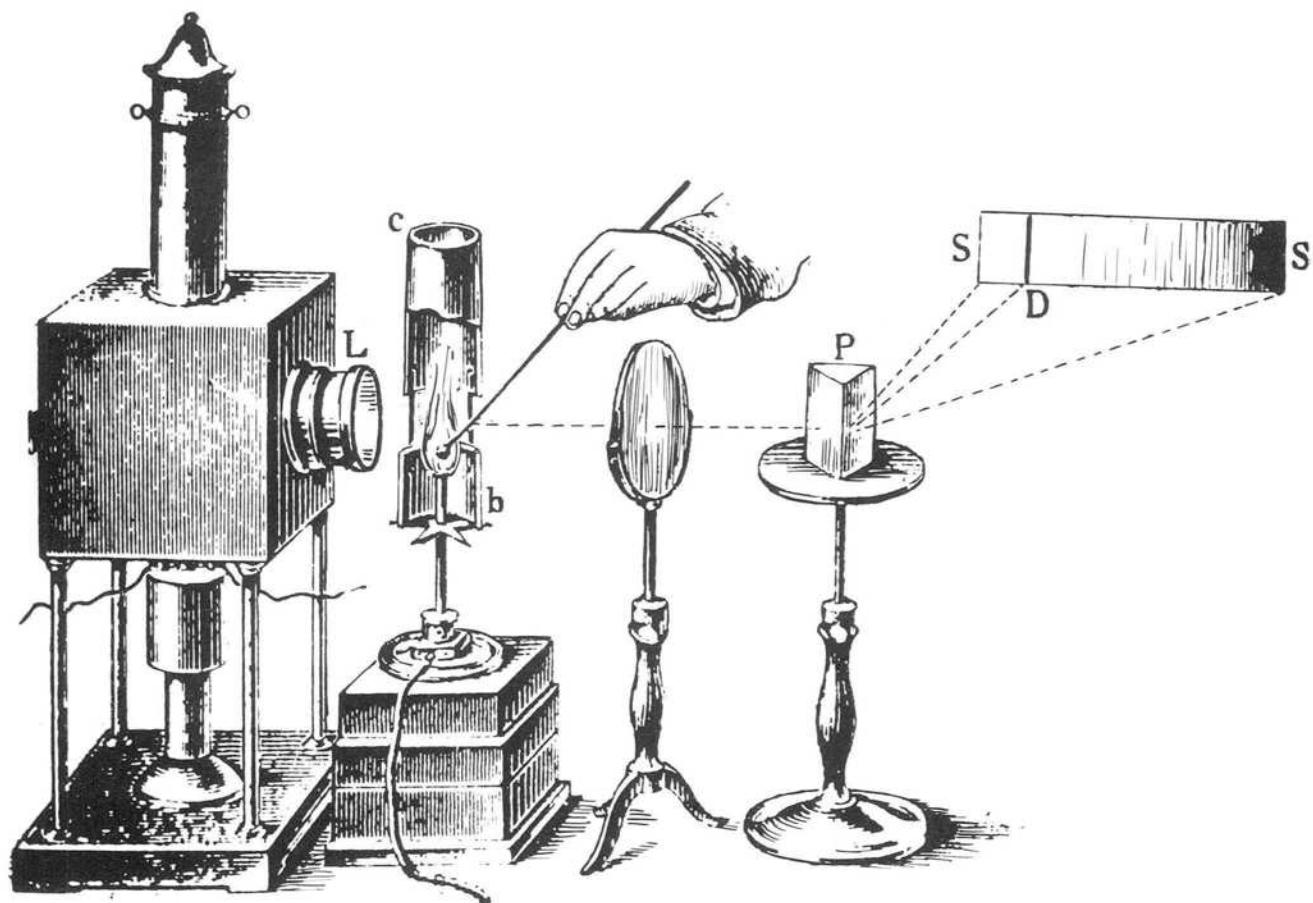


RADIOSCOLA



F I S I C A 3

Fisica experimentalala

PER SCOLAS REALAS E SECUNDARAS

Elaborada da

Boris Novak

P. Flurin Maissen

Desegegs: Boris Novak

Alfons Maissen

Redacziun e realisaziun
Alfons Maissen

Legendas: P. Fl. Maissen

Versiun romontscha: A. Maissen

ENZACONS PLAIDS D'ENTRUIDAMENT

Il tierz cudaschet RS: **Fisica experimentalala** risguarda ina partida capetels sur L'UNDICA. Ei se retracta d'ina selecziun precisa e concisa. Atravers fatgs clars e bein stabili dalla scienzia, pon ins tscharner novas tendenzas. Ellas laian percoscher novas pusseivladads d'applicar forzas che schaian ella natira. Ils scientists van senza targlin sin laghetg. Els vegnan ad anflar novs acquists. Biars dils misteris zuppai el ravugl de nossa tiara vegnan a restar misteris. Da tschei maun de quels confins resta la damonda digl origin e scaffiment de tut quellas miraclas. Il carstgaun vul raguder, less saver tut. Quei ei siu bien dretg, ed in grond ton dil senn de sia veta. El mun-glass denton esser stgis de dumignar per il bein della carstgaunadad las forzas ch'el distacca toc per toc dal zuppau.

Il Text sco era ils maletgs purschi all'instrucziun fisicala ein de tempra originala, resultats de liunga experienza scolastica. Ils auturs senuspeschuan buc d'attaccar era ils problems ils pli recents de quella scienzia. Ei secapescha ch'era manuals pli vasti, en plirs lungatgs, ein vegni consultai. Difficultads ein seresultadas dalla vasta materia che ha stuiu vegnir stabilida sin pign spazi, e l'adaptaziun raschuneivla

de quella per scolas secundaras e realas de nossas valladas alpin-romontschas.

Sper ils ver 30 maletgs e desegegs al margin, per gronda part dil tut originals, ein d'anflar tscheu e leu interessants maletgs pli gronds, ch'illustreschan en biala ed instructiva moda la historia ed il svilup della scienzia e della practica stentusa della fisica atravers ils davos tschentaners. Nus vesein da quellas illustraziuns, contribuidas da **Boris Novak**, ch'ins sa ca fugir dal passau e dallas prestaziuns de gronds pioniers. Els han fatg lur retscheras e lur invenziuns en relaziuns scarsas en indrezs e cun rescas personalas.

De remarcar ei la finala che gronds fisicists ed astronoms ein auncallura stai gronds filosofs. Els ein savens parti dad in patratg filosofic per arrivar a lur impurtontas conclusiuns, ad invenziuns e scopertas. El tiembel de lur vetas han els concepiu ovras filosoficas de gronda tschaffada e de renum.

Cuera, ils 29 de febadur 1976

Alfons Maissen

Maletg de cuviarta:

In spectroscop. Fontauna de glisch in pér electric.

Maletg davos de cuviarta:

Apparats optics, da Lorenzo Selva, construi a Murano sper Vaniescha 1787

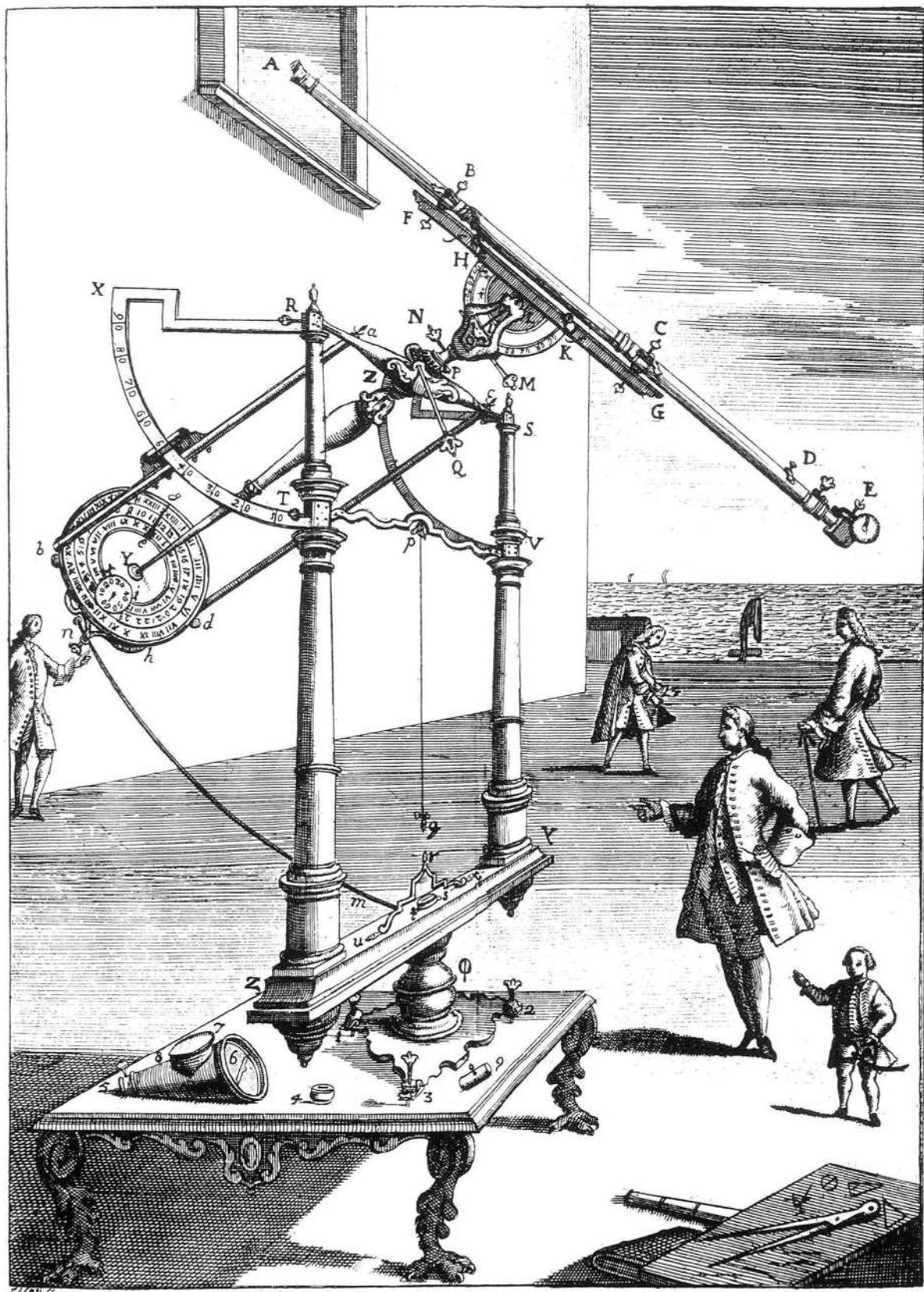
TABLA DELLAS MATERIAS

INHALTSVERZEICHNIS

C. UNDICA – WELLENLEHRE

Capitols

10.	Undas materialas ed opticas Materielle und optische Wellen	89	10.4	L'optica Die Lehre vom Licht – Die Optik	93
10.1	Las oscillaziuns Die Schwingungen	89	10.4.1	La propagaziun della glisch Die Ausbreitung des Lichtes	93
10.2	Las undas Die Wellen	90	10.4.2	Il reflex – La reflexiun Der Reflex – Die Spiegelung	94
10.2.1	Unda elementara – Il principi de Huygens Elementarwelle – Das Prinzip von Huygens	91	10.4.3	La refracziun Die Brechung – Die Refraktion	95
10.3	L'acustica Die Schall-Lehre – Die Akustik	91	10.4.4	Ils maletgs optics de lenta Die Linsenbilder	96
10.1	Las qualitads dil tun Die Eigenschaften des Tones	92	10.4.5	Las colurs Die Farben	98
			10.4.6	Igl egl e l'udida Das Auge und das Gehör	100



