazos duales con dos diapasones acariciados juntos y contar las oscilaciones en cada curva a lo largo del mismo recorrido (distancia); es decir, por 1 oscilación del tono fundamental, hay 2 oscilaciones del tono de octava, y por cada 2 de la fundamental, hay 3 de quinta (Ac8). Quizás podamos omitir este experimento que requiere aparatos especializados y simplemente leer la frecuencia estampada en cada horquilla; entonces, cuando escuchamos la octava, la proporción es 1:2, para la quinta vemos 2:3, etc. O bien, podríamos recordar las relaciones entre la longitud de las cuerdas investigadas el año pasado y explicar los intervalos en términos de una cuerda que mide la mitad de su longitud. oscilando dos veces más rápido, mientras que uno dos tercios más corto oscila una vez y media más rápido, etc. Expresado para frecuencias, obtenemos la siguiente serie:

Machine Translated by Google

G" A" B" C' D' E' F' G' A' B' CDEFGAB cdefgab c' d' e' f ' g' a' b' c" d" e"

Octava (C a C central): 2:1
Quinta (C a G): 3:2
Cuarto (C a F): 4:3
Tercero (C a E): 5:4.

Esto se puede utilizar para generar una escala de 8 tonos: C, D, E, F, G, A, B, C. Esta escala matemáticamente perfecta es la escala natural o diatónica (consulte la nota en el experimento Ac1, a continuación).

La longitud de la cuerda caracteriza un paso de intervalo relativo, mientras que la frecuencia designa un tono específico mediante un número. Esto es cierto ya sea que estemos tratando con aire (en la flauta), o con cuerdas de alambre o con la piel de un tambor. [La vida de la música 'vive' dentro de los intervalos de este intermedio, más que en los 'puntos' cuantificables de los tonos, con su frecuencia mensurable.]

En séptimo grado todavía teníamos que practicar la escucha cualitativa tanto como en sexto grado. Allí fue fácil, ya que teníamos música y los distintos intervalos se manifestaban visiblemente en diferentes instrumentos. En séptimo grado, a menudo presentamos los tonos puros (incluso demasiado puros y casi vacíos) del diapasón, en contraste con el violín del año pasado con su rico timbre. Pero incluso en el tono áspero de una ficha contra una rueda dentada, todavía se puede percibir un rastro de calidad tonal e incluso modificarlo, dependiendo de cómo se sujete el papel. Estos tonos ya muestran la transición a máquinas y motores donde sólo tenemos ruidos, zumbidos o cosas similares.

Machine Translated by Google

Experimentos en acústica

concierto de diapasón ac 1

Monte un juego de diapasones comerciales en cajas de resonancia de madera; golpea el CEG, produciendo un acorde. Desliza ligeramente el mazo hacia el extremo de una púa y el sonido se apaga, mostrando dónde la vibración es mayor: al final. Ahora golpee el tenedor nuevamente y observe cómo el timbre se desvanece pero permanece sin cambios (en timbre).

Los tonos naturales, que forman la escala diatónica mayor (por ejemplo, al soplar en una flauta o flauta o con armónicos en cuerdas pulsadas) no se pueden mantener inalterados de esta manera. Para conseguir tonos tan inalterables, nos adentramos en el ámbito de la escala equitemplada, que es común hoy en día.

[Nota: A menudo, muchos juegos de diapasones de laboratorio (diatónicos) no se basan en el "tono de concierto" de La = 440 Hz,* dando C = 264 Hz en lugar de C = 256 Hz (donde las notas de la octava C se convierten en potencia de 2). Entonces E = 320, G = 384, A = 426,7 y C' = 512 Hz. Si su equipo tiene otras frecuencias, verifique las proporciones entre los tonos. Las proporciones diatónicas son: 9:8 y 10:9 para tonos completos y 16:15 para medios tonos. La secuencia diatónica completa es: C:D 9/8 (completa), D:E 10/9 (completa), E:F 16/15 (mitad), F:G 9/8 (completa), G:A 10 /9 (completo), A:B 9/8 (completo), B:C' 16/15 (mitad).

Alternativamente, las horquillas en un conjunto equitemperado también pueden basarse en C = 256 Hz, pero más a menudo usan A = 440 Hz como base, dando C = 261,6, E = 329,6, G = 392 y C' = 523,25 Hz. JS Bach propuso esta escala ajustada para que fuera fácil modular a otra tecla en un instrumento de teclado sin necesidad de afinarla. Aún así, un maestro violinista tocará, por ejemplo, el re sostenido de manera diferente que el mi bemol, ¡como es apropiado para la escala diatónica! [Esta información se presenta más para el profesor que como un tema obligatorio para los estudiantes. – Traducción]

---

* Tradicionalmente. Pero, en Estados Unidos, la tendencia actual es sintonizar La = 444 Hz, para producir un sonido orquestal más brillante y nítido. Los europeos prefieren un sonido más suave y, por ello, suelen sintonizar La = 430 Hz.

Machine Translated by Google

ac 2 mecánica de timbre

Uno de los propósitos de este experimento es considerar cuidadosa y cuidadosamente las observaciones en detalle y llevar a los estudiantes a desarrollar conceptos claros, basados en fenómenos, de la mecánica (invisible) de la oscilación. La cuestión no es tanto que la mecánica de oscilaciones en sí sea algo tan importante, sino que, en su simplicidad, nos brinda una buena práctica para desarrollar conceptos detallados basados en fenómenos.

a) Un diapasón colocado sobre una caja de resonancia se golpea con un mazo de goma desde diferentes direcciones; el lado al final de la púa es el lugar más efectivo.
Esto corresponde a la dirección de movimiento más fácil de las púas.

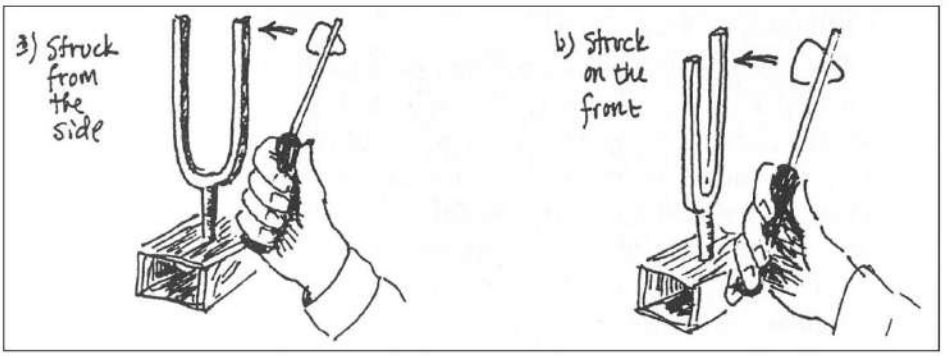


Figura 3. Diapasones llamativos

b) Si golpeamos la púa desde el frente en lugar de desde el costado, se escuchará un sonido alto y estridente. Surge el tono. En esta dirección sólo puede vibrar mal, por lo que zumba o tintinea.

c) El mismo resultado se produce si invertimos el mazo y golpeamos el tenedor con el mango de madera. Observe cómo la superficie dura promueve armónicos de alta frecuencia: los primeros tres (octava, segunda octava y quinta octava) son los más fáciles de escuchar o reconocer.

Machine Translated by Google

ac 3 salpicaduras de agua

a) Usando un diapasón recién golpeado de un tono no demasiado bajo (por ejemplo, G), simplemente toque la superficie del agua en un recipiente con el lado de una púa. El agua sale disparada y produce un sonido de chapoteo (Figura 4a). A medida que se sumerge el diente, el tono disminuye y se desvanece muy rápidamente.

b) Si tocamos el frente de ambas púas (Figura 4b), vemos que el agua salpica hacia los lados y roció más alto que antes.

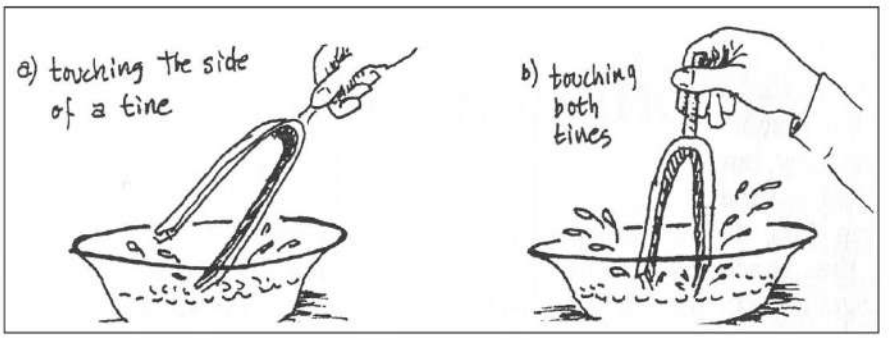


Figura 4. Mostrando la dirección de las vibraciones con agua.

c) Si sujetamos un diapasón recién golpeado como en 4a, pero tocamos la punta de la nariz de un estudiante, este siente una sensación desagradable de picazón o irritación. Si no retrocede, incluso se le llenarán los ojos de lágrimas por la irritación.

d) Si recorremos con el dedo la púa vibrante, sentiremos que la vibración es más fuerte hacia el final y nuestro tacto apaga el sonido más rápidamente allí.

función ac 4 de una caja de resonancia

a) Golpear un diapasón de tono medio (440 Hz) y sostener su eje contra una tapa armónica de madera (en una guitarra o caja de resonancia de diapasón); suena todo el plato. Cuando el contacto en la placa es deficiente (según el tipo de placa), el sonido se vuelve zumbido y poco claro. Vuelva a intentar este experimento tocando puertas, ventanas y barandillas. Nota: Con el hormigón apenas se oye ningún sonido (la superficie no puede resonar).

b) Un estudiante escucha primero con el oído cerca de un diapasón que suena, luego escucha con el diapasón colocado firmemente sobre una caja de resonancia intermedia sobre su cabeza. Escuchará el tono claramente a través de su cráneo.

Machine Translated by Google

ac 5 alto y profundo

La longitud de las púas del tenedor corresponde a la profundidad del tono. Cuando sujetamos un jinete a uno de los dientes, el tono disminuye. Cuanto más cerca esté el ciclista de la punta, más bajo será el tono. Un diapasón corto y muy grueso de 2000 Hz (2 kilo Hertz = 2 kHz) debe golpearse con metal o madera dura, ya que la oscilación rápida debe iniciarse con un golpe igualmente rápido. En el agua, un tenedor de este tipo no salpica, ya que la amplitud (desplazamiento del movimiento) es demasiado pequeña. Además, esta horquilla sólo hace que la caja de resonancia resuene débilmente por la misma razón (Ac4).

ca 6 trazas de oscilación

Se cubre de hollín un plato de vidrio (24 cm o 10" de ancho) con una vela. Tenga cuidado de no sostener el plato demasiado profundamente en la llama o en un lugar durante demasiado tiempo o el vidrio se romperá por el choque térmico; tenga paciencia, haga un poco Los diapasones de las casas comerciales de artículos científicos suelen ser muy largos y delgados, por lo que producen un tono de alrededor de 100 Hz, que desafortunadamente no resuena de manera audible para la clase. Uno de los dientes tiene una aguja larga que traza una hermosa oscilación. línea en el hollín si el diapasón golpeado se pasa rápida y suavemente por el plato (ver también el calco de violonchelo en Ac8, a continuación).

[Nota: si no tiene un tenedor de rastreo comercial, intente usar el más bajo del equipo de laboratorio: C = 256 Hz y pegue con cinta adhesiva una pequeña aguja en la parte frontal de la punta. Tenga en cuenta que la horquilla A (= 426,7 Hz) tiene un paso demasiado alto y no se mueve con suficiente inercia para soportar incluso el pequeño peso adicional de la aguja sin amortiguar. Además, intente utilizar una placa de vidrio muy pequeña (2" x 2") que quepa en un proyector de diapositivas y proyecte una imagen ampliada del calco en la pizarra. – Traducción]

medición de frecuencia ac 7

Por ejemplo, haga un disco de 20 a 30 cm (8 a 10 pulgadas) de diámetro con cartón prensado, que tenga un borde ondulado suave limado en el perímetro, que consta de 96 muescas (un múltiplo de 8 para facilitar el diseño y el archivo). Luego retire la muela de una máquina rectificadora manual o un taladro manual e instale la muela. Si manejamos la muela a una velocidad constante (por ejemplo, 4 rpm) medida con un cronómetro, una pequeña tarjeta sostenida contra el borde saltará el número de veces por segundo que los golpes pasan debajo de él. La rotación multiplicada por el número de golpes es igual a la frecuencia.
Un ejemplo formulado con fracciones es:

$$\frac{\text{rotaciones}}{\text{segundo}} \times \frac{\text{rotación}}{\text{de golpes}} = \frac{\text{oscilaciones}}{\text{segundo}} \quad \text{o Frecuencia (Hz)}$$

Machine Translated by Google

La tarjeta emite un zumbido que se aproxima a un tono correspondiente a la frecuencia de los golpes (p. ej., diatónico G = 384). Compare el tono de varios diapasones y vea cuál de las cartas se acerca más. Por ejemplo, mida la rotación con mayor precisión marcando el tiempo de un grupo de 10 rotaciones, luego divídala por 10 para obtener el promedio de revoluciones por segundo.

ac 8 intervalos y frecuencia (opcional)

Si alguien quiere intentar un experimento complicado pero gráfico, existen varias posibilidades. Pueden serrar y limar el exceso de longitud suficiente de las puntas de un diapasón de rastreo adicional de 100 Hz para producir uno con una frecuencia de 200 Hz, luego unir el punto de rastreo con pegamento. Cuando se pasa un tenedor de 100 Hz sobre una placa de vidrio hollín, se muestra muy claramente la relación de picos de oscilación por pulgada (2:1).
También es impresionante pegar la punta de una aguja a una cuerda de violonchelo y acariciarla suavemente con un pequeño plato de vidrio (mientras se inclina la cuerda). Las oscilaciones muy juntas se pueden proyectar en un tamaño grande para que la clase las vea.

[Nota: Se puede trabajar más sobre diapasones resonantes en acústica de octavo grado.]

Machine Translated by Google

Óptica Grado 7

introducción

En sexto grado, experimentamos el tejido de brillo entre el cielo y la tierra, entre el brillo del sol y el ojo humano. Lo que observamos fue conectado a través del pensamiento, vinculado y ordenado en una serie.
Además, el gesto de las sombras se presentó como un ejemplo de la forma en que el sol y sus sombras transforman continuamente una imagen (los objetos) en otra (las sombras).

También en séptimo grado debemos trabajar con imágenes de luz, no con rayos de luz. Estos rayos pueden dibujarse con demasiada rapidez. Organizar imágenes en una serie coherente a través del pensamiento exige que uno avance más allá de los detalles y capte el concepto que ya está en lo que estamos viendo, en lugar de obtenerlo como una ocurrencia tardía utilizando construcciones abstractas de rayos. Esto requiere más tiempo y por eso la óptica de 7º grado ocupa casi el 20% del bloque (al menos una semana).

Las relaciones de imágenes del séptimo grado son bastante diferentes de las del sexto. Las imágenes que estudiamos entonces, las llamadas escenas que vimos, fueron vistas como un todo (por ejemplo, lámpara puntual y sombras): estábamos dentro de la escena. Ahora, en séptimo grado, trabajaremos el proceso de formación de escenas desde otro enfoque: mediante un “principio de simetría” (espejo) o leyes de inversión (cámara estenopeica). Ahora somos más observadores externos.

Ahora bien, el pensamiento no sólo sigue pasivamente los fenómenos observados, sino que interiormente trabaja con ellos y los esculpe. Los fenómenos de sombras borrosas e imágenes de sombras, que pasaron a primer plano en sexto grado, se trasladarán, en séptimo grado, a las primeras imágenes claras, donde se cultivan el color y la experiencia espacial.
La creación artística de imágenes es hoy el ámbito principal de la óptica y se considera su tarea.

Pero comprender y vivir las imágenes creadas por la naturaleza o por la acción del sol no interesa a nadie más que a los “campesinos y marineros”. Sin embargo, esta será en realidad nuestra principal tarea. Sin embargo, debemos llegar a un acuerdo con los estudiantes. En lugar de la creación de imágenes del mundo, estudiaremos la manipulación de imágenes creadas por personas usando su intelecto y voluntad. La cámara estenopeica también se puede utilizar como introducción a los aparatos fotográficos. Debido a que el espejo es menos glamoroso, probablemente debería ser lo primero.

Machine Translated by Google

i. fenómenos espejo

La cognición humana y la forma en que vemos el mundo a menudo modelan el mundo como una creación de imágenes reflejadas; el ser humano refleja el mundo en sus imágenes de pensamiento. Frente a ideas populares tan casuales, primero debemos aclarar los fenómenos naturales del espejo, las condiciones bajo las cuales surge una imagen especular y cómo se experimentan. Hay muchas ideas preconcebidas aquí; El espejo no es simplemente un tema más en óptica, sino que también aparece frecuentemente en la mitología y los cuentos de hadas. Por lo tanto, lo que sigue es una consideración de amplio alcance que incluye mitos y poemas sobre los espejos. Aún así, un estudio completo de esto iría más allá de lo que realmente podría presentarse en el séptimo grado. Más bien, buscamos principalmente abrir una puerta experiencial a la óptica.

1. experiencias en las proximidades de un espejo

¿Es el espejo una mera herramienta para redirigir nuestra mirada? ¿Reproduce la imagen incidente inalterada? ¿O crea una imagen característica del mundo que no existiría sin él? El espejo más simple es creado por la propia tierra cuando está cubierta por una superficie de agua. Si el juego de los elementos disminuye, si ninguna ola corre hacia la orilla y el mar no es perturbado por el viento, entonces, en una quietud totalmente inmutable del agua y del aire (Op1), aparece la amplitud del cielo, pero visto en lo profundo de la superficie. ¡del agua! Miramos entre las nubes “hacia abajo” hacia el azul del cielo en el que brilla el sol. Parece abrirse un segundo “mundo lejano”, como en el cuento de hadas de Madre Holle, donde la niña cae a otro mundo a través del reflejo del agua de un pozo. En este “reflejo del estanque”, la tierra verde y viva parece nadar en la interfaz de dos cielos; su pesadez parece disolverse.

Además, la persona perceptiva queda atrapada en esta experiencia del espacio ingrávido, dejando atrás su sensación de estar encerrado dentro de un cuerpo terrestre. La escena que se ve a continuación se convierte en una imagen pura de los cielos, que de otro modo tendríamos encima de nosotros.
o estamos acostumbrados a tener encima de nosotros.

Si realmente experimentamos esa quietud del mar como un espejo, entonces podríamos sentirnos amenazados. La vida ordinaria de los elementos de la naturaleza parece haber muerto. Además, a medida que la superficie del agua se vuelve quieta y muerta, desaparece.

La quietud más profunda reina sobre el
agua, Ningún movimiento agita el mar.
Y el marinero con angustia
¡Lo ve brillar a su alrededor!

¡No hay brisa por ningún lado!
Un silencio mortal, una caída espantosa;
En la vasta extensión de océanos de ancho
No llega ninguna ola que rompa el hechizo.
– Goethe, “La quietud del océano”

Machine Translated by Google

En un breve ensayo1, Aleksandr Solzhenitsyn describe desde dos ángulos cómo la persona temerosa de Dios, sometida a lo divino, puede, como el agua tranquila, ser un espejo desinteresado de lo más elevado. Y estando quieto, ¿no muestra también una constancia divina?

¿Por qué es sólo el agua la que puede ser un espejo y hacer descender los cielos hasta convertirlos en una imagen en las profundidades? Con el soplo del viento, desaparece (se evapora); pronto reaparece y gotea en la tierra, fluye y forma una superficie efímera debajo del cielo: tan ininterrumpida arriba y conectada abajo, como lo es su superficie reflejada para nuestros ojos.

2. el ser humano ante el espejo

En cierto sentido, toda superficie de espejo es algo incorpóreo, sobrenatural: presenta una superficie totalmente indiferenciada. No muestra direccionalidad en su suavidad. Con agua, no presenta resistencia al movimiento lento en ninguna dirección. En el caso de los espejos de metal, su superficie vidriosa no ofrece ningún impedimento para acariciarlos suavemente. Al alcanzar un estado pulido, el vidrio pierde su habitual rugosidad terrosa. Cada golpe de la rueda pulidora mientras frota sobre la superficie inmóvil y mate muele cada grano grande hasta convertirlo en un polvo tan fino como el polvo y elimina las crestas y valles más pequeños.
Aparece una superficie plana y brillante, como sobre un cristal gigante. Debe ser lo más ideal posible o de lo contrario presentará distorsiones en su imagen, lo que se notará mucho en escenas detalladas. Los paneles de vidrio grandes y bien pulidos dan lugar al término "tener un pulido de espejo". Así, el espejo plano señala desde el ámbito de las superficies irregulares que alteran la imagen, hasta el ámbito de lo cristalino, de las superficies ideales de minerales y piedras preciosas.
2

El llamado vidrio flotado, que se fabrica vertiendo vidrio blando sobre la superficie de estaño fundido (y que hoy rivaliza en calidad con el vidrio pulido), en realidad se origina a partir de un trozo de tierra (la superficie de estaño) que ha sido llevado a la superficie. estado de espejo total de su entorno (por fusión a un estado fluido). La superficie del estaño es un espejo mucho más perfecto que el agua y, por tanto, es casi invisible.

A menudo, cuando las hojas de las plantas crean un efecto espejo, las llamamos brillantes. Su superficie, que de otro modo sería verde, se ve invadida por un brillo blanquecino que, sin embargo, se desvanece si el espectador no vuelve a mirar desde el mismo punto de vista. Por lo tanto, lo llamamos “brillo direccional” (consulte mi discusión en Óptica de Grado Seis, Sección 1.5). Pero este brillo direccional en las plantas nunca forma una imagen especular real. Sólo las superficies mojadas y cubiertas de agua, como por ejemplo las calles bajo la lluvia, muestran una transición del brillo direccional al reflejo. Las superficies ordinarias también pueden actuar como espejos si miramos de manera oblicua (casi paralela a la superficie). La mayoría de los platos vistos así mostrarán una lámpara reflejada en ellos como si fueran dos lámparas. Con el ojo mirando de manera oblicua

Machine Translated by Google

lejos) estos dos casi se fusionan en una imagen simétrica: la placa vidriada se acerca a un espejo.
3

Se realiza una demostración interesante de otra vista de un espejo retirando lentamente el talco esparcido sobre un espejo (Op1b). El polvoriento espejo está iluminado lateralmente, con una lámpara encima y protegido del aula a oscuras. El polvo extendido sobre el espejo ahora es "cobrillante" (ver discusión en el grado 6, Sección 1.3).
Ahora, a medida que eliminamos el polvo trazo a trazo, la superficie "pulida" se vuelve oscura, en contraste con las áreas circundantes (es decir, el techo), que parecen más iluminadas. Desde nuestra ubicación podemos ver una lámpara en el espejo; o, más exactamente, lo vemos como si estuviera enmarcado en una "ventana" (el borde del espejo), que da a una "habitación más allá del espejo". La superficie del espejo ahora es invisible debido a su suavidad y normalmente podemos ver más allá de ella toda la escena, la pared oscura del aula, como si estuviéramos mirando a través de una ventana. Algo tangible (el espejo) se vuelve invisible; ¡Algo visible (la escena en el espejo) se vuelve intangible!

Lo que vemos en el espejo como a través de una ventana, sin embargo, no se puede alcanzar como si fuera una puerta. Sin embargo, tiene una especie de realidad: la lámpara que se ve a través de la "ventana" del espejo (lámpara-espejo) en realidad ilumina mi techo y hace que las áreas aún polvorientas de la superficie del cristal del espejo brillen desde abajo, como si estuvieran brillando. a través de una ventana normal (el marco del espejo).

Es aún más paradójico si colocamos una mano sobre el espejo. Ahora aparecen dos sombras, una proyectada desde mi mano por la lámpara del espejo hacia el techo, otra desde la mano visible en el espejo por mi lámpara hacia el techo del espejo. (Realmente dedique tiempo a ver y reflexionar sobre esta escena).

De este modo, el espacio visible y el tangible (el espacio en el que podemos movernos) se separan. Para el entendimiento ingenuo, tal situación es ciertamente confusa, incluso peligrosa.
Aparecen imágenes ilusorias, se abren "ventanas" a espacios inalcanzables; Los autores de ciencia ficción utilizan estos espejos para evocar imágenes de planetas distantes, que crecen como si se les acercara, y que luego emergen del espejo hacia este lado.

Esta separación de lo visible del espacio tangible (ver prismas, grado 8) no es peligrosa en la superficie del agua. Dado que los cielos son intangibles de todos modos, lo que vemos en la imagen del espejo no se tomaría como algo tangible. Verlo debajo de nosotros nos permite reconocer rápidamente esta nueva situación, porque estamos acostumbrados a un mundo organizado desde arriba hacia abajo. Así, un espejo horizontal nos transporta, flotando, pero de forma perceptible. Y, en cambio, el espejo-"ventana" vertical nos engaña. Pues, tan pronto como veo los objetos terrestres habituales en un espejo vertical, puedo pensar que están donde se ven a través de la "ventana" del espejo, cuando en realidad (tangiblemente) se encuentran en otra parte.

Machine Translated by Google

El espejo horizontal (el “espejo del lago”) nos lleva a otro mundo. El cuento de hadas de Madre Holle puede desarrollar una rica imagen de esto para nosotros como observadores intelectualmente orientados, aunque débiles en experiencia. Allí tenemos la imagen del reflejo en el pozo y el portal a la tierra de Madre Holle. Por el contrario, un espejo en la pared puede reemplazar de manera insidiosa y maliciosa el mundo que de otro modo sería confiable, cambiando falsamente el lugar de las cosas, reflejando lugares externos e ilusorios. Y cuando me miro en ese espejo de pared (quizás con una sensación de disfrute), entonces es posible sentirme como si acabara de convertirme en mi rostro físico. Las fuerzas internas de mi alma y el curso de la vida han dejado una huella en mi rostro. Otra cosa es si quiero comprenderme desde dentro y no desde fuera, como en un espejo. Por dentro me vuelvo más yo mismo, ya que, en la actividad del alma concebida interiormente, me transformo suave y delicadamente en el futuro (esforzándome por lograr una imaginación interior de mi futuro).

Así, la imagen del espejo exterior se opone a estas fuerzas futuras y me ata a las imágenes del pasado. Una vez más, esto se insinúa en los cuentos de hadas: “Espejo, espejo, en la pared” llama a la bruja con odio contra la madura Blancanieves, contra todo lo que conduce a las generaciones venideras. Además, es un espejo que ofrece a Fausto4 una visión de la mujer (Helena) como una visión idealizada, antigua e inmutable.
O recordemos la imagen de Luis XIV, el Rey Sol, en su salón de los espejos (que en aquella época, de vidrio pulido a mano, era una verdadera maravilla), diciendo “Yo soy el Estado”. Se rodeó de ministros y generales vestidos con trajes cortesanos, reflejos reducidos de su eterna nobleza. Vemos cómo la ruptura de los sentidos visibles y tangibles nos mete en problemas.

3. ¿Quién conoce la imagen reflejada?

Coloque un gran espejo vertical en la habitación frente a nosotros (Op2, la segunda, o situación de ventana). En él podemos ver parte del aula, como a través de una ventana.
Lo que podemos ver en el espejo, también lo podemos ver detrás de nosotros si nos damos la vuelta.
Inicialmente, no nos damos vuelta, no nos movemos hacia adelante y hacia atrás, sino que simplemente miramos lo que podemos ver en el espacio más allá de la "ventana del espejo". Los muebles, el marco de la puerta y todo lo que hay en “esa” habitación corresponde a lo que sabemos que hay en nuestra habitación. Cada uno de ellos tiene un lado más brillante hacia la dirección de la abertura exterior (las ventanas), aunque quizás invisible para nosotros. Todo el espacio está iluminado, de la misma manera que sabemos que esta habitación real en la que nos movemos está iluminada. El espacio visible allá y el de este lado de la “ventana” (la superficie del espejo), ambos parecen ser iguales con respecto a la iluminación. Y, sin embargo, la correspondencia no está completa.

Machine Translated by Google

Un espejo instalado afuera en un campo nos mostraría el paisaje (el que está detrás de nosotros). Pero esa escena aparece abruptamente en el borde del espejo sin transición del paisaje circundante (visible de frente). En el borde del espejo hay una ruptura en la unidad de la escena frente a nosotros; esto podríamos interpretarlo como una especie de "marco de ventana". Pero esta "ventana" es realmente extraña: ¡aparentemente cuelga en el espacio sin una pared que la sostenga! Si hice una pared para esta "ventana" (es decir, construí una alrededor de ella), entonces sólo formalizo esta ruptura ya que, cuando nos acercamos a una ventana común en una pared, esperamos una ruptura en su marco, generalmente abriéndose a una paisaje exterior. Cuando me doy vuelta, también veo un paisaje: ¡Esta "ventana" no se abre de adentro hacia afuera para liberar la naturaleza afuera, sino de afuera hacia afuera! Miro hacia afuera (a través del espejo), ¡pero me quedo afuera! Además, si deslizo la pared detrás de mí, el paisaje que se ve en la "ventana" desaparece y aparece otra habitación (veré la pared). El espejo forma una "ventana" entre dos habitaciones. Las ventanas normales se sitúan entre un espacio interior y un espacio exterior; pero esto es precisamente lo que es imposible con una "ventana" de espejo. El espejo no puede ser utilizado como una verdadera ventana, uniendo espacios diferenciables experiencialmente dentro y fuera. La situación creada por el espejo tiene pocos equivalentes en la naturaleza: uno imagina una puerta de entrada en las montañas donde un cañón se abre a otro, o una trampa de ventilación en un túnel minero o una taquilla entre dos oficinas. Entonces, al acercarnos a un espejo, notamos (a través del contexto circundante) que el segmento del mundo que vemos no se ve a través de una ventana o un ojo de buey de vidrio; es decir, no se trata de una ventana cualquiera entre el interior y el exterior. Más bien, es un desplazamiento más profundo que el que se crea a través de una ventana habitual.