C. UNDICA - WELLENLEHRE

10. UNDAS MATERIALAS ED OPTICAS

10.1 Las oscillaziuns

In moviment sco quel ded in zenn, ded in perpendechel d'ura ni ina peisa vid ina plema de spirala, numnein nus oscillaziun. L'oscillaziun ei in moviment periodic de «va e vegr» de «vi-e-neu! El succeda sche in tgierp vegn trats ord sia posiziun de ruaus e sch'eis resulta cheutras ina forza reactiva Tier quei rependicular che porta il tgierp puspei ella posiziun de ruaus setta il tgierp sur il final (posiziun de ruaus) ed il giug de moviment entscheiva danovamein. Il temps per in vi e neu numnan ins il cuoz d'oscillaziun en secundas (t). El ei constants sch'eis retracta d'in'oscillaziun harmonica. Il diember d'oscillaziuns per secunda numnan ins frequenza (ν) en Hertz (Hz). Il cuoz d'oscillaziun ed il diember d'oscillaziuns ein indirectamein porporzional, v.d. pli oscillaziuns per secunda e meins temps e cuntrari,

$$t = \frac{1}{\nu}$$

La pli gronda deviada, mesirada en anghels de deviazion, secloma amplituda, quintau da sia posiziun de ruaus anora. Tier tuts ils experiments semuoss'eis che il temps d'oscillaziun dependa buca dall'amplituda. Tier oscillaziuns de plema ei il temps d'oscillaziun dependents dalla massa e dalla direzia della plema. Tier il pendel eis ella dependenta dalla lunghezia de quel, mo buca dalla massa. Per il dubel diember d'oscillaziuns sto il perpendechel esser 4 gadas pli cuorts, per il treidubel 9 ga pli cuorts. De dus corps che han la medema frequenza, dian ins ch'eis seigien en resonanza. L'oscillaziun ded in sa tgunsch vegnir transportaus vi sin l'auter. Quei ei cunzun d'impurtonza en connex cullas undas electricas (radio, televisiun).

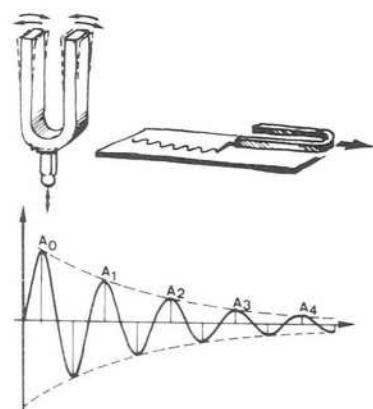
10. Materielle und optische Wellen

10.1. Die Schwingungen

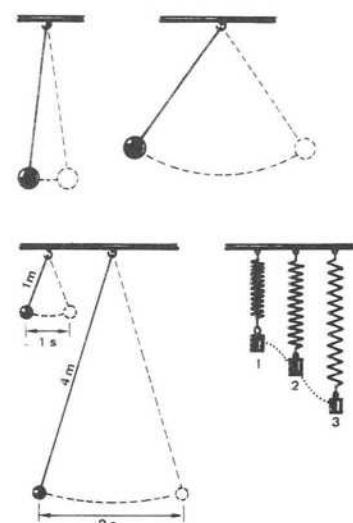
Eine Bewegung wie sie eine Kirchenglocke, ein Uhrenpendel oder ein Gewicht an einer Spiralfeder vollbringt, nennt man Schwingung. Sie ist eine periodische Hin- und Herbewegung. Sie entsteht, wenn ein Körper aus seiner Ruhelage gebracht wird und dabei eine Rückstellkraft entsteht, die ihn wieder in die Ruhelage bringen kann. Bei diesem Rückwärtspendeln schiesst der Körper über das Ziel (Ruhelage) hinaus und das Spiel beginnt von neuem. Die Zeit für ein Hin und Her nennt man die Schwingungszeit (t) in Sekunden. Sie ist bei einer harmonischen Schwingung konstant. Die Anzahl Schwingungen pro Sekunde nennt man Frequenz (ν) in Hertz (Hz). Die Schwingungszeit und Schwingungszahl sind indirekt proportional, d.h. je mehr Schwingungen pro Sekunde um so kürzer die Zeit und umgekehrt,

$$t = \frac{1}{\nu}$$

Der grösste Ausschlag, in Winkelgraden gemessen, heisst die Amplitude, von der Ruhelage aus gerechnet. Bei allen Versuchen zeigt sich, dass die Schwingungszeit nicht von der Amplitude (Schwingungsweite) abhängig ist. Bei Federschwingungen ist die Schwingungszeit von der Masse und von der Federstärke abhängig. Beim Pendel ist sie von der Pendellänge, aber nicht von der Masse abhängig. Für die doppelte Schwingungszahl muss das Pendel 4 mal kürzer genommen werden, für die dreifache, neun mal kürzer. Von zwei Körpern, die gleiche Frequenz besitzen, sagt man, sie seien in Resonanz. Die Schwingung des einen kann leicht auf den andern übertragen werden. Diese Erscheinung ist besonders bei den elektrischen Wellen (Radio, Fernsehen) von Bedeutung.

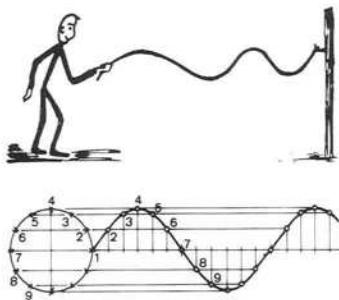


Las oscillaziuns ded in diapasun ein absolutamein regularas quei che pertucca la spertadad u lur frequenza. Las duas parts oscilleschan ina encounter l'autra. Plaunsiu vegnan ellas pli fleivas, quei vul dir lur amplituda u larghezia sediminuescha. Quellas oscillaziuns numnan ins relaxadas. Aunc meglier muossa in pendel de fil quei decreschament. Per mussar quei buca mo alla ureglia, mobein era agl egl, ferman ins ina guila ossum vid ina dellas travs e streha dabot sur in glas fatgs ners da fulin. Il pendel midan ins aschia che la massa ei in vischi cun ina ruosna engiu, emplenius cun sablun. Duront ch'eis pendulescha, train ins in pupi sutora. Il sablun desegna las oscillaziuns relaxadas.



Pendel de fil: La frequenza (oscillaziuns pro secunda) dependa buca dalla grondezia dalla massa ed era buca dalla elongazion

(amplituda). Ella dependa dalla lunghezia aschia che 4 ga pli cuort dat dubla frequenza. Oscillaziuns de plema dependan dalla massa e dalla direzia della plema.



Quellas undas numnan ins undas de sua. Il desegn sut metta en evidenza il connex ded ina unda cun la rotaziun ded in tscherchel. Ins rotescha ina roda cun manteiner, sclarescha quella aschia che l'umbriva dil mantener croda sin ina preit. Quella umbriva fa il moviment ded ina unda. In cuolm d'unda ed ina val dattan ensemes ina lunghezia d'unda.

Tier l'onda longitudinala ei la direcziun della propagaziun e della oscillaziun la medema. Tier ina unda transversala oscillescha mintga punct verticalmein alla direcziun de propagaziun.



10.2 Las undas

Nus contemplein plirs puncts de massa, puncts d'oscillaziun, che vengnan schunschi ensemes e san effectuar oscillaziuns. Fan ins oscillar in de quels puncts, vegn il vischin influenzaus in tec pli tard. El dat las oscillaziuns al tierz ed aschia vinvon. En quella moda sefirma ina unda. Ella consista pia de puncts oscillonts, dals quals mintgin entscheiva ad oscillar empaui pli tard, mo culla medema frequenza sco il vischinont. Tier quellas oscillaziuns periodicas combinadas differenziein nus sper la frequenza era aunc la lunghezia dellas undas, v.d. la distanza denter ils dus puncts d'oscillaziun che stattan el medem stadi d'oscillaziun ni ch'ein, sco ins s'exprima, en medema fasa. Tier oscillaziuns materialas consista il ligiom ella forza d'attracziun dils atoms, tier oscillaziuns electromagneticas eis ei las forzas de camp, che dattan vinvon las oscillaziuns sco membra de cupladi. Per model san ins s'imaginar ils puncts d'oscillaziuns colligai cun ina plema de spirala. Cunquei che tier l'onda mintga punct arriva in tec pli tard ord la posiziun de ruaua ed ha era pli tard la pli gronda amplituda, para il schinumna cuolm d'undas e la val d'undas de s'avanzar. Tier ina unda ded aua semova l'aua mo si e giu; ella resta denton horizontalmein el medem liug. L'energia denton semova ella direcziun de propagaziun dell'onda. La direcziun d'oscillaziun stat pia verticalmein silla direcziun de propagaziun. Ins plaida d'ina unda transversala. Quei muossan claramein las undas d'ina sua. Vegn denton ina plema de spirala ch'e stendida e fermada dad omisduas varts, messa en oscillaziun entras ina ziplada, sepropaghescha la part condensada e la part stendida tochen al punct fixau semegliontamein sco cuolm e val d'unda. Oscillaziun e direcziun de propagaziun ein de medema direcziun. En quei cass vein nus ina unda per liung u longitudinala. Undas accusticas ein undas de tala natura. L'aria vegn serrada e sten-

10.2 Die Wellen

Wir betrachten mehrere gleichartige Massenpunkte, Schwingungspunkte, die miteinander elastisch gekoppelt sind und Schwingungen ausführen können. Bringt man den einen Punkt zum Schwingen, so wird der benachbarte ein wenig später ebenfalls nachschwingen. Dieser zweite Punkt überträgt seine Schwingung auf den dritten und so fort. Es entsteht eine Welle. Sie besteht also aus schwingenden Punkten, von denen jeder etwas später aber mit der gleichen Frequenz zu schwingen anfängt als der benachbarte. Bei diesen periodischen, gekoppelten Schwingungen unterscheiden wir neben Frequenz auch noch die Wellenlänge, d.h. den Abstand zwischen zwei Schwingungspunkten, die sich im gleichen Schwingungszustand befinden, oder, wie man sich ausdrückt, gleichphasig sind. Bei materiellen Schwingungen besteht das elastische Bindeglied in den Anziehungskräften der Atome, bei elektromagnetischen Schwingungen sind es die Feldkräfte, die als Kopplungsglieder die Schwingung weiter geben. Modellhaft kann man sich die Schwingungspunkte mit einer Spiralfeder verbunden denken. Da bei der Welle jeder Punkt etwas später aus der Ruhelage kommt und auch später die grösste Amplitude hat, scheint der sog. Wellenberg oder das Wellental fortzuschreiten. Bei einer Wasserwelle bewegt sich das Wasser nur auf und ab, nicht aber horizontal fortschreitend, es bleibt horizontal an derselben Stelle. Die Energie jedoch bewegt sich in der Fortpflanzungsrichtung der Welle. Die Schwingrichtung steht also senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung. Man spricht von einer Querwelle oder Transversalwelle. Anschaulich zeigt dies eine Seilwelle. Wird aber eine Spiralfeder an beiden Enden eingespannt und an einem Ende in der Längsrichtung gezupft, breitet sich die Verdichtung und die Verdünnung, ähnlich dem Wellenberg und Wellental, der Länge nach bis zum Endpunkt aus. Schwingung

dida ella direcziun d'expansiu entrais ils emetturs de tuns.

10.2.1 Unda elementara – Il principi de Huygens. – Mintga punct dell'onda frontala sa vegnir prida per pugn de partenza d'ina nova unda u detg autramein, l'onda frontala ei ina superposizion de numerusas u nundumbreivel biaras undas elementaras. In bi maletg dell'onda elementara seformescha silla ruasseivla fartscha d'in lag enten il qual ins betta in crap. Entras la nozjun della unda elementara selaian declarar tgunschamein biars fenomens, aschia la reflexiun e la refracziun.

10.3 L'acustica

Tuts fenomens ch'ins percepescha cull'udida numnan ins sun (tun). Per che l'ureglia percepeschi el, sto la frequenza esser denter 16 e 20 000 oscillaziuns pro secunda. Ils confins d'udida sesbassa denton culla vegliadetgna de maniera che glieud veglia auda buca pli adina il cantar dils gregis, il scalin dil telefon memia aults. Undas mehanicas che surpassan ensi- ed engiuviars il confin d'udida (sun infra e ultra), ein fisicalmein buca differentas da tschellas. Undas acusticas sefuorman entras midada sperta e periodica de posiziun de corps el spazi d'aria. Ils corps oscillonts ein ils emitturs, l'ureglia il receptur, e la transmissiun s'effectuescha il bia entras l'aria, mo era entras corps solids. La spertedad dil tun ell'aria ei 340 m/sec, ell'aua 1 500 m/sec, el fier 5 000 m/sec. El vacuum san undas sonoras buca seformar perquei ch'il mied de transport maunca. Undas de sun vegnan bessas anavos, reflectadas da preits. Ei dat in rebat sche la preit ei datier, ni in eco, sch'ella ha silmeins la distanza de 17 m. Quella distanza ei necessaria per che ina silba vegni

und Fortpflanzungsrichtung sind gleichgerichtet. Wir haben in diesem Falle eine Längs- oder Longitudinalwelle. Schallwellen sind solche Wellen wobei Luft durch den Tonsender in der Ausbreitungsrichtung verdichtet und verdünnt wird.

10.2.1 Elementarwelle. – Das Prinzip von Huygens. – Jeder Punkt einer Frontwelle kann als Ausgangspunkt einer neuen Welle aufgefasst werden, oder anders gesagt, die Frontwelle ist eine Überlagerung von zahlreichen oder unendlich vielen Punkt- oder Elementarwellen. Ein schönes Bild der Elementarwelle entsteht auf der ruhigen Oberfläche eines Teiches, in welchem man einen Stein wirft. Durch die Annahme der Elementarwelle lassen sich viele Erscheinungen leicht erklären, so die Spiegelung und die Brechung.

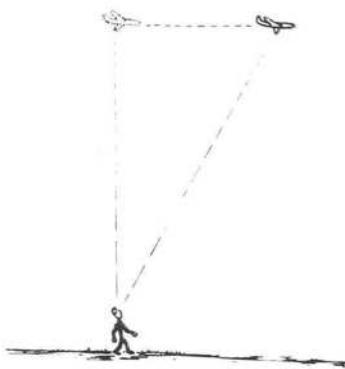
10.3 Die Schall-Lehre – Die Akustik

Alle mit dem Gehör wahrnehmbaren Erscheinungen nennt man Schall. Damit das Ohr ihn vernimmt, muss die Frequenz zwischen 16 und 20 000 liegen. Die obere Hörgrenze des Menschen sinkt jedoch mit dem Alter, so dass alte Leute das Zirpen der Grillen oder die Telefonglocke nicht mehr hören. Mechanische Schwingungen, die die Hörgrenze nach oben oder nach unten überschreiten, (Infra- und Ultraschall) sind physikalisch nicht verschieden. Schallwellen entstehen durch rasche periodische Lageänderung von Körpern im Luftraum. Die schwingenden Körper sind die Sender, das Ohr der Empfänger und die Übertragung geschieht meistens durch die Luft, aber auch durch feste Körper. Die Geschwindigkeit in der Luft ist 340 m/sec, im Wasser 1 500 m/sec., in Eisen 5 000 m/sec. Im luftleeren Raum können keine Schallwellen entstehen, weil ein Übertragungsmittel fehlt. Schallwellen werden von Wänden zurückgeworfen, reflektiert. Es entsteht ein Widerhall, wenn die Wand nahe ist, oder ein Echo, wenn sie einen Abstand von mindestens

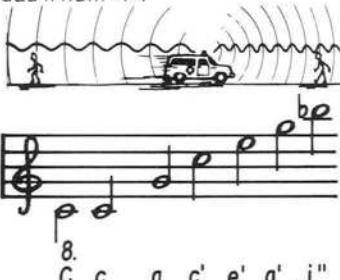


Cun better in crap ell'aua semuossa ina biala unda elementara. Savessen ins trer biars craps aschia ch'els dessen en ina retscha giu sill'aua, daventass ina unda frontala entras la mischeida de biars undas elementaras. Quei fenomen numna ins interfeienza.

Il tun va ca. 330 meters en ina secunda. In aviun els aults audan ins entginas secundas suenter ch'el vegn davos in cuolm vi. Igl ei pusseivel de calcular sia altezia pil cass ch'el sgola sur ins ora. Ins mira igl emprem ella direcziun nua ch'ins auda il tun e schazegia lu la distanza tochen tier igl aviun ch'ins vesa. Ussa dumbran ins las secundas ch'igl aviun drova per singular la medema distanza. Il diember de secundas ga 330 m dat l'altezia. Sch'ins ei sez all'altezia de 1200 m s.m. e dumba 15 secundas, ei igl aviun ell'altezia de biebein 6000 m s.m.

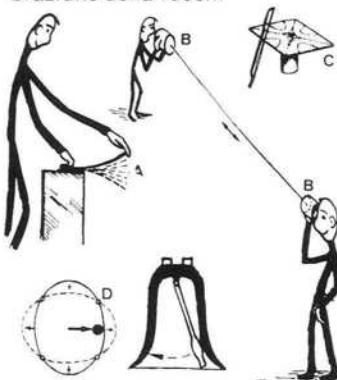


In auto che veggibond encounter nus tarmetta pli bia undas a nus che in che stat eri. Sia tiba tuna pli ault. Il contrari sch'el s'absenta. Va el sper nus ora, lu sesaulza il tun e sesbassa. Quei experiment san ins era far cun in velo che bransina incontin. En in quartier cun bia casas e vias sa ei capitar che in auto tiba quei moment ch'el va naven da nus. Il tun ei pli bass. El medem temps au dan ins il tun che veggrebattius dad in mir-casa avon nus. Quei tun ei pli aults, e nus udin omis dus bunamein sco ina vergna. Ils tuns superiours harmonics san ins producir cun in instrument de stuors senza duvrar ils ventils. Fisicalmein calculau ei il tun sisum buca in gest «b», perquei han ins dau il num «i».



Mintga vibrazion de corps dattan in tun sche la frequenza survarga buca 20 000 oscillaziuns per seunda ed ha silmeins 16 talas.

Ina tala plema (A) vibrescha e dat in tun, ina platta de metal (C) sch'ins streha ella cun in art de violina, in zenn tuccaus dal battagli (D). El funs de duas scatlas (B) fan ins ina pintga ruosna, tila atras ina corda liunga satella ed arretescha quella cun in nuv. Sch'ins tschontschha en ina scatla audan ins en tschella las vibrazions della vusch.



udida distinctamein. Ella cuoza circa $\frac{1}{10}$ sec. En quei temps va il tun 17 m vi e neu, che dat 34 m distanza per la quala il tun drova $\frac{1}{10}$ sec.

17 m hat. Diese Entfernung ist nötig, damit eine Silbe getrennt hörbar werde. Sie dauert ungefähr $\frac{1}{10}$ sec. In dieser Zeit geht der Ton 17 m hin und her, was 34 m ergibt, für die der Ton $\frac{1}{10}$ sec Zeit braucht.

10.3.1 Las qualitads dil tun ein: L'altezia dil tun. Ella ei dependenta dal diember dellas oscillaziuns u frequenza. Pli numerosas las oscillaziuns pro secunda e ton pli aults ils tuns. L'intensitat dil tun ei dependents dalla amplituda dellas vibraziuns. Pli fegtg ch'il tgierp vibront, p.ex. ina corda, vegg tratga ord siu raus, ton pli dad ault il tun. La sonoritad, tempra u caracter dil sun dependa dals suns harmonics. Bunamein tier mintga schendrada de tun ni sun sefuorman sper il tun de basa era aunc tuns accessoris, pli aults, numnai harmonics. Ina corda d'ina gegia p.ex. strembla buca mo en sia entira lunghezia, mobein era en pli pintgas parts de quella, en sia mesadad u tiarza lunghezia etc. Quels tuns ein bia pli fleivels, ein denton impurtonts per la differenziazion de vusch e sun de differents carstgauns u instruments. Quei vala era per il cass che lur tuns ein de medema altezia e tuttina ferms.

Ils instruments de musica ein construi da corps habels per vibrazion. Ils instruments a corda veggan mess en vibrazion entras strihar u ziplar ina corda sonora stendida. Autres instruments veggan batti. Tier instruments a vent dat ei duas pusseivladads. Ils instruments de lieunga (tier l'orgla: registers de lieunga) posse dan ina membrana de metal u de lenn che vibrescha; ella gula ein quei las cordas de vusch (vocalicas). Entras in current d'aria veggan las cordas messas en vibrazions. Ella suna de bucca, el harmonium etc., eis ei lamellas de mesch, tier l'oboa, tiel fagot e la clarinetta retract'ei de lamellas de lenn u de specias de strom. Tiels schinumnaai instruments de resonanza vegg igl emprem ina ramur producida, schendrada entras suflar sur in ur (flauta) ni atras las levzas pressiadas (trumbetta etc.). Ina part de quella rueida, che s'ac-

10.3.1 Die Eigenschaften des Tones sind:

Die Tonhöhe. – Sie ist von der Anzahl Schwingungen oder von der Frequenz abhängig. Je mehr Schwingungen pro Sekunde, desto höher ist der Ton. Die Tonstärke ist von der Schwingungsweite, Amplitude abhängig. Je stärker der schwingende Körper, z.B. eine Saite, aus der Ruhelage gerückt wird, desto lauter ist der Ton. Die Klangfarbe ist von den Obertönen abhängig. Fast bei jeder Tonerzeugung entstehen neben dem Grundton noch Nebentöne oder Obertöne. Eine Saite z.B. schwingt nicht nur in der ganzen Länge, sondern auch in kleineren Teilen der Saite, z.B. in der halben oder Drittel-Länge. Diese Töne sind viel schwächer, sind aber zur Unterscheidung der Stimmen verschiedener Menschen oder Instrumente wichtig, die z.B. gleich laute und gleich hohe Töne von sich geben.

Die Musikinstrumente bestehen aus schwingungsfähigen Körpern. Bei Saiteninstrumenten z.B. wird die Schwingung durch Reiben oder Zupfen einer eingespannten Saite hervorgerufen. Andere Instrumente werden geschlagen. Bei Blasinstrumenten gibt es zwei Möglichkeiten. Die Zungeninstrumente (bei der Orgel Zungenregister) besitzen eine schwingfähige Membrane aus Metall oder Holz, in der Kehle sind es die Stimmbänder. Durch einen Luftstrom werden die Zungen in Schwingung versetzt. In der Mundorgel, im Harmonium und dergl. sind es Messingbleche, bei der Oboe, dem Fagott und der Klarinette Holzplättchen oder Strohhalme. Bei den so genannten Resonanzinstrumenten wird vorerst ein Geräusch erzeugt durch Blasen über eine Kante (Flöte) oder durch die zusammengepressten Lippen (Trompete). Aus diesem

corda en frequenza culla frequenza della colonna ded aria, vegn rinforsada entras resonanza. Tier instruments electrics vegn la vibrazion mecanica midada en ina electrica e quella, suenter esser rinforsada, vegn puspei transformada en vibrizions mehanicas.

10.4 L'optica

Corps caulds emettan radis de glisch. Cun circa 500° C entscheivan els a glischar. Dad els sorteschan undas de glisch che nus savein distinguier cugl egl, igl emprem sco burniu grisch e tgietschen, cun temperatura carschenta sco cauld alv. Il sulegl, mo era candeilas sclareschan ils objects directamein. Objects ell'umbriva retscheivan la glisch indirectamein da surfatschas sclardas. Quels sclariders indirects han ina glisch migeivla, aschinumnada glisch difusa, demai ch'ellas ein il bia de gronda extensiu. Aschia p.ex. preits alvas e nibels scari dal sulegl.