Hasta ahora hemos hablado de una "ventana" de espejo como si no existiera la imagen especular plana habitualmente establecida. Eso es correcto: lo que vemos en un espejo nunca es una imagen plana, situada en algún lugar de la superficie del espejo. Más bien, se abre un espacio que, para la visión, se extiende más allá del espejo. La acomodación de las lentes de nuestros ojos y la alineación binocular de nuestros dos ojos se lleva a cabo de manera normal mientras miramos en este espacio (aparente o virtual) "detrás" del espejo. A este respecto podemos realizar los más diversos experimentos: este "más allá del espacio" (más allá del espejo) no sólo posee profundidad espacial, sino que visualmente equivale a un espacio completamente normal. No sólo la iluminación y la profundidad espacial de las cosas vistas allá son equivalentes a las relaciones de este lado (como vimos), sino que también la forma en que las cosas cercanas y distantes se obstruyen entre sí en el espacio de allá cuando muevo mi cabeza de lado a lado corresponde a la forma en que ocurre aquí. Así, cada objeto se desplaza de acuerdo con su distancia aparente en el espacio más allá del espejo (paralaje). Cuando me muevo de un lado a otro, las cosas que están en pie

Machine Translated by Google

cerca de la “ventana” (el espejo) y por lo tanto aparecen cerca de mí, se mueven mucho (en relación con el marco de la “ventana”), mientras que los objetos distantes se mueven menos. Incluso el borde del espejo está incluido en esta profundidad visual "correcta". Si muevo mi cabeza hacia la izquierda, aparece una nueva porción del espacio allá a la derecha. Este desplazamiento diferencial de los objetos visuales cercanos y distantes en relación con un punto de vista cambiante debería notarse cada vez que damos un paseo, dejando de lado toda consideración por el espejo. Entonces una persona descubrirá en la imagen del espejo que realmente presenta una habitación-espejo para nuestros ojos.

4. la caja de allá

Cualquiera que estudie el espejo se preguntará: “¿Cómo se relacionan los objetos reflejados con los que están delante, con los objetos reales?” Esta pregunta no puede responderse de esta forma, ya que (a pesar de la concepción común de que “vemos lo mismo, sólo en un espejo”) primero debemos alcanzar una conciencia de lo que realmente vemos en el espejo. En esta búsqueda debemos dejar de lado el término cotidiano “imagen en espejo”.
En lugar de ello hablaremos del espacio espejo, al que llamamos espacio allá. Es ópticamente (visualmente) completo, aunque fundamentalmente inalcanzable, por aquel lado.

Si varias personas se sientan frente a un espejo, verán una escena repleta de personas. La relación que existe entre estos dos grupos de personas, ya sean similares o correspondientes, queda relegada por ahora a un segundo plano, y planteamos una pregunta mucho más sencilla: ¿Ven todos los aquí sentados la

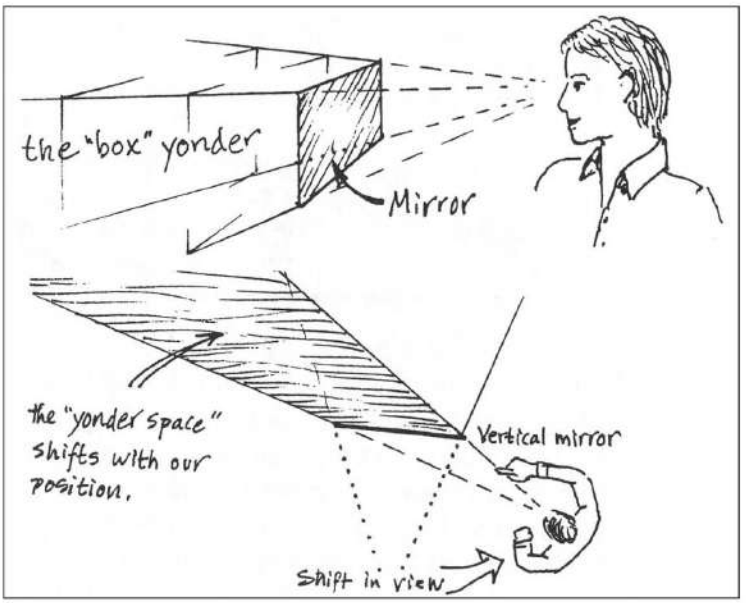


Figura 5. La caja de allá

Machine Translated by Google

¿la misma cosa? No, no es así, ya que el borde del espejo corta una vista diferente del espacio exterior para cada uno. En medio del campo de visión hay una amplia zona que es vista por todos; en el borde, es diferente. Esto se puede imaginar de manera tangible, como si los objetos visibles allí estuvieran ubicados en una caja individual que comienza en el espejo y se extiende hasta el infinito. Los bordes del espejo forman planos determinados por la posición del espejo y del espectador individual (planos determinados por un punto y una línea). Un tercer observador podría proyectar la caja de un espectador de la siguiente manera:

Si el espejo no tiene marco, la caja de allá comienza en el espacio de este lado donde el borde del espejo oscurece la vista de este espacio lateral. En el medio hay una zona muerta; el espacio de allá reemplaza abruptamente este espacio lateral. Si el espectador se mueve hacia un lado, la caja de allí también se mueve hacia un lado, se empuja hacia las cosas que antes se veían de este lado y, en una vista diagonal, se contrae y se hace más pequeña. Se reduce a nada cuando nos movemos detrás del espejo, detrás del plano extendido de su superficie. Por lo tanto, nadie puede entrar en su propio lado de allí (ya que allí sólo podemos ver nuestra propia caja individual). Cuanto más nos acercamos al espejo, más se extiende a lo lejos la caja como una pirámide truncada, que finalmente incluye 180° cuando estamos frente al espejo. La caja de allí no puede incluir más que esto para un espejo plano.

5. el límite se desvanece

Hay un experimento simple pero sorprendente (Op2b) que se demuestra de la siguiente manera: coloque una vela alta encendida cerca de un espejo sobre una mesa cubierta con un mantel o papel blanco. Un poco más cerca del espejo y alejado de la vela, coloca una figura (cascanueces o figura navideña, etc.). ¡Las sombras creadas en el espacio de allá y en este espacio lateral pasan sobre el límite entre este lado y aquel lado sin romperse ni doblarse!

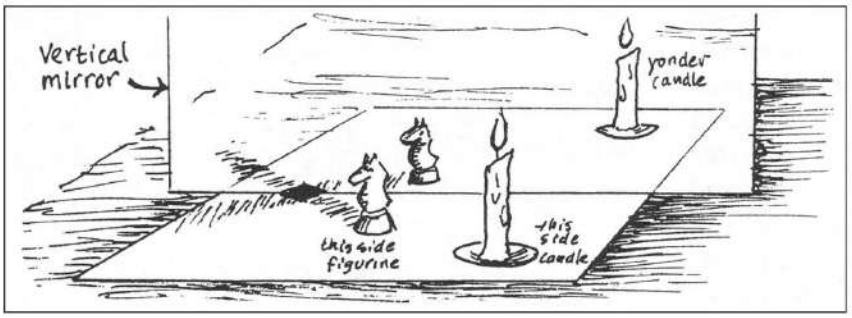


Figura 6. Sombras a lo largo del límite

Machine Translated by Google

Es como si el espejo se hubiera desvanecido y tuviéramos frente a nosotros una mesa (mitad de este lado y mitad de allá) con dos velas (una de este lado, otra de allá) y dos figuritas. ¡La sombra es más profunda en el punto (3) donde la sombra proyectada por la vela y la figura de este lado se superpone a la sombra proyectada por la vela del otro lado y la figura del otro lado! Este punto de doble sombra (3) siempre se encuentra simétricamente en el borde. Sabemos cómo se aplica la ley de la sombra5 en este lado: una superficie es más oscura que las adyacentes (más sombreada) si, mirando hacia su cúpula, se puede ver menos brillo que desde lugares adyacentes. La mancha es más oscura porque desde allí (mancha 3) no se ve la vela.

La prueba de esta ley desde el otro lado se demuestra efectivamente “mirando” desde el otro lado. Aunque esto parezca ridículo al principio, una vista desde el otro lado se puede organizar fácilmente utilizando un efecto que luego tendremos que investigar: algo ocurrirá en el espacio de allá si se hace en este lado.

Entonces, enviamos a un experimentador al espacio de este lado y le pedimos que mueva su cabeza lentamente sobre la superficie de la mesa, haciéndonos saber cuando la figura de este lado enmascara la vela del otro lado. Luego, mira si su rostro está en la sombra en este lugar. Simultáneamente, aparece un experimentador coincidente en el espacio lejano; lo vemos hablar y vemos si su rostro también está en la sombra: la correspondencia entre este lado y aquel lado es exactamente cierta. Inicialmente, podríamos sugerir que el informe del experimentador de aquel lado de que “la figura de este lado me oculta la vela del otro lado” está expresado erróneamente. Pero nuestra objeción se basa únicamente en el hecho de que hemos denominado nuestro punto de vista "este lado".

El observador de allá informa correctamente desde su punto de vista, ya que para él “más allá” es “este lado”, y para él estamos en el lado de allá. Desde un punto de vista puramente visual, no hay significado en el punto de vista: "este lado" y "allá" tienen la misma validez. Para nuestra situación experimental, en realidad sólo podemos hablar del espacio A y del espacio B. Sentimos intuitivamente que el espacio A es evidentemente diferente de B, que uno es real y el otro sólo aparente. Pero, aparte de este sentimiento, inevitablemente tendremos que explorar cómo sabemos algo sobre el mundo (epistemología).

Alguien que duda ahora podría objetar: 1) ¿No es nuestro “este lado” reconocible por el hecho de que podemos movernos en él? Ya hemos visto cómo podemos movernos visualmente en el otro lado y cómo también allí se cumplen las leyes ópticas (la superposición de sombras). 2) ¿No forma el plano especular una frontera impenetrable a todo movimiento de este lado, que por tanto es distinto? es decir, ¿parece que sólo podemos golpear en este lado del espejo? No hay ningún movimiento que podamos ver sólo aquí, de este lado: alguien del otro lado también golpea el espejo. Es incluso imposible

Machine Translated by Google

Para basar la distinción en mi visión, ya que al golpear, siento que mi puño choca no con una superficie, ¡sino con el puño que golpea desde el otro lado! ¡Incluso la suave sensación del espejo quizás se deba únicamente al contacto constante de un dedo correspondiente!

Además, la sensación de frío al tocar la superficie del espejo hace que la película del espejo se acerque al frescor del aire. En cualquier caso, la sensación de calor del dedo de allí no es perceptible. Ese dedo se siente como a través de una fina película de aire, o como si nada, pero sin calor corporal. Podemos resumir esto: hay un límite invisible en movimiento entre los dos espacios; sin embargo, el movimiento en ambos lados corresponde exactamente, para la visión es exacto.

Algunos todavía pueden estar preocupados por las preguntas sobre cómo se comparan las distancias espaciales de allá con las de este lado, si los objetos parecen no distorsionados y del mismo tamaño. Para verificar esto debemos colocar un objeto de allá al lado de uno de este lado; ¡pero eso nunca puede suceder! Sin embargo, hay algo más que lo hace más sencillo. Colocamos una vara de medir en el espejo y al mismo tiempo hay otra del otro lado. Podemos ver ambos y sus marcas corresponden exactamente. Se podría objetar que las distancias sólo corresponden en dos dimensiones, vertical y lateralmente, pero no en profundidad espacial. La mejor manera de aprender la respuesta a esto es observando sin prejuicios: podemos ver directamente la correspondencia exacta de la profundidad con sólo un poco de práctica.
Sin embargo, también podemos confirmar nuestra impresión con la siguiente demostración: coloque un poste vertical (el soporte de la bandera del aula) frente al espejo. Uno similar ahora aparece en el espacio allá. Luego coloque otro poste vertical en algún lugar detrás (más allá) del espejo (un “poste de observación” lo suficientemente alto como para que se vea por encima del borde superior del espejo) y colóquelo de manera que se vea en la caja lateral de allí. Muévalo más cerca y más lejos, hasta que la parte superior que sobresale del espejo ahora se mueva exactamente con el polo reflejado, como se mueve en la caja de allá, a medida que nos movemos de un lado a otro. Ahora podemos medir la distancia al poste detrás del espejo y encontrar que será exactamente igual a la distancia al poste frente al espejo. La distancia a la base de los objetos del otro lado del espejo es igual a la distancia al objeto correspondiente de este lado. El espejo ofrece otro mundo de cosas visibles, situado en un espacio de espejo. Pero esto no se puede ver realmente si pensamos constantemente en el espejo como una superficie tangible.

6. sólo la sangre nos rescata

Si nos concentramos únicamente en ver y lo tomamos en serio, entonces, al considerar cuidadosamente las relaciones, caemos en la confusión. Conrad Ferdinand Meyer lo afirmó en un poema y también sugirió una forma de superarlo:

Machine Translated by Google

El vuelo de la gaviota (edición de 1882)

Una gaviota que vi dando vueltas alrededor de un
promontorio rocoso, incansablemente volando por el
mismo camino, dando vueltas y vueltas, volando
llena de vida con las alas extendidas; Y de pronto, abajo,
en un espejo verde mar, vi el mismo punto escarpado
que vi cercado con alas brillantes extendidas en la
huida que centelleaban incansablemente en las profundidades del agua.
Y el espejo hizo para mí una imagen tan clara
Que no se hizo distinción entre las alas de abajo y
las de arriba y libres en el aire; Y la Ilusión y la Verdad
se volvieron lo mismo.

Poco a poco fui vencido por el temor,
La Esencia y la Apariencia tan parecidas a la vista, Y
deteniéndome en la playa, pregunté:
Mientras contempla esta escena fantasmal—
¿Y tú, tú mismo? Entonces, ¿realmente tienes alas?
¿O simplemente pintado como una imagen reflejada en un espejo?
¿Haces malabarismos con una diadema, cuentos de hadas y leyendas?
¿O realmente tienes sangre dentro de tus alas?

El poema termina con una pregunta. ¿Cómo puedo mantenerme en mi identidad frente a una imagen especular?6 Bien podemos considerar la importancia de nuestra sangre caliente y de sus fuerzas, su poder y su voluntad. En una versión anterior (1881) de este poema, el último estribillo era "¿O tienes poder dentro de tus alas?" (en lugar de sangre). Debo haber llegado a un punto de certeza de que, cuando me veo aquí y en un espejo, soy yo quien anima interiormente este cuerpo lleno de calor y sangre. Y, cuando sostengo mi mano frente al espejo y otra mano viene hacia mí desde el espacio de allá, moviéndose exactamente igual que mi mano, entonces puedo preguntarme con seguridad: "¿He movido dos manos o una? ¿Cuál de los dos es mi cuerpo y cuál es el de otra persona en la que no vivo? Visualmente no es muy claro, pero para nuestras extremidades llenas de sangre sí lo es.

¿Cómo se conecta mi resolución con mi cuerpo? Debe entenderse como conectado con un ser consciente de sí mismo, encarnado en un cuerpo lleno de sangre, con sentidos de equilibrio y automovimiento. Entonces las cualidades ilusorias del espejo colapsan y podemos distinguir fundamentalmente este lado del otro, aunque sólo por

Machine Translated by Google

dejando de lado nuestro sentido visual. Dado que ahora podemos distinguir una clara diferencia entre este lado y el otro, con la ayuda de nuestros sentidos inferiores (equilibrio y automovimiento), tiene sentido investigar la relación entre estos dos lados en conexión con otras cosas que vemos. , es decir, investigar la estructura de la imagen especular.

ii. la estructura de la imagen con espejos

1. forma inicial de la ley del espejo

Hasta ahora hemos hablado constantemente de la similitud entre el espacio de allá (visto en el espejo) y este espacio (visto directamente). Pero, ¿son totalmente equivalentes?
¿Vemos allí las mismas cosas que aquí? No, ese no es exactamente el caso: en primer lugar, el espacio de allá siempre se ve desde un punto de vista diferente y, en segundo lugar, se ve invertido de derecha a izquierda. Aunque no existe una equivalencia completa de los fenómenos, aún se mantiene una ley precisa que conecta ambos. ¿Cómo podemos expresar esto? Primero debemos preguntarnos: ¿Desde qué posición debemos ver un objeto (de este lado), para que aparezca como se ve ahora su contraparte en el espacio de allá?

Para responder a esto, podemos hacer el siguiente experimento (Opla), ojalá sea una experiencia cotidiana. Pasamos los dedos por el borde de un espejo horizontal sin marco:

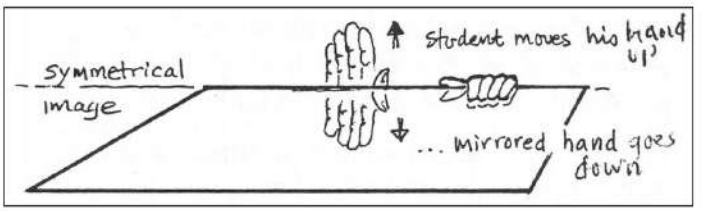


Figura 7. Reflejo del estanque

Mirando de manera oblicua (casi paralela a la superficie), el grupo de dedos de este lado y del otro parecen idénticos, ya que se ven desde (esencialmente) la misma dirección. Aparece una escena simétrica, más llamativa con un espejo más grande.
Cualquier borde visible (como los lados de los dedos) que corre verticalmente hacia el borde del espejo, luego se cruza sin problemas en la imagen del espejo, ¡y el límite del lado de allá se vuelve invisible! Para las cosas cercanas al borde de un espejo, se ve una escena completamente simétrica. (Esto es cierto no sólo para los espejos plateados o con superficie frontal, sino que en este ángulo oblicuo, incluso el habitual espejo trasero plateado reflejará principalmente desde la superficie superior del vidrio). Esta es incluso una ley natural universal: vista oblicuamente, el agua y cada superficie mojada se convierte en espejos casi perfectos. Para

Machine Translated by Google

Si se observa en cuclillas, la superficie de un estanque cercano es algo transparente, pero a lo lejos se refleja metálicamente. Agachado, los colores de la escena del espejo son tan brillantes como el original.

Sin embargo, mirando desde arriba del espejo, el observador no ve los dedos de allí directamente, sino que los ve desde otra dirección que los dedos de este lado. No importa cómo nos miremos en el espejo, sólo es cierta una situación simétrica de las cosas vistas de un lado a otro, pero no una simetría del punto de vista.

En pocas palabras, constantemente vemos a un gemelo del otro lado parado directamente frente al sujeto correspondiente de este lado, aunque el gemelo es visto desde un punto de vista diferente. Al observar muchas de estas simetrías, reconocemos el plano de simetría ideal: la superficie del espejo. Sólo para la visión (especialmente con espejos grandes), la superficie sólo es discernible a través de esta simetría. Una línea (en un espacio tangible) que une los pares correspondientes cruza el espejo en ángulo recto y se divide en dos, de un lado a otro. Para ver a alguien parado a mi lado de este lado tal como lo veo en el espejo, debo mirar desde la ubicación correspondiente de mi gemelo; es decir, perpendicularmente opuesto al original y equidistante a la superficie del espejo. O puedo imaginar la escena allí en el espejo compuesta por la replicación de objetos perpendicularmente opuestos y equidistantes al otro lado del espejo (aparte del intercambio derecha-izquierda). Sin embargo, en lugar de imaginar objetos replicados allá, podemos dejar nuestro lugar de este lado y desplazar al observador.

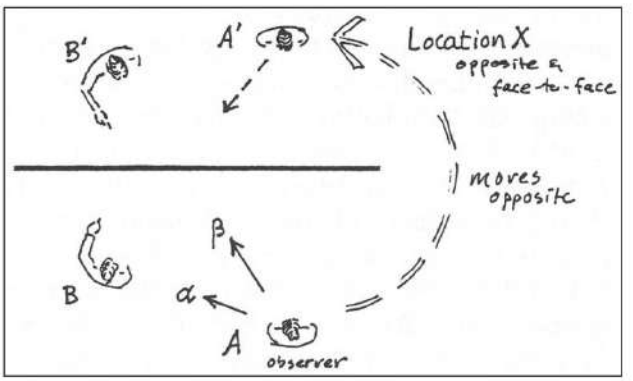


Figura 8. Vista de esquí de posiciones alternativas de observador

hacia el interior (anteriormente oculto por el espacio allá del espejo) donde verá las cosas de este lado como las vimos en el espejo.

El observador A se encuentra en frente al espejo al lado persona B. A ve a B ya sea a su lado en este lado, con línea de visión (de perfil, mirando a su oreja), o como B' (gemelo-espejo) allá, con línea de visión (mirándolo de frente). ojo). Para poder ver a B desde el mismo punto de vista que vimos a su gemelo, debemos acercarnos a un lugar X perpendicularmente opuesto a nuestro lugar inicial. ¿Expresa tal regla para la posición de las cosas en un espejo un fenómeno arquetípico de los espejos?

Machine Translated by Google

2. inversión derecha-izquierda

Lamentablemente, la ley del espejo que hemos elaborado hasta ahora no es puramente óptica, es decir, no se aclara en lo que vemos. Se basa mucho más en la correspondencia de medidas (distancias opuestas) que en la translocación de objetos. Además, es sólo la mitad de la historia, ¡porque todo se refleja al revés de derecha a izquierda!

Un sujeto de allá, es decir, B' (el amigo gemelo en la Figura 8) estaría extendiendo su mano izquierda, ¡mientras nuestro amigo a nuestro lado extiende su mano derecha! Y no hay ninguna posición desde la cual podamos ver a B de modo que su mano derecha extendida se convierta en su izquierda, como sucedió con B' allá.

Si no podemos evitar el fenómeno de la inversión derecha-izquierda, tal vez podríamos intentar ocultarlo bajo la alfombra mediante la racionalización, a fin de salvar la ley del espejo elaborada anteriormente en forma elemental. “A la persona B' que se ve allí no le falta ni una peca, no se le ha añadido ni se le ha quitado ninguna mota que se pueda ver en B de este lado. Podríamos considerar la inversión derecha-izquierda como algo insignificante, como una complicación añadida que debe pasarse por alto”. Dicho esto, no descuidaríamos un aspecto incidental sino una parte constitutiva de los fenómenos especulares. Más bien, sería valioso examinar qué significa la inversión para la apariencia de los objetos.

Es bien sabido que un guante derecho se puede transformar en izquierdo con sólo darle la vuelta, aunque ahora el forro esté fuera. Pero una mano de carne y hueso no se puede poner del revés. Sin embargo, si quisiéramos transformar o “doblar del revés” un modelo de una persona, entonces tendríamos que colocarlo en tamaño natural junto a un plano y replicar cada punto de su cuerpo perpendicularmente opuesto y equidistante al otro lado.

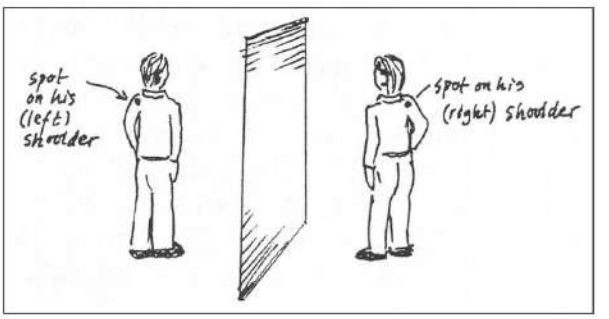


Figura 9. Perpendicularidad opuesta a duplicación

Pero el punto del hombro izquierdo se convertirá en el punto del hombro derecho. Todo el cuerpo debe ser desmembrado interiormente: todo debe penetrar a través de todo lo demás. Esto es completamente imposible, al menos en cualquier forma natural. La primera forma que podemos hacer es con clara de huevo cruda, que “se desliza” de manera que la parte trasera queda arrastrada hacia delante. En dos dimensiones, suele ser suficiente colocar una forma sobre otra, volteando planos muy separados uno encima del otro: la derecha y la izquierda siempre se invertirán, ya que el volteo corresponde a un reflejo: la forma se coloca perpendicularmente opuesta. Pero, para cuerpos reales de carne y hueso, es imposible.

Machine Translated by Google

Pronto todo el mundo se pregunta: ¿Por qué el espejo cambia hacia la derecha y hacia la izquierda y no hacia arriba y hacia abajo? Aquí es necesario considerar un poco las formas en la naturaleza que tienen una derecha y una izquierda. Un pepino de mar, por ejemplo, que sólo tiene una boca en un extremo y por lo demás es como un barril (tiene simetría rotacional), nunca puede describirse como si hubiera sido herido en el "lado derecho", porque no posee ni derecho ni izquierdo. Si lo agarramos de otra manera en nuestra mano, el lado "derecho" desaparecería. Sólo cuando se agrega un elemento frontal/posterior adicional (por ejemplo, una aleta dorsal) a arriba y abajo es un lado permanentemente reconocible. Sólo cuando están presentes dos lados diferentes del cuerpo se puede determinar un tercero mediante ellos. Con una forma que difiere de adelante hacia atrás y de arriba hacia abajo, podemos distinguir un lado del cuerpo izquierdo o derecho de ambos polos. Esta distinción no ocurre directamente en virtud de una variación externa entre las mitades derecha e izquierda del cuerpo; más bien preferimos hablar de derecha e izquierda, no cuando hay rasgos distintivos externos, sino más bien cuando nos damos cuenta de una organización interna en relación con otras direcciones ya dotadas de distinción externa.

¿Cómo se organiza algo interiormente? Un tornillo de la derecha, que avanza hacia adelante, apuntará hacia "arriba" después de un cuarto de vuelta hacia la "derecha" (es decir, en el sentido de las agujas del reloj); un tornillo izquierdo, por el contrario, se moverá hacia adelante ("avance") cuando se gire "hacia la izquierda". ¡La forma arquetípica de una distinción en tres dimensiones es una hélice derecha y una hélice izquierda! No existen otros tipos de hélices. La distinción izquierda-derecha también se basa en nuestro sentido de rotación; sólo a través de este sentido estamos interiormente seguros de nuestras direcciones cuando establecemos derecha-izquierda a partir de una disposición dada de adelante y atrás y arriba y abajo. Si me pongo en la posición de alguien que está en posición oblicua hacia mí, para comprobar si el brazo que veo es el derecho, utilizo mi sentido del movimiento y un movimiento en espiral de la mano derecha, por ejemplo con un pequeño movimiento de la mano

Resumido: Derecha-izquierda no es un eje de dirección determinable hacia afuera, como uno de los tres ejes euclidianos equivalentes en el espacio, sino que marca una distinción dentro del cuerpo, independientemente de su orientación hacia las direcciones exteriores en el espacio. Una relación helicoidal interna de los ejes sólo puede describirse en el cuerpo real. Con esto siempre queremos decir: hélice, rotación, movimiento. Esto implica un movimiento adjunto, que ocurre con el tiempo. Así, las distinciones derecha-izquierda no apuntan a configuraciones espaciales exteriores, sino a algo temporal.

Antes de llegar a una conclusión sobre esta cuestión, primero deberíamos explorar más a fondo las relaciones del espacio. Para utilizar una distinción entre derecha e izquierda, el cuerpo que queremos describir con derecha-izquierda debe tener características distintivas en dos direcciones mutuamente perpendiculares. Un huevo no tiene derecha ni izquierda. Si en un cuerpo se puede distinguir otra dirección, después de arriba-abajo, la siguiente se denomina adelante-atrás

Machine Translated by Google

(cf. una concha marina). Si una cruz de coordenadas tridimensional está etiquetada con "abajo" y "frente", entonces la tercera flecha señalará sin ambigüedades una dirección "hacia la derecha". (Figura 10). Si cambio solo una de las otras etiquetas, también se debe cambiar de derecha a izquierda; si cambio ambos simultáneamente, se conservará "derecho".

Anteriormente hicimos la pregunta: ¿Por qué el espejo gira hacia la derecha y hacia la izquierda y no hacia arriba y hacia abajo, ya que se extiende como un plano hacia arriba y hacia los lados en el espacio? Por primera vez, ahora podemos formular la respuesta. ¡Las direcciones espaciales exteriores que se encuentran en el plano especular no se conmutan en absoluto! Si miro exactamente al norte en un espejo, entonces veo todo lo que está al este de mí también al este de mi espejo gemelo; Lo mismo para las cosas de arriba o de abajo. Todo lo que se ve en el espacio del espejo está en la misma dirección que en el espacio de este lado.

Ahora bien, tenemos que preguntarnos, ¿cómo puede el espejo cambiar algo más? [Definimos todas las direcciones relativas al espectador]. Si me paro frente a una pared de espejos, que se extiende de este a oeste (Figura 10) y subo una escalera, mi espejo gemelo hace lo mismo. Pero, si doy un paso hacia el norte (hacia el espejo), el gemelo no da un paso hacia el norte (en la misma dirección exterior); en lugar de retroceder, viene hacia mí, hacia el sur:

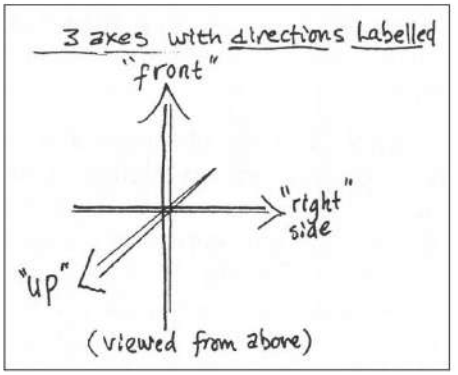


Figura 10. Direcciones en el espacio espejo

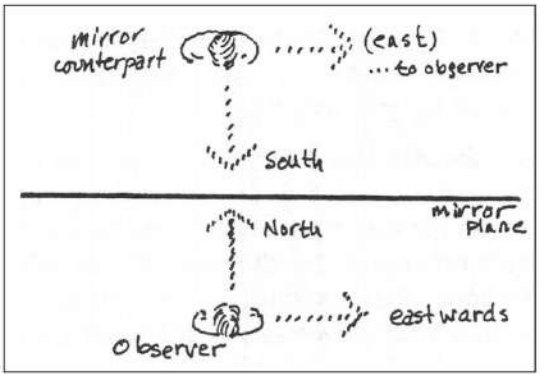


Figura 11. Direcciones sobre el observador.

Así, se invierte una dirección exterior del espacio; este movimiento realizado por la persona de allá ahora se realiza al revés. Pero no necesitamos su movimiento para ver esto; ya es visible en su orientación: el lado de su pecho está hacia mí y su espalda hacia (mi) norte. Una dirección relativa al cuerpo mismo está girada: la cruz de coordenadas de arriba (Figura 11) se puede usar para mostrar cómo el norte y el sur (delante y detrás) cambiaron de lugar.

Paso a paso: (1) Me imagino una figura de tres ejes en el espacio. (2) Puedo adjuntar una etiqueta de dirección a cada línea. (3) Una rosca derecha se atornilla “hacia adelante” cuando giro

Machine Translated by Google

gire un cuarto de vuelta desde “arriba” hacia la “derecha”. De esto tenemos: Sideward significa hacia la derecha (con respecto a arriba y hacia adelante). (4) Ahora cambio “delante” y “detrás”. 7 Utilizo el mismo tornillo derecho [sostenido de la misma manera] y ahora lo atornillo “hacia adelante”, es decir, hacia el nuevo “frente”, hacia lo que estaba “detrás”. Ahora debo girar el tornillo de arriba hacia el otro lado. Este "otro lado" debe (según nuestra definición anterior) ser "correcto", ya que es una rosca derecha. Sin embargo, si atornillo la rosca de modo que avance hacia un espejo, la dirección de avance en el espacio del espejo se invierte efectivamente: veo un tornillo de espejo, que también gira hacia la derecha, avanza hacia mí; por lo tanto, debe ser un tornillo de mano izquierda. . Para lograr que este tornillo avance “hacia adelante” (con respecto a mí), tendría (desde mi punto de vista) que girarlo un cuarto de vuelta de “arriba” a “izquierda”. (5) Si ahora cambio las etiquetas "abajo" y "arriba", entonces el lado lateral ya no se puede etiquetar como "derecha" sino que debe ser "izquierda", o bien un hilo de la derecha, avanzando hacia el espejo (ahora "atrás" ”) se rotaría hacia el interior que todavía teníamos etiquetado como “derecho”. ¡Uf!

La solución al problema de la inversión del espejo, una vez entendido todo esto, está ante nuestros ojos (sin juego de palabras). Avanzo frente a un espejo y la persona de allá viene hacia mí. En esto está contenido todo: se invierte una dirección exterior y, por tanto, una dirección interior del cuerpo, y el tornillo se convierte en lo contrario. Puedo sostener un tornillo en cualquier orientación deseada frente al espejo y veré la rosca opuesta en el espacio del espejo. Este es el método goethiano: adquirir conocimiento no a través de aparatos, sino principalmente mediante una experiencia/observación despierta de lo que realmente sucede.

3. una ley del espejo puramente visual

Una vez que nos hayamos familiarizado con la inversión derecha-izquierda en todas sus características y hayamos comprendido cómo es una parte inseparable de las imágenes que se producen al reflejarse, vale la pena expresar esto en una ley del espejo. ¿Desde qué lugar debe A mirar hacia B en este lado, para poder verlo de la misma manera que A ve a B?
¿al otro lado del espejo?

En todos los casos, A debe ir perpendicularmente en sentido opuesto como se indicó anteriormente (es decir, hacia el interior detrás del espejo) para que tenga la misma dirección de visión hacia su amigo (B) que tenía antes hacia el espejo gemelo (B'). por supuesto, con el espejo ahora apartado (ver Figura 12).

Sin embargo, también vio B' derecha-izquierda invertida (en comparación con B). Piense por un momento en la situación que prevalece en este punto: A'. Aquí es precisamente donde B vio al gemelo de A, derecha-izquierda invertida en el espacio especular de allá. A no puede simplemente ir detrás

Machine Translated by Google

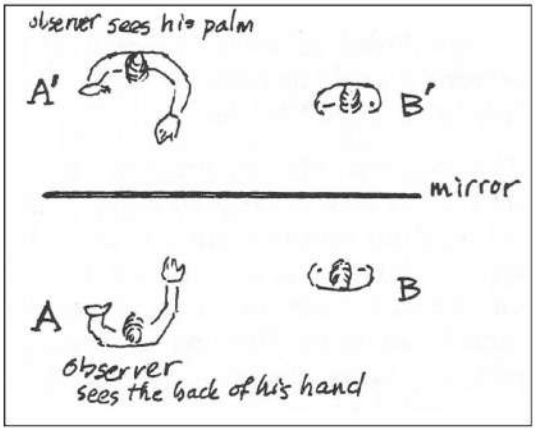


Figura 12. El punto de vista correspondiente

el espejo, ya que ese lugar en el interior (tangiblemente experimentable) no es totalmente equivalente al lugar de allá (no experimentable): ¡también aparece invertido de derecha a izquierda!

Todas las personas visibles en el espejo se encuentran en una tierra.

en el que la gente extiende la mano para estrechar la mano con la izquierda y generalmente hace todo con la izquierda (girar tornillos, cortar con tijeras, escribir), como siempre observamos con esta gente de allá. Si la persona A' de allá viene a saludar a B de este lado con su mano habitual (la llama su "derecha"), entonces ve a una persona del otro lado que le ofrece la mano equivocada (la llamamos "derecha") y B clasifica a A' como diferente a (su) norma, como un "zurdo".
Pero qué infeliz será A' cuando observe que toda la gente de allá (para nosotros están de este lado) usa la mano equivocada, el pie equivocado, etc.

Antes de dejar a un lado el espejo hechizado (con un suspiro de alivio), deberíamos expresar estas experiencias en una regla, la ley del espejo concluyente: La visión que tiene el observador de allá de las cosas de este lado es equivalente a la visión que tiene un observador de allá. El observador que pertenece a este lado tiene de las cosas correspondientes en aquel espacio.8 Veo en la escena del otro lado la misma visión de las cosas que pertenecen a este lado que mi espejo gemelo ve de las cosas correspondientes en este lado, desde su punto de vista en el más allá. lado.

Si acortamos esto para expresar las conexiones en términos puramente visibles, aunque en términos generales, obtenemos la Ley del Espejo. No puede formularse exclusivamente para este lado. Sólo tiene valor para aquellos que quieren ejercer su razón sobre lo que ellos mismos ven. Generalmente tratamos de mantener la misma línea de pensamiento en la Ley del Espejo, cualquiera que sea el lado que queramos tomar como referencia.

Konrad Witz (ca. 1400-1445), el primer paisajista de tradición europea, tiene una ley del espejo similar en su cuadro San Cristóforo (en una restauración incierta, en el Kustmuseum de Basilea). Pintó la iglesia reflejada en el agua con la perspectiva que tendría si estuviera mirando desde la posición del monje (pintado en la escena), mirando al agua. Esta vista mira en diagonal hacia arriba, hacia la iglesia, como si estuviera debajo del estanque, desde el llamado lado de allá.

La cuestión derecha-izquierda también es tratada por Miguel Ángel en su pintura de la Capilla Sixtina de la Creación de Adán. La relación de avanzar hacia la resistencia.

Machine Translated by Google

o vacilación, del espíritu al alma, de lo masculino a lo femenino y de los pulmones al corazón, se insinúa en esta y otras de sus obras: preguntas sobre la meta y el origen de la humanidad. Lo que la lateralidad derecha-izquierda significa fundamentalmente para el ser humano aquí sólo puede indicarse vagamente.

Una última indicación: para alguien con una inversión derecha-izquierda (es decir, una disposición especular de los lados dominantes), si su lateralidad oculta se toma como la realidad total, le causamos daño con respecto a su personalidad creadora de futuro, es decir, en su desarrollo temporal. Asimismo, un tratamiento educativo, legible por los alumnos y que da un enfoque terapéutico a las reflexiones, se encuentra en el cuento infantil de Fynn (alias Sydney Hopkins), Mr. God, This Is Anna.

4. crítica del otro lado: entrenamiento de la percepción de imágenes

¡El término “allí”, que he introducido como una especie de analogía mítica, debe desaparecer nuevamente de la óptica! Me pareció útil ayudar al lector a comprender la realidad visual del mundo, ya que hoy en día la gente piensa más en conceptos que en percepciones. Para poner nuestro pensamiento en contacto con las percepciones, no se puede ser demasiado radical. Pero, aparte de su introducción retórica, la palabra “allí” es inadecuada no sólo por su ambigüedad, sino porque el espejo generalmente no se abre a ninguna parte (excepto quizás a nuestra vista). Es más, forma una barrera como una superficie interpuesta en nuestra línea de visión. 9 Como ya hemos presentado en el poema de Goethe, el espejo no aporta una nueva visión y dirección a las imágenes, sino más bien una congelación del cuadro general. No anima, pero pone tirantes alrededor de las cosas. Es en sí misma una superficie inmóvil y muerta.

Podemos encontrar un relato en los Misterios persas de cómo hay un mundo contrario a este mundo, un mundo invertido de derecha a izquierda, con una existencia autónoma: fue creado por separado. No está orientado hacia adelante (derecha) sino hacia atrás (izquierda), e impregna de manera invisible este mundo visible. Ese mundo se hace visible en los espejos, es decir, en la superficie del agua del templo persa. Aquí es donde aprendemos por primera vez la idea del espejo como puerta de entrada a un contramundo. Aun así, el físico no se deja engañar.
Tal leyenda tiene que ver con hechos interesantes, desde el punto de vista espiritual; pero, para la forma moderna de percibir la naturaleza, no tiene valor, ya que considera que nuestras percepciones en un espejo son producto de algún mundo mítico del más allá. En lugar de presentar las cosas relacionadas con las imágenes especulares como algo que debe investigarse con teorías de la visión, presenta estos fenómenos como un producto de algo más allá de la ciencia, creado por los dioses. No ganamos nada en comprensión si simplemente decimos: “Así es como es, así fue creado hace mucho tiempo”.
10

Machine Translated by Google

En realidad, el espejo no se abre a ningún otro lugar. En realidad, presenta el mundo como unilateral y distorsionado. Esta distorsión se produce en tres etapas:

1. Mirando rozando la superficie, con la cabeza sostenida cerca de la superficie del agua, aparece una escena simétrica. (Ver Figura 7, dedos en el borde del espejo.) Las cosas visibles se dibujan en otra imagen en el espejo.

2. Mirando oblicuamente (a unos 45° en comparación con la vista anterior), el observador se adentra más en el espacio del espejo (denominado el lado de allá, arriba). La imagen especular y el objeto son más distintos y separados. Además, los objetos visibles en el espejo están invertidos, tienen diferentes porciones visibles y se ven desde una dirección de visión totalmente diferente. Esta separación e inversión de la visión directa es típica del espejo.

3. Si me miro de frente al espejo, quizás con la mano extendida, la vista no sólo cambia ahora, sino que es independiente de lo que se ve de este lado. Allí veo vistas que nunca podrán verse de este lado, por ejemplo, mi propia cara; en lugar del dorso de la mano, veo la palma. Y lo que normalmente se ve en el espejo, sólo se puede ver de este lado si no me miro al espejo, sino que me doy la vuelta y miro la escena detrás de mí.

El desplazamiento y la separación de las imágenes en dos se puede ver más claramente en el segundo caso, cuando el propio observador está en la escena. Además, aquí no tenemos una escena completamente diferente, como en el tercer caso, sino simplemente un mayor desplazamiento de la imagen. El tercer caso está más relacionado con el pozo del cuento de hadas de Madre Holle, con una entrada al reino de las nubes mostrada por un espejo.

Así, tenemos tres escenas de espejos que podemos observar con atención. Para organizar estas variaciones de lo que vemos, resulta útil una frase del plan curricular de Rudolf Steiner: “Cuando busques conexiones de esta manera, ya no expliques el fenómeno del espejo diciendo: Esto es un espejo, y un rayo de luz cae verticalmente sobre él”. y aquí tenemos el ojo y tendremos que explicar por qué, cuando el ojo ve directamente, no sucede nada más que ver directamente. Hay que llegar a ver cómo, tomado fundamentalmente por el ojo, el espejo desplaza (detiene) la imagen del objeto”. 11 Lo principal es una transformación de la visión (imagen), en la que queremos penetrar con el pensamiento, más que con el pensamiento. utilizando rayos de luz imaginados (en una metáfora mecánica) que golpean el espejo y rebotan según alguna regla. Las imágenes especulares no deben entenderse, como es nuestra costumbre, como sucesos físicos en el espacio, sino más bien como una experiencia que vale la pena estudiar por sí misma, cuyo estudio fortalece nuestra conexión con el mundo.

Machine Translated by Google

III. fisica en la escuela

1. transición a las leyes espejo convencionales

El estudio de una transformación de imágenes, en contraste con el reflejo de una imagen sin cambios, es un ejercicio desafiante para el intelecto, especialmente para un intelectual atomista acostumbrado a pensar en términos de rayos de luz. Pedagógicamente, nuestro camino es sorprendentemente diferente.

Aquí hay una formulación cuidadosamente redactada de nuestra “ley del espejo puramente visual” para una comprensión ingenua al encontrarse por primera vez con un espejo: Las cosas que se ven en el espejo (en el otro lado) se remontan a lo que está presente frente al espejo (Este lado); Imaginamos que cada punto visible se repite perpendicularmente a través del espejo, es decir, todos los objetos presentes frente a un espejo también están presentes (reflejados) en el espacio de allá, aparecen allí de manera normal desde nuestro punto de vista aquí. Los edificios que se encuentran en el plano del espejo se vuelven simétricos, como castillos barrocos con dos mitades idénticas. Podemos llamar a esto la ley "perpendicularmente opuesta y equidistante".

A medida que me muevo a lo largo del espejo, la línea de visión hacia la mitad del edificio que se ve más allá del espejo cambia. Los nichos en la fachada se vuelven invisibles, tal como lo harían en el caso de una casa que realmente estuviera allí. Si surgen objeciones, podemos agregar a nuestra experiencial, “regla del espejo puramente visual”, la ley del espejo más geométrica mencionada anteriormente. El precio de esta simplificación es que los conceptos materiales reemplazan las percepciones visuales interconectadas. De forma imaginaria proyectamos objetos tangibles en el espacio virtual, detrás del espejo.

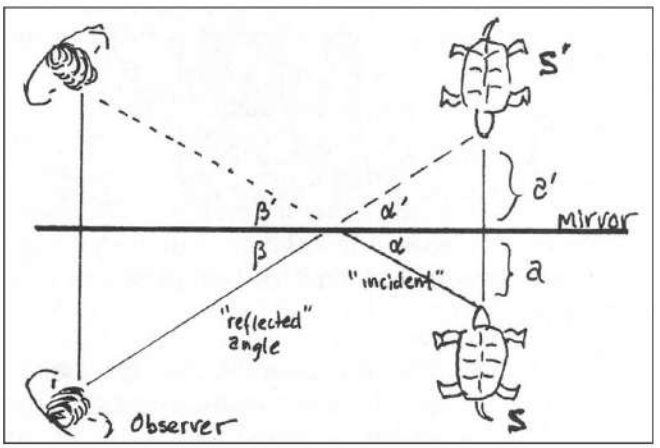


Figura 13. Formulación perpendicularmente opuesta de la ley del espejo.

Machine Translated by Google

Sin embargo, desde nuestra ley perpendicular-opuesta es un paso fácil hacia la ley convencional: Ángulo de incidencia = Ángulo de reflexión. 12 A vista de pájaro de la ley perpendicular-opuesta (Figura 13), las líneas AA' y SS' son perpendiculares a la superficie del espejo, a = a' y también _a = _a'. Como b es un ángulo opuesto (ángulo de vértice), sabemos _b = _a; el ángulo de incidencia a visto desde S es el mismo que el ángulo de salida b, visto desde el observador A. Como no sabe nada de la desviación de la línea de visión, supone que la tortuga está en S, detrás del espejo. .

Esto es válido para cualquier otro animal de este lado, y también es válido para todos los puntos del escenario de este lado, creando una contraparte allá para todos los puntos. Al expresar la ley de los ángulos de reflexión, en lugar de referirse a “rayos de luz”, es mejor hablar de “línea de visión” (dirección de visión, donde las cosas son visibles u oscurecidas).

La ley de los ángulos iguales de reflexión se puede confirmar por el hecho de que dos personas pueden verse en el espejo. Si el ángulo de salida del primero fuera mayor que el ángulo de incidencia del otro, entonces esto también sería válido para su vista mirando hacia el otro lado; cada uno miraría en una dirección diferente (más pronunciada) hacia un punto diferente en el espejo. La posibilidad de verse mutuamente demuestra en realidad lo contrario: ángulo de incidencia = ángulo de salida.

2. didáctica educativa

Las lecciones sobre el espejo (durante 3 días en el grado 7) pueden introducirse con los experimentos de fabricación de espejos y espejos de reflexión en piscina (Op1a y 1b). A continuación se realiza un experimento con velas y sombras (Op2a), donde investigamos cómo caen las sombras a través del borde. Como tercer experimento, hacemos el experimento de posiciones alternativas del observador (Op3a). Si esta regla les resulta demasiado difícil de entender, generalmente pueden comprender la regla simplificada del “opuesto perpendicular” (ver arriba).

Aquí hay un bonito experimento complementario: desafíe a un estudiante a escribir su nombre en una hoja de papel, de modo que cuando lo vea en un espejo vertical (mientras el papel está oculto), el nombre aparezca correctamente en el espejo. O, mientras te miras en un espejo, dibuja un rectángulo con una barra diagonal en una hoja de papel sobre la mesa.
Estas actividades ayudan a los estudiantes a experimentar intensamente la distorsión del espejo.

Otro ejercicio complicado consiste en resolver el problema: ¿Qué tamaño debe tener un espejo de armario vertical para que una persona pueda verse de pies a cabeza? ¿Qué efecto tiene la distancia del espejo? Nos veremos perpendicularmente opuestos, como a través de una ventana al espacio-espejo. La respuesta es independiente de la distancia del observador: el espejo debe tener la mitad de altura que el observador [porque el espejo siempre estará a medio camino entre el observador y su espejo “gemelo”. Ésta es la ley de los triángulos semejantes.].

Machine Translated by Google

Otra pregunta problemática: Delante de una pared de espejos corre una cortina. ¿Dónde se debe abrir una grieta para que alguien, desde donde se encuentre, pueda ver un objeto que se encuentra en algún otro lugar arbitrario? O, una pregunta más difícil: ¿bajo qué condiciones alguien podría ver en un espejo un objeto presente en su vecindad, que muestra su ubicación allá, pero cuya posición en este lado, si me giro, no puede ser determinada? Todos estos ejercicios se pueden resolver sin recurrir a

rayos de luz, utilizando nuestra ley perpendicular-opuesta. Son bien conocidas otras aplicaciones como el espejo del dentista, el caleidoscopio y el periscopio (un tubo angulado con un espejo en el ángulo).

El concepto del llamado “mundo lejano” sólo puede utilizarse provisionalmente en el bloque de séptimo grado, y principalmente como un estímulo para maravillarse ante el espejo inicialmente. Una evaluación exhaustiva del mismo, pero con la plena participación de la propia visión del mundo del estudiante, será necesaria en el grado 12 de física del bloque de luz. Allí, al enfrentarse a las formas más generales de la ley del espejo, a los estudiantes se les plantea una pregunta sumamente estimulante: ¿Puedo dominar estos problemas con mi aburrido arsenal de herramientas de pensamiento, o soy demasiado débil de espíritu? También en el grado 12, el método de pensamiento experiencial se contrastará con el modelo de rayos.

En la discusión anterior, se presentó más material del absolutamente necesario para el séptimo grado. El objetivo ha sido mostrar que un método goethiano, que penetra profundamente en los sentidos, puede conducir al mismo dominio de los fenómenos que el modelo de rayos. Además, fomenta un pensamiento concreto y fortalecido y, por tanto, fomenta un desarrollo real. La óptica goethiana no significa generar imágenes infantilmente bonitas. Más bien, significa pensar enérgicamente y de una manera plenamente presente.

13

IV. Pasos para entender la imagen de la cámara.

Después de nuestro estudio del espejo, dirigimos nuestra atención a la cámara estenopeica. No me gusta presentar a los estudiantes un experimento de cámara estenopeica terminado, sino que prefiero intentar desarrollar paso a paso los elementos de la cámara a través de varias demostraciones.

1. sombras estilizadas y contramovimiento

De hecho, las sombras en un paisaje lleno de sol lo muestran todo. Es decir, como ya hemos observado con las sombras, el sol remodela cada escena de sombra a su propia imagen (ver Grado 6, sección III.3.c). Cuanto más se aleja la sombra del objeto, más redondeadas y confusas se vuelven las sombras. Las pequeñas aberturas en el dosel de hojas de un bosque nunca reproducen su forma poligonal en los puntos de luz.

Machine Translated by Google

en el suelo del bosque, pero aparecen como discos circulares. Las aberturas irregulares están moldeadas en círculos, es decir, se aproximan a la forma del sol. Las sombras, así como los puntos brillantes, toman la forma de la luz predominante. Esto se puede mostrar en la demostración usando una lámpara y una máscara en forma de media luna (Op4a), en la que proyectamos un punto de luz en forma de media luna usando una máscara de sombra con forma. (Compárese con el grado 6, sección III.3 y Op10.) Un segundo efecto importante es que la forma de media luna ocurre invertida: un cuenco se convierte en una gorra y a la inversa. Esto lo podemos comprobar con los niños: Mueve una hoja redondeada bajo un haz de luz, mientras miras un lienzo (muy buena superficie de proyección) al otro lado de un arbusto o de una celosía. La lámpara se convierte en una media luna parcialmente visible y el punto de luz tenue en la superficie de proyección adquiere la forma de una media luna invertida.

Esta inversión constante de la forma de la lámpara, la formación de una imagen invertida en el lado opuesto, se puede demostrar en otro experimento a gran escala. Detrás de un conjunto de paneles de sombra (Op4b) se mueve una forma blanca iluminada (por ejemplo, de oeste a este). En el lado oscuro, una franja vertical blanquecina se mueve a lo largo de la pared de proyección en la dirección opuesta (p. ej., de este a oeste). A partir de tales demostraciones de inversión, podemos aclarar el aspecto de inversión del experimento de la media luna anterior. Además, este contramovimiento se basa fuertemente en un principio que ya utilizamos para las sombras (ver grado 6, sección III.3): obtenemos brillo en aquellos lugares desde donde podemos ver la fuente brillante, y obtenemos oscuridad (sombras).) donde sólo podemos ver partes más oscuras de la cúpula circundante. La franja luminosa siempre se sitúa justo en el lugar desde el que podíamos ver la figura brillantemente iluminada mirando hacia atrás a través de la rendija de los paneles. Podemos reconocer este principio también en las franjas claras y oscuras que cruzan la pared del fondo cuando hay una grieta en las cortinas y la gente o los automóviles pasan afuera.

2. la cámara estenopeica (cámara oscura)

Muy a menudo, en un desván casi oscuro o en una cueva, podemos ver una imagen fantasmal proyectada en una pared lisa: el paisaje exterior, delante de la cueva, aparece en el interior en manchas confusas en la pared opuesta a la abertura. La gente se mueve sobre sus cabezas, con el cielo debajo. Además de ver la escena del agujero dentro de la cueva, vemos que la derecha y la izquierda están invertidas, aunque esto es menos perceptible que la orientación general al revés. Podemos producir estos fenómenos con una cortina de oscurecimiento (Op5a). La explicación está frente a nuestros ojos. Si un observador camina lentamente a lo largo de la superficie de proyección (la pared del fondo), sólo verá pequeños fragmentos del paisaje exterior, si la apertura es muy pequeña. Difícilmente puede saber qué parte de la escena exterior ve, pero posee un brillo definido y

Machine Translated by Google

color, diferente para cada punto de la pared de proyección. La pared de proyección actúa como un ojo errante para sentir la luz y la oscuridad, manifestándolas en su superficie (metafóricamente, por supuesto). Con tales pensamientos, podemos relacionar la cámara estenopeica con el “globo que todo lo ve” en el grado 6 (Op3). Que se produzca una imagen así del todo, hasta en los detalles, sigue siendo una maravilla.

Es evidente que la imagen estenopeica es tenue; Deberíamos aclarar los fenómenos a este respecto. A medida que agrandamos la abertura, la imagen se vuelve más brillante, pero en consecuencia menos nítida. Lo mismo ocurre si disminuimos la distancia entre el hueco y la pared de proyección. La imagen estenopeica se produce justo antes de la oscuridad total, cuando es completamente nítida. Lo mismo se aplica a las sombras: cuando el objeto que proyecta la sombra se encuentra directamente sobre la superficie sombreada, la sombra será completamente nítida. La precisión de la sombra, es decir, la forma en que se proyecta la sombra, se produce mecánicamente en cada lado de la región iluminada cuando la superficie se desconecta del brillo que se entrelaza en el espacio libre. La representación de la luz es mucho más una transformación de imágenes que una copia mecánica; trae a la existencia nuevas imágenes, entrelazadas con todo el entorno. Esto también ocurre con las sombras solares y también con el movimiento contrario de múltiples sombras. Estas sombras múltiples ocurren cuando dos objetos proyectan sombras y uno está más lejos de la superficie sombreada que el otro y

luego uno se mueve transversalmente a la alineación de la sombra. Eso ocurre en la naturaleza con nubes, árboles, arbustos, etc. Aquí tenemos el arquetipo de la cámara estenopeica.
Las sombras no caen mecánicamente unas sobre otras, sino que transforman sus formas en función de su proximidad a la luz, etc.

Las cámaras caseras son muy populares entre los estudiantes. Damos algunas orientaciones sobre cómo se pueden hacer con una lata (Op5b) o cartón (Op5c) con papel pergamino o papel de calco en el extremo. Si el profesor quiere introducir una cámara de este tipo en el aula, puede colocar un paño oscuro sobre el estudiante mientras éste mira y dejar que solo la parte frontal sobresalga por debajo del paño.
Luego haga que el observador informe qué estudiantes en el aula están de pie, dónde están, etc.

Machine Translated by Google

Experimentos en óptica

op 1 espejo reflectante para estanque

Descubra un espejo de tocador grande (de 75 cm / 30" cuadrados o más) colocado horizontalmente sobre una mesa frente a la clase. Coloque una fotografía de revista de un paisaje detrás del espejo para que la clase pueda verlo y también comparar su imagen en el espejo. [Esto es nuestra situación tipo uno o espejo acuoso; consulte la discusión anterior para las conexiones con la naturaleza. Esto siempre muestra un par de imágenes simétricas; los colores y las formas son los mismos, pero la contraparte del espejo está volteada o invertida.]

Haga que un estudiante mueva sus dedos hacia arriba sobre el borde del espejo. Observe cómo los dedos del espejo parecen esencialmente iguales pero invertidos y se mueven hacia abajo. [Dibujar esto en el libro de la lección principal es un buen ejercicio.]

op 1b generación de una superficie de espejo

Espolvorea el espejo-cómoda horizontal con polvo blanco (talco, harina o polvo de tiza) y coloca una lámpara encima y ligeramente hacia un lado para iluminarlo.
Oscurece la habitación y enciende la lámpara. El espejo aparece como una superficie blanca.
Ahora, comience a quitar el polvo, alisando la superficie (análogo a pulir laboriosamente la aspereza con un colorete; observe cómo el espejo mejorado se vuelve más oscuro e incluso invisible, mientras que los alrededores (el techo) se vuelven más visibles.

Haga que los estudiantes se acerquen y miren el “agujero” que hemos limpiado en el polvo. Ahora el espejo aparece como una “ventana” transparente a una habitación de espejos “allá”. Coloque una mano sobre la ventana del espejo y observe cómo aparece la mano contraparte del espejo. Observe también cómo ambas manos se comportan normalmente y proyectan sombras: ¡la mano de este lado proyecta una sobre el techo del espejo y la mano del otro lado proyecta una sobre nuestro techo! Además, observe cómo nuestro punto de vista es diferente hacia el espacio de allá, por ejemplo, vemos la palma de la mano de allá pero sólo vemos el dorso de la mano de este lado.

op 1c dirección de visión

A medida que nos movemos a varias posiciones de visualización, observe cómo la región que vemos (como a través de una ventana de espejo) también cambia [reforzando aún más la calidad del espacio allá como una porción de un mundo allá visualmente “real”.

Machine Translated by Google

op 2 una escena de doble sombra

Coloque un espejo rectangular más pequeño verticalmente frente a la clase, sobre una mesa cubierta con papel o mantel blanco [la situación del espejo en la pared o la ventana]. Coloque una vela alta a unos 20 cm (8 pulgadas) de distancia del espejo y hacia un lado. Coloque una figura más pequeña más cerca del espejo y hacia el otro lado. Observe cómo ahora hay una vela y una figura equivalentes al espejo “allá”. Atenúe la habitación y encienda la vela. Observe cómo proyecta sombras que caen a través del límite entre el espacio de este lado y el de allá sin interrupción. Observe cómo la vela del lado de allá también proyecta una sombra muy efectiva, que cae a través del borde. ¡Ininterrumpido y corre hacia el espacio de este lado! [Visualmente, la escena de allá, así como las cosas bien conocidas aquí, son regiones tridimensionales; ambas actúan correctamente al proyectar sombras, con los objetos más cercanos oscureciendo a los más distantes (paralaje) mientras nos desplazamos de lado a lado, etc.].

op 2b espejo “ventana”

Explore cómo la escena visible en la “ventana” del espejo vertical no es exactamente la misma que la escena de este lado. Si es posible, coloque un espejo grande sin marco afuera y dibuje el paisaje, incluido el rectángulo del espejo y el paisaje que se ve dentro de los bordes del espejo. Mire varios objetos: caracola, tornillo, esfera del reloj. Observe cómo tienen todas las partes, pero están invertidas o intercambiadas.
Dibujar los pares de objetos es un desafío, pero es un buen ejercicio de observación.

op 3 ley puramente visual del espacio espejo (la caja de allá)

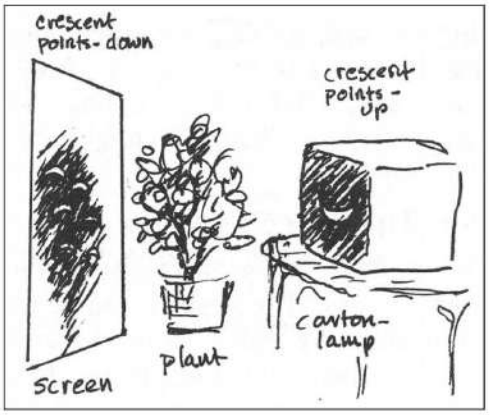
Coloque a un estudiante y una figura frente al espejo vertical y pídale que ubique el lugar donde tendrá la misma vista de la figura de este lado que ahora tiene del otro lado. [Debe pararse en la posición donde el resto de la clase ahora ve su espejo gemelo más allá del espejo.]

op 3b transición a la ley convencional de reflexión

Muestre varias formas o nombres escritos de manera que aparezcan correctamente cuando se vean acostados frente a un espejo; Comparar con el original. ¿Cuál es la regla para dibujarlos? [Duplica cada punto perpendicularmente opuesto a la contraparte y equidistante del espejo. Esta es una reformulación geométrica más abstracta de la regla experiencial derivada anteriormente).