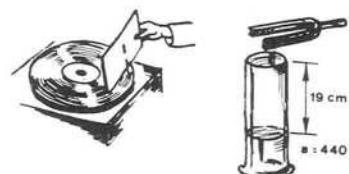
10.4.1 La propagaziun della glisch.
— La glisch sederasa rectilignamein. Il mussament il pli sempel per demonstrar quei ei l'umbriva u il radi de sulegl che sclarescha tras ina ruosna. La spertadad della glisch ei veginida calculada entras differentas metodas de mesirar. Ins ha p.ex. tamess in radi de glisch atras ruosnas ordinadas en rudi sin ina schiba rotativa. En in liug pli allontanau ei in radi vegius reflectaus cun agid d'in spiegel. Rotond en ina certa spertadad fuva la roda gia cun l'autra ruosna ella via dil radi returnond. Il radi veva pudiu tras ed ei vegnius zavraus dal radi primar entras adattai spieghels. Dalla frequenza de ruosna, la distanza dil spieghel, han ins saviu eruir la spertadad della glisch. El spazi ch'ei totalmein vits d'aria ei quella 300 000 km/sec. Quei ei circa 1 milliun ga pli spert che il tun. Ella aua ei la spertadad della glisch pli pintga, numnadamein 225 000 km/sec; en glas 200 000 km/sec. Il su-

Geräusch verstärkt eine in der Länge veränderliche und abstimmbare Luftsäule den gewünschten Ton durch Resonanz. Bei elektronischen Instrumenten wird die mechanische Schwingung in eine elektrische verwandelt und diese wird, nachdem sie verstärkt worden ist, wieder in mechanische Schwingungen umgewandelt.

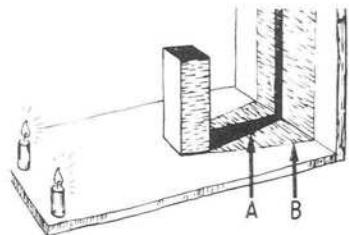
10.4 Die Lehre vom Licht – Die Optik

Warme Körper senden Lichtstrahlen aus. Bei ca. 500° C beginnen sie zu leuchten. Es gehen von ihnen Lichtwellen aus, die wir mit dem Auge erkennen können, zuerst als Grau- und Rotglut, bei steigender Temperatur als Weissglut. Die Sonne, aber auch eine Kerze beleuchtet die Gegenstände direkt. Gegenstände im Schatten erhalten Licht von beleuchteten Flächen indirekt. Diese Fremdleuchter haben ein mildes, sog. diffuses Licht, weil sie meistens grossflächig sind. So z.B. weisse Wände und von der Sonne beleuchtete Wolken.

10.4.1 Die Ausbreitung des Lichtes.
— Das Licht breitet sich geradlinig aus. Der einfachste Beweis dafür ist der Schatten oder der Sonnenstrahl, der durch ein Loch scheint. Die Lichtgeschwindigkeit wurde durch verschiedene Messanordnungen bestimmt. Man schickte z.B. einen Lichtstrahl durch kreisförmig angebrachte Löcher einer Drehscheibe. An einem entfernten Ort wurde der Strahl durch einen Spiegel zurückgeworfen. Bei rascher Drehung war bei der Rückkehr bereits das zweite Loch in der Bahn. Der Strahl konnte durch und wurde durch geeignete Spiegel vom ursprünglichen Strahl getrennt. Aus der Lochfrequenz, der Distanz des Spiegels liess sich die Geschwindigkeit des Lichtes errechnen. Sie ist im luftleeren Raum 300 000 km/sec. Das ist etwa 1 Million mal schneller als der Ton. In Wasser 225 000 km/sec.; in Glas 200 000 km/sec. Die Sonne ist 150 500 000 km weit von der Erde

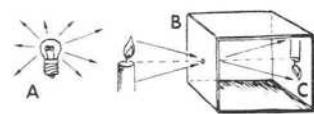


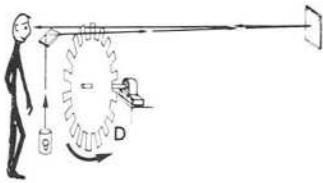
Giu dad ina platta grammofonica san ins tedlar ils tuns senza il bratsch de tun. Ins tegn il cantun ded ina carta illustrada u ded in cartun satel encunter las crenas della platta. Il tun ded in diapsun vegn pli ferm entras resonanza. Perquei tschentan ins el cul moni sin meisa u encunter ina scatla de cartun. Aunc pli ferm vegn il tun, sch'ins pren in vischi streng ed empleina quel cun aua tochen tier ina certa altezia.



La propagaziun rectiligna della glisch affirmada entras las umbrivas. Sch'ins stat davos quella petga el liug A, sche vesan ins neiginas cazzolas, igl ei stigr dil tut, ina umbriva totala. El liug B vesan ins ina cazzola, igl ei umbriva parziala. Els auters loghens vesan ins omisduas candeilas.

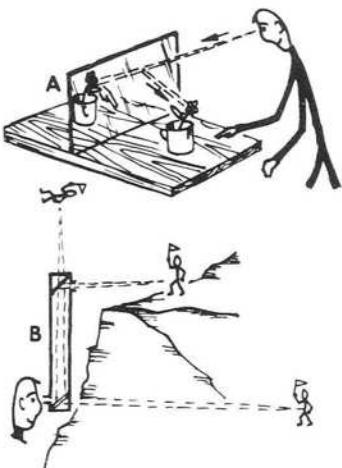
A La glisch sepropaghescha sin tuttas varts, denton adina rectilignamein. B Quei muossa surtut la camera obscura. Ina cazzola betta sia glisch dad ina ruosna pintga en, encunter la preit C. Ils radis desegnan la candeila sutsu. Mintga punct della candeila, per exemplu il péz della flomma, san ins veser mo en ina suletta direzion, aschia che mintga punct digl object vegn designaus in sper l'auter en in maletg net, denton sutsu.





Quei ei igl indrez per mesirar la spertadad della glisch. La glisch della lampa giuda peis vegn reflectada dad in spieghel atras in cal dils dents de roda e contonscha in auter spieghel. Quel reflectescha il radi anavos ègl égl.

En in spieghel vesan ins ina causa davos il spieghel en medema distanza sco quei ch'el stat davon il spieghel. Las varts paran ded esser scumiadas. Il maletg ei buca reals, ins numna tals maletgs virtuals. In radi selai era reflectar plirias gadas en tuttas direcziuns ch'ins vul. Per contemplar l'entira stiva de scola ston ins volver il spieghel mo 180 grads e buca 360.



Ina applicazion tecnica dils spiaghels ei il periscop, cul qual ins sa per exemplu mirar dad in ssumarin ord l'aua. Il desegn muossa quei plitost teoreticamein. Ins vesa il maletg digl object adina ella davosa direcziun che tucca igl egl.

legl ei 150 500 000 km lunsch naven dalla tiara. Sia glisch drova ca. 8,3 minutus per contonscher la tiara. Signals radiofonics che sederasan sco la glisch drovan per il vi e neu tier la glina 2,6 secundas. La steila fixa la pli demaneivla perencunter ei 4,3 onns de glisch naven da nus, quei ei $4,3 \cdot 365 \text{ (dis)} \cdot 24 \text{ (uras)} \cdot 60 \text{ (minutus)} \cdot 60 \text{ (sec.)} \cdot 300\,000 \text{ km/sec} = 4,068^{13} \text{ km}$.

entfernt. Ihr Licht benötigt ca. 8,3 Minuten um die Erde zu erreichen. Radiosignale, die mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Licht sich ausbreiten, brauchen für den Hin- und Herweg zum Mond 2,6 Sekunden. Der Abstand des Mondes vom Planeten Erde ist also 1,3 Lichtsekunden. Der nächste Fixstern hingegen ist 4,3 Lichtjahre weit entfernt, das sind $4,3 \times 365 \text{ (Tage)} \times 24 \text{ (Stunden)} \times 60 \text{ (Minuten)} \times 60 \text{ (Sekunden)} \times 300\,000 \text{ km/sec.} = 4,068^{13} \text{ km}$.

10.4.2 // reflex – La reflexiun. – Radis de glisch che vegnan reteni da negins impediments, van en perpeten vinavon. Ein els reteni da obstachels, vegnan els absorbai e transformai en energia colorica u en in'autra, u ch'els vegnan reflectai entras surfatschas alvas e neidias, e van vinavon en in'autra direcziun, u vegnan finalmein deviai (mira 10.4.3) In spieghel perfetg betta anavos il radi de maniera ch'igl anghel dil radi entront ei medem sco quel dil radi extront. Omisdus radis schain sil medem plan. Era il pupi alv grob reflectescha, mo per motiv della surfatscha ruha, che agescha sco numerus pigns spiaghels de differenta posizion, ei il resultat dil reflex ina glisch diffusa.

10.4.2 Der Reflex – Die Spiegelung. – Lichtstrahlen, die durch kein Hindernis aufgehalten werden, gehen ewig weiter. Werden sie durch ein Hindernis gehemmt, so werden sie entweder aufgesogen (absorbiert) und verwandeln sich in Wärmeenergie oder in eine andere, oder sie werden durch weisse und glatte Flächen reflektiert und gehen in einer andern Richtung weiter, oder sie werden schliesslich abgelenkt. (Siehe Brechung) Ein vollkommener Spiegel wirft den Strahl so zurück, dass der Winkel des einfallenden Strahls gleich dem Winkel des ausfallenden Strahls ist. Beide Strahlen liegen in einer Ebene. Ein grobes weißes Papier reflektiert auch, doch wegen der rauen Fläche, die wie kleine Spiegel in ganz verschiedenen Lagen wirken, entsteht als Rückstrahl ein diffuses Licht.

An Spiegeln entstehen scheinbar die Bilder so weit hinter dem Spiegel zurück, als der Gegenstand vor dem Spiegel steht. Es ist kein wirkliches Bild dort, wohin wir es verlegen. Im Auge ist es aber wirklich. Die Bilder vertauschen rechts und links, weil wir eigentlich durch den Spiegel rückwärts schauen. Unsere rechte Wange ist im Spiegel auch rechts, aber wenn wir vom Spiegelbild aus betrachten, ist sie links. Eine Schrift im Spiegel gezeigt, erscheint seitenverkehrt, weil wir die Schrift gewendet haben, um sie im Spiegel zu sehen.

Gewölbte Spiegel, sogenannte sphärische Spiegel, vergrössern das Bild, wenn sie nach innen gewölbt sind

nus (foppa). Els pitschneschan il maletg, mo slargian la vesta sch'els fan arviul encunter nus (muota). La formazion de tals maletgs corrispundan a quella dils maletgs entras lents.

10.4.3 La refracziun. – Sfunsein nus ina lingiala en in vischi cun aua sche para el tier ina certa direcziun d'egliada sco rutta. Nus constattein che il radi vegn ruts en corps transparents sco aua, glas, aria etc. Quella refracziun ei ina consequenza della pli pintga spertadad della glisch en mediums transparents. Ina paregliazion vegn a sclarir la caussa aunc meglier: Ei dueigi esser nies pensum d'arrivar tenor figura sut cun la pli pintga stenta pusseivla dal punct A tiel punct B. Igl intschess i ei planivs ed ulivs, facils de trappassar. Il territori II denton ei carpus, teis e nunpracticabels. La via directa da A tier B fuss la pli cuorta, mo buca la pli facila. Ella meina lunsch atras la cuntrada stentusa. Il pli pign tschancun de schliata via havess ins ded ir da C sur E a B. Mo en quei cass ei l'entira via fetg liunga e perquei stentusa. Ei sto dar enzanua denter E e D in toc via carpusa ch'ei ensemens cun la via AF e CB la meins stentusa.

Gest tuttina enquera la glisch la via della pli pintga breigia per arrivar atras l'aria u glas tier in cert punct. Gia tier la lescha dil reflex havessen nus saviu constatar che il radi optic elegia la pli cuorta via, aschia ch'igl anghel d'incidenza e de reflexiun ein tuttina gronds.