Machine Translated by Google

op 4a sombras estilizadas



Usamos una caja de cartón con un ventana redonda (grado 6, Op6 y Op9). Un disco redondo del mismo diámetro que el La ventana se fija al frente, de modo que 1/3 del agujero se vea en forma de media luna. La caja se coloca frente a la primera fila de estudiantes cerca de la pared lateral, con la abertura hacia el pizarrón. Entre éste y el tablero colocamos un arbusto o una rama con hojas moderadamente pequeñas (por ejemplo, un rododendro). A medida que oscurecemos la habitación, la bombilla brillante dentro de la caja proyecta la sombra de la rama con hojas en el tablero. Mostramos a los estudiantes la forma de media luna de la abertura (media luna, apunta hacia arriba como una luna balsámica) y luego giramos la caja hacia atrás. Observamos las manchas de luz entre las sombras de las hojas. Luego invierta la caja de modo que su ventana en forma de media luna quede apuntando hacia abajo. Finalmente, los estudiantes notan que, entre inversiones, son visibles formas de media luna genuinas, aunque indistintas; se invierten cuando se invierte la caja. Sin embargo, siempre están orientados a 180° de la forma en que apunta la media luna de nuestra lámpara de cartón.

Es posible que los jóvenes necesiten ver esto varias veces para entenderlo con claridad. La nitidez de las formas de media luna también depende del tipo de follaje y de la distancia a la fuente de luz; el profesor debe experimentar para obtener la mejor combinación. Un experimento es sumamente sugerente, es decir, es una experiencia estética más fuerte del conjunto si permanece algo inexplicable, al menos hasta que veamos lo que sigue.

op 4b contramovimiento

Construimos los siguientes pisos de escenario en el frente del salón de clases (ver Figura 14). El deflector que protege la lámpara de la clase podría ser simplemente cartón barato; las pantallas también podrían estar hechas de mantas grandes, colgadas sobre soportes para mapas o en un tendedero. Haga que el estudiante camine de un lado a otro; la franja de luz se desplaza en sentido opuesto: ¡de aquí para allá! [Los estudiantes con ropa más brillante producirán los mejores resultados, naturalmente.]

Machine Translated by Google

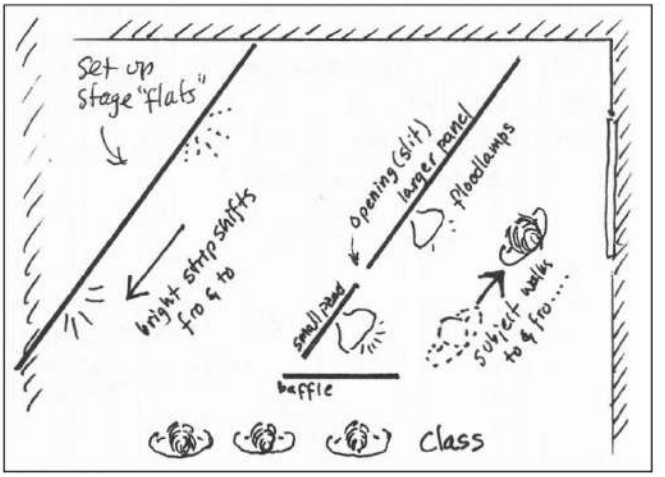


Figura 14. Manifestaciones contramovimiento

cámara de aula op 5a

Cuanto más se oscurezca la habitación, más grande será la imagen estenopeica que podremos producir. La pantalla de proyección debe tener al menos 5 m (15') de ancho y ser visible para toda la clase. Un sustituto adecuado es una pantalla de proyección de diapositivas colocada en la mesa de conferencias de enfrente. El agujero en la cortina (o persiana) no debe ser más grande que una uña y estar ubicado aproximadamente a la altura de los ojos, dependiendo del paisaje exterior. Si está más bajo que las ventanas, coloque el agujero un poco más abajo. Antes de comenzar la demostración, hacemos que un estudiante salga afuera y le pedimos que vaya y venga frente a la ventana, corriendo en una dirección, paseando en la otra, saltando sobre una pierna, levantando un brazo, etc. Pídale que informe qué color tiene el agujero desde fuera y si cambia de brillo durante el experimento.

cámara de lata op 5b

A los estudiantes les gusta mucho construir sus propias cámaras estenopeicas. El más sencillo se puede hacer con una lata. Cortamos la parte superior y sujetamos papel pergamino (o papel de calco) al extremo superior con cinta adhesiva. Perforamos el fondo con un abrelatas, dejando un agujero de no más de 1-2 mm (1/8") de diámetro.

La imagen generalmente aparecerá muy débil en una habitación con luz natural; Los marcos de ventanas o las lámparas de techo lucen mejor.

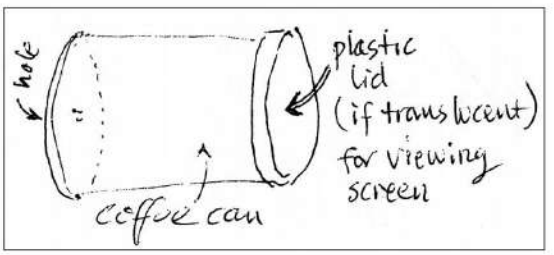


Figura 15a. cámara de lata

Machine Translated by Google

cámara de cartón op 5c

Más eficaz es una cámara de cartón con un recorte para la cara.

La caja exterior con el orificio (izquierda, en la Figura 15) tiene una caja interior deslizante con una ventana translúcida (use papel de calco o papel de máquina de escribir engrasado) y un recorte para la nariz y la frente:

Los ojos se mantienen en la oscuridad para que sean visibles más detalles de la imagen. Además, podríamos medir el grado de reducción de la imagen quitando el frente y dibujando ligeramente sobre el papel con lápiz el contorno de la escena que vimos.

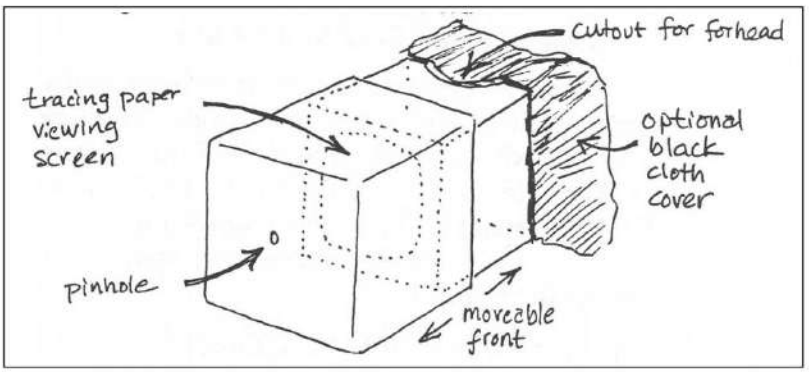


Figura 15b. cámara de cartón

Machine Translated by Google

Calor de grado 7

introducción

En séptimo grado, las lecciones sobre el calor parecen mucho más fáciles de presentar ya que comienzan a utilizar e implementar conceptos convencionales. Sin embargo, estos conceptos deben desarrollarse con claridad. Los temas tratados incluyen la expansión, la escala de temperatura y la conducción del calor.

i. calidez y entorno

Utilizando una cacerola de agua caliente, envuelta en varios materiales, demostramos la cantidad de enfriamiento que se produce en varios materiales comúnmente disponibles (He1). Por ejemplo, cuando se envuelve en lana, el agua permanece caliente aunque la lana en sí no se calienta especialmente. Produce una isla de calidez, separando el agua de las condiciones ambientales de la habitación. Los materiales que se separan (aíslan) térmicamente se denominan aislantes. Aún así, un objeto frío o cálido nunca puede ser totalmente aislado (aislado); Incluso el mejor termo permite que el hielo se derrita o que el café se vuelva tibio después de unos días. Sin darnos cuenta, demostramos aislamiento en química de grado 7, cuando calentamos un trozo de piedra caliza de diatomeas. Aunque la parte superior está al rojo vivo, la parte inferior todavía se puede sostener cómodamente en la mano. Un grupo de materiales que no aislan, sino que permiten que el calor o el frío se igualen rápidamente, son los metales. Son casi indistinguibles por la velocidad con la que cada uno permite que el otro extremo se caliente cuando se calienta un extremo (He2).

Para ver esto en la práctica, imaginemos un gran tanque con agua mantenida a temperatura de ebullición. A él se une otro con agua fría a través de una pared común, realizada en diversos materiales. El agua fría se calentará a un ritmo distinto, según el material. Por lo demás, el depósito de agua fría está muy bien aislado, por lo que sólo se calienta a través de la pared común y no se ve afectado por el entorno. Imaginamos la pared común inicialmente hecha de fieltro, de 3 cm (1-3/16") de espesor, recubierta con goma para mantenerla seca. Transcurre un tiempo moderado hasta que el agua fría se calienta y su temperatura aumenta considerablemente.

Ahora rehacemos la pared con una capa de corcho. Para que el agua fría permanezca fría durante el mismo tiempo, la pared debe tener ahora unos 3,3 cm de espesor. Para otros materiales, debe ser aún más grueso (ver tabla a continuación).

Machine Translated by Google

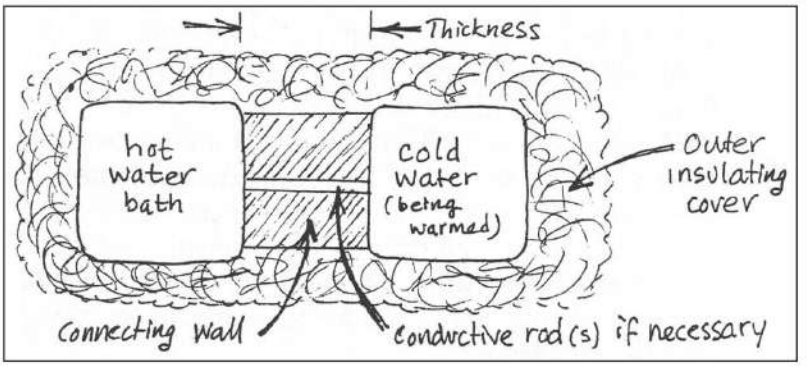


Figura 16. Configuración de aislamiento

Estos valores de aislamiento se determinan fácilmente sólo para los conductores más pobres (a través del granito). Cuando la pared imaginada entre los tanques tendría que tener metros de espesor, sus superficies laterales deberían estar aisladas. Además, habría que calentar el extremo caliente del material de conexión, de lo contrario el agua se calentaría inicialmente demasiado lentamente.

Espesor relativo que produce el mismo calentamiento

material	espesor
Azufre	1cm?
Corcho, crin, seda, fieltro de lana.	3
Madera, aserrín, tierra de diatomeas.	13
Ladrillo, porcelana	40
Vaso	130
Piedra: granito, arena	290
Hierro (acero)	6100 cm o 61 metros
Aluminio	204 metros
Cobre	342
Plata	428

La asombrosa longitud de casi medio kilómetro de plata necesaria, en comparación con 1 cm de azufre, sería difícil de medir directamente en un experimento. Para estos materiales, sería mejor realizar la conexión utilizando sólo unas pocas varillas de metal incrustadas en un material aislante. De este modo, la superficie de contacto se reduce a la suma de las secciones transversales de las barras. Para el mismo material, el calentamiento

Machine Translated by Google

es proporcional al área de contacto. Así, después de algunos cálculos, encontraríamos que la plata permitiría que el calor se comportara como si los tanques (en realidad separados por una gran distancia) estuvieran en estrecho contacto. Para el calor, la plata iguala las diferencias rápidamente, el azufre se separa. Vemos qué materiales aíslan algo cálido o frío de su entorno, como si crearan una gran distancia entre él y el entorno, que no existe físicamente en absoluto, y qué materiales unen las cosas con sus
ambiente.

Con los conceptos de aislante y conductor, ahora podemos describir el sistema de calefacción de un edificio. Funcionará mejor si construimos un dibujo a partir de un recorrido por los componentes: horno, caldera o intercambiador de calor, tuberías de agua caliente (vapor) o conductos de aire caliente, radiadores. En la caldera, el agua y las llamas están separadas sólo por una delgada pared de acero (4 mm) de la cámara de combustión. La cámara de fuego está aislada del sótano mediante tejas de arcilla refractaria y mampostería. Las tuberías del sótano están acolchadas con lana de vidrio. En las viviendas, por el contrario, entre el agua y el aire sólo hay una pared muy fina de chapa (1 mm) y el radiador está construido de manera que su superficie es muy grande. Los estudiantes pueden describir cada uno de estos componentes aislantes y conductores junto con sus dibujos.

Nunca es posible evitar que un objeto caliente acabe calentando el entorno o haciéndolo partícipe de su diferente estado térmico. Sin el sol, sin seres vivos, sin volcanes y sin fuego, todas las diferencias de calor se igualarían y desaparecerían. Estas variaciones de calidez son la expresión de la vida de los seres y de la tierra en sus ritmos cósmicos.

ii. expansión térmica

Comenzamos a estudiar la expansión con sólidos. En primer lugar mostramos la bola de metal que, después de calentarse, ya no atraviesa el anillo (He3). Un poco más impresionante es el disco de cristal (He4) o el perno (He5). El hecho de que todos los materiales sólidos se expandan de manera diferente es muy característico de este reino de materiales rígidos y muertos. Por cierto, estas variaciones se muestran en la
experimento de carrera de expansión (He6), y la siguiente tabla puede ser suficiente por ahora:

material	expansión lineal*
Aluminio	0,25 milímetros
Cobre	0,17
Hierro (acero estructural)	0,12
Concreto	0,12
Vaso	0,09
Cuarzo	0.005

*Aumento de longitud de una varilla de 1 metro/10° Celsius

Machine Translated by Google

Los fluidos también tienen características distintas y coeficientes de expansión generalmente mayores, y están ordenados según su aumento de volumen. Demostramos esta cúbica.

expansión usando un matraz de 2 litros con un vástago de vidrio para hacer visible la expansión: que es nuestro termómetro de viaje (He8).

Es sorprendente lo rápido que vemos el efecto de un calentamiento apenas perceptible.

De las marcas en el tubo de expansión podemos leer directamente las temperaturas, si está calibrado con referencia a temperaturas estándar (como agua hirviendo, calor corporal, agua helada, etc.).

material	vol. expansión*
Agua	2cm3
Mercurio	2
Alcohol	11
toluol	12
Hierro (ver arriba)	0,36
Aire	30

*Aumento de volumen de 1 litro/10° Celsius

Todos los gases muestran el mismo coeficiente de expansión muy grande (1/273 de su volumen) por 1 °C, por lo que la investigación de un gas (el aire) puede ser suficiente. Mostramos el aumento de volumen por un lado y también el aumento de presión (He9) por otro. Los gases son comprimibles (por ejemplo, la cámara de aire de una bicicleta). Al llenar un recipiente con líquido, se debe dejar un pequeño espacio de aire porque los líquidos son casi incompresibles y, de lo contrario, harían saltar la tapa al calentarse. La expansión de los sólidos puede ser para nosotros una imagen de la dispersión del calor. Característicamente, los gases son los más afectados por este efecto.

III. termómetros

Para llenar un termómetro necesitamos un líquido (ya que no se comprimirá), algo que muestre la mayor expansión por el mismo aumento de calor y que además no hierva rápidamente ni se congele. Además, debería poder absorber rápidamente el calor del entorno, es decir, debería ser un buen conductor. Estos requisitos se cumplen mejor con el mercurio. El alcohol de grano (etanol) también tiene un gran coeficiente de expansión, pero una menor conductividad. El alcohol, el pentano o el tolueno son especialmente útiles para los termómetros de baja temperatura, ya que el mercurio se congela a -38,9°C (sólo hierve a +357°C).

Para construir un termómetro de expansión de líquido se requiere una escala, un espacio de líquido separado y totalmente cerrado que incluye un bulbo (que se ve afectado por el calor) y un capilar (un tubo de diámetro estrecho, que hace que una expansión de volumen dada se muestre como una gran línea vertical). subir por el tubo). El espacio líquido evacuado se llena con nitrógeno a una atmósfera, para evitar que posteriormente se forme una película de óxido sobre el mercurio.

Machine Translated by Google

Otro tipo de termómetro cerrado tiene la escala detrás del fino tubo capilar, todo ello encerrado en un cilindro protector exterior. Un tipo más simple tiene la escala grabada directamente en el tubo capilar de paredes gruesas. Pero, debido a la mayor distancia entre la escala y el capilar de mercurio, este tipo es más difícil de leer con precisión. Un termómetro de nitrógeno o de "rango alto" se llena con nitrógeno a 50 atmósferas de presión, por lo que el mercurio hierve a sólo 675°C. Un termómetro de este tipo se puede utilizar hasta 600°C.

La sensibilidad de un termómetro depende de la capacidad de expansión o "coeficiente de expansión" de su llenado de líquido. La construcción también influye en la sensibilidad: el capilar debe ser lo más fino posible y el bulbo lo más grande posible (la mayor capacidad de líquido posible). Por lo tanto, se producirá un gran aumento de volumen y un gran aumento de la altura de la columna capilar para un cambio dado de temperatura. Por este motivo, nuestro termómetro de agua (He8) también presenta una gran sensibilida
Este tipo de termómetros de mercurio no tienen una precisión superior a 0,01°; Para mediciones finas habituales, se fabrican con divisiones de escala de 0,1°.

La calibración requiere al menos dos puntos de referencia en temperatura. En términos simplistas: utilizamos el punto de fusión del hielo y lo marcamos como 0 grados. Luego, el agua hirviendo a presión atmosférica normal y al nivel del mar se marca como 100° en la escala Celsius. Esta escala fue desarrollada por el geógrafo y profesor de astronomía sueco Anders Celsius en Uppsala alrededor de 1742.

El fabricante de instrumentos e investigador Gabriel Fahrenheit de Amsterdam Fue el primero (1715) en fabricar termómetros que estaban calibrados, es decir, que indicaban temperaturas que concordaban entre sí. Utilizó tres puntos fijos. Una mezcla química en frío de salmuera (agua y sal de mesa) y sal amoniacal (sal de nitrato de amonio) registró la posición más baja en el capilar y se marcó como cero. Eligió como otro referente la temperatura corporal de una persona sana, y la marcó como 96°.

1 (Dado que es divisible por todos los números pequeños excepto 5 y 7, se subdivide fácilmente). En su escala, el punto de fusión del hielo cae en 32 y el agua hirviendo cae en +212°F.

IV. Nuevos tipos de experimentos con hielo.

Bajo este tema del calor, es interesante estudiar nuevamente el hielo, es decir, en mezclas frías (He10). Además del endurecimiento, las sales aumentan la capacidad de las cosas naturales para separarse. Esta tendencia hacia la separación se opone en una solución al agua. En la fusión artificial (favorecida por el agua) que se produce así en ausencia de calor externo, esta influencia de la sal endurecedora se manifiesta ahora enfriando la solución (el efecto endurecedor de la sal se expresa de otra manera).

Machine Translated by Google

Esto puede estar relacionado con otros fenómenos relacionados con el agua fría, por ejemplo, la anomalía de densidad de 4°C (39,2°F) y la estratificación de los lagos de agua dulce, etc.

Un experimento sencillo, entre muchas posibilidades, se realiza con un matraz Florence de 250 ml, un termómetro y un tubo capilar (de 2 a 3 mm de diámetro) insertado a través de un tapón en la parte superior, o con cualquier recipiente grande de vidrio pulido, suspendido en un baño de salmuera (hielo y agua salada) que se mantiene en agitación. Además, quizás podríamos discutir fenómenos de la naturaleza como la congelación del agua salada hasta convertirla en hielo (véanse las biografías de los exploradores polares). Aproximadamente a -2°, el agua de mar finalmente comienza a formar una masa de hielo granular. Para que haga tanto frío, el tiempo debe ser intensamente frío, ya que la mayor densidad del agua no se produce de repente, sino ya a +4°C. Entonces, a medida que el agua se enfría más allá de este punto, el agua más fría y densa no permanece en la superficie para enfriarse más, sino que se hunde lentamente hacia abajo, lejos de los vientos gélidos. El hielo marino es turbio y está plagado de pequeñas burbujas y grietas, que contienen el agua salada enriquecida residual, separada de las porciones que se congelan a -2°C. Por tanto, los fenómenos de formación de hielo son múltiples.

Machine Translated by Google

Experimentos en calor

él 1 cámara térmica

Usamos cuatro latas de 1 litro (1 cuarto de galón) y cuatro recipientes de vidrio grandes, en los que se colocan las latas, apoyadas sobre platos de porcelana para aislarlas contra el choque térmico. También se podrían utilizar recipientes de plástico, ya que también son malos conductores térmicos. Cada lata se llena hasta 3/4 de su capacidad con agua hirviendo. En el primer recipiente, la lata se rodea de aire. Inmediatamente después de verter el agua caliente, hacemos que un estudiante investigue (quizás con un termómetro, eventualmente) el aire en el recipiente, las paredes del recipiente y pruebe brevemente el agua en la lata. La segunda olla se llena con agua fría y encima se coloca una tapa de cartón. El tercer recipiente se llena con arena fina y el cuarto con fieltro o lana, también en una capa debajo de la lata. Después de aproximadamente 5 a 8 minutos, haga que los estudiantes usen sus dedos (con cautela) al principio y luego usen un termómetro para examinar (en la misma secuencia) el contenido de cada lata, la sartén a varias distancias de la lata y el exterior. pared de la sartén. Establecer qué material forma mayor barrera térmica (aislante) y cuál menor. Analice aplicaciones prácticas como el sistema de calefacción, como se describió anteriormente.

él 2 varillas calefactoras

Utilizamos diversas varillas metálicas, de al menos 30 cm de largo y 1,5 cm de diámetro: tubos de cobre, aluminio, acero y latón, y vidrio. 3 Muestre la clase en la que cada varilla tiene inicialmente el mismo grado de frío en toda su longitud. Instale cinco pequeños mecheros Bunsen en la mesa de demostración, utilizando conectores en Y y mangueras de goma para el suministro de gas. Ajuste los quemadores a pequeñas llamas azules y muestre a los estudiantes dónde sostener las varillas en la punta del cono azul interior.

Calienta las cinco varillas en las llamas (ten cuidado con el tubo de vidrio para evitar que se rompa). Después de un minuto, ya podemos hacer que otro estudiante examine las varillas y vea qué partes de cada varilla ya se han calentado y cuáles todavía están tan frías como antes, o usar un dedo mojado para ver dónde chisporroteará en las partes calientes. (Muestre cómo un dedo mojado chisporrotea por toda la varilla de cobre).

El estudiante que sostenga la varilla de cobre o latón será el primero en querer dejarla caer cuando esté demasiado caliente para sostenerla; en su lugar, colóquela en un trípode de laboratorio para que pueda mantenerse en la llama durante todo el experimento. Luego, el aluminio y, finalmente, la varilla de acero se calentarán demasiado para sostenerlos y también se colocarán sobre trípodes. ¡La mayoría de las veces la varilla de vidrio todavía se puede sostener!

Machine Translated by Google

Él 3 bolas y anillos expansivos.

Se presenta el conocido aparato de bolas y anillos, disponible en las casas de suministros científicos. Primero mostramos cómo pasará la bola sin tratar a través del anillo. Luego empuja la bola a través del anillo y caliéntala hasta obtener un brillo rojo apagado (¡no derritas el eje!).
Después del calentamiento, la bola no volverá a salir hasta que el anillo también se caliente.

él 4 disco de vidrio

Un experimento impresionante (y posiblemente peligroso) consiste en fracturar un disco de vidrio de unos 10 cm (4") de diámetro usando calor. Pero con precauciones, el peligro es mínimo. Un disco de vidrio, de no más de 3 mm (1/8") de espesor , se coloca sobre bloques de madera de modo que la punta de la llama de una vela apenas toca el centro.

Después de unos segundos, el disco se rompe con estrépito y los fragmentos se dispersan en el plano del disco en todas direcciones. Por lo tanto, colocamos la vela en el suelo, rodeamos el experimento con una valla de cartón del doble de la altura del disco y hacemos que los estudiantes se paren en sus sillas. Para que el profesor sepa qué esperar y esté bien preparado, experimente con esta configuración antes de la lección. Un peligro más probable sobre el cual tenemos un control problemático es que un estudiante intente repetir este experimento en casa.

él 5 tornillo cascarrabias

Muestre un perno y una tuerca grandes y comunes (digamos, de ½" de diámetro) a temperatura ambiente, y observe cómo la tuerca se enrosca y desatornilla fácilmente con la mano. Sin embargo, cuando se enrosca la tuerca y se calienta el eje roscado, la tuerca no puede desenroscar incluso con unos alicates, hasta que la tuerca también se caliente [una aplicación práctica del He3, bien conocida por los mecánicos de automóviles].

La carrera de expansión 6

Se utilizan dos varillas, montadas fijas en un extremo como en la Figura 17, con el otro extremo libre para moverse y descansando sobre una aguja con un puntero de pajita de papel (la aguja perfora el centro de la pajita). Cuando la varilla se mueve, la aguja gira y la punta de la pajita gira, lo que indica la expansión relativa de la varilla. Coloque el puntero de la pajita verticalmente para comenzar. Las velas sólidamente fijadas se encienden cuando se les ordena y se empujan simultáneamente debajo de las varillas para iniciar el experimento. En 4 minutos, usando 7 velas, la varilla de aluminio habrá girado su pajita 180°, y el hierro sólo la mitad de esa distancia.

Machine Translated by Google

él 7 centavo en expansión

Entregue a cada grupo de estudiantes un votivo.

vela, 2 hojas de afeitar antiguas de doble filo (despuntadas con papel de lija) y 2 pinzas grandes para la ropa (o clips para carpetas de una tienda de artículos de oficina). Sujete las hojas de afeitar como se indica en la Figura 17 para que la moneda pase. Después de calentarse, no pasará, pero cuando se enfríe, volverá a pasar repentinamente. La expansión es de 3/100 mm por 100° (o aproximadamente 1/10 del grosor de una mina de portaminas Pentel extrafina).

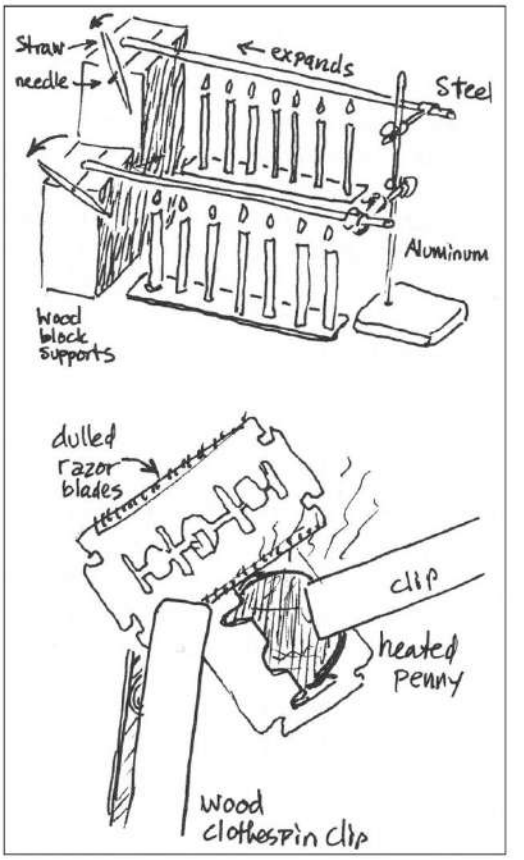


Figura 17. Demostraciones de expansión

el 8 termómetro de viaje

Se prepara un matraz redondo (Florencia) de al menos 2 litros de capacidad y fabricado en Pyrex con tapón de goma y tubo de expansión de vidrio de 8 mm. Llénelo hasta el borde con agua color tinta y luego inserte el tapón con tubo. Caliéntalo brevemente, primero solo con las manos y finalmente con un quemador suave y bajo; observe el ascenso del agua en el tubo. Discuta cómo podríamos calibrar este termoscopio para que lea la temperatura climática estándar. Galileo inventó un dispositivo de este tipo y se lo hizo fabricar a los expertos sopladores de vidrio de Florencia. Estas curiosidades florentinas causaron furor en todos los vagones durante un tiempo, para entretener a los viajeros durante su viaje.

él 9 expansión del aire

a) Utilizando el matraz anterior, reemplazamos el tubo recto por un tubo en U con un charco de agua coloreada en el fondo. (Ver Figura 18a)

Cuando simplemente se sostiene el matraz con las manos calientes, el agua coloreada en el tubo en U se empuja hacia afuera. Compara las manos de diferentes estudiantes. Analice por qué este tipo de termoscopio no sería práctico para su uso en informes meteorológicos [sólo porque se expande demasiado].

Machine Translated by Google

b) Ahora, añade una llave de paso (tubo de goma con abrazadera) al final y calienta la botella de aire sobre una vela pequeña.

fuego. Después de que el matraz esté lo suficientemente caliente como para chisporrotear, abra la llave de paso: ¡la bocanada de aire que escapa apagará la vela! (Consulte el estudio de motores térmicos de grado 9 para aplicaciones más técnicas).

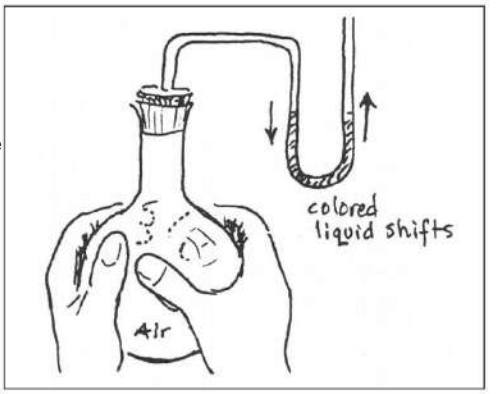


Figura 18a. Expansión de gas

él 10 mezclas de congelación

Dentro de una toalla, pulverice hielo muy frío martillándolo hasta convertirlo en pulpa. Utilice un recipiente de plástico en una hielera para picnic para mantener el hielo en polvo muy frío; mezcle la salmuera, usando una cucharada de plástico de hielo en polvo por 1/4 de cucharada de sal de mesa; esta mezcla de salmuera se derrite gradualmente y se enfría a -20°C (-4°F).

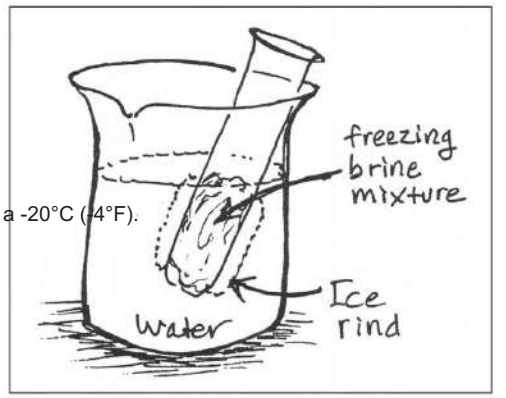


Figura 18b. Demostración de mezcla fría.

Esto se puede demostrar claramente a la clase si le damos a cada estudiante un tubo de ensayo lleno en un vaso que contenga un poco de agua fría (Figura 18b). Después de sumergir el tubo de ensayo lleno de salmuera en agua fría y mantenerlo silenciosamente en el aire durante un minuto, el tubo forma una corteza de hielo en su exterior. Vierta la salmuera y deje que el anillo de hielo se caliente un poco para que pueda deslizarse suavemente.

Machine Translated by Google

Electricidad de grado 7

introducción

En los siglos XVII y XVIII, las nuevas perspectivas de la investigación sobre la electricidad abiertas por William Gilbert produjeron constantemente nuevos niveles de descubrimientos, como la máquina de electrificación (carga), la jarra de Leyden, el reloj eléctrico de Alexander Bain, el telégrafo eléctrico por primera vez. de Georges-Louis Le Sage y más tarde de Samuel Morse, luces parpadeantes dentro de tubos de vidrio evacuados y, finalmente, el pararrayos de Benjamin Franklin. Pero de este ámbito de la electricidad estática o de fricción nunca surgieron motores eléctricos reales ni aplicaciones con valor práctico. Todo eran juguetes, hasta el pararrayos (que no se utilizó por primera vez hasta 1754), juguetes que no aprovechaban la electricidad para trabajar en ningún tipo de aparato, sino que la mantenían a distancia. En esta época, la electricidad no alimentaba ningún oficio ni herramienta; no apareció de ninguna forma práctica en el hogar o en el lugar de trabajo.

En la época barroca nadie estudiaba la electricidad. Para el público en general siguió siendo una curiosidad. Los caballeros y damas de casas nobles lo utilizaban en reuniones sociales obscenas para entretenerse. En un gabinete electrificado, cargaron muñecos de juguete para disfrutar de sus nerviosas y espeluznantes travesuras. En 1730, Stephen Gray suspendió por primera vez a un niño sobre una seda y luego le tocó el pie con un globo frotado; Los trozos de papel colocados cerca de su cabeza de repente volaron hacia su cara. Alternativamente, se conectaría a una camarera a la máquina de electrificación mientras estaba de pie sobre un taburete aislado; su “beso eléctrico” era la iniciación favorita en las reuniones sociales, pero un juego ligeramente doloroso para ambas partes. El primer pararrayos se puso en servicio en Aún así, el pararrayos de Franklin no generó ningún uso directo de la electricidad: trabajó para la protección eléctrica, no para nuevas aplicaciones.

El impulso para una nueva orientación que incluía descubrimientos prácticos fue proporcionado por los años de investigación de Luigi Galvani, mientras que la época fue realmente iniciada por las excelentes investigaciones de Allesandro Volta. Con el trabajo de Volta, apareció una nueva fuente de electricidad, muy primitiva pero mensurablemente productiva: la “pila” o “placas galvánicas” de Volta, montadas en soluciones salinas (celdas húmedas, el predecesor de la batería moderna).

Machine Translated by Google

i. electricidad galvánica

Durante el transcurso de estos descubrimientos circularon todo tipo de cuentos de viejas. Muchos investigadores habían experimentado durante mucho tiempo en direcciones similares, especialmente con peces eléctricos. El llamado “langostino” era bien conocido, aunque a nadie se le ocurrió ninguna explicación eléctrica. El pez torpedo (Torpedo marmorata), que llega hasta las orillas del Océano Índico, es una platija casi circular que espera a su presa en el fondo de bancos de barro, aturdiéndola con una serie de rápidas descargas eléctricas. Por un instante “produce” hasta 200 voltios a casi ½ amperio (equivalente a la cantidad de electricidad necesaria para encender una bombilla brillante); esto puede provocar incluso convulsiones en las extremidades de un ser humano, de ahí su nombre común.

Después del descubrimiento de la jarra de Leyden [un dispositivo de almacenamiento capacitivo de electricidad, inventado en Leyden, Holanda, en 1745], se estableció por primera vez la similitud de sus descargas de chispas con las descargas que estos peces calambres podían dar. Se hizo famoso el siguiente experimento realizado en 1773: se sostenía un pez torpedo retorciéndose entre dos redes extendidas en el aire y secas (aislantes) en los bordes; una persona sólo recibía una descarga cuando tocaba los lados dorsal (superior) y ventral (vientre). Si se tocaba el pescado con una sola mano, ¡la persona no sentía casi nada! Además, después de una serie de descargas durante aproximadamente un segundo, las siguientes estuvieron muy débiles hasta que los peces se recuperaron. ¿Qué era más parecido que la lenta carga de la jarra de Leyden y su repentina descarga? A medida que se fue conociendo la actividad eléctrica del bagre eléctrico y de la anguila eléctrica, se pusieron de moda las investigaciones sobre la “electricidad animal”. ¿Deberíamos pensar que toda la actividad animal se basa en la electricidad? La gente pensaba eso seriamente en ese momento.

Al mismo tiempo que Giovanni Battista Beccaria confirmaba la carga positiva permanente de la atmósfera, un público confuso proclamaba la ficción llamativa y abrumadora de que todos los fenómenos meteorológicos, incluso las estrellas fugaces, se producían eléctricamente.

Hoy sabemos que la electricidad (electricidad glavánica) que utilizamos a diario casi no desempeña ningún papel en la naturaleza, con las interesantes excepciones de los rayos y los peces eléctricos. Los fenómenos expresados que estamos estudiando son aquellos que tienen una relación inequívoca con la experiencia; nos permiten vivir en las fuerzas y seres naturales de una manera conectada, mientras pensamos en ellos en términos de lo que percibimos.
En este sentido estos peces presentan fenómenos que caracterizan la electricidad galvánica. Comenzando por los peces que nadan ingrávidos, la jerarquía de complejidad de la arquitectura corporal apunta hacia los anfibios; luego, en la lucha contra la gravedad, los animales terrestres exhiben órganos sensoriales superiores, una anatomía más amplia y finalmente

Machine Translated by Google

conciencia, pero están menos entrelazados con su entorno. Esto culmina en un rostro personal y una biografía en el ser humano; en esta secuencia, aparecen las extremidades. Por el contrario, las platijas y las anguilas son habitantes del fondo sin extremidades. Sus aletas (y también sus ojos) están degeneradas o atrofiadas. Se hunden en la gravedad y en las oscuras profundidades; muestran una especie de contraimpulso a la jerarquía regular de los animales. De estas turbias profundidades surge la capacidad de descarga eléctrica.

En el laboratorio de su casa, bien equipado, el profesor de anatomía Luigi Galvani (1737-1798) de Bolonia, anteriormente ginecólogo, experimentó con las reacciones de preparaciones de ancas de rana, conocidas por su sensibilidad a la estimulación eléctrica. Como muchas otras personas de la época, buscaba descubrir el alma de los seres vivos en las conexiones nerviosas. Lo que ocurrió en el verano de 1780 lo relata Galvani once años más tarde, cuando finalmente se comprometió a publicar sus investigaciones. (Veremos a continuación por qué esperó tanto).

> Este descubrimiento se produjo de la siguiente manera: diseccioné una rana y la preparé, como se muestra en la figura Omega, Tabla 1, colocándola desprevenida sobre la mesa sobre la que se encontraba la máquina eléctrica, completamente separada de sus conductores y medianamente alejada. Sin embargo, cuando uno de mis auditores por casualidad puso la punta de su bisturí en contacto con el lado interno del nervio del muslo de la mencionada rana D, entonces los músculos de todas las extremidades se juntaron, como si fueran presa de una poderosa convulsión. .
>
> Otro de los presentes imaginó observar que esto ocurría sólo en los momentos en que el conductor soltaba una chispa. Me maravillé de la novedad de esta situación y me puse totalmente atento a ella, ya que originalmente mi intención era otra cosa. En ese momento me invadió el deseo de descubrir e investigar estas cosas ocultas.
>
> Yo mismo toqué con la punta del cuchillo brevemente uno y brevemente otro nervio del muslo, uno a la vez, mientras otro auditor sacaba una chispa.
>
> El fenómeno se produjo de la misma manera. Fuertes convulsiones se apoderaban de los músculos de todos los miembros, juntándolos cada vez que la máquina eléctrica emitía una chispa, como si el animal hubiera sido acosado por un poderoso tétanos.

Este primer descubrimiento de Galvani no fue nada especial y se explica en parte por el llamado efecto rebote, que se produce también en aparatos inorgánicos sin vida; entonces, estos experimentos no fueron la base de su fama. La anca de rana era especialmente sensible. Pero debido a que las simples explicaciones físicas de la medicina

Machine Translated by Google

Los investigadores (que tendría que aplicar aquí) no explicaron estas cosas de manera completamente satisfactoria, o porque no estaba completamente familiarizado con tales explicaciones, Galvani experimentó más. Conectadas a largas antenas, las ancas de rana pudieron incluso predecir la llegada de tormentas distantes.

Después de numerosos experimentos de este tipo, una sola observación en septiembre de 1786 (seis años después) dio paso a algo fundamentalmente nuevo: la musculatura de la rana, liberada de la piel que la aislaba del ambiente seco, fue colocada sobre una barra de hierro, para para "absorber la electricidad atmosférica en sí mismo".
Estaba enganchado a un aparato de hierro que se adentraba en la médula espinal. Siempre, cuando el gancho tocaba la barandilla de hierro, el muslo se contraía. Eso sucedía –como pronto determinó Galvani– también en una habitación cerrada, a cualquier hora del día, con varios metales como soporte y gancho. Los mejores resultados se obtuvieron, sin embargo, si eran de dos metales diferentes. Así, parecía haberse encontrado la fuente de una “electricidad animal” independiente de la atmósfera: una especie de jarra de Leyden, formada por nervios y músculos, que incluso permanecía cargada durante algún tiempo después de la muerte, según pensaba Galvani. Las piezas metálicas externas simplemente actúan como conductores, para cerrar el circuito de actual.

Algo parecido presentaba el anuncio de Galvani en 1791, que fue generalmente celebrado con la creencia de que ahora el alma del hombre y de los animales era comprensible simplemente como un efecto eléctrico, y que la electricidad constituía la base de todos los fenómenos de la vida. Las ideas sublimes que todavía sobrevivían en el primer romanticismo alemán recibieron un golpe mortal y fueron desplazadas por la investigación sistemática de Allesandro Volta, cuyo claro y fenomenal pensamiento obtuvo una audiencia personal con Napoleón, al mismo tiempo que se fundaba la tecnología eléctrica.

Pero, en el mismo mes de este año 1786, en un pueblo vecino de Italia, se produjo un descubrimiento histórico-cultural totalmente diferente. El 27 de septiembre, en un jardín botánico de Padua, Goethe concibió la idea de la formación activa de plantas: dentro de la forma sensible flotaba una planta arquetípica suprasensible. 1 Mientras que el enfoque goethiano para comprender la planta abre al ser humano una vida de ideas maduras y transformadoras sobre la planta y forma un reino siempre presente de realización activa, las ideas galvánicas abrieron un reino de creaciones técnicas siempre presentes, que en su logro ya había cojeado ciertas fuerzas del alma.

Machine Translated by Google

ii. pila de volta

Pero ahora dejamos de lado los acontecimientos históricos y seguimos los experimentos más simples de Volta de la década de 1790. El primero de ellos es el sabor amargo-agudo muy notable creado por metales diferentes en la boca, cuando ambos están presentes al mismo tiempo. El sabor es aún más fuerte cuando se tocan de diversas formas (El1, El2, El3).

La creación de este tipo de fenómenos contrasta directamente con la forma en que producimos efectos electrostáticos: entonces utilizamos aislantes térmicos ligeros en condiciones secas. Ahora utilizamos metales pesados y conductores de calor, siempre en condiciones húmedas o mojadas. En lugar de separar las cosas en condiciones secas, ahora los objetos deben juntarse en condiciones húmedas. ¿Cómo podríamos saber que este sabor agrio-metálico está relacionado con algo “eléctrico” (ya que los sentidos humanos no pueden percibir nada de electricidad)? Por la experiencia cotidiana, sabemos que algo tendrá un sabor diferente cuando después se prueba otra cosa; por lo tanto, la aparición de un sabor distintivo cuando se colocan dos materiales juntos en la lengua no es inesperada. Sigue siendo un misterio en El1 qué se hace al contactar las placas fuera de la boca; es una especie de ritual espeluznante, una fórmula mágica. Entonces, aparentemente, no ocurre nada en el cable de conexión del experimento El3; sólo que debemos seguir la regla de que debe disponerse en forma de anillo y una rotura en cualquier parte lo elimina todo.

En general, sin embargo, aparece algo más en contraste con otros tipos de fenómenos naturales. Normalmente, en toda la naturaleza los fenómenos se desarrollan por etapas, y junto con los ritmos diarios y anuales; se hinchan y desaparecen. Podemos pensar en el clima, en el crecimiento de las plantas, en el calor y el frío de la naturaleza. Además, las cosas ocurren en relación con un lugar determinado: un proceso actúa aquí, otro allá. En los sonidos de las cosas naturales escuchamos manifestar su solidez, tensión o tamaño, es decir, cuando cae una manzana, cuando se derrumba un árbol o se resquebraja el hielo de un estanque en invierno. El ruido nos dice algo sobre el objeto y su ubicación. En los animales, los sonidos revelan incluso su estado interior, lo que les estimula o les hace sufrir. E incluso en mecánica, por el sonido de la madera al astillarse o por la forma en que resiste nuestro brazo, sentimos la fuerza que una palanca y un punto de apoyo dirigen al punto activo. Pero lo que llamamos electricidad se muestra de manera totalmente diferente; las conexiones en el lugar y el tiempo se rompen. Los efectos eléctricos se producen mediante procedimientos espeluznantes y rituales.

Una parte del ritual, es decir, una de las condiciones para la aparición de la electricidad, es el circuito de conductores metálicos y soluciones acuosas, como se muestra especialmente en El3b y El3c. Si en el mismo circuito todo se construye en el mismo orden de lengua

Machine Translated by Google

Al tocar cobre y zinc, la acción es más fuerte. Si se invierten todos los pares zinc-cobre, la actividad sigue siendo igualmente fuerte. Si se invierte la mitad, la actividad casi desaparece. Al principio no se modifica el conductor de cobre de los cables, sólo tiene que estar presente. La lengua funciona como la llamada fuente de voltaje (fuente de corriente) y al mismo tiempo como indicador. Para los estudiantes esto no es necesario desarrollarlo más de cerca.

Con estos experimentos más simples, podemos desarrollar un concepto de lo abrupto/carácter inesperado, aislado de la naturaleza, incluso nervioso, de estos fenómenos. La disposición sistemática de estos tres experimentos tiene como objetivo mayor claridad para el profesor. Los estudiantes se cansan rápidamente de pensar las cosas en aras de la prueba; Puede ser suficiente uno de los experimentos, acompañado de una posterior descripción por parte del profesor de la secuencia de los fenómenos, basándose en su experiencia de primera mano. Ahora los fenómenos deberían trasladarse de la oscuridad de la boca a vasos de cristal transparentes. Primero demostramos la “corona de copas” en una disposición en serie de elementos voltaicos, que iluminan la bombilla (El4); y finalmente la columna voltaica, muy celebrada en su día.

En 1800, en una carta a la Royal Society, la famosa sociedad científica de Inglaterra, el propio Volta describió claramente la construcción de su columna:

> La esencia de este descubrimiento, que abarca casi todos los demás, es la preparación de un aparato que por su acción, es decir, por la descarga que produce en el brazo, etc., sea similar a un frasco de Leyden o incluso más a un débil Batería eléctrica cargada, pero que actúa de forma continua..., que, en otras palabras, posee una carga inagotable.
>
> Sí, el aparato sobre el que escribo, y que sin duda causará gran asombro entre vosotros, no es otra cosa que la disposición de una serie de buenos conductores de diferentes tipos, que están dispuestos uno tras otro de una manera definida...
>
> Hice una docena de pequeños discos redondos de cobre, latón o, mejor aún, de plata, del tamaño de una moneda de peaje en diámetro, por ejemplo, como una moneda pequeña, y el mismo número de placas de estaño, o mejor aún, de zinc, de forma y peso similar… Además, preparé una serie de discos redondos de papel, cuero o material poroso similar que sea capaz de absorber una gran cantidad de agua. Estos discos, que yo llamo placas húmedas, están hechos algo más pequeños que las placas de metal para no colgar de sus bordes cuando se encuentran entre ellas. cuando tenga todo

Machine Translated by Google

Ya estas partes listas, las metálicas bien limpias y las no metálicas humedecidas con agua o, mejor con agua salada y ligeramente secas, para que no gotee, sólo me falta disponerlas en un lugar adecuado.
manera.

Y esta disposición es simple y fácil: coloco una de las placas de metal horizontalmente sobre una mesa, por ejemplo, de plata, y encima coloco una de zinc, sobre la cual coloco una placa húmeda, seguida de una segunda de plata y luego de zinc. plato, y de nuevo un plato húmedo... Continúo de la misma manera construyendo más niveles hasta que tengamos una columna lo más alta que no caiga.
encima.

Si se ha construido hasta un nivel que contenga 20 o 30 niveles o pares de placas metálicas, entonces será posible no sólo cargar un condensador (tarro de Leyden) mediante un simple contacto, sino también dar una o más cargas a los dedos colocados sobre ambos extremos, que se repiten cuando uno renueva el contacto...

Para recibir un espasmo débil, el dedo debe estar húmedo, de modo que la piel, que de otro modo no conduciría lo suficiente, quede bien afectada. Para obtener descargas aún más fuertes, debemos conectar la base de la torre con un recipiente con agua, en el que podemos introducir más dedos o incluso toda la mano, mientras presionamos una placa de metal en la parte superior de la columna. Sentimos entonces un pinchazo en los dedos, cuando sólo tocamos el tercer o cuarto par de placas; si ahora tocamos el quinto o el sexto, es interesante notar cómo los espasmos muestran un aumento gradual en intensidad...

Una de estas observaciones (que la columna es inagotable) es exagerada, porque la luz eléctrica y el calor que producimos difícilmente se producen de la nada. La bombilla eléctrica incandescente (El4) ofrece una aplicación: ¿dónde se sustenta el consumo? Si dejamos que una bombilla de este tipo arda durante un tiempo, es evidente que una placa sufre un cambio: el zinc se corroe y las sales blancas de zinc mezcladas con hidróxido de zinc cubren las placas. La columna voltaica debe ser lavada para eliminar este residuo, inconveniente que la otra fuente de corriente no presenta; De lo contrario, la “corona de copas” no es práctica, ya que no es transportable, no puede mantenerse en actividad y requiere un espacio muchas veces mayor que la columna Volta.

En la época de Volta, la gente intentaba hacer perceptible el misterio de la electricidad cargando sus cuerpos de muchas maneras. Así, Volta informa:

Machine Translated by Google

> Sólo unas palabras sobre el oído: este sentido que antes había intentado estimular sin éxito utilizando un par de placas de metal (aunque utilicé los metales más selectos, a saber, plata u oro con zinc), ahora he podido estimularlo con el nuevo aparato. de 30 o 40 pares de placas.
> Inserté dos varillas de metal con extremos redondos en las orejas y luego las conecté con el aparato. En el momento de la conexión, sentí un shock en la cabeza y un poco más tarde, mientras el conductor se curaba, escuché un tono, o más exactamente, un zumbido en mis oídos, que sigue siendo muy difícil de describir. Era una especie de golpe o crujido, como si un material duro se estuviera desgarrando en hilos. Este ruido persistió sin volverse más fuerte ni más suave, mientras la corriente estuvo activa.
> La sensación desagradable la interpreté como un peligro, ya que provocaba una convulsión en el cerebro. Por tanto, no repetí este experimento.

Si bien la columna voltaica casi ha desaparecido de la tecnología eléctrica, la corona de copas fue una inspiración para todo tipo de pilas secas y baterías. Millones de ellos los utilizan hoy en día, desde un contador Geiger hasta un marcapasos cardíaco. La batería más simple consistía en elementos de cobre y zinc en una solución de sal de cobre, ampliamente utilizada en las estaciones de telégrafo del siglo pasado (el tipo de celda Daniell).

Más tarde, se inventó el elemento dióxido de zinc-manganeso (pila Leclanche) y se convirtió en la base de la pila seca moderna utilizada en la mayoría de las linternas. Para obtener más detalles, consulte el tema accesorio sobre celdas galvánicas.

III. voltaje y corriente

No importa lo que intentemos descubrir sobre la relación entre la electricidad y las condiciones exteriores, nunca podremos llegar a la esencia de la electricidad; permanece oculto.
Aún así, podemos enumerar las condiciones de los efectos que crea en el cuerpo humano (espasmos, ardor) o en una bombilla (calor, luz):

1. Deben haber dos metales disímiles: uno lo más noble (precioso) y el otro lo más básico posible, sin tocarse sino sumergidos en una solución salina, ácida o alcalina que forma la porción interna del “circuito”.

2. Debe existir (realizarse) una conexión externa de un electrodo al otro: mediante un cable metálico o algún tipo de circuito.

3. En esta vía externa se puede insertar el cuerpo o la bombilla, teniendo contacto en dos lugares. Si queremos producir brillo o luz, debe pasar un trozo de cable conductor delgado a través de los contactos.

La condición más esencial es la primera. El segundo permite una gran variedad de números y tipos de materiales. En cambio, el primero es muy específico y claramente es

Machine Translated by Google

el más importante. Se puede demostrar (como se hizo en la época de Volta) que los extremos (terminales) de una columna o pilote voltaico muestran efectos de campo eléctrico. Incluso cuando no hay corriente activa, por ejemplo, las láminas de un electroscopio de pan de oro adjunto se separan. Además, los extremos de las columnas actúan como polos cargados en electrostática. Pero, en un circuito conductor de corriente, los extremos no muestran carga: son cables comunes y corrientes.

Estos delicados efectos repulsivos nos resultan familiares gracias a nuestro trabajo con la electricidad por fricción y las tiras de papel, pero normalmente sólo son observables en un laboratorio técnico en los terminales, lo que nos ha llevado a imaginar que la columna voltaica (incluso sin corriente) tiene una condición eléctrica: es decir, un "potencial eléctrico". Es una fuente de electricidad, es decir, una especie de punto de partida de todo lo que sucede. La tensión o carga eléctrica (técnicamente, diferencia de potencial) es una condición estática entre dos objetos (electrostática) o entre dos partes de un objeto (electricidad galvánica), es decir, el potencial entre los polos de la batería de una linterna, que contiene fenómenos eléctricos en preparación. . El potencial eléctrico significa que más tarde podemos producir fenómenos que actualmente son potenciales, es decir, que aún no han ocurrido. Así, podemos comprar tensión en forma de batería de linterna, que de alguna manera está “cargada” con voltaje (potencial eléctrico), y la batería sirve como suministro. Cuanto mayor sea este voltaje (tensión), más cargada estará la batería y más se podrá producir con ella.

Con 1000 voltios, la mera proximidad de los polos de un explosor es suficiente para provocar una descarga sonora. Así, la alta tensión requiere una gran separación (en el aire) o un aislamiento grueso. En electrostática, cuando colocamos nuestros botes de hojalata cargados sobre botellas de vidrio o sobre placas de poliestireno, tenían una distancia de aislamiento de aproximadamente 1 cm. En la electricidad galvánica se necesita muy poco aislamiento; En realidad, el aislamiento sirve simplemente para evitar un cortocircuito: la corriente debe estar aislada para que no se vuelva a conectar sobre sí misma.

Cuando, como en los experimentos El4 y El5, hacemos un circuito que conecta los polos de la fuente de carga, entonces, fuera del potencial en calma, surge un proceso doble: aquí, el cable de la bombilla brilla; allí, las placas de zinc se corroen, dejando sales de zinc (y simultáneamente en las placas de cobre -aunque apenas evidentes en los fenómenos que percibimos- burbujea hidrógeno de la solución y surge una solución débil de ácido nítrico). Existe una relación entre el desarrollo de calor y luz con el consumo del electrodo metálico y las transformaciones que ocurren en solución.

Ya sea que el conductor tenga una milla de largo, corra cuesta arriba o cuesta abajo, se adentre profundamente en la tierra o suba a un globo, esta relación se mantiene. Esta relación entre la luz (brillante) y el consumo de zinc en el cátodo se denomina "corriente". Por supuesto, nada “fluye” por el cable. Si tenemos más bombillas, al cerrar el circuito se encienden todas simultáneamente, sin demora, en lugar de la que está más cerca de la

Machine Translated by Google

electrodo o el interruptor brillan antes. En la corriente eléctrica no hay un “frente” que pase a lo largo del circuito, ni hay una dirección de movimiento a lo largo de la cual la corriente no es algo objetivo en el corrientes.[2] mundo disponible para nosotros, sino que es una idea de las relaciones que existen en el circuito activo. En cualquier caso, la corriente es una condición existente en los conductores y los fluidos que intervienen, no un proceso por el que algo “corre”. Por lo tanto, deberíamos decir que la corriente “existe”, en lugar de “fluir” actual. Producir corriente, entonces, es decir que permitimos que exista una relación entre fenómenos de consumo o gasto (metal) y rendimiento (bombilla incandescente), y no significa que pongamos en movimiento algo cuasimaterial en el cable. En general, esto significa que fuera del cable se crea un campo magnético (ver grado 8); y dentro del cable se produce un calentamiento suave, correspondiente a la sección transversal del cable; es pequeño en cables grandes pero nunca desaparece por completo. Así, dentro del propio cable (que sólo se incluye como condición necesaria), no ocurre nada en absoluto como resultado de la corriente, excepto un comienzo germinal de algo allí, es decir, el ligero calentamiento (calor como comienzo de cualquier cosa que suceda).

IV. intensidad de corriente y cortocircuitos

Esta corriente, cuidadosamente concebida en este sentido, puede ser más o menos poderosa. No es necesario abolir la idea convencional de fuerza actual. Una corriente grande significa un consumo rápido de zinc, es decir, un gramo de zinc se consume en un tiempo más corto. Al mismo tiempo, las bombillas producen mucho más calor y una luz más brillante.

Un proceso que tiene una magnitud en todas sus partes tal que en 1 hora se consume aproximadamente 1 gramo (1,22 g precisamente) de la placa de zinc (y por lo tanto aparece como sal de zinc en la capa húmeda), por definición produce una corriente unitaria = 1 amperio.

Para permitir que los electrodos produzcan una mayor tasa de consumo de zinc, es decir, una corriente mayor, deben proporcionar una mayor superficie en solución o, en caso contrario, deben ser porosos. Para poder forzar el paso de una corriente mayor contra resistencia (cable delgado, muchas bombillas dispuestas en serie en el cable), necesitamos un voltaje más alto, es decir, más pares de placas, dispuestas como se indicó anteriormente.

Mientras que el voltaje es una capacidad o potencial, la corriente es un evento, generalmente en dos lugares. Puede estar limitado por la tasa de consumo de zinc posible en la batería o por la resistencia, es decir, por la conductancia del filamento de la bombilla en relación con el voltaje disponible. La corriente es la realidad y el voltaje es el potencial para penetrar los conductores.

Con el concepto de corriente ahora podemos investigar más de cerca las baterías de almacenamiento (celdas húmedas de plomo), la protección contra sobrecargas (cortocircuitos) y las bombillas.

Machine Translated by Google

cercanamente. Los diferentes metales necesarios en la batería de un automóvil son el plomo por un lado y el peróxido de plomo marrón oscuro por el otro, aunque sólo sea como una fina capa sobre la placa de plomo (El6). Para mayor corriente y salida, las placas planas no tienen suficiente superficie, por lo que las baterías de almacenamiento comerciales se construyen con placas porosas (El7).

La batería de un automóvil puede producir 20 o incluso 50 amperios.
Por lo tanto, un conductor colocado sobre el brazo se calienta (El7). El lugar más caliente es donde el conductor es más delgado: en los hilos deshilachados al final de un cable, la superficie de contacto suele ser tan pequeña que los hilos se derriten, brillan e incluso se vaporizan, lanzando chispas explosivas por todos lados. Si un circuito consta de un cable grueso y tiene muy poca resistencia en forma de un conductor delgado y deficiente (una bombilla insertada en el circuito), consumirá demasiada corriente y el cable puede sobrecalentarse y podría provocar un incendio. El experimento (El7) muestra la aparición de una corriente demasiado fuerte y las chispas características de ella. Un calentamiento tan intenso está asociado a un consumo igualmente intenso en una placa de plomo de la batería. Las placas deben ser correspondientemente grandes; Existe una relación clara entre el espesor del conductor y el tamaño (área) de la placa. Un alambre grueso o un cable grueso (con muchos hilos conectados al circuito) produce un gran calentamiento, requiriendo placas igualmente grandes.
¿De dónde surge esta corriente excesiva? La construcción de un circuito únicamente con conductores de baja resistencia lo exige. La batería, por supuesto, permite y permite ser útil con una corriente menor.

Este puede ser el próximo experimento con un cable de resistencia suspendido (El8).
Un cable de este tipo es más delgado y peor conductor que los cables de conexión de cobre.
En él se produce todo el calentamiento y actúa como límite para la “dosificación de los fenómenos”, la corriente. Si acortamos la longitud de un cable delgado, ese trozo se calienta más y la corriente es más fuerte. La resistencia de cualquier cable es proporcional a su longitud. Si lo acortamos aún más, el calentamiento y la corriente asociada aumentarán hasta el punto de fusión y el cable finalmente se fundirá. El alambre de cobre, que ya se funde con una longitud mayor, muestra su mayor conductancia; El cobre es un material de poca resistencia, por lo tanto bueno para los cables.

Al principio, los estudiantes sólo pueden comprender la corriente, la tensión y la resistencia de forma cualitativa y experiencial y sólo en su significado experimental.
Allí puede permanecer en séptimo grado. Sin embargo, el profesor debería ser capaz de utilizar estos conceptos cualitativos y reconocer las correspondencias objetivas y las magnitudes implícitas en ellos sin tener que hacer cálculos precisos con fórmulas, y también debe estar preparado en el momento para dar respuestas a las preguntas en clase.

Machine Translated by Google

v. voltaje y resistencia

¿Qué es el voltaje (potencial eléctrico)? El voltaje es una condición de preparación de los fenómenos eléctricos; una condición capaz de completar el circuito [con una chispa] sin que se haga nada más, por ejemplo, cuando nos acercamos a una lámina frotada. Los científicos hablan de la disponibilidad de carga en los objetos, por lo que generalmente imaginamos que se puede producir frotando, separando o sumergiendo placas de metal, etc.

Sin embargo, como fenómeno objetivo, la tensión (potencial) no es nada. Si hay fenómenos eléctricos, lo que percibimos no es la tensión dormida (potencial), sino los diversos movimientos o calentamientos (efectos); por lo tanto, no podemos entender la situación sólo con el concepto de voltaje. En el ideal, es decir, en gran medida cercano a la realidad, el voltaje (tensión eléctrica) es, estrictamente hablando, la pura posibilidad de eventos eléctricos; es una condición de preparación del acontecimiento, un estado de espera.