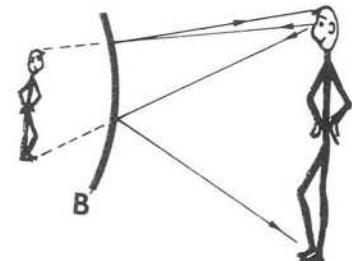
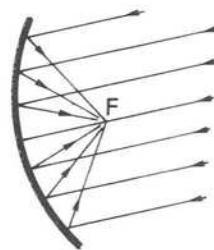
Per la refracziun dil radi de glisch ei la fatscha de confin denter in medium spess e luc de gronda impurtonza, p.ex. denter veider ed aria. Desegnan ins ina lingia verticala silla fatscha de confin (ina «Normala» 4.2) el liug nua che il radi croda silla fatscha, sche san ins statuir la sempla

(Konkavspiegel) und verkleinern das Bild, wenn sie nach aussen gewölbt sind (Konvexspiegel). Die Entstehung solcher Bilder entspricht dem Entstehen der Bilder durch Linsen.

10.4.3 Die Refraktion – Die Brechung. – Tauchen wir ein Lineal in ein Gefäß mit Wasser, so erscheint es bei bestimmter Blickrichtung gebrochen. Wir stellen fest, dass der Strahl in durchsichtigen Körpern wie Wasser, Glas, Luft und dergleichen, gebrochen wird. Es ist uns auch klar, dass diese Brechung eine Folge der kleineren Geschwindigkeiten des Lichtes in durchsichtigen Medien ist. Ein Vergleich wird uns noch weiter bringen: Nach Figur (unten) sollen wir möglichst rasch und mit der geringsten Anstrengung von Punkt A zu Punkt B gelangen. Das Gelände I ist eben und leicht begehbar. Das Gelände II hingegen ist steinig und nig, steil und unwegsam. Der direkte Weg von A zu B wäre der kürzeste, doch nicht der leichteste. Er führt weit durch unwegsames Gebiet. Die schlechte Strecke wäre am kürzesten, wenn wir von C über E nach B gelangen würden. Doch dann wird gelangen würden. Doch dann wird die Gesamtstrecke sehr lange. Es muss irgendwo zwischen E und D eine unwegsame Strecke FG geben, die zusammen mit den Strecken AF und GB den geringsten Arbeitsaufwand verlangt.

Auf gleiche Art sucht sich das Licht den Weg aus, auf dem es am schnellsten z.B. durch Luft und Glas an einen bestimmten Ort gelangen kann. Schon beim Spiegelgesetz hätten wir bemerken können, dass der Lichtstrahl den kürzesten Weg wählt, nämlich so, dass Einfallswinkel und Ausfallswinkel gleich gross sind.

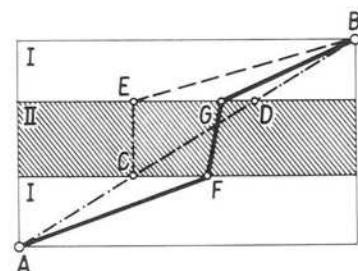
Für die Brechung des Lichtstrahls ist die Grenzfläche zwischen einem dichtenen Medium z.B. Glas und einem dünneren Medium, z.B. Luft von Wichtigkeit. Zeichnet man ein Lot an der Stelle, wo der Strahl auf die Grenzfläche fällt, so kann man die einfache Regel aufstellen: Vom

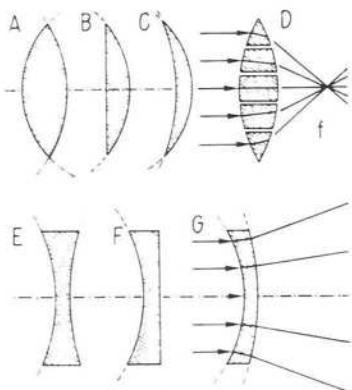


Spiaghels arviulai drovan ins per exemplu per concentrar la calira dil sulegl. Els ston esser cavortgs, e vegnan era duvrai per ingrondir. Spiaghels che fan ina muota pitschneschan ils objects e fan bien survetsch per dar ina buna survesta en cantunadas periclitadas dal traffic.

Refracziun

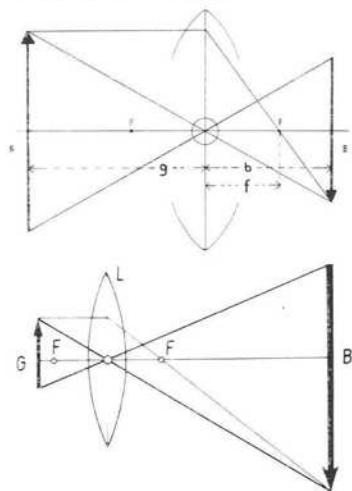
La surfatscha II duei esser in prau ual arau cun travs malmaneivlas. Nossa incumbensa duei esser in viadi dal punct A tiel punct B. Quei trapass duei daventar cun la pli pintga breigia pusseivla. La pli cuorta via fuss la via rectiligna. Denton lu stuein nus ir in fetg grond tschancun atras igl er maluliv. Perquei encurin nus ina autra via cun certas stortas che dat la pli pintga breigia. Quei savess esser A-F-G-B.





Ei dat bia sorts lentes: A: biconvexa, B: plan convexa, C: convex-concava, E: bioconcava, F: concav-plan. – Ei dat bia sorts lentes: A: biconvexa, B: plan convexa, C: convex-concava, E: biconcava, F: concav-plan. – D e G muossan la via da radis parallels atras las duas differentas lentes. Tier la lenta D vesan ins il punct d'inflammaziun u focus f. Tier la lenta G stuessen ins prolongir anavos ils radis divergents per survegnir quei punct.

Egl emprem cass vegn igl object G pitschnius, el secund cass ingrondius. Il desegn vegn fatgs gest tenor las condizions a, b e c dil cap. 10.4.3. Per far igl experiment prendan ins per object ina lampa electrica. Cura che la lampa dat in maletg net, ein era las condizions della fuormla per lentes complenidas. Las posiziuns relativas digl object e maletg san ins variar infinitamein.



regla: dal medium satel al spess rumpa il radi enviers la normala; dal spess al luc medium navan dalla normala. Aschia savein nus explicar la via de radi tras ina grossa platta de veider, atras in cantun de prisma e finalmein tras ina lenta. La lenta vegn formada de maniera che:

- tuts ils radis parallels van tras in punct che sesanfla sin l'auter maun. Quei punct secloma punct d'inflammaziuns, focus.
- Radis dal focus van parallel.
- Radis tras il center optic vegnan buc refractai; denton pervia della grossezia distschentai parallelmein in tec.

10.4.4 Ils maletgs optics de lenta. – Entras lentes selaian objects sclarents projectar spazialmein. Nus tagliein en in cartun in tagl en fuorma de paliet. La fessa scclarin nus da davostier cun ina lampa e tenin davontier ina lenta convessa. En ina certa distanza sefuorna sil scran de pupi il maletg dil paliet glischent, nets mo cuntraris. Per saver calcular las distanzas lenta/paliet e lenta/maletg, lein nus igl emprem nudar ellas cun letras. La distanza digl object g dueigi esser la distanza denter object (paliet scclaru) e la lenta, la distanza dil maletg tochen la lenta ed f la distanza dil focus dalla lenta. La distanza f ei la grondezia caratteristica della lenta. Nus havein detg che la lenta seigi construida aschia che tuts ils radis parallels convergeschien en in punct. Sche nus lein pia statuir la distanza focala, schein nus il meglier penetrar radis fetg lontans, il meglier radis dil sulegl u radis d'ina finiastra lontana. Cun in pupi alv encurin nus la distanza per la quala il punct luminus ei il pli nets. Quella distanza indichein nus en cm. En quei cass ei $b = f$. Quellas treis grondezias g , d ed f stattan en ina tut speciala relaziun, sche il maletg ei exacts e gests. La schinumnada fuormla de lenta, cun sias transformazioni correspondantas secloma:

dünneren zum dichteren Medium bricht der Strahl zum Lot; vom dichten zum dünneren Medium vom Lot weg. Damit können wir den Strahlengang durch eine dicke Glasplatte, durch eine Prismenkante und schliesslich durch eine Linse erklären. Die Linse wird so geformt, dass

- alle parallelen Strahlen durch einen Punkt gehen, der sich auf der anderen Seite der Linse befindet. Dieser Punkt heisst Brennpunkt.
- Strahlen aus dem Brennpunkt gehen parallel.
- Strahlen durch die optische Mitte werden nicht gebrochen, wegen der Dicke aber etwas parallel verschoben.

10.4.4 Die Linsenbilder. – Durch Linsen lassen sich leuchtende Gegenstände flächenhaft abbilden. In einem Karton schneiden wir einen Schlitz in Form eines Pfeiles aus. Den Spalt beleuchten wir von hinten mit einer Lampe und halten davor eine Sammellinse. In einer bestimmten Entfernung entsteht auf einem Papier schirm das Bild des Leuchtpfeiles, scharf aber umgekehrt. Um die Entferungen Linse/Pfeil und Linse/Bild zu erfassen, wollen wir sie zuerst bezeichnen. Die Gegenstandsweite g soll der Abstand zwischen Gegenstand (leuchtender Pfeil) und Linse, die Bildweite b der Abstand des Bildes von der Linse und die Brennweite f die Entfernung des Brennpunktes von der Linse sein. Die Brennweite ist die charakteristische Grösse einer Linse. Wir haben gesagt, dass die Linse so gebaut ist, dass alle parallelen Strahlen in einen Punkt zusammen kommen. Wenn wir also die Brennweite einer Linse bestimmen wollen, lassen wir weit entfernte Strahlen, am besten Sonnenstrahlen oder Strahlen von einem entfernten Fenster einfallen. Mit einem weissen Papier suchen wird die Brennweite, d.h. jene Entfernung, für die der Leuchtpunkt am schärfsten ist. Wir geben diese Entfernung in cm an. In diesem Falle ist $b=f$. Diese drei Grössen g , b und f

stehen in einem ganz bestimmten Verhältnis, soll das Bild scharf sein. Die sogenannte Linsenformel, mit den entsprechenden Umformungen, lautet:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad f = \frac{g \cdot b}{g + b}; g = \frac{f \cdot b}{f - b}; b = \frac{f \cdot g}{f - g}$$

Per capir quella fuormla fagein nus in sempel experiment. Nus encurin igl emprem la distanza focala d'ina lenta. Ella dueigi p.ex. esser $f = 8$ cm. Ussa tenin nus la lenta en ina distanza $g = 24$ cm naven dal paliet sclariu. Ei savess era esser il fildirom glischont d'ina cazzola electrica. La distanza dil maletg sedat dal quen:

$$b = \frac{f \cdot g}{f - g} = \frac{8 \cdot 24}{8 - 24} = \frac{192}{-16} = -12 \text{ cm}$$

Il maletg vegn neta ella distanza $b = -12$. Il segn de minus indiche scha ch'il maletg stat sil tgau. Ch'el ei pitschnius muossa la proporziun $b:g = -12:24 = -0,5$, (perquei ch'ella ei pli pintga che 1). Entras igl experiment savein nus confirmar il resultat. Elegin nus ussa $g = 10$ cm, sche resulta la calculaziun $b = -88$ cm. Il maletg ei cuntraris mo ingrondius, demai $b:g$ ei pli grond che 1, numnadamein 8,8.

Ussa capin nus era che ins sto tiel fotografar cun in bien apparat dis tschentiar la lenta tenor la distanza digl object per contonscher in mal etg net. Ins numna quei: tschentiar en gest, net, exact. Igli egl fa quei pli sempel; el mida la distanza focala cun midar la grossezza della pupilla. A glieud veglia ed a quels de cuorta vesida (miopia) reussescha quella tschentada exacta buca pli adina. Aschia ston ins prolunghir ni scursan ir entras glas d'egliers la distanza focala dils egls per che il maletg della retina pari neta.