Esta inclinación hacia un acontecimiento (tensión) puede ser más o menos poderosa; con alta tensión, las chispas pueden saltar una distancia de varios metros. Una medida cuantitativa de esta tensión, es decir, el valor numérico en voltios, especifica la capacidad de penetración en el entorno en comparación con la capacidad de penetración de una fuente de 1 voltio. A diferencia de la electrostática (grado 6), nuestros experimentos galvánicos con placas metálicas de celdas húmedas (grado 7) producen sólo voltajes bajos: 1-2 voltios. No pueden producir las llamadas “chispas de alto potencial”, que cruzan la brecha antes del contacto. Pero, ¿cómo podemos aumentar el voltaje de nuestras celdas de placas de cobre y zinc? Al insertar más celdas (El3 y El4,

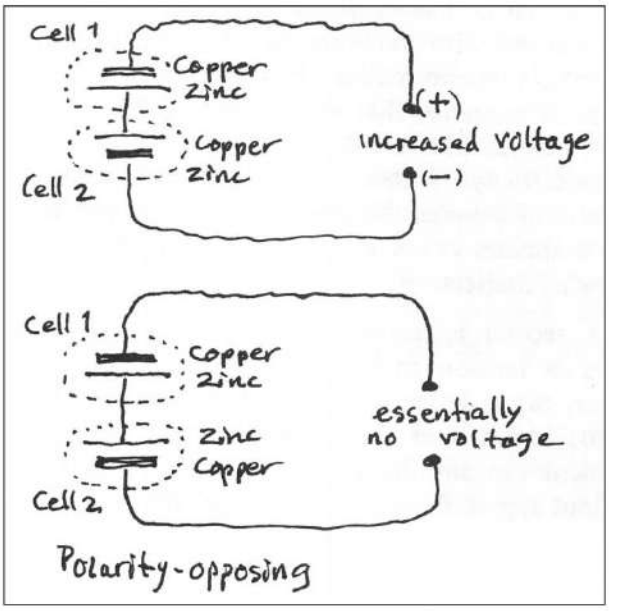


Figura 19. Conexión de celdas para aumentar el voltaje.

Machine Translated by Google

corona de copas). Sólo para el voltaje, no importa el tamaño de las placas:
Podríamos utilizar las tiras metálicas de El3. El orden de inserción es decisivo.

¿Cómo aumenta esta disposición el voltaje? La tensión eléctrica existe siempre entre dos polos. En la Figura 19 superior, un polo de una celda está conectado a un polo opuesto, por ejemplo, más, y el otro a su opuesto, menos. El electrodo de cobre aquí es En contraste, positivo. [3] el circuito con ambas placas de zinc conectadas entre sí (Figura 19 abajo) hace que ambas placas de cobre sean positivas en el mismo grado. En relación al punto de referencia común (las placas de zinc conectadas), las placas de cobre tienen el mismo potencial, por lo que se produce tensión cero (diferencia de potencial) entre estas dos placas. Dado que el voltaje es característico de una batería, dicha celda no tiene ningún valor. Una batería con mayor voltaje, es decir, con mayor capacidad para producir eventos, también es capaz de producir fenómenos eléctricos suficientemente fuertes, incluso en un cable largo y delgado que es mal conductor (por ejemplo, en una bombilla); A esto lo llamamos corriente. Una batería con mayor voltaje aumenta la potencia de los eventos: la bombilla se quema. El voltaje y la corriente de la batería deben coincidir con la resistencia del circuito.

La resistencia en un circuito depende del material del cable. Todo lo que forma parte directamente del círculo de conductores (es decir, todos los componentes cuya eliminación eliminaría los fenómenos de corriente) desempeña un papel. La resistencia de cualquier trozo de cable en particular (o cualquier porción del circuito) depende de tres cosas: longitud, espesor (sección transversal) y material (composición). En nuestro experimento El8 con el cable incandescente, el cable de alimentación (a nuestro powerstat) se puede alargar o acortar sin apenas efecto en el calentamiento del cable delgado. Pero si se acorta el fino alambre, comienza a brillar mucho más pronto y con más intensidad; es esa parte del circuito la que determina la corriente (la escala del fenómeno general). Es la resistencia limitante. La resistencia del cable de alimentación debe evaluarse como mucho menor, ya que tiene poca influencia en comparación con el segmento de cable delgado; por lo tanto, no necesitamos considerarlo más a este respecto. El experimento El8 muestra que la resistencia es menor con un segmento de alambre delgado y más corto, ya que la corriente (y el calentamiento) son mayores. Ahora imaginamos dos de esos cables estirados en paralelo. En cada uno se produce el mismo calentamiento que antes en uno; la batería se consume el doble de rápido y en total existe el doble de corriente.

La experiencia también demuestra que, sin alterar la corriente general, los cables vecinos se juntarán e incluso pueden fundirse en uno solo. Luego tenemos un cable pero con el doble de sección transversal. Regula todo el circuito al doble de corriente en comparación con la que actúa en uno de los cables iniciales (más delgados). El doble de espesor tiene la mitad de resistencia. En general: la resistencia eléctrica aumenta con la longitud y disminuye con la sección transversal.

Machine Translated by Google

Para investigar las propiedades de estos materiales, en lugar del alambre de hierro de floristería, podríamos insertar alambres de diferente composición, pero con la misma longitud y sección transversal. El material que más calienta es el que mejor conduce. el exacto

La intensidad de la corriente se puede determinar a partir de la velocidad de consumo de las placas de la batería. Naturalmente, en un experimento de este tipo, intentamos utilizar cables para la batería con una resistencia mucho menor que el cable en cuestión. ¿Cómo se logra esto?
Deben ser más gruesos y estar hechos de un mejor conductor. En nuestro experimento, tenían el doble de diámetro y (lo más importante) estaban hechos de cobre, que conduce 8 veces mejor que el hierro. Este principio constituye la base de todos los electrodomésticos y de toda la red eléctrica: los conductores deben tener una resistencia mucho menor que

el objeto que se utiliza; es decir, en comparación con el filamento enrollado, largo y delgado de una bombilla. Y precisamente allí donde se encuentra la mayor resistencia se produce el mayor calentamiento. Por lo tanto, las gruesas piezas de contacto del enchufe, o los cables de soporte de la bombilla, tienen cada uno una resistencia mucho menor que el filamento helicoidal.

El tamaño de la batería, concretamente la superficie de las placas y no el número de celdas, juega un papel decisivo. Inicialmente, esto se puede resumir en la regla: la corriente en un circuito de resistencia aumenta con el tamaño del voltaje asociado y disminuye con el tamaño de la resistencia. Si reducimos la resistencia, la corriente aumenta cada vez más, hasta un límite, ya que la batería no puede alimentar ninguna corriente arbitrariamente grande. Su potencial de voltaje falla. Por ejemplo, un automóvil no puede arrancar con una batería de radio de transistores de 12 V, aunque la batería del automóvil también sea de 12 V. Sin embargo, sus placas porosas de plomo tienen una superficie casi mil veces mayor que la pared de zinc de una pequeña celda seca. Las placas de celdas grandes permiten una tasa de consumo 10 veces mayor, ya que el desgaste se produce en la superficie de las placas. La corriente máxima se produce cuando el circuito tiene la menor resistencia, e incluso ya no incluye cableado externo sino que está limitada únicamente por las propias placas. A partir del tamaño de las celdas, podemos aproximarnos a la corriente máxima y, a partir del número de celdas, podemos conocer el voltaje con precisión.

vi. la experiencia de la electricidad

¿Qué opinión, qué sentimiento deberían tener los estudiantes hacia la electricidad? Nos sentimos tentados a responder rápidamente: simplemente presente los hechos y déjelos libres. Pero eso no es lo que debería suceder, al menos no con los jóvenes. Para enseñar una materia se debe crear una conexión entre lo que presentamos y una experiencia más profunda en los estudiantes, con su vida interior. De lo contrario, el núcleo en desarrollo de la personalidad se debilita. No nos hacemos ilusiones de que la manipulación fría, la gloria de nuestro conocimiento humano de los efectos experimentales o las aplicaciones egoístas

Machine Translated by Google

de estas fuerzas naturales llamadas suprasensibles no tienen ninguna conexión emocional con el mundo. Un enfoque que pretende estar libre de valores y sólo enseña hechos relacionados con un tema, de hecho, tiene un sentimiento de conexión con el mundo, pero un mundo desconectado, separado y aislado. La enseñanza impregnada de tal visión del mundo causa una profunda impresión, incluso si se considera educación objetiva.

Al estudiar un tema, incluso si la orientación emocional no se expresa, es ciertamente bueno hacer que esta orientación emocional se forme conscientemente para los estudiantes y sus padres, para tocar lo espiritual en el mundo que surge en ellos. Eso es muy individual para cada profesor y cada clase. Sin embargo, la orientación que hemos utilizado aquí se puede resumir en tres aforismos, que son:

(1) La forma en que la electricidad atraviesa el tiempo y el espacio, o, más precisamente, las transformaciones perceptibles en la ubicación, los cambios en la secuencia temporal que experimentamos, mediante los cuales nuestra mente define nuestro mundo, no se puede construir adecuadamente con electricidad. Sin previo aviso, la electricidad corta el tapiz de imágenes naturales coherentes. Comparamos su apariencia con el nerviosismo, aunque las palabras no son lo que
asuntos.

(2) Cómo soporta cada circuito su aislamiento de tensión. El terminal positivo de una batería sólo puede producir fenómenos de corriente con el terminal negativo de la misma batería. Por tanto, un segmento de cable puede formar parte simultáneamente de dos circuitos sin alterar apreciablemente el funcionamiento de ninguno de ellos. En el caso de corrientes pequeñas, los circuitos se influyen entre sí sólo mediante el calentamiento del conductor común (que aumenta ligeramente la resistencia) y la correspondiente expansión. En el siguiente diseño del circuito, el efecto cruzado apenas se nota:

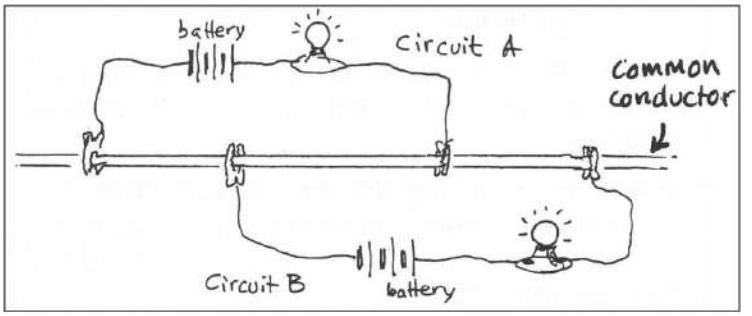


Figura 20. Sin efecto cruzado con la electricidad

Cada circuito actúa como si sólo fuera consciente de sí mismo, de su propia imagen del mundo; está cerrado en sí mismo. Las cosas que suceden en los alrededores no tienen ningún efecto; está orientado sólo a sus propias propiedades. Ésta es la razón por la que podemos llevar circuitos dentro de nosotros, por ejemplo, en un audífono. En el caso de la acústica, por el contrario, el tono no dependía

Machine Translated by Google

sólo en la cuerda, sino en todo el instrumento, incluso en el espacio circundante.
La luminosidad está ligada a los lugares más lejanos. La calidez cambia según la calidez del entorno. Pero el circuito, con sus conductores o aislantes no naturales (a diferencia del tejido, el cuero o la madera), se inserta en el entorno como algo autónomo, extraño.

Mientras que el primer aforismo se orienta más a pensamientos sobre la electricidad, y el segundo más a nuestros sentimientos al respecto, el tercero señala las (3) posibilidades ilimitadas de lo que podemos hacer. Si los estudiantes entendieron completamente los conceptos de voltaje, corriente y resistencia discutidos anteriormente, entonces podrán producir y gestionar racionalmente cualquier tipo de efecto eléctrico con comprensión y sin necesidad de ningún tipo de sentimientos más profundos sobre sus conexiones con la naturaleza. Reorganizar mentalmente la conexión externa de baterías baratas y débiles puede, sin ningún otro cambio, crear una fuente de energía más potente; el desplazamiento de un simple cable sin potencia, para reorganizar la conexión, es suficiente para aumentar la tensión (cableado en serie) o la corriente (cableado en paralelo). La inserción e inversión de elementos del circuito puede producir los mayores efectos sin mucho esfuerzo; es decir, un resultado abstracto o mágico: un interruptor

El aforismo de Goethe (ver su Teoría del color) es el más importante o lo dice todo: debemos prestar atención al significado ético-moral. Los estudiantes deberían sentir este tipo de cosas y considerarlas activamente en las discusiones. Se podría intentar una evaluación un poco más clara de esto -quizás después de un año de sueño- en el octavo grado, de tal manera que persigamos las consecuencias que nuestra terrible civilización eléctrica ha creado para la vida del individuo, para el organismo social. , incluso para toda la tierra, a fin de despertar los impulsos ético-morales necesarios para contrarrestarlos.

Machine Translated by Google

Experimentos en electricidad

el 1 sabor electrico

Haga que un estudiante examine el sabor de las placas individuales de zinc y cobre; saben a metal desnudo pero apenas se pueden diferenciar. Nada se altera si ambos se tocan simultáneamente en la lengua. Sin embargo, cuando los extremos exteriores de las tiras se ponen en contacto, aparece un sabor amargo, algo picante, más intenso con la tira de zinc.

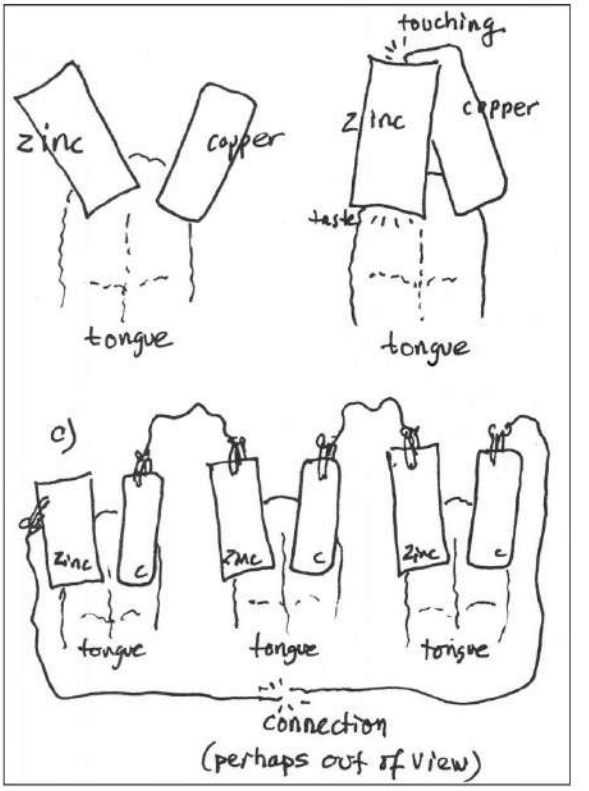


Figura 21. Degustación de electricidad

el 2 sabor lejano

Conecte los cables de conexión a cada tira con abrazaderas de cocodrilo. Cuando se realiza la conexión con estos cables, aparece inmediatamente el mismo sabor picante. Incluso podemos unirnos a ellos a espaldas de los estudiantes. Se darán cuenta inmediatamente cuando se realice la conexión; incluso si los cables llegan hasta el otro extremo del aula, pueden distinguirlo correctamente. (Les hacemos mostrar cuando las placas están conectadas golpeando con el pie).

el 3 aumentando el sabor eléctrico

Usando dos cables conectores y una tira de cobre y zinc para cada uno, podemos formar una “batería de células de lengua” humana con varios estudiantes conectando en serie las tiras de zinc y cobre que prueben (Figura 21c).

a) Los alumnos indican (golpeando) cuando aparece el sabor eléctrico. En el instante en que se complete el circuito, todos patearán al unísono (a excepción de los flemáticos).

Machine Translated by Google

b) Si solo un estudiante se quita cualquiera de las tiras metálicas de su boca (o una la conexión se rompe), todos no probarán nada.

c) En lugar de conectar los cables entre sí, una las abrazaderas mediante: (1) una tira de madera [sin gusto]; (2) una lata, tijeras, yunque, tubo de hierro o conducto de calefacción limpio y limpio [gusto eléctrico].

el 4 corona de copas

La “Couronne des Tasses” (corona de copas) es una serie de vasos de precipitados dispuestos en círculo a modo de corona. Utilice 3 o 4 celdas, cada una con un par de placas de cobre y zinc, colocadas en vasos de precipitados llenos de sal saturada solución (sal de mesa en agua de dilución), todo en la misma secuencia: zinc, luego cobre. Cuando los cables de El3 se conectan a una pequeña bombilla, ¡se enciende!

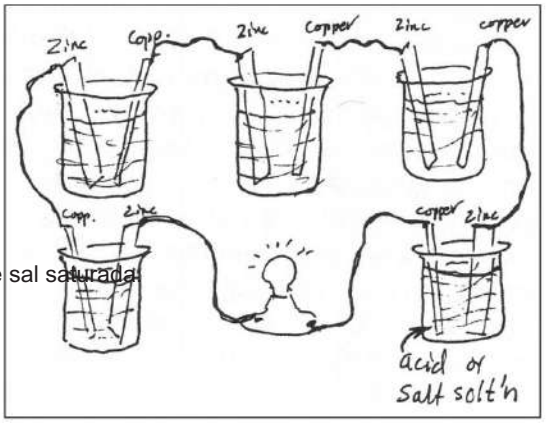


Figura 22. Corona de copas

[Pruebe con una bombilla de bicicleta de 2 V, 0,06 A o, aunque sea de alta tecnología, una LED de 2 V.] Una bombilla más grande (1,5 V, 0,1 A) seguirá brillando, aunque débilmente, con un par de placas (celda voltaica), lo que produce aproximadamente 1 voltio con cobre y zinc.

En lugar de conectar los cables a una bombilla, se pueden tocar con la lengua. La intensidad del sabor corresponde al número de células (y al brillo de la luz de la bombilla).

el 5 pila o columna voltaica

Forme una pila de 3 a 5 pares de platos intercalando con discos de papel de filtro (o papel secante o papel periódico, si es necesario) saturado con vinagre o solución salina. El cobre sigue al zinc. Un contacto de placa es seco, el siguiente a través de una placa húmeda; Las placas de zinc e incluso el cobre deben pulirse en los lados de contacto seco para proporcionar un buen contacto. Cada par debe producir al menos 0,7v. La solución no debe gotear sobre las placas de debajo; Las pinzas de cocodrilo en los cables finales no deben tocarse.

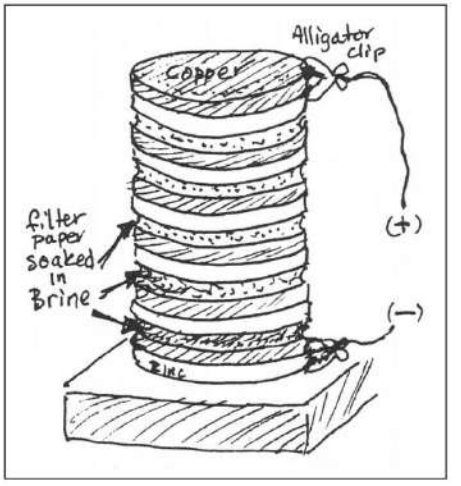


Figura 23. Pila o columna voltaica

Machine Translated by Google

el siguiente plato. A menudo es necesario tomar medidas drásticas sobre toda la pila de placas. Es mejor hacer la demostración en silencio, sin explicación previa. Nuevamente, la bombilla (de El4) se enciende y los cables tienen un sabor "eléctrico" en la lengua, lo que muestra que se ha producido corriente eléctrica. [Claramente, pruebe esta configuración antes de la clase.]

acumulador o bateria el6

Se doblan dos trozos de lámina de plomo haciendo pliegues cruzados con un cuchillo, se doblan alrededor de la pared de un vaso de precipitados y luego se colocan en un vaso de precipitados con una solución de ácido sulfúrico al 20-30%. [Con agitación CONSTANTE, disuelva LENTAMENTE 66 ml de ácido sulfúrico concentrado en 133 ml de agua fría en el vaso de precipitados, NO al revés, para preparar 200 ml de solución ácida de batería. Utilice gafas de seguridad y tenga cuidado de no derramar. Esto puede quemar agujeros en la ropa. Deseche más tarde tirando al fregadero con abundante agua.] Muestre cómo una bombilla conectada (como en la Figura 22) no muestra nada, porque todavía no es una celda voltaica productiva. Permita que las placas "se carguen". [Utilizando una fuente de alimentación de CC variable o un cargador de batería de potencia media, aplique una corriente CC durante 1 hora o hasta que se produzca una producción notable de burbujas de gas. Tenga cuidado de que las placas no se toquen durante la carga. Sepárelos con un espaciador: un trozo de malla de polietileno o un fragmento de una jarra de leche lleno de agujeros.] Vemos que la placa conectada al cable positivo desarrolla una capa marrón-negra. Hemos creado una celda de almacenamiento: ahora, la pequeña bombilla (1,5 V, 0,1 A) conectada brillará cuando esté conectada.

el 7 chispas actuales

Para mostrar el efecto de calentamiento de la corriente, prepare un trozo de cable multifilar (de casa) de 3 metros quitando unos 30 cm de aislamiento de un extremo. Atornille los conectores de pinzas de cocodrilo grandes en el otro extremo. De una abrazadera aislada en un soporte de laboratorio, cuelgue una segunda de modo que la parte pelada quede suspendida sobre la batería de un automóvil. [Usado pero útil, se puede quitar la parte superior, dejando al descubierto las conexiones de las celdas. Tenga CUIDADO, como se indicó anteriormente, con el ácido de la batería.] Sujete el extremo que cuelga en el terminal negativo. Coloque el otro cable tres veces alrededor del brazo desnudo de un estudiante que use gafas de seguridad. Entregue el extremo pelado a un segundo estudiante (también equipado con gafas de seguridad) quien lo mantendrá listo. El profesor ahora fija el otro extremo, mediante la abrazadera, al terminal de 4v (segundo conector interno de celda a celda de la batería).

El segundo estudiante ahora tiene la tarea de acariciar con su extremo desnudo el cable desnudo suspendido sobre la batería. El profesor aumenta el voltaje paso a paso [fijando el siguiente conector de celda positivo y finalmente el conector principal].

Machine Translated by Google

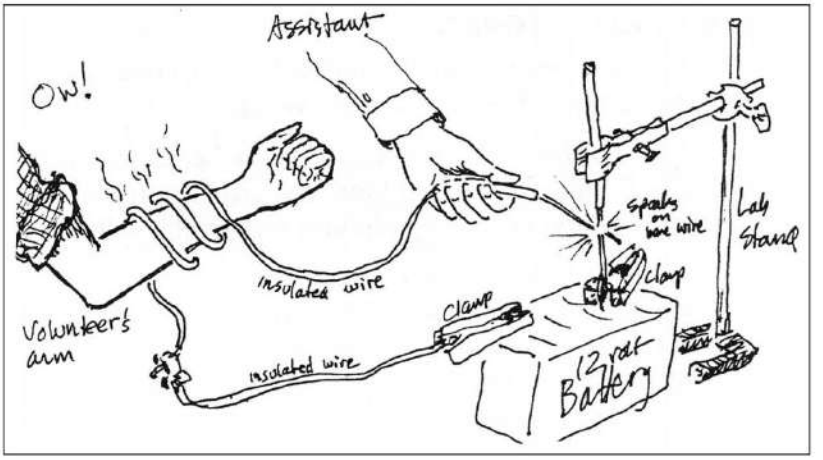


Figura 24. Experimentar el calentamiento actual

terminal positivo]. Al final, obtenemos una poderosa lluvia de chispas verdosas, pequeñas gotas brillantes de metal que se caen y un calentamiento muy notable del cable enrollado.

Se producen diferentes colores si utilizamos otros metales. Se coloca horizontalmente una varilla de acero (no cromada) sobre la mesa del laboratorio y se conecta con un cable común al terminal negativo de la batería. Un alambre de hierro, agarrado con una agarradera, se conecta al terminal positivo y luego se golpea ligeramente la varilla: aparecen chispas de color naranja, características del hierro. Generalmente, con las manos secas es posible tocar el alambre que producía tan espectaculares chispas sin ningún peligro ni notar nada; Además, toda la parte superior de la batería de almacenamiento (si está libre de ácido) se puede tocar sin sufrir golpes, ¡aunque es capaz de derretir cables gruesos! [La corriente produce calor y efectos magnéticos; El voltaje tiene el potencial de generar chispas a través de no conductores.

Aunque es capaz de generar entre 30 y 50 amperios, nuestra batería produce sólo 12 voltios, lo cual es demasiado pequeño para transportarlo sobre la piel seca; por lo tanto, no hay peligro. Además, intenta experimentar con las distintas varillas de metal utilizadas en el Experimento He2. – Traducción]

el 8 resistencia y corriente

Un trozo de alambre de hierro (alambre de floristería) de aproximadamente 1 m de largo y 0,5 mm de diámetro se suspende a 0,5 m por encima de la mesa del laboratorio utilizando dos soportes de laboratorio y abrazaderas aisladas. Utilizando cables de conexión algo cortos, aplicamos entre 2 y 3 voltios CC de una fuente de alimentación variable (varistat): un estudiante informa que el cable se está calentando; cae una bandera de papel doblada en el medio del cable, lo que muestra que el cable está hundido (expansión por calor). Aumente el voltaje a 12 voltios; luego, fije los segmentos cada vez más cortos del cable con la pinza de cocodrilo en el cable de conexión: pronto la bandera de papel humea, finalmente se cae quemando cuando el cable comienza a brillar; con más poder,

Machine Translated by Google

el alambre se derrite y caen perlas brillantes (la mayoría no se quema cuando ruedan); el alambre fundido se rompe por su propio peso. Un trozo de alambre de cobre del mismo grosor ya se funde, mientras que el segmento conectado es mucho más largo. Es un conductor mucho mejor y atrae una mayor corriente (calor) antes.

temas accesorios

- Circuitos de cableado en paralelo (aumenta el amperaje de las celdas eléctricas) y en serie (aumenta el voltaje)
- Tipos de baterías: a) pilas secas tipo zinc-carbono o tipo Leclanche (pilas húmedas)
  b) batería de almacenamiento de automóvil de óxido de plomo y plomo
  c) pilas recargables de níquel-cadmio

Machine Translated by Google

Magnetismo de grado 7

introducción

En sexto grado, presentamos el magnetismo principalmente como una direccionalidad dentro del entorno terrestre. Produjimos magnetismo a partir del magnetismo terrestre y estudiamos sus efectos. Ahora queremos centrar nuestra atención primero en los imanes antiguos y luego en los modernos fabricados por el hombre. Pasamos de la orientación que exhibe toda la Tierra, de la navegación y de los océanos, para explorar polos ocultos en piezas de metal magnetizadas. Un tema principal que surge de los experimentos sobre la proximidad a piezas fuertemente magnetizadas, especialmente con hierro, es el aumento del magnetismo por contacto directo. Todo lo que está hecho de hierro en las proximidades está "influido". Se trata de una experiencia profunda, casi un "secreto manifiesto" (Goethe) sobre el magnetismo.

Los romanos ya conocían la piedra imán (magnetita). Plinio el Viejo, en su gran tratado de historia escribe:

> ¿Qué hay más inerte que la piedra insensible? Sin embargo, vean cómo la Naturaleza le dio sentimientos y manos. ¿Qué resiste más que el hierro duro? Y, sin embargo, cederá y será obediente; porque se puede dibujar con un imán. Y a este metal, por lo demás convincente, le sigue aquí dócilmente una sustancia desconocida; y si se acerca, se queda quieto encadenado, acostado en sus 'brazos'.
>
> – Historium Naturum, Lib. XXXVI, c.16)

Los imanes antiguos estaban hechos de piezas de imán equipadas con placas de hierro; la pieza de piedra natural estaba "vestida con una armadura". Cuando se colgaba un "yugo" de este "traje", normalmente debía soportar 30 o 40 veces su peso.

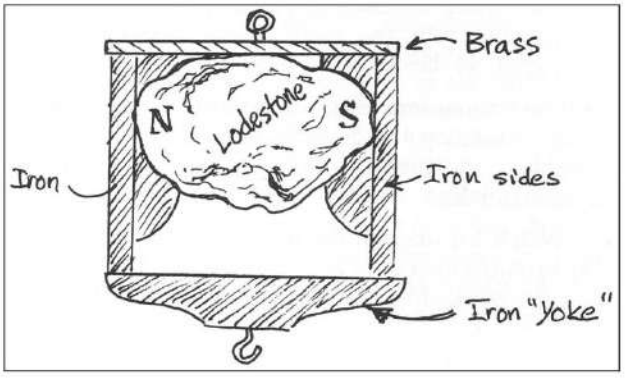


Figura 25. Imán montado en armadura

Al montarlo en una armadura, la parte de la imán que tiende hacia el norte se une a la parte que apunta al sur a través del yugo; De este modo aumentamos significativamente la capacidad de carga, al menos cien veces. Por lo general, un imán pequeño

Machine Translated by Google

Los fragmentos pueden soportar más carga en relación con su propio peso porque la fuerza magnética en ellos tiene una superficie relativamente menor para atravesar.

Goethe había investigado este tipo de imán blindado en su infancia, como lo describe en su autobiografía:

> Un imán blindado, muy bellamente cosido en tela escarlata, también tuvo que experimentar un día la influencia del placer de la exploración.
> Porque esta misteriosa fuerza de atracción, que no sólo se ejercía sobre una pequeña barra de hierro presionada contra ella, sino que además era tal que aumentaba y podía soportar cada día un peso mayor, esta misteriosa virtud [influencia] me había vencido. hasta tal punto que durante largos períodos caía en desnudo asombro ante su actividad. Por fin esperaba obtener una elucidación más precisa liberándolo de su envoltura exterior. Esto se hizo, aunque no me di cuenta, porque la armadura desnuda no me enseñó nada más. Lo dejé y tuve en mis manos la piedra desnuda, que no me cansaba de utilizar para hacer los más variados experimentos con limaduras y agujas cercanas, de los cuales, aparte de múltiples experiencias, mi espíritu juvenil no sacó más provecho. No sabía cómo volver a montar todo el aparato, las piezas estaban esparcidas y así perdí el eminente fenómeno junto con el aparato.
>
> 1

¿Cómo podemos guiar a los estudiantes a este ámbito? Inicialmente, mostramos los extremos o polos de dos grandes agujas de brújula independientes. Ciertamente, así como los extremos que apuntan al norte colocados uno debajo del otro se repelerán, un extremo que apunta al norte cerca de un extremo que apunta al sur se atraerá mutuamente (Mag1). Esto demuestra la conocida regla: los extremos con nombres similares se repelen; los extremos diferentes se atraen. A la luz de este hecho, el polo norte magnético de la Tierra debe describirse como magnéticamente sur, ya que atrae el extremo norte de la aguja de una brújula. 2 Si movemos la aguja de una brújula alrededor de una barra magnética, vemos cómo la atracción parece focalizada en los extremos; el centro exacto de la barra parece indiferente (Mag2). El centro tiene mucha menos capacidad para hacer que se peguen las limaduras de hierro (ver también Mag5). Por eso llamamos polos a los extremos y pensamos en ellos como si toda la actividad magnética procediera únicamente de ellos. La ubicación de estos polos no es en las caras de los extremos ni en puntos justo debajo de sus superficies, aunque vimos que la aguja apuntaba directamente a las superficies de los extremos.

Sin embargo, muchos fenómenos magnéticos pueden explicarse con esta idea de polos puntuales localizados. Si es una barra magnética con dos polos, uno de tipo rojo (norte)

Machine Translated by Google

y el otro azul (sur), se corta, sin demasiada vibración, en dos mitades, revelando una superficie de corte previamente oculta, entonces cada mitad también tendrá dos polos, ¡cada uno tan fuerte como los originales! (Mag3) Así, los polos no pueden ser la causa fundamental de los fenómenos, ya que aparecen y desaparecen a voluntad. Lo que está constantemente presente es la orientación de la magnetización. Donde esto pasa del hierro al aire, naturalmente, es el límite de la barra de metal; éste es también el límite de los movimientos de la aguja en el exterior; por eso hablamos de un polo permanente.

También se estudia la atracción del hierro, el fenómeno más conocido. ¿Cómo podemos explicar la atracción tan frecuente que ejercen las limaduras de hierro aún no magnetizadas? Al principio, estos son completamente amagnéticos. Pero, en las proximidades de un imán, se magnetizan, claramente en la misma dirección. Entonces, alrededor del polo “rojo” (norte) del imán primario, surge secundariamente un polo “azul” (sur) en cada presentación:
y por lo tanto atracción por el imán primario. Pero, en el otro extremo de cada una de estas limaduras magnetizadas secundarias, debe haber un polo “rojo” (norte) complementario. Y cualquier otra limadura de hierro en las proximidades del imán primario, y cerca de la primera limadura magnetizada, será magnetizada secundariamente con la misma polaridad que la primera limadura. Por lo tanto, será repelido por la primera limadura (como muestra Mag4a), al mismo tiempo que será atraído por el imán primario. En estos experimentos, el imán primario actúa como lo hizo toda la Tierra con nuestra brújula el año pasado: todo lo que se encuentra en los alrededores se magnetiza. Sin embargo, la Tierra no actúa de manera atractiva en ningún lugar (a pesar de las leyendas sobre una montaña magnética), sólo direccionalmente. Claramente, esta direccionalidad será enfocada y concentrada por grandes masas de mineral de hierro, es decir, desviada y aumentada en intensidad. Esto se manifestará en una desviación de la brújula (aberración).

El campo magnético es uno de los fenómenos del magnetismo más encantadores y bellamente formados. ¿Cómo se producen esos dibujos lineales? Inicialmente, las líneas curvas paralelas se obtienen cuando unimos las orientaciones individuales de la aguja de una brújula en cada posición, a medida que la movemos a lo largo de trayectorias arbitrarias de polo a polo alrededor de la barra magnética. De esta manera, las líneas de campo se pueden derivar precisamente de la orientación magnética, pero esto requeriría días. En cambio, innumerables limaduras de hierro lo mostrarán en un instante (Mag5). Para explicarlo recordemos el apartado anterior: Los granos de hierro están magnetizados. Si se encuentran transversales al campo, se alinean, como lo fue la aguja de la brújula en Mag2. Además, a partir de la claridad del patrón resultante, podemos leer la intensidad del campo magnético. Disminuye con la distancia. Claramente, el patrón surge debido al peso ligero de las limaduras. En el espacio libre, el patrón de fuerza que describimos con el término "campo" no se limita al lugar de las líneas finas; más bien, actúa sobre la aguja de una brújula magnética en todas partes,

Machine Translated by Google

homogénea y continuamente. El campo es una realidad sin que haya nada allí, una realidad en una idea (un resumen coherente) de todas las direcciones y orientaciones dadas por las distintas posiciones de la brújula. Al mismo tiempo, es el potencial de magnetización de las partículas que posteriormente se esparcirán en sus alrededores. Así, tenemos tres pasos:

1. No hay nada alrededor de un imán. Sin embargo, cuando se acerca la aguja de una brújula, se desvía.
2. Si dibujamos estas posibles orientaciones de las agujas en todo el espacio alrededor de una barra magnética, describimos el "campo".
3. Si espolvoreamos allí limaduras de hierro, este potencial de orientación se realizará y se formarán líneas a distancias arbitrarias, tan gruesas como las partículas que hemos esparcido.

En el caso de una barra magnética, las limaduras muestran claramente que la magnetización no proviene sólo de dos de los llamados polos, aunque sí se concentra allí. El campo magnético de un imán permanente artificial, revelado por las limaduras de hierro, está necesariamente superpuesto al campo magnético terrestre; es decir, la aguja magnética ocupa una posición promedio para ambos, dependiendo de la fuerza relativa de cada uno. (Esto es significativo en Mag2.)

Blindar el efecto de una influencia magnética, o si se prefiere, del campo, no se puede conseguir con papel, madera, vidrio o latón, ni con aluminio o agua.
Pero una placa de acero orientada diagonalmente o, mejor aún, una esfera de acero envolvente, protegerá permanentemente el efecto de un imán (Mag6). Una varilla de acero puede enfocar el campo magnético dentro de sí misma si se coloca entre la brújula "sensora" y la barra magnética que influye. Éste asumirá un magnetismo inducido y, por lo tanto, reaccionará la aguja magnética. La placa de acero orientada diagonalmente, por el contrario, se convierte en una frontera magnética; actúa como el centro del imán, indeterminado, por lo que la influencia del imán queda protegida. Si nos acercamos demasiado a la placa protectora, se observarán fenómenos de proximidad. [La aguja será atraída por la placa de metal simplemente porque es metal.] Debido a que el campo atravesará materiales que no protegen, podemos hacer experimentos como el experimento del imán oculto (Mag7).

El magnetismo permanente requiere materiales especiales. Podemos producir un imán duro o permanente utilizando materiales que, a diferencia de los llamados materiales magnetizables débiles, mantienen un magnetismo fuerte y permanente incluso después de la eliminación del campo productor. Estrictamente hablando, sólo los metales hierro y, en menor medida, el cobalto y el níquel y sus aleaciones (es decir, un 5% de níquel-acero) pueden magnetizarse. Semej

Machine Translated by Google

Los materiales se llaman "ferromagnéticos", llamados así por el hierro (ferrum en latín). Las piritas magnéticas y la magnetita (óxido de hierro cristalino) son débilmente magnéticas. El hierro y el acero con mayor dureza son más difíciles de magnetizar pero conservan el magnetismo, resistiendo incluso el efecto desmagnetizador de la vibración mecánica. El acero recién templado (consulte química de grado 8) o el acero al cromo o tungsteno es el mejor para los imanes permanentes. La más poderosa es la aleación descubierta en 1950: “alnico”, una aleación de 43% de hierro, 33% de cobalto, 18% de níquel y 6% de aluminio. Hoy en día, los imanes de demostración más potentes se fabrican con esta aleación. Se produce, como la mayoría de los imanes hoy en día, mediante un electroimán insuperable (ver grado 8, Mag2 y Mag3).
En el suplemento Temas accesorios se encuentran más temas, no tan necesarios ni tan impresionantes, pero sí útiles para ejercitar nuestro pensamiento sobre el magnetismo.

Machine Translated by Google

Experimentos en magnetismo

atracción y repulsión mag 1

Mientras dos grandes agujas de una brújula (brújulas de demostración) sobre soportes oscilan hacia el norte, quitamos una de su soporte y sostenemos el extremo "rojo" (que busca el norte) debajo del punto "rojo" (que busca el norte) de la otra, que ahora responde. [Los extremos con nombres iguales se repelen, los que tienen nombres diferentes se atraen.] Si están disponibles, mostramos dos imanes anulares (imanes flotantes); Incluso se pueden hacer rodar sobre la mesa y saltarán en un instante uno sobre el otro. En nuestra mano, muestran una repulsión casi tangible al colocarlos [el anillo tiene sus polos en la amplia superficie del disco, no en los bordes más pequeños como una barra magnética]. También podemos mostrar cómo estos anillos magnéticos influirán sucesivamente en una serie de agujas de brújula, haciéndolas oscilar del SE al NO a medida que pasan por encima.

mag 2 polos

Con una pequeña aguja de brújula, exploramos las proximidades de una gran barra magnética permanente, colocada sobre un bloque de madera (Figura 26a). Precisamente en el centro la aguja se encuentra paralela a la barra; más cerca de cualquiera de los extremos, apunta hacia ese extremo. Es posible confundirse en esta exploración, ya que el extremo “rojo” (que busca el norte) de la aguja será atraído hacia cualquier cosa ferrosa si se acerca demasiado— ¡Incluso el extremo “rojo” (que busca el norte) de la barra magnética! Por este motivo, cuando está cerca de la barra, la aguja puede desviarse ligeramente. Además, la aguja será atraída por cualquier pieza de hierro no magnetizada (Mag4). La solución es mantener una cierta distancia, generalmente el doble de la longitud de la aguja de la brújula, desde la barra.

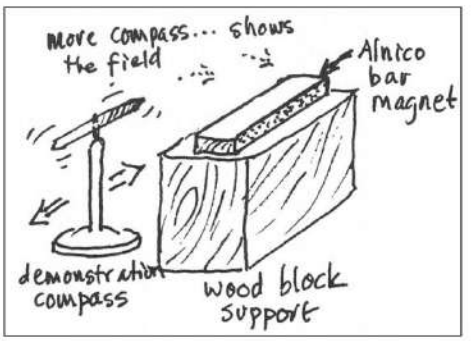


Figura 26a. Campo magnético

magnitud 3 dirección

Antes de la clase, instalamos dos varillas cortas y gruesas magnetizadas de acero de construcción, colocándolas sobre una barra más larga de modo que sus extremos tipo “rojo” y “azul” queden unidos. Usando una brújula, mostramos la zona media indeterminada, como se mostró antes para un

Machine Translated by Google

barra magnética. Pero, si ahora separamos las dos partes, en la zona media antes neutral, ¡de repente aparecen dos nuevos polos!

magnetización mag 4

a) Dos clavos grandes, no magnetizados, están suspendidos uno al lado del otro en cuerdas. Ahora se colocan cerca de un imán de alnico moderno y potente (lo suficientemente fuerte como para que un estudiante no pueda quitar el yugo tirando hacia arriba). Dejamos que las puntas de los clavos salten sobre el imán.

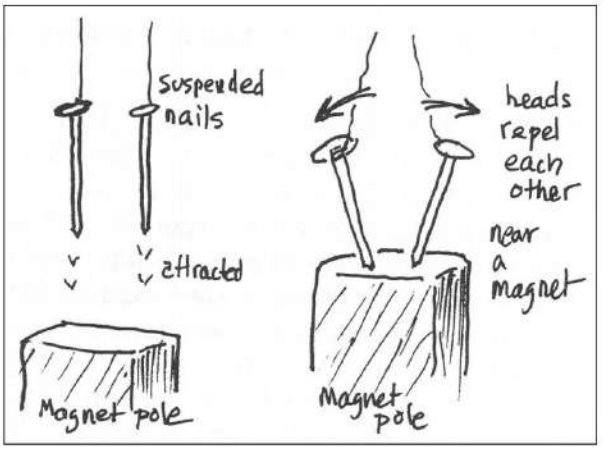


Figura 26b. Magnetización de proximidad

Luego observamos cómo las cabezas de los clavos se separan unas de otras (Figura 26b). Experimente un poco y observe atentamente, luego quedará claro. [Los clavos se han convertido en pequeños imanes en las proximidades del imán grande. Ambas cabezas son ahora del mismo tipo de polo que el gran polo magnético al que están unidas las puntas; así las cabezas se repelen.]

b) cadena de clavos. A través de una serie de clavos colocados uno al lado del otro, intentamos recoger con cuidado un extremo para que el resto avance. Cuando arrancamos la parte superior, el resto se cae. Cerca de allí, la aguja de la brújula muestra débiles fenómenos de atracción y repulsión.

c) la desmagnetización se puede lograr fácilmente calentando o golpeando (Grado 6, Mag3). También podemos utilizar la bobina electromagnética (Grado 8) alimentada por corriente alterna; dado que cambia constantemente hacia adelante y hacia atrás a través del punto nulo, deja una barra en su espacio central sin magnetización neta.

campo de magnitud 5

Cubra una tabla grande y delgada con una hoja de papel y espolvoree uniformemente limaduras de hierro (polvo de hierro fino y débilmente magnetizable que se obtiene de una casa de suministros científicos). Coloque debajo un imán de herradura permanente grande y en ángulo recto. Cerca de los polos surge inmediatamente un patrón: sobre las zonas de los polos, las limaduras de hierro se amontonan formando un "abrigo de piel". Luego, colocando tarjetas a varias distancias sobre el imán.

Machine Translated by Google

y hoja de papel, podemos espolvorear cada uno uniformemente usando un “coctelera” de limaduras hecha con una caja pequeña como un salero. Así, nivel por nivel, construimos una imagen tridimensional del patrón del campo, visualizado usando estos planos de sección transversal. También se puede visualizar cuando sumergimos una barra magnética directamente en una pila de limaduras y dejamos que se forme una “barba” en un extremo. Sin embargo, esto no es una buena idea, ya que las limaduras que se encuentran directamente sobre el imán sólo se pueden eliminar con un poco de esfuerzo.

blindaje magnético mag 6

Una barra magnética corta (o la llamada “placa protectora” o “yugo” de un imán potente) se coloca sobre un fondo de apoyo, por ejemplo, un libro inclinado hacia los estudiantes. Si movemos un imán hacia abajo, entonces el yugo de arriba también se mueve. La influencia magnética penetra a través del papel, la madera, el vidrio, el latón, el aluminio, el agua e incluso a través de nuestras manos. Pero no podrá penetrar una placa gruesa de hierro (acero).
La falta de protección del agua se puede demostrar utilizando una bandeja poco profunda y una tira de hierro en un bote atado a un hilo. El imán que hay debajo todavía lo mueve.

imán oculto mag 7

Encima de la mesa del laboratorio, coloque cualquier pieza común y conveniente de mármol o madera. Debajo, fije en secreto una barra magnética con cinta adhesiva. Usando una brújula, permitimos que un estudiante determine dónde está el norte en el aula. Pero, por encima de esta superficie hechizada, la aguja de la brújula se “confunde” cuando se coloca en varios lugares. Dejamos que los estudiantes conjeturen cuál es la situación allí (una barra de hierro, imanes ocultos, etc.). Investigamos la situación determinando la orientación de la brújula en varios lugares de la superficie de la mesa o en un boceto de la mesa. Así llegamos a un bosquejo del campo del imán oculto y podemos decir claramente dónde se encuentran sus extremos “rojo” (que busca el norte) y “azul” (que busca el sur).

Dejamos que los estudiantes descubran esto por sí solos. Sólo después revelamos el imán oculto para verificar la solución que han elaborado de forma independiente.

Machine Translated by Google

Mecánica de séptimo grado

descripción general

Recordamos la breve frase de la conferencia curricular de Rudolf Steiner ya mencionada en el Volumen I, en la que describe el capítulo de mecánica de esta lección principal de física:

> Y a partir de ahí se pasa a las ideas básicas más importantes de la mecánica: palanca, manivela, polea, plano inclinado, rueda/rodillo, tornillo de Arquímedes, rosca helicoidal, etc.

De las cuatro, quizás cinco semanas (mejor tres más dos) asignadas a la física en séptimo grado, una o como máximo dos pueden dedicarse a la mecánica. Sólo la palanca y sus aplicaciones podrían ocuparnos durante una semana entera. Al repasar el programa indicado por el Dr. Steiner, vemos inmediatamente que la mayoría de los temas sólo pueden presentarse en impresiones generales y no deben estudiarse mediante fórmulas exactas ni siquiera cálculos [al menos no en las presentaciones del bloque mismo]. Los aparatos multiplicadores de fuerza aquí presentados (las llamadas máquinas simples) se presentan en relación con la fuerza y la acción corporal. Sólo hay uno que, en sus aplicaciones cotidianas generalizadas, sólo se puede utilizar mediante el conocimiento de la aritmética exacta: la balanza, una aplicación de la palanca. La precisión es esencial: debe producir un peso exacto, ¡especialmente en una báscula de oro! Las otras máquinas manuales tienen que ver con la evaluación aproximada del aumento de fuerza, es decir, con el aumento de la facilidad, sobre todo con la forma en que facilitan el trabajo. Por lo tanto, primero estudiamos la palanca, inicialmente solo para la amplificación de fuerza a gran escala, sin mezclar ningún cálculo numérico. 1

i. la palanca

La palanca se introduce junto con la palanca como aparato que produce un efecto de elevación. La palabra palanca proviene del francés antiguo lecour, que significa "pesar" o "levantar" (Me1). Los estudiantes experimentan cómo nos rodean las fuerzas del mundo que cargan y presionan hacia abajo. En los árboles del bosque, que luchan contra esta pesadez, pueden ver cómo la gente se inspiró para utilizar maderas extraídas de ellos para levantar a otros. Esto también ocurre cuando utilizamos hierro y acero, reducidos

Machine Translated by Google

a partir del mineral mediante carbón vegetal (también un subproducto de la vida), como barra o viga de soporte. Pronto los estudiantes descubrirán que la efectividad de la palanca ("ventaja mecánica") tiene que ver con la longitud del brazo. La barra debe colocarse de tal forma que el brazo humano reciba una especie de extensión. Esto se verifica en el experimento con una viga larga (Me2). La fuerza de las pesas sobre brazos de igual longitud actúa de la misma manera, como sabemos por el balancín.

Sin embargo, este no es el caso cuando un peso se apoya en "una palanca más larga". Esto se puede expresar con palabras: cuanto más largo sea el brazo de palanca, más fuerte será el efecto del peso sobre él. Por el contrario, cuanto más corto, más débil será el efecto. ¿Podemos aumentar la fuerza de esta manera, indefinidamente? Sin duda, esto requeriría brazos de palanca muy rígidos. Pero, ¿qué ocurre generalmente dentro de la palanca? Cómo ¿Produce la amplificación de la fuerza? ¿Todo permanece? bajo el mismo estrés? (Yo3). La persistencia de un engrosamiento central indica que la varilla no está sometida a tensión. en los extremos, donde se aplica la carga, pero la mayor tensión existe en el fulcro punto. Una investigación precisa muestra que al inclinarse, el brazo de palanca sufre una extensión en la parte superior y un acortamiento en la parte inferior. Arriba experimenta tensión y debajo compresión. Estas fuerzas aumentan hacia el fulcro y disminuyen hacia los extremos.

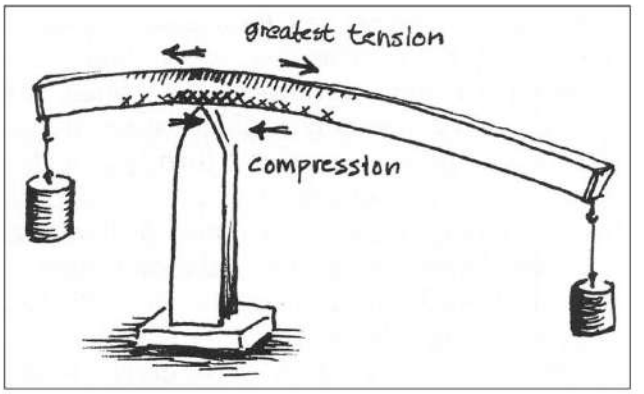


Figura 27. Fuerzas sobre una palanca de 2 brazos bajo carga

Si, mediante la fuerza del peso colocado en el extremo derecho, puedo sostener un peso igual en el izquierdo, entonces, sin tener que alterar el peso del derecho, también puedo sostener un peso mucho mayor en el izquierdo si es así. más cerca del fulcro. Pero, al alterar el peso de la izquierda (pequeño más afuera, más grande más cerca adentro), no he cambiado la tensión dentro del brazo de palanca cerca del fulcro ya que el peso derecho sin cambios continúa manteniendo el equilibrio. Esta gran tensión dentro de una viga de palanca cerca del fulcro está presente mientras la palanca esté en acción y es la misma ya sea que los pesos sean más grandes, más cerca hacia adentro, o sólo más pequeños, más afuera. La tensión localizada en el brazo de palanca corresponde al peso total colocado sobre él. La fuerza de carga que aumenta gradualmente a medida que se colocan pesos más cerca desde los extremos del brazo de palanca hacia el fulcro se expresa como un aumento interno de la tensión a lo largo de la columna vertebral de la palanca.

Machine Translated by Google

Una participación sentimental en tales fuerzas internas no es una ornamentación especulativa ni debería describirse únicamente mediante una ley de palanca matemáticamente clara; más bien marca el objetivo pedagógico real de este tema. El aprendizaje de fórmulas y el cálculo con valores numéricos y, sobre todo, el estudio del movimiento puro (foronomía) son abstracciones de los sentidos inferiores (masa, número, posición); educan un intelecto separado de la experiencia. Por el contrario, una participación sentimental en la tensión interna de la palanca real conduce a un modo de estudio concreto que incluye las experiencias reales de todos los sentidos.

El estudiante se pregunta: "¿Cómo me sentiría por dentro si fuera el rayo sobre el que se aplican estas fuerzas externas?" Cuando nuestra voluntad experimenta las fuerzas de esta manera, nuestros sentidos de movimiento, equilibrio y vida interior se despiertan a la percepción y se conectan con los sentidos superiores, ya que también nos orientamos hacia la flexión (vista) o el crujido o crujido (oído). . Y si ahora el rayo está cargado hasta reventar, esto despierta aún más nuestro sentimiento-participación. Esta participación en el sentimiento se puede caracterizar después del experimento y finalmente trabajar con conceptos (p. ej., las tensiones localizadas en la madera). De este modo se pone en juego toda la persona; la iluminación va paso a paso desde la voluntad, pasando por el sentimiento, hasta el discernimiento del pensamiento. En este segundo período de siete años de la vida de los jóvenes, es precisamente esta participación a través de experiencias de sentimiento, luego diferenciadas a través de los detalles de las observaciones, lo que resulta más profundamente educativo.

Por lo tanto, sería fuera de lugar presentar experimentos sensacionales con fuerzas poderosas y desgarradoras, simplemente para abstraerlos a lo externo, es decir, fórmulas foronómicas (de movimiento puro) como la ley de la palanca o el mero cálculo de equivalentes numéricos. Esto realmente equivaldría a poner una fina capa de intelectualismo sobre una voluntad caótica; es diversión y abstracción en lugar de una penetración adecuada al sentimiento. “Si no lo sientes, no lo perseguirás.”2 Si se experimenta y considera una conexión de sentimiento real con cada lugar real a lo largo del brazo de palanca, entonces podemos extraer con confianza nuestro tema de la pedagogía. Sin duda, el profesor acabará informándoles sobre los equivalentes numéricos de la ley de la palanca y les describirá ejemplos. Pero, en general, primero presentaremos una serie de experimentos y luego, después de haber establecido la conexión experiencial de manera más segura, ejercite un poco de dominio intelectual para unir las fuerzas del intelecto que despiertan con los esfuerzos de la voluntad.

Con esto pasamos a la balanza, donde la experiencia interna de los brazos de palanca es igual y depende únicamente de las pesas que se les colocan en los extremos (Me4). Entonces, tal vez podríamos presentar la diferencia entre el brazo único y el

Machine Translated by Google

Balanza de dos brazos. (En una discusión anterior, nos referimos principalmente a la balanza de dos brazos). A partir de estas consideraciones se pueden encontrar todo tipo de aplicaciones de la palanca. Por ejemplo, en Italia, con los vendedores ambulantes de frutas, a menudo nos topamos con la antigua balanza romana de doble plato (báscula de dos brazos). Todavía se utilizan balanzas de este tipo en forma de báscula de cazador o báscula de animales de granjero.
Estos pueden acomodar fácilmente el peso de un estudiante y son bastante útiles para demostraciones (Me5).

Lo que nos enseña nuestro experimento sobre el grosor de un brazo de palanca se puede ver de forma artística en las balanzas antiguas y también en el dibujo Melancolía de Alberto Durero. Otra forma es el abridor de botellas, que es una palanca de un solo brazo [también descrita como palanca "Clase II" = el elevador está ubicado en el mismo brazo que la carga, aunque con un brazo más largo]. El cascanueces y la palanca son el mismo tipo de palanca. Los alicates son como una palanca doble de dos brazos: dos palancas que trabajan en oposición [una palanca "Clase I" = carga y elevación están separadas por un punto de apoyo]. La pala es también palanca de doble brazo, como comúnmente se usa. Las largas tijeras para papel proporcionan una traslación (aumento) de la fuerza de las manos (profundamente en las mandíbulas al inicio del trazo) para cortar materiales gruesos, mientras que al final del trazo (en las puntas) producen una traslación inversa que proporciona acción más rápida (los movimientos lentos y más pequeños de los dedos producen un movimiento mayor y más rápido); por lo tanto, el papel se puede cortar rápidamente antes de que se doble fuera del camino de los bordes cortantes. Una caña de pescar es una palanca de un solo brazo [una palanca "Clase III" = el levantamiento está más cerca del punto de apoyo que la carga]. Su utilidad está en su largo alcance más que en su ventaja mecánica o capacidad de elevación.

Con la palanca de un solo brazo levantamos en el sentido del movimiento deseado de la carga; con la palanca de doble brazo, al revés (presionar hacia abajo, cuando queramos levantar algo). 3

ii. rueda y eje

Con la palanca estamos ante fuerzas aplicadas sobre una barra casi totalmente móvil. A continuación pasamos a las máquinas que conectan dichas fuerzas a una barra que está firmemente montada y que sólo puede girar (eje y rueda). En la cultura tibetana, la aplicación cotidiana de la rueda y el eje se evitaba hasta hace unas dos décadas. Si bien es fácil comprender la ventaja de una rueda rodante, por ejemplo, en un carro de bueyes, sobre un simple patinaje, no es tan fácil captar las fuerzas que actúan desde el eje hacia la rueda. ¿Qué ocurre dentro del eje que de alguna manera transmite la fuerza a la rueda? A modo de simplificación, imaginamos inicialmente un eje con un solo brazo transversal en cada extremo:

Machine Translated by Google

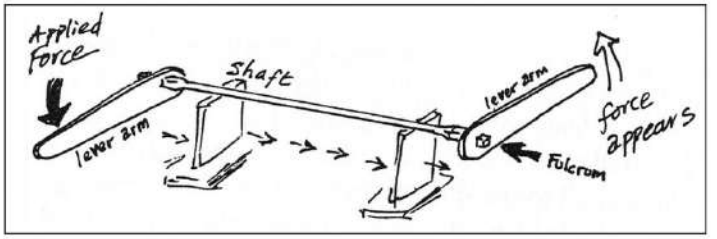


Figura 28. Eje con brazos

El eje (eje) de nuestra palanca axial forma un Punto de apoyo separado para dos brazos de media palanca. La fuerza rotatoria que actúa hacia adentro sobre dicho eje y lo deforma. lleva la fuerza utilizable (aplicada en un brazo de palanca) de un extremo al otro. A diferencia de la palanca, el eje está sometido a tensión (torsión) en toda su longitud, pero no de manera uniforme en toda su sección transversal. En su superficie exterior, en la capa del manto, se encuentra principalmente bajo tensión tangencial o rotacional (torsión). Hacia el centro estas fuerzas disminuyen. Por lo tanto, para conservar material, se puede utilizar un tubo sin perder la capacidad de soportar tensiones. Así, los ejes de transmisión de los vehículos, diseñados para la fuerza que deben transmitir, son siempre un cilindro hueco.

Para nuestro próximo experimento (Me6), utilizamos nuestro eje de madera especial con brazos (manivelas) de varias longitudes adjuntos. En un extremo, la tensión desaparece a través del eje cuadrado hacia el eje y reaparece en el otro lado (Me6b). Vemos que la mayor tensión existe en la periferia del husillo, no en su núcleo (al menos la torsión es visible mediante la franja indicadora). Si vivimos en las condiciones internas del eje en los sentimientos, entonces podemos tener una sensación de la torsión interna, en contraste con la flexión de la palanca. Con esta experiencia de torsión, nos damos cuenta del punto pedagógico más importante de la mecánica del eje. A continuación pasamos a una consideración de la rueda y el eje y finalmente a un tratamiento numérico de la misma (Me7).

Imagínese un pozo. Una cadena con un cubo de un quintal (100 lb) sube hacia arriba y se enrolla alrededor de una viga redonda. La viga se hace girar mediante una rueda de madera, sobre la que pasa un cable. Una anciana frágil tira del extremo del cable. ¿Cómo levanta el cubo? Aparentemente la situación es la siguiente: cuanto más grande es la rueda, menor es el peso o la fuerza necesaria en su extremo. En la rueda reconocemos nuevamente la disposición de palanca axial; el radio de la rueda (radio) es el brazo de palanca. En equilibrio (cuando está inmóvil), podemos imaginar el cable pegado a la rueda en el punto de contacto, o bien sujeto a un gancho allí. Desde el gancho hasta el centro del eje hay un brazo de palanca (el radio). Mientras la rueda gira, este punto se desplaza a lo largo de su circunferencia; sin embargo, el brazo de palanca radial sigue teniendo la misma longitud. Y, si imaginamos que el área en contacto con el cable a lo largo del perímetro de la rueda divide la fuerza (cuando el cable se sujeta por fricción a lo largo de una superficie de contacto larga), la fuerza se distribuye sobre un área mayor. Pero, lo más importante, siempre está conectado.

Machine Translated by Google

a lo largo de un brazo de palanca (radio) de la misma longitud. Todas estas palancas parciales (radios) tomadas en conjunto producen la acción de palanca que se ve arriba.