La pusseivladad d'ingrondir tier nies experiment lai capir nus, ch'ei sto esser pusseivel de construir perspectivs, microscops ed auters apparats optics. Els ein denton savens fetg complicai ed impundivs.

Um diese Formeln zu verstehen, machen wir einen einfachen Versuch. Wir bestimmen zuerst die Brennweite einer Linse. Sie soll z.B. $f = 8$ cm sein. Nun halten wir die Linse in einer Entfernung $g = 24$ cm vom beleuchteten Spalt entfernt. Es könnte auch der Leuchtfaden einer elektrischen Lampe sein. Die Bildweite ergibt sich aus der Berechnung:



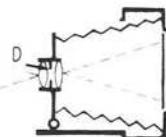
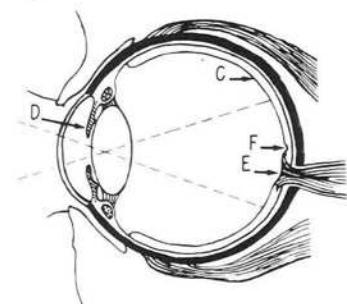
Ei dat in punct ègl égl ch'eit schocs. Quei ei leu, nua che la gnrava entra egl egl (mira il maletg sut, punct E). Quei san ins constatar cun in sempel experiment. Ins desegna quei maletg ca. duas gadas pli grond. Lu sian ran ins igl egl seniester e fixescha cugl egl dretg la crusch. En ina distanza de ca. 10–20 cm vesan ins buca il rudi, el svanescha per quei ch'el croda ual sil tac tschiec.

Das Bild wird in der Entfernung $b = -12$ cm scharf. Das Minus-Zeichen deutet an, dass es auf dem Kopf steht. Dass es verkleinert ist, zeigt das Verhältnis $b:g = -12:24 = -0,5$ (kleiner als 1). Durch einen Versuch können wir die Berechnung bestätigen. Wählen wir nun $g = 10$ cm, so ergibt die Berechnung $b = -88$ cm. Das Bild ist verkehrt aber vergrössert, denn $b:g$ wird grösser als 1, nämlich 8,8.

Nun verstehen wir auch, dass man beim Fotografieren mit einem guten Apparat, je nach der Entfernung des Gegenstandes, die Linse verschieben muss, um ein genaues Bild zu erhalten. Man nennt dies «scharfeinstellen». Das Auge macht die Einstellung einfacher; es verändert die Brennweite durch Änderung der Pupillendicke. Im Alter oder bei Kurzsichtigkeit gelingt diese Scharfeinstellung nicht immer. So muss man mit Brillengläsern die Brennweite der Augen verlängern oder verkürzen, damit das Bild auf der Netzhaut scharf erscheine.

Die Vergrösserungsmöglichkeit bei unserem Experiment lässt uns auch verstehen, dass es möglich sein muss, Fernrohre, Mikroskope und andere optische Apparate zu bauen. Sie sind allerdings oft sehr kompliziert und aufwendig.

La poppa digl egl consista dalla pial dira, dalla substansa de veider e dall'aia ella lenta. La retina (C) ei sensibla sin glisch. Il tac mellen (F) ei il liug della pli gronda sensibladad. Leu ei il maletg cura ch'ins fixescha in object. Il tac tschiec E ei l'entrada della gnrava digl egl. La pupilla ei la ruosna variabla digl egl che vegn dirigida dagl artg iris. Igl apparat de fotografar ei fetg analogs agl egl.



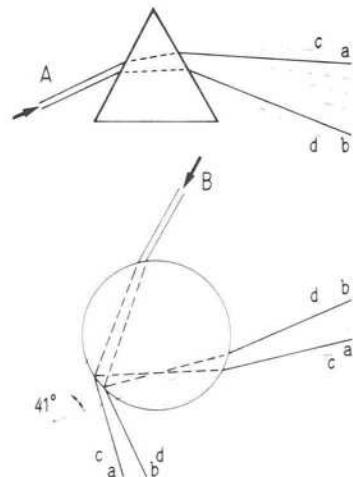


10.4.5 Las colurs. – Nos experiments cun prismas han probabla mein schau corscher nus ch'ei dat savens colurs che nus enconuschein dagl artg en tschiel. Quellas colurs lein nus intercurir pli manedlamein. Nus schein curdar in radi de glisch alva, il meglier focalisaus entras ina lenta de convergenza sin in cantun de veider. La glisch alva vegg spartida en colurs, e quei aschia, che tgletschen para meins refractaus che violet. Quellas duas colurs ein las fins dil schinumna spectrum de colurs. Las colurs numnan ins colurs spectralas. Cun quei eis ei comprovau che la colur alva ei componida da tuttas ulteriuras colurs. Consequentamein ei ner la munconza de tuttas colurs, pia negina colur el senn optic. Tiegl artg en tschiel eis ei ils daguots de plievgia che decomponan la glisch dil sulegl.

De tut auter caracter ein las schinumnadas colurs de corps, las colurs de malegiar u de pigments. El stgir ein tuts corps ners sch'els sclareschan buca sez. Colurs spectralas ein adina colurs che glisch an sezzas. Las colurs de corps encuntercomi comparan pér ell'illuminaziun. Ha il tgierp ella glisch alva ina colur alva, sche mutta quei che quei tgierp reflecteschi tuts ils radis, absorbeschi negins. Semegliontamein stat ei cun corps colurai transparents. Els laian penetrar mo certas colurs. Para in tgierp cotschens sche mutta quei ch'el reflecteschi ni laschi tras mo las colurs cotschnas, absorbeschi las otras. Ins di pia: In tgierp compara en quella glisch ch'el reflectescha ni lai ir atras. In tgierp ner la guota tutta glisch. Aschia eis ei era declarau quei che nus vein viu ella calorica, che corps stgirs al sulegl veggan pli caulds che alvs. En ina glisch che cuntregn buc tut las colurs, compara in tgierp en colur autramein che ella glisch dil sulegl. Buca tut las amplas electricas ein adaptadas per elegier materias coluradas. In experiment dueigi demussar quei a nus: Nus derschein sin in taglier ni uvierchel de stuors in tec sal e bungnein el cun spret, envidein el e contemplen ils objects colurai en que-

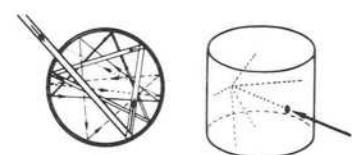
10.4.5 Die Farben. – Die optischen Experimente mit Glasprismen lassen oft Farben auftreten, die wir vom Regenbogen her kennen. Diese Farben wollen wir näher untersuchen. Wir lassen einen weißen Lichtstrahl, am besten durch eine Sammellinse gebündelt, auf eine Glaskugel fallen. Das weiße Licht wird in Farben zerlegt, und zwar so, dass rot weniger gebrochen erscheint als violett. Diese zwei Farben sind die Enden des sog. Farbenspektrums. Man nennt sie Spektralfarben. Damit ist bewiesen, dass die weiße Farbe aus allen andern Farben zusammengesetzt ist. Dementsprechend ist schwarz das Fehlen aller Farben, ist also keine Farbe im optischen Sinn. Beim Regenbogen sind es die Regentropfen, die das Sonnenlicht zerlegen.

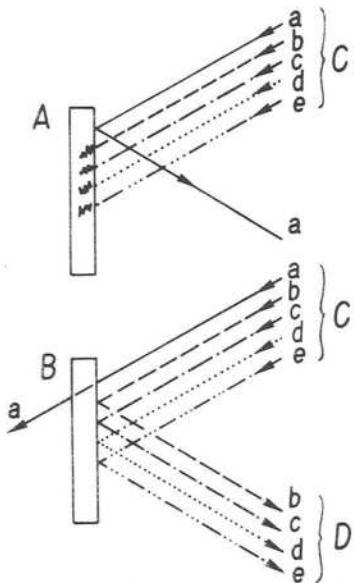
Ganz anderer Natur sind die sogenannten Körperfarben, die Malfarben oder Pigmente. Im Dunkeln sind alle Körper schwarz, wenn sie nicht selber leuchten. Spektralfarben sind immer selbstleuchtende Farben. Die Körperfarben hingegen erscheinen erst in der Beleuchtung. Hat ein Körper im weißen Licht eine weiße Farbe, so heißt dies, dass dieser Körper alle Strahlen reflektiert und keine absorbiert. Ähnlich ist es bei farbigen transparenten Körpern. Sie lassen nur bestimmte Farben durch. Erscheint ein Körper rot, so bedeutet dies, dass er nur die roten Strahlen reflektiert oder durchlässt, die andern aber absorbiert. Man kann also sagen: Ein Körper erscheint in dem Licht, das er reflektiert oder durchlässt! Ein schwarzer Körper verschluckt alles Licht. Damit ist auch die Tatsache klar, die wir in der Wärmelehre erwähnt haben, dass dunkle Körper an der Sonne wärmer werden als helle. In einem Licht, das nicht alle Farben enthält, erscheint ein farbiger Körper anders als im Sonnenlicht. Für die Auswahl von farbigen Stoffen eignen sich z.B. nicht alle elektrischen Lampen gleich gut. Ein Versuch soll uns dies vor Augen führen: Wir gießen auf einen Teller oder Blechdeckel etwas Kochsalz



A: La decomposizion della glisch alva muossa che quella ei componida da pliras colurs. El cap. 10.3.4 vegg mussau, che la glisch vegg refractada, mida direcziun sch'ella sto in atras corps transparents ded autra densitat. Cheu vesein nus che quella deviazion dependa dalla colur, e nus schein cun raschun, ch'ella dependa dalla lunghezia dellas undas. Undas cuortas deviescha pli fetg che liungas. Tgletschen ha ina pli liunga unda che violet. B: Els daguots de plievgia vegg il radi dil sulegl ruts duas gadas e decomponius. Perquei dat ei dus artgs en tschiel. — Sper ils radis veseivels (a-b) dat ei aunc da mintga maun nunveseivels. Ils infracotschens (c) ein ils radis calorics ch'ins sa constatar cun in termometer. Ils radis ultravioletts (d) pon influenzar plattas fotograficas.

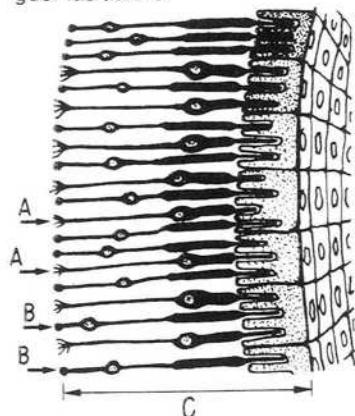
In tgierp totalmein ner absorbescha tutta glisch. Denton eis ei difficil ded evitar reflex era sin ina materia nera. Il radi sa vegin stizzaus dil tut cun far entrar el dad ina ruosna digl intern ded ina crombra resch nera. Il radi reflettescha ad in reflectar e vegg aschia pli e pli fleivels.





Las colurs pigmentaras ein la mischeida dils radis de glisch alva che vegnan reflectai dal tgierp. Ina part vegn absorbida dal tgierp, l'autra vegn reflectada e reunida ella colur complementara. – La glisch alva C dat sin il tgierp A. Quel reflectescha mo tgietschen e perquei para il tier cotschens. Tschellas undas vegnan laguttidas. El secund malteg ei B in transparent che lai ir atras mo tgietschen. Tschellas colurs vegnan per part absorbidas u reflectadas. Sut certas condiziuns vesan ins en quei cass ina colur verda reflectonta ch'ei la colur complementara de tgietschen.