III. sobre poleas fijas y poleas y aparejos

Una polea fija se puede utilizar como balanza. Si se conoce el peso de un estudiante, podemos ver cómo se equilibra a cada lado de una polea fija por una masa igual colgada del otro lado (Me8). Esta polea se utiliza a menudo en obras de construcción y en lofts. Permite elevar una carga de abajo con un tirón hacia abajo y también permite al albañil o trabajador mantener su posición arriba. No reduce la fuerza necesaria, sólo invierte la dirección de tracción.

La polea móvil, por el contrario, ya produce una reducción de la fuerza necesaria (ventaja mecánica), porque el trabajador sólo tiene que levantar la mitad de la carga (Figura 29). Como la polea puede girar sobre un eje, la tracción sobre los segmentos de cable A y B se iguala.

El segmento de cable A levanta la polea junto con la carga, en cooperación con el segmento B. Si sustituimos el gancho por una persona, entonces esa persona tendría que levantar tanto peso como con una sola polea.

Debido a que la fuerza en los segmentos A y B soporta el peso, cada segmento soporta sólo la mitad de la fuerza que la fuerza hacia abajo en el gancho. Esta disposición, considerando el segmento que va desde el trabajador hasta la polea móvil, produce una reducción a la mitad de la carga (y una duplicación del trabajo o movimiento).

Como ya vimos con la palanca, este aumento de la ventaja se produce a costa del movimiento: el trabajador tiene que ser sólo la mitad de fuerte que sin él.

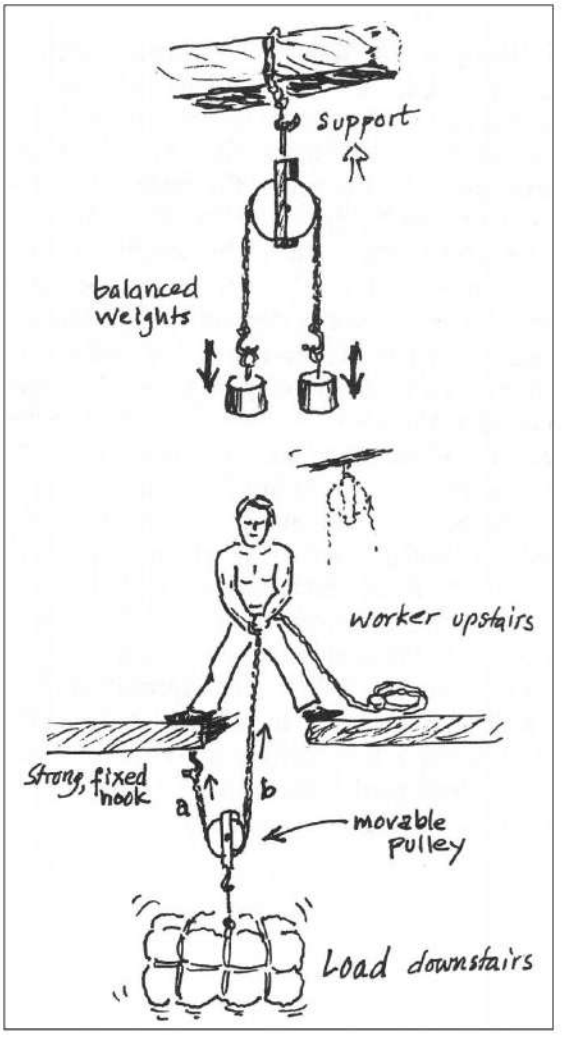


Figura 29. Polea móvil: reducción de la fuerza de elevación requerida

Machine Translated by Google

polea, pero tiene que tirar el doble. Debe levantar el doble de cable que si

Elevó la carga directamente con un solo cable.
Al parecer, también tiene que tirar hacia arriba de la cuerda del lado del gancho, en lugar de una segunda persona.

Ahora, junto con la ventaja que supone tener una polea inferior (móvil), podemos pasar el cable del ascensor sobre una segunda polea (fija) situada arriba de donde se encuentra el trabajador, por ejemplo, una polea fija sujeta a su techo. Ahora el hombre puede caminar hacia un lado y muy fácilmente tirar hacia abajo o en diagonal (Me9).

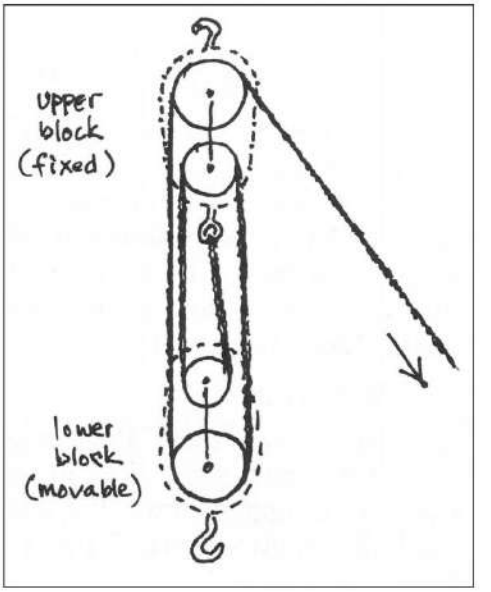


Figura 30a. dos poleas

El bloque y aparejo es simplemente una serie de igual número de poleas fijas y móviles, cada una montada en sus propios bloques de retención de madera de fresno, denominados "poleas" por los marineros. El bloque superior (Figura 30b) contiene las poleas fijas, el inferior contiene las móviles. Entre los bloques superior e inferior contamos cuatro segmentos de cable. Están conectados entre sí y con el extremo de elevación del cable únicamente a través de poleas móviles y cada uno ejerce la misma tracción.

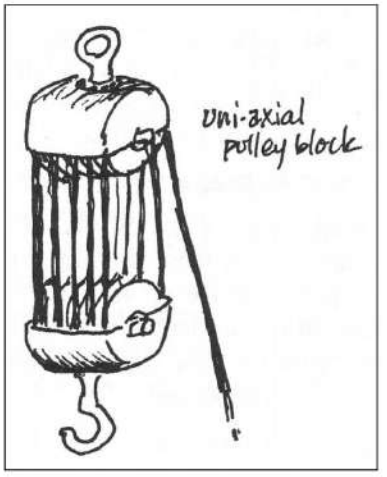


Figura 30b. Bloquear y abordar

El tirón que el trabajador ejerce sobre el extremo del cable actúa cuatro veces sobre el bloque inferior; puede transportar una carga cuatro veces mayor que un solo cable. Naturalmente, al levantar la carga, el trabajador tiene que acortar los cuatro segmentos de cable y tirar una longitud de cable cuatro veces mayor a través del bloque superior (Me10). En las grúas de construcción, que, por ejemplo, levantan piezas prefabricadas de construcción, normalmente nos encontramos en el bloque de gancho de elevación un bloque con muchos más cables, ya que estos no se retuercen tan fácilmente como uno solo. Sin embargo, a diferencia del antiguo bloque y aparejo que todavía se usa hoy en día para levantar troncos, en las poleas más nuevas, todas las ruedas de la polea se asientan sobre un eje común, una al lado de la otra y no una debajo de la otra (Me4b). Sin embargo, la disposición anterior (Me4a) es mejor para demostraciones en el aula, ya que el movimiento del cable es más visible.

Machine Translated by Google

Con dos poleas formamos una máquina que aumenta la fuerza.

doble. Pero con cuatro poleas, cuádruple. ¿Cuántas poleas se necesitan para triplicarlo? (Ver Figura 31).

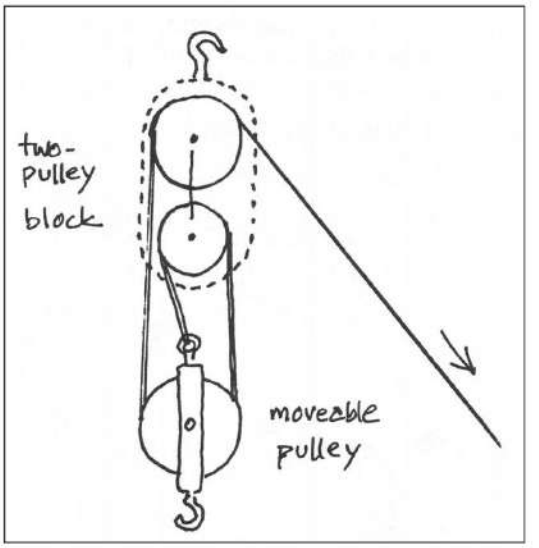


Figura 31. Aumento de fuerza triple

IV. plano inclinado, tornillo y cuña

Si bien la palanca, la rueda y la polea conducen a relaciones numéricas, mostrar tales relaciones numéricas con el plano inclinado llevaría a

estamos demasiado lejos; entonces, esto se difiere al tratamiento del vector de fuerza paralelogramos en grado 10. En lugar de estas consideraciones, puede ser suficiente establecer un plano inclinado y tirar de un peso grande a lo largo de un plano inclinado, utilizando un pequeño carro con ruedas, con una polea en la parte superior para invertir la fuerza de elevación; Puedes hacer esto con diferentes inclinaciones.

Resultado: a medida que la superficie de recorrido se vuelve más empinada y finalmente vertical, podemos incluso eliminarla: la carga y la fuerza requeridas se han vuelto iguales y la superficie ya no soporta nada de la carga. Por el contrario, cuanto más horizontal sea la superficie de desplazamiento, menor será la tracción necesaria (casi nada con un carro sin fricción sobre una superficie horizontal). Pero al mismo tiempo la carga gana mucho menos altura.

Además, cuanto más horizontal sea el plano inclinado, menor será la fuerza hacia adelante necesaria para superar una gran fuerza hacia abajo (el peso de una carga masiva) e incluso elevarla, aunque sea una pequeña distancia. Un ejemplo sería una enorme piedra angular para una bóveda funeraria, una carga enorme que sólo puede colocarse en su lugar utilizando un plano inclinado. A menudo, el movimiento hacia adelante se facilita utilizando rodillos además del avión.

La ventaja de fuerza del plano inclinado también se aprovecha en el tornillo. Enrollamos el plano inclinado alrededor de un cilindro, formando un sinuoso camino en espiral. De este modo se produce una gran fuerza que impulsa la punta del tornillo hacia adelante a partir de una fuerza menor que hace girar el tornillo. De este modo, el llamado tornillo de agua de Arquímedes puede levantar un peso de agua mucho mayor utilizando sólo una pequeña fuerza para girar el aparato.

Una aplicación mucho más sencilla del plano inclinado se ve en la cabeza de un hacha o en un partidor de troncos; son ejemplos de cuña que también aprovecha la ventaja mecánica producida por la fuerza diagonal del plano inclinado.

Machine Translated by Google

Experimentos en mecánica

yo 1 palanca

Se coloca un bloque de piedra de 50 kilos (110 libras) con un extremo sobre una delgada cuña de madera para que se pueda insertar debajo el extremo afilado de una palanca (la llamada palanca o abridor de cajas). Lo que el estudiante más fuerte difícilmente puede hacer con los dedos, una niña pequeña puede hacerlo fácilmente con la palanca, incluso si muchos estudiantes se sientan en el bloque. Si la habitación no tiene un piso duro debajo del bloque, coloque una placa de acero debajo del punto de apoyo de la palanca (para evitar dañar el piso de madera).

yo 2 palanca

Haga que dos estudiantes se sienten en un banco pequeño. Coloque una viga (4" x 4") encima de un bloque o tocón de madera suficientemente grande para que un extremo quede colocado justo debajo del banco. Investigamos las longitudes de palanca necesarias para que un tercer estudiante, usando su peso, levante a los dos primeros junto con su banco. Siempre que los tres pesen aproximadamente lo mismo, la relación de longitud (banco-fulcro):(fulcro-levantador) debería ser de 1:2. Usando diferentes longitudes de brazos de palanca, el "levantador" sólo puede levantar a un estudiante; ahora la proporción de longitudes debería ser aproximadamente 1:1.

Yo 3 puente voladizo

Pegamos tableros laminados en conjuntos como se muestra a continuación (Figura 32), todos los cuales tienen la misma longitud pero diferentes disposiciones de piezas laminadas.

Se clava una pieza de madera de media caña al bloque de soporte a modo de punto de apoyo. El conjunto b resistirá una carga en ambos extremos que provocará el conjunto c se rompe, mientras que el conjunto a emite siniestros sonidos de división, pero sólo se agrieta lentamente. (La mayor tensión se encuentra en el centro, cerca del punto de apoyo, NO en los extremos donde se colocan las cargas).

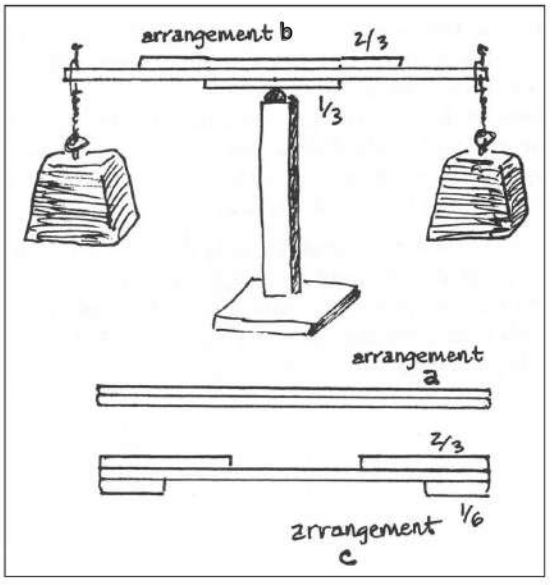


Figura 32. Voladizo laminado

Machine Translated by Google

yo 4 saldo

Instale una barra de equilibrio a unos 122 cm (48") exactamente en su punto central, es decir, en equilibrio, encima de una viga de soporte fija; la barra de equilibrio tiene aproximadamente 12 ganchos colocados cada 5 cm (2"). Las diversas disposiciones equilibradas se pueden demostrar o verificar con pesas del mismo tamaño colgadas de varios ganchos, por ejemplo, 2 x 9 = 2 x 3 + 2 x 6 (2 pesas en el brazo de palanca con una longitud de 9, solo mantenga en equilibrio 2 pesas en la posición 3 y 2 pesas en la posición 6.

yo 5 balanza de granjero antiguo

De hecho, podemos pesar a un estudiante con esta balanza de dos platillos de alta resistencia. Depende únicamente de la seguridad con la que se fija el soporte al techo o a las vigas. El asiento para el estudiante se toma prestado del aparato de bloqueo y aparejo. Utilice varias pesas en el otro plato para medir el peso.

me 6 manivela (palanca axial)

Nuestra “palanca de eje” de madera con eje de madera de fresno resistente a la torsión tiene extremos cuadrados para sujetar brazos de palanca en cada extremo (Figura 33). Inicialmente, en un extremo ponemos un brazo grande y otro pequeño. Entonces tenemos una palanca ordinaria de dos brazos con el eje formando un punto de apoyo. En una competencia, el estudiante que empuja el brazo largo vencerá al estudiante que empuja el brazo corto (como sabemos bien por Me1 y Me2).

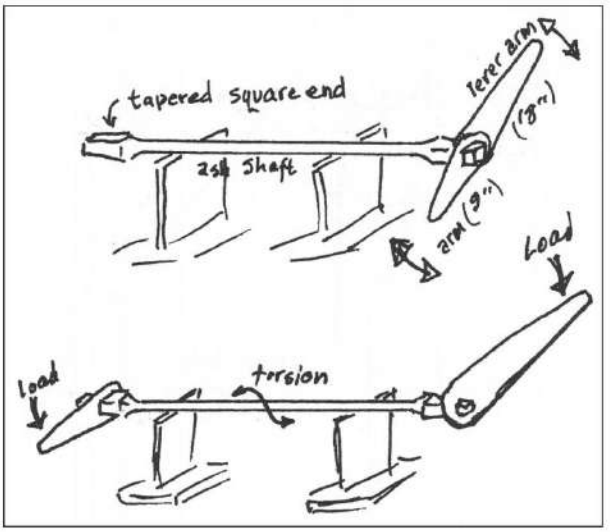


Figura 33. Eje con brazos de palanca

A continuación, hacemos uso de ambos extremos del semieje.

cuando aplicamos fuerza a las palancas separadas. El eje del cenicero sufre ahora una tensión de torsión y ambas palancas se mueven un poco una contra la otra.

(Una franja negra a lo largo del eje muestra la torsión a lo largo de su longitud).

Machine Translated by Google

Me molinete de 7 ruedas o tambor (polea escalonada)

Un eje de metal de forma cuadrada tiene discos circulares de varios tamaños montados en los extremos (una polea escalonada), alrededor de los cuales enrollamos cuerdas (en direcciones opuestas) con pesas en los extremos. Primero mostramos el equilibrio casi ingrávido que existe entre pesos iguales sobre ruedas igualmente grandes. Utilizando discos de diferentes tamaños, observamos las diferentes velocidades de caída de las pesas. Luego, póngalos en equilibrio agregando pesos a una cuerda (la que está unida a la rueda más pequeña) para que la relación entre los pesos y el tamaño de la rueda quede clara. [Nota: La más mínima desviación de la redondez perfecta de las ruedas, tal vez debido a un lijado incompleto de las ruedas de madera así como a variaciones en el peso del hilo, provocará que aparezca una pequeña discrepancia en el peso en el equilibrio, un peso de equilibrio falso. . Como queremos encontrar el peso ideal y evitar tales errores, utilizamos un eje metálico, quizás montado sobre cojinetes engrasados para eliminar la fricción de rotación tanto como sea posible, y utilizamos tambores o ruedas de bobinado cuidadosamente mecanizados.]

yo 8 polea fija

Nuestro aparato de polea forzada, capaz de soportar 200 kg (440 lbs), está colgado de un gancho del techo igualmente fuerte (quizás en el gimnasio). Sobre él se pasa un cable (cáñamo, de al menos 8 mm de espesor). Dos estudiantes cuelgan de cada extremo del cable y flotan aproximadamente en equilibrio; es fácil saber cuál es un poco más pesado.
Las pesas colgadas de un lado medirán el peso del estudiante como con la balanza anterior.

yo 9 polea móvil

Necesitamos al menos dos ganchos de techo de 100 kg (220 lbs) de capacidad y colocados aproximadamente a 1,5 veces el diámetro de la polea (consulte la Figura 34).

Un estudiante puede colgarse de la polea móvil. Evalúe la fuerza sobre el cable mientras cuelga allí (debe ser bueno para la mitad de su peso). Luego levántelo un poco y observe o mida con un metro cuánto mucho más alto es y también cómo

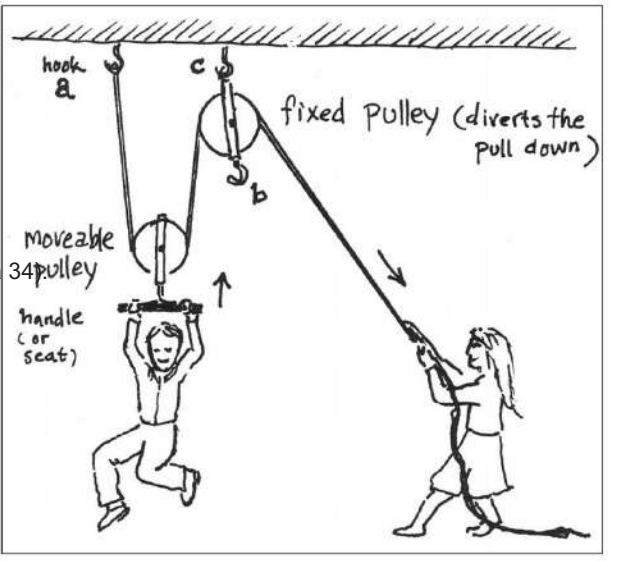


Figura 34. Polea móvil

Machine Translated by Google

Cuanto cable hemos tirado (el doble). Ahora mueva la fijación del cable del gancho de techo a al gancho b en la protección de cierre de la polea desviadora (fijada al techo); No ha cambiado nada, pero tenemos el comienzo de un bloqueo y placaje. Entonces sólo necesitamos un gancho de techo, concretamente c.

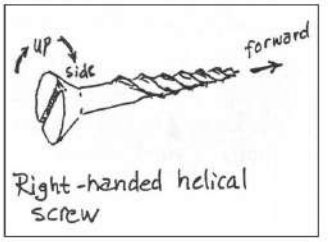
Yo 10 bloquear y abordar

Se utiliza un bloque y aparejo de cuatro o seis veces para levantar a un estudiante sentado en una tabla o asiento unido al bloque inferior. Incluso el estudiante más débil puede levantarlo “con un dedo”, pero tendrá que mover seis veces la longitud del cable. El ciclista incluso puede levantarse por sí mismo con facilidad. (En este caso, con seis rodillos, sólo tiene que ejercer una fuerza un poco menor que 1/6 de su peso, debido a que se vuelve más liviano al tirar hacia arriba del extremo suelto del cable. Un séptimo de su peso. (Ahora está apoyado en el cable, por lo que 6/7 descansa sobre el asiento. Esto se menciona principalmente para el interés del profesor.) Es interesante observar qué tan rápido pasa cada segmento de cable sobre su rodillo de polea: Los exteriores, más cerca de los sueltos final: corre más rápido que los segmentos internos.

yo 11 tornillo y cuña

Si tenemos tiempo, podemos demostrar fácilmente el plano inclinado utilizando un pesado bloque de hormigón sobre un carro con ruedas de patín. Tire del carro cargado por una pista hecha de una tabla de madera (9" por 4'), colocada en varios ángulos con respecto a la horizontal y con una polea fija en la parte superior. Pase un cable del carro sobre la polea para que podamos evaluar el Fuerza necesaria para mover el carro en varias inclinaciones.

Se hace fácilmente una demostración visual de cómo transformar el plano inclinado en un tornillo utilizando un triángulo de cartón (la hipotenusa representa el plano inclinado) que enrollamos alrededor de un cilindro y lo fijamos con tachuelas. Ahora el borde diagonal aparece como una espiral sinuosa que sube por el cilindro. La rotación del cilindro ahora es equivalente al movimiento horizontal producido por la cuerda en el carro en la configuración anterior. Analice las diversas aplicaciones del tornillo: apretar roscas en una abrazadera en C, engranaje helicoidal, barrena manual (soporte para taladro) de carpintería, etc.



Machine Translated by Google

Notas finales

descripción general

1 Véanse también los diversos escritos de Michael Polanyi sobre la teoría de la ciencia.

2 M. Wagenschein, “Rettet die Phänomene” [“Salvar los fenómenos”] en Der mathematische und naturwissen-schaftliche Unterricht [Enseñanza de matemáticas y ciencias], vol. 30, 1977, págs. 29-137.

acústica

1 En el sistema métrico SI; anteriormente se llamaba ciclos por segundo o cps

2 Este sonido inmutable -mientras dura- suena muy “electrónico” o “de alta tecnología”, lo que nos da una pista de lo que falta en tales sonidos “artificiales”: su compleja variación (el timbre) y un “colorido” espectro de matices.

óptica

1 “Sobre el valor de una cosa”, la imagen especular en el agua, A. Solzhenitsyn, 1970.

2 Véase el ensayo de mineralogía de F. Benesch sobre el significado de las piedras preciosas y el significado de lo precioso en relación con lo ideal, lo perfecto.

3 Tenga en cuenta que su superficie vidriada se produce a alta temperatura en un horno, lo que lleva el vidriado a un estado semifluido. Por tanto, la duplicación parcial no es sorprendente.

4 Fausto, escena de La cocina de la bruja, Ln 2429.

5 Véase el análisis de las sombras en el Grado 6, Sección III.3.

6 En séptimo grado, evite una visión escéptica del mundo para que el desarrollo del juicio pensante de los niños no se vea sobrecargado. Este poema se utiliza aquí sólo para expresar el carácter de un vista de espejo.

7 Las etiquetas, es decir, ahora tenemos que girar alrededor para ver la misma configuración de etiquetas que antes en la coordenada cruz.

8 Gracias al Dr. Georg Maier, Dornach, por la sugerencia de concebir la ley del espejo a partir del gemelo de allí.

9 Por esta aclaración, agradezco a Hermann Muller, Wanne-Eichel (Escuela Hibernia).

10 Véase “Isfahan, espejo del paraíso” de Henri Stierlen, Atlantis Pub. Zúrich, 1976.

11 conferencias de profesores, 29 de abril de 1924.

12 El ángulo de incidencia es el ángulo que forma la línea de visión de la tortuga con respecto al espejo; El ángulo de reflexión es el ángulo que forma la línea de visión del observador con respecto al espejo.

13 Para una mayor discusión sobre estos ideas para padres, consulte los artículos del Dr. Mackensen en Erziehungskunst [La educación como arte], 5/78 y 7/78.

Machine Translated by Google

calor

1 El valor exacto es, por supuesto, 98,6°F.

2 Tenga en cuenta que las divisiones del
La escala Fahrenheit es más fina (5/9) que la escala Celsius utilizada en el laboratorio. Por lo tanto, puede expresar un cambio de calidez apenas perceptible (1°F) y tiene un carácter de escala humana. La escala Celsius se considera útil porque divide dos fenómenos fisicoquímicos (congelación y ebullición) en partes decimales pares (0° y 100° respectivamente).

3 Utilice tubos, preferiblemente de Pyrex, para evitar roturas térmicas.

electricidad

1 Goethe, Historia de mis estudios botánicos.

2 En realidad, los técnicos generalmente
Imagine la corriente como electrones que se mueven a la velocidad de la luz en la dirección opuesta. Sin embargo, como se discutió anteriormente (Grado 6, Luz, II. “Ver...”), esta “velocidad” no es un fenómeno primario sino uno derivado teóricamente, utilizado para explicar otros fenómenos observados. Así, al menos según nuestras percepciones ordinarias (fenomenológicamente), la electricidad actúa prácticamente instantáneamente. Estos acertijos se abordan con más detalle en el grado 11.

3 Esto se puede establecer de la siguiente manera
(al menos en el pensamiento): el vidrio frotado con seda puede demostrarse que es positivo con respecto al paño que se frota (y también, por tanto, en relación con nuestro cuerpo y con la tierra, ya que estamos parados sobre el piso). La carga es positiva, es decir, del tipo opuesto a la del ámbar o la ebonita frotada con lana; cuando se suspende de un hilo cerca de un Varilla de ebonita frotada con fieltro, las varillas se atraen entre sí. Si hacemos una batería de 1000 celdas, conectadas como en la Figura 19 (arriba), conectamos a tierra la placa de zinc más baja y conectamos la placa de cobre superior a una esfera de metal. La esfera repelerá nuestra varilla de cristal; por lo tanto, ambos son positivos.

magnetismo

1 Goethe: Poesía y verdad, “Libro Cuatro”

2 Para evitar esta confusión, denominamos al polo
norte como si tuviera magnetismo “rojo” y al polo sur como “azul”.

mecánica

1 Walter Kraut ofrece una rica descripción de la
mecánica en el séptimo grado en Erziehungskunst [La educación como arte], 11 p. 424 (1972). Presenta un objetivo algo diferente, más foronómico (cálculos sin unidades). Además, aborda temas adicionales, por ejemplo la traducción, que deliberadamente se omitirán aquí.

2 Goethe, Fausto

3 Hay numerosas palancas en acción en el cuerpo.
Pero, dado que el sistema metabólico de las extremidades de los niños apenas comienza a penetrar físicamente sus tendones a esta edad, aplazamos el estudio de las palancas en la arquitectura de los huesos y la musculatura hasta el bloque de anatomía en el octavo grado.

Machine Translated by Google

Bibliografía seleccionada

Duit, Reinders y col. “Conceptos cotidianos y enseñanza de las ciencias naturales”, 1981.

Feyerabend, Paul. Conocimiento para seres humanos libres. Suhrkamp Publ., 1981, pág. 18.

Fischer-Wasels, Horst. “¿Non vitae, sed scholae discimus?” en: Die Hohre Schule [La escuela superior], 9/78, p. 339.

Fromm, Erich. Tener o Ser. Libros básicos, 1976.

Heisenberg, Werner. “Física y Filosofía”, 1959.

Jung, Walter. “Fenómenos, Conceptos, Teorías: 3 Tesis de Teoría Científica y Didáctica de la Física”, en Enseñanza de la Física, vol. 16 de mayo de 1982.

Jung, Walter, véase Duit y otros, 1981.

Kinzel, Hebnut. “Conocimiento científico y experiencia humana”, en Biologie in Unserer Zeit [Biología moderna], vol. 9 N° 4, pág. 112 (1979).

Schumacher, EF “Una guía para los perplejos”, Harper y Row, 1977, pág. 166.

Silkenbeumer, Rainer. “Escuelas modelo – Modelos escolares”, Hannover, 1981.

Steiner, Rudolf. Filosofía de la libertad. 1918, 1984.

Weizsacker, Carl F. La unidad de la naturaleza. Hanser Publ., 1971, pág. 244.

Wieland, Wolfgang. “Posibilidades y límites en la teoría científica” en Angewandte Chemie [Química Unificada], vol. 93, pág. 633, 1981.

Machine Translated by Google

Segundo de una serie de tres volúmenes sobre física para profesores de ciencias de secundaria, este libro para séptimo grado incluye estudios adicionales en las áreas de acústica, óptica, calor, electricidad y magnetismo como se presentó en el primer libro e incluye una sección adicional sobre mecánica. Von Mackensen es muy cuidadoso en su metodología. Como corresponde a estudiantes de esta edad, busca brindarles una experiencia amplia y diversa de los fenómenos. La principal preocupación es desarrollar el interés y la familiaridad con el fenómeno. Sólo gradualmente, una vez acumulada una rica experiencia, entran en juego las consideraciones teóricas.

Estos libros fueron escritos para profesores de las escuelas Waldorf.

Al mismo tiempo, sin embargo, pueden servir como introducción a un estudio de la física centrado en los fenómenos para cualquier persona interesada en seguir este enfoque. Cada uno de los tres volúmenes comienza con la misma introducción general básica a la metodología de enseñanza.
Luego se introducen los distintos campos de la física apropiados para el grupo de edad. A una discusión de los temas principales en el campo particular le siguen descripciones detalladas de una serie de experimentos simples.

El Volumen 1 para el Grado 6 trata de los principios pedagógicos y epistemológicos básicos de la acústica, la óptica, el calor, el magnetismo y la electricidad. El texto incluye muchos ejemplos de experimentos de demostración para la lección principal. El volumen 3 para el grado 8 continúa las exploraciones en sonido, luz y calor, además de hidráulica, hidrostática y aeromecánica.

Los tres volúmenes se han editado y reformateado recientemente en un práctico tamaño de libro de trabajo para facilitar la referencia de los profesores a la hora de preparar experimentos y presentaciones de las lecciones principales. Ilustrado.

Waldorf PUBLICATIONS

351 Avenida Fairview
suite 625
Hudson, Nueva York 12534

ISBN 978-1-943582-25-9
9 781943 582259