Il desegn muossa in tagl (C) atras la rasada sura della retina. Ils gnarvs A ein sensibels per glisch e colur. Ils gnarvs B reageschan mo sin glisch senza saver distinguier las colurs.



sta glisch spirontamein melna, ed era las fatschas dils conscolars. Sche la stanza ei stgira dil tut, svaneschan en quella colur melna tuttas las autras. Nus prendein ridas ni rispials de colur e scrivin cun quels ils plaids «tgietschen, verd» etc., tenor nies manegiar. Cura che nus envidein la glisch electrica dat ei entginas surpresas. Ei dat pia fontauñas de glisch che possedan buca tuttas colurs, che han pia buca ina penda spectrala continuada. Tier quei experiment retracta ei ded ina glisch de sodium (sal e spret) che cuntregn insumma mo mellen. Cunzun ils gas che circumdeschan ina glisch cun burnida, san absorbar certas colurs.

Quei succeda era en connex cul sulegl. Siu spectrum muossa numerosas lingias nerás, v.d., loghens el spectrum che mauncan, e dallas qualas ins sa concluder tgei elements che sesanfan el sulegl. En quella moda selaian era las steilas analisar. La scienzia che conclude dalla composizion dil spectrum sillas materias numnan ins analisa spectrala, che vegn surtut duvrada tier malfatgs criminals cun tissis. Il pli pign fastigt de talas substanzas tradescha entras siu spectrum la composizion e derivonza dils tissis.

Tuts quels fenomens numnai e biars auters della glisch savein nus mo explicar sche nus supponin che la glisch hagi caracter ded undas. Mesiraziuns han mussau ch'ei subtracta ded ordvart grondas frequenzas u fetg pintgas lunghezias ded undas, numnadamein de plirs tschiens bigliuns oscillaziuns per secunda e ded undas de 400–800 Nm lunghezia. Tgietschen ha ina pli gronda lunghezia d'unda che violet e penetrescha pli tgunsch l'aria. Differentas colurs muntan semplamein: differentas lunghezias ded undas.

10.4.6 Igli egl e l'udida. – Tenor la teoria sura indicada sedifferenzieschan colurs entras lur lunghezia d'unda. Igli egl sa adina mo distinguier la mischeida de colurs; buca

und tränken es mit Brennspiritus, zünden es an und betrachten bei diesem Licht farbige Gegenstände und auch die Gesichter der Mitschüler. Bei sonst dunklem Raum sind alle Farben verschwunden. Wir nehmen farbige Kreiden oder Mahlstifte zur Hand und schreiben damit die Worte «rot, grün» usw. auf, gemäss unserem Dafürhalten. Drehen wir das elektrische Licht an, so gibt es etliche Überraschungen. Es gibt also Lichtquellen, die nicht alle Farben, also kein kontinuierliches Spektralband besitzen. Bei diesem Versuch handelt es sich um ein Natriumlicht, welches überhaupt nur Gelb enthält. Besonders die Gase, die um eine Leuchte schweben, können einzelne Farben absorbieren. Dies geschieht auch bei der Sonne. Ihr Spektrum zeigt zahlreiche schwarze Linien, d.h. Stellen im Spektrum, die Fehlen, und aus denen man auf die Stoffe schliessen kann, die sich auf der Sonne befinden. Desgleichen lassen sich die Sterne analysieren. Die Wissenschaft, die aus der Zusammensetzung des Spektrums auf die Stoffe schliesst, nennt man Spektralanalyse, die besonders bei Verbrechen mit Giftstoffen angewandt wird. Kleinste Spuren von solchen Stoffen verraten durch ihr Spektrum ihre Zusammensetzung oder Herkunft.

All die genannten und viele andere Erscheinungen des Lichtes können wir nur erklären, wenn wir annehmen, dass Licht Wellennatur besitzt. Messungen haben ergeben, dass es sich um äußerst grosse Frequenzen oder sehr kleine Wellenlängen handelt, nämlich um mehrere hundert Billionen Schwingungen in der Sekunde und um Wellenlängen von 400–800 Nanometer. Rot hat eine grössere Wellenlänge als Violett und durchdringt die Körper leichter. Unsere Theorie kann also nur lauten: Verschiedene Farben haben verschiedene Wellenlängen.

10.4.6 Das Auge und das Gehör. – Demgemäß unterscheiden sich Farben nur durch ihre Wellenlängen. Das Auge kann immer nur die Mischfarbe unterscheiden, aber darin

las colurs singulas. Sche nus mischedein p.ex. las duas colurs pigmentaras mellen e blau, vesa igl egl verd, v.d. ina colur che stat denter mellen e blau d'ina pindella spectrala. En quei risguard ei l'ureglia pli perfetga: ella tscherna ord ina mischedia de tuns las differentas lunghezias d'undas, v.d. las differentas altezias e tuns superiurs. Da quels ultims dependa la tempra, il caracter, la colur dil tun. Dad ina solia crenna d'ina platta de gramofon po l'ureglia rutinada fastisar numerus instruments e perseguitar las singulas melodias en lur successiuns ed altezias de tuns. Nus havein duas ureglas per constattar la direcziun dil sun, e dus egls per calcular la distanza e per veser ils objects spaziale corporalmein. Omisduas habilitads numnan ins cuortamein: stereoacustica e stereooptica.

Contemplein nus ina tabla de preit pleinamein scetta, vesein nus el medem temps mo enzacontas letras fetg net. Per leger stuein nus encuir ensemble las letras culs egls e combinar elllas dabot tier in maletg complessiv. Igl egl fa nundumbreivels segls vi e neu e picla si scodedir tuts ils garnins; mo quei aschi spert che nus vein l'impressiun d'in maletg ruassont. In cuort impuls ded ina glisch clara agescha mo ina fracziun ded ina secunda ditg sillla retina. La camegiada ded in radi fetg spert (p.ex. il cametg fotografic) cun in cuoz ded $\frac{1}{1000}$ secunda seretarda e stezza mo plaua a plaua egl egl, forsa en $\frac{1}{25}$ secunda. Perquei davantan ils fis ded ina roda che gira fuostgs e tuorbels. En in film cinematografic paran ils singuls maletgs che se suondan spert ded esser coherents (par. 12.5.3).

Per igl egl e l'ureglia communabel ei la capacitat dil magasinar, digl accumular. Melodias e maletgs san vegnir conservai ella memoria. Quella capacitat de magasinar ei denton era limitada. Culla vegliadetgna piardon ins veseivlamein quella facultad e perquei viv'ins en quella perioda della veta bugen da reminiscenzas

nicht alle einzelnen Farben. Wenn wir z.B. die zwei Pigmentfarben gelb und blau mischen, sieht das Auge grün, d.h. eine Farbe, die zwischen dem gelb und blau eines Spektralbandes liegt. In dieser Hinsicht ist das Ohr vollommener: es unterscheidet aus einem Tongemisch die einzelnen Wellenlängen, das heißt die verschiedenen Höhen und Overtöne, die die Klangfarbe bedingen. Aus einer einzigen Rille einer Schallplatte kann das geübte Ohr zahlreiche Instrumente heraushören und die einzelnen Melodien in ihrer Tonhöhe folgen. Wir haben zwei Ohren, um die Schallrichtung festzustellen, und zwei Augen, um die Entfernung zu schätzen und die Gegenstände körperlich oder räumlich zu sehen. Beide Fähigkeiten fasst man unter dem Begriff Stereosehen und Sterehören zusammen.

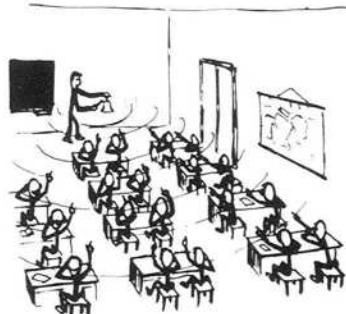
Betrachten wir eine vollgeschriebene Wandtafel, so sehen wir im gleichen Augenblick nur einige Buchstaben scharf. Wir müssen beim Lesen mit den Augen die Buchstaben «zusammenlesen» und sie rasch zu einem ganzen Bild zusammenfügen. Um dies zu erreichen macht das Auge unzählige Sprünge hin und her und pickt sozusagen alle Körner auf, und dies so rasch, dass wir den Eindruck eines ruhenden Bildes bekommen. Der Lichteindruck eines hellen Strahles bleibt im Bruchteil einer Sekunde auf der Netzhaut wirksam. Das Aufblitzen eines sehr raschen Strahls (z.B. der fotografische Blitz) von $\frac{1}{1000}$ Sekunde wirkt auf der Netzhaut vielleicht eine $\frac{1}{25}$ Sekunde und verlöscht allmählich. So werden die Speichen eines sich drehenden Rades unscharf. Im Film erscheinen uns die rasch aufeinander folgenden Bilder zusammenhängend (Siehe auch das «Fernsehen» später).

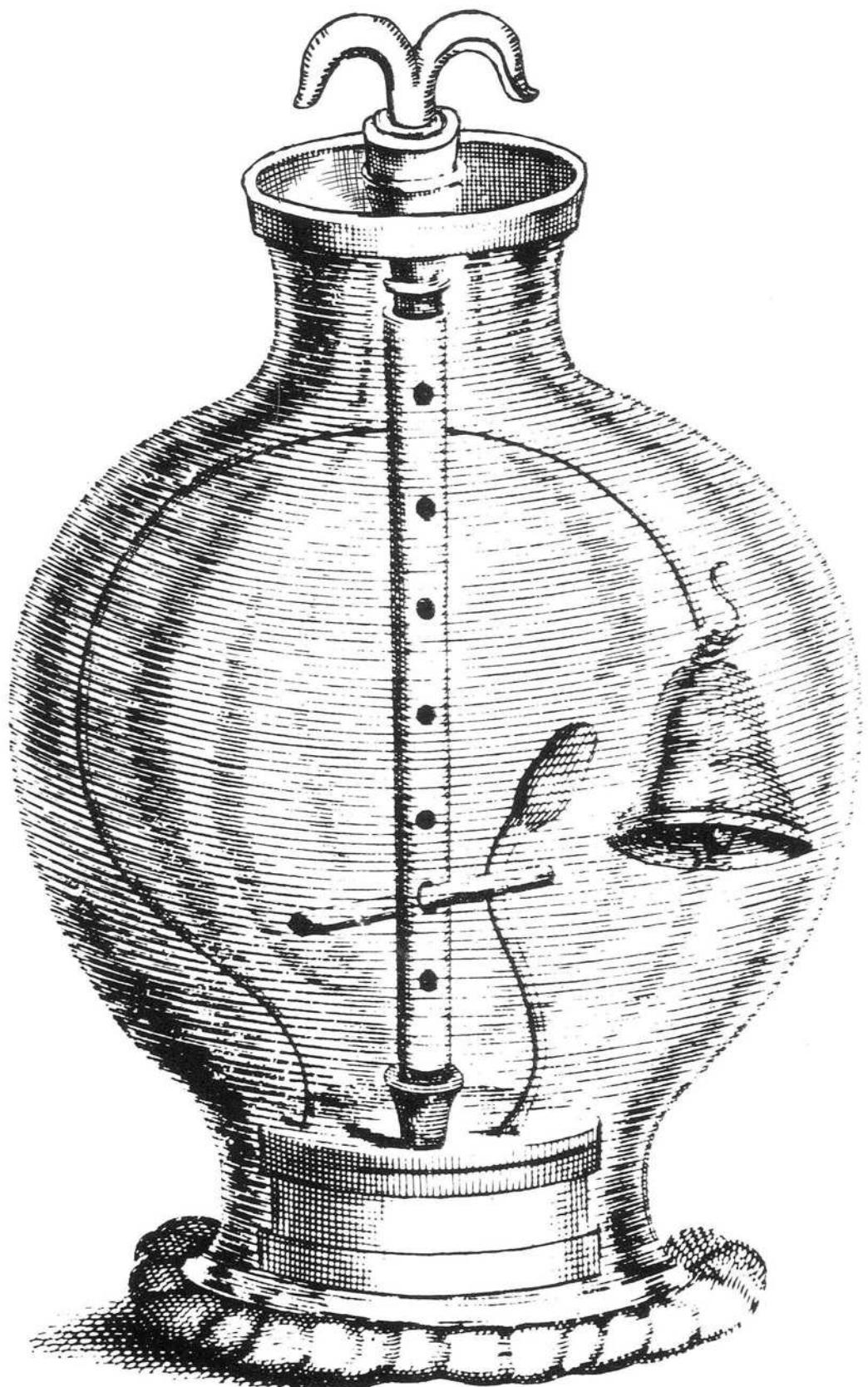
Für Auge und Ohr gemeinsam ist die Fähigkeit des Speicherns. Melodien und Bilder können im Gedächtnis aufbewahrt werden. Diese Speicherkapazität ist jedoch auch beschränkt. Im Alter verliert man zusehends diese Fähigkeit und deshalb lebt man in dieser Zeit gerne in Erinnerung an die früheren Zeiten. Es ist



Per mussar che nus savein buca schazegiar bein las distanzas mo cun in egl, prendein nus ina liunga asta e fermein dad ina vart ina gronda rintga, il pli sempel in filodirom pli gries d'electricitad. Ella duei haver in diameter de ca. 7–10 cm. Da tschei maun peglein nus l'asta cun il maun, serrein in egl ed empruein de schar giu la rintga sur ina candeila che stat sidretg sin meisa.

Per mussar che duas ureglas san indicar gest la direcziun dat il scolast cun in rispli sin in stgalin duront ch'ils scolars siaran ils egls. Il scolast sedeplazza avon ils scolars, senza far canera. Lu stgalina el ed ils scolars standan ora lur maun ella direcziun dil tun. Quei pliras gadas. Il scolast sa era stgalinar tochen ch'el semuanta epi dumandar sin tgei vart ch'el seigi ius. Cun exercezi san ils scolars perfin lignar ina figura sempla ch'il scolast descriva cul stgalin.





de pli baul. Igl ei inutil de seduman-
dar schebein la sperdita della vesida
u quella dell'udida seigi il pli grond
fastedi. Savens vegn ina qualitat
perfeczionada entras la perdita de
tschella.

10.4.7 Undas electromagneticas

El capitel 9.3.3 della Calorica, part
marginala, ein menzionalai las parts
principalas ded in atom. Iis electrons
giran entuorn il nuclin. La distanza u
il radius de lur vias circularas sto ha-
ver ina certa grondezia. Ei dat bein
pliras distanzas per cursar, denton
denter en ei quei buca pusseivel. Iis
electrons san midar lur distanza,
quei vul dir far in segl vi sin in auter
tscherchel, pli lunsch naven u pli
maneivel dil nuclin. Pli lunsch na-
ven ch'els giran e pli gronda che lur
energia ei. Per puder far in segl tier
ina energia pli gronda, sto igl elec-
tron retscheiver in cert quantum
energia. Arrivaus in scalem pli ault,
tuorna el automaticamein puspei
anavos. En quei mument dat el giu
quei quantum energia en fuorma
ded ina unda, ch'ins numna unda
electromagnetica.

Ei dat pliras pusseivladads ded ani-
mar u incitar in electron de midar siu
vau circular. Nus lein mo risguardar
il moviment molecular che nus en-
conuschein ord il capitel 7.1 (Meha-
nica) e 9.5 (Calorica). Cun scaldar pli
e pli fetg ina materia, vegn quei mo-
viment aschi gronds ch'el influenze-
scha era iis electrons en lur move-
ment. Iis atoms sestauschan aschi
fetg che quei impuls dat a lur elec-
trons la forza de bandunar in tscher-
chel e siglir vi sin in auter. Las un-
das che seproduceschan ein per
part undas caloricas e per part un-
das veseivlas de glisch, mintgamai
secund lur lunghezia u frequenza.

müssig zu fragen, ob der Verlust des Augenlichtes oder des Gehörs eine grössere Last ist. Sehr oft wird die eine Fähigkeit durch den Verlust der andern vervollkommenet.

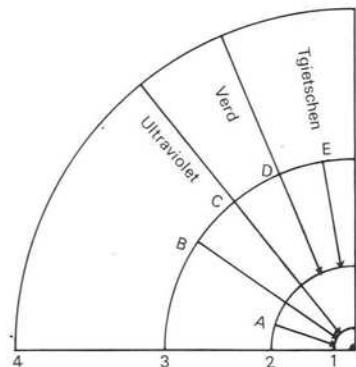
10.4.7 Elektromagnetische Wellen

Im Kapitel 9.3.3 der Kalorik sind die Hauptbestandteile des Atoms ge-
nannt. Die Elektronen kreisen um
den Kern. Der Kreisabstand für ihre
Bahnen muss ein ganz bestimmter
sein. Es gibt wohl mehrere Kreis-
bahnen, aber dazwischen sind keine
möglich. Die Elektronen können ihre
Bahn wechseln d.h. auf eine andere
Kreisbahn hinüberspringen, näher
oder weiter vom Atomkern. Je weiter
weg sie kreisen, desto grösser ist
ihre Energie. Um einen Sprung auf
eine höhere, energiereichere Bahn
zu machen, muss das Elektron eine
zusätzliche Energie erhalten, und
zwar ein bestimmtes Quantum. Auf
eine höhere Stufe angelangt, kehrt
das Elektron sogleich wieder zu-
rück. In diesem Augenblick gibt es
dieses Quantum Energie in Form
einer Welle ab, die man elektro-
magnetische Welle nennt.

Es gibt mehrere Möglichkeiten ein
Elektron anzuregen, damit es seine
Bahn wechsle. Wir wollen nur die
Molekularbewegung berücksichtigen,
die wir aus dem Kapitel 7.1 (Mechanik)
und 9.5 (Wärmelehre) kennen. Wenn man einen Stoff mehr
und mehr erwärmt, wird diese Bewe-
gung so gross, dass sie die Elektronen
in ihrem Lauf beeinflussen. Die
Atome stossen sich so sehr, dass der
Impuls ihren Elektronen die Kraft
verleiht, ihre Bahn zu verlassen und
auf eine andere zu springen. Die da-
bei entstehenden Wellen sind zum
Teil Wärmestrahlen und zum Teil
Lichtstrahlen, je nach ihrer Länge
oder Frequenz.

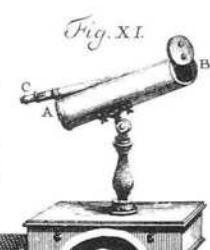
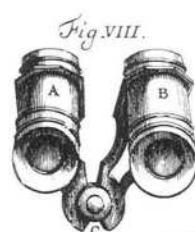
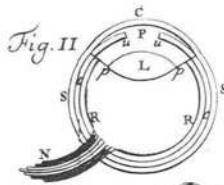
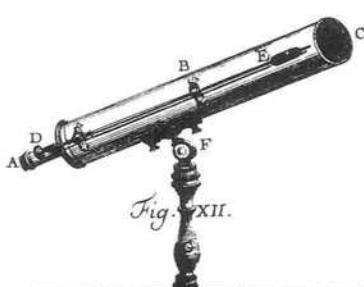
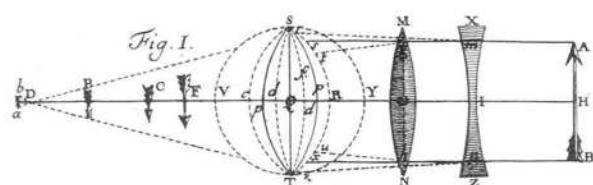
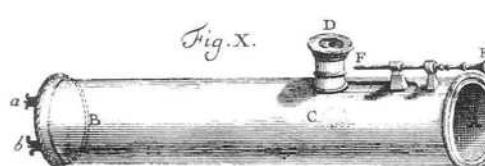
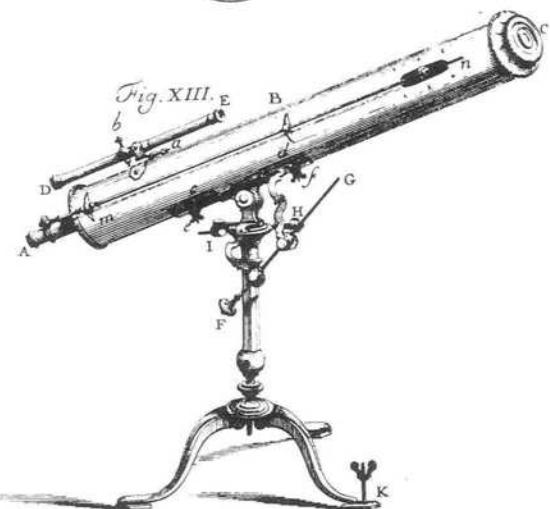
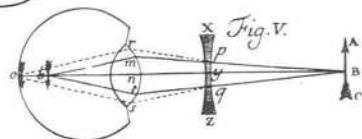
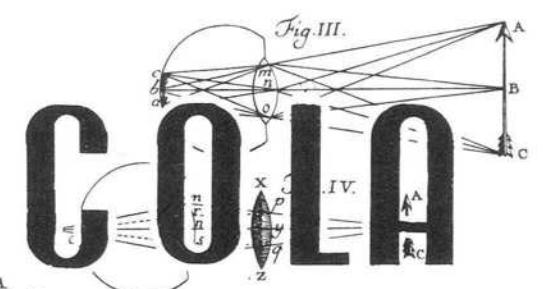
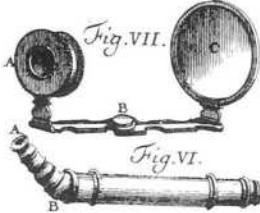
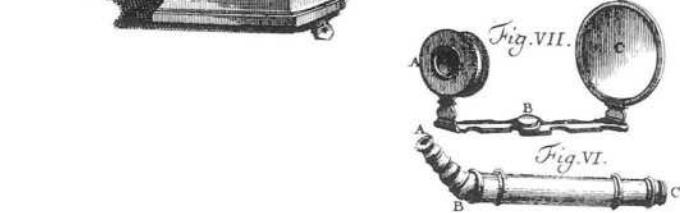
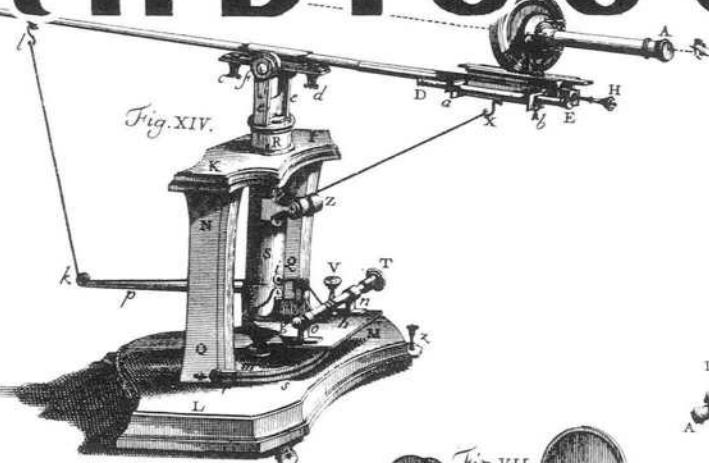
Radiazion dil hidrogen

Enamiez ils tscherchels u las vias
circularas dils electrons stat il
nuclin. Pli maneivel che il rudi 1
san iis electrons buca esser po-
stai. Per saver far in segl engiu,
sto igl electron igl emprem esser
alzaus ad ault. Il segl A dat giu
ina gronda energia; l'unda ch'el-
la constituescha ha gronda fre-
quenza, sia lunghezia ei fetg pint-
ga, la glisch ei nunveseivila, ins
numna quella ultraviolet. Quei
vala era per las undas che sere-
sultan ord iis segls B e C, mo ein
quellas undas aunc pli cuortas.
Il segl D tonscha buca tochen il
rudi giudem, l'energia ei pli pint-
ga, la lunghezia della unda pli
gronda. En quei cass eis ei ina



unda luminusa e veseivila, num-
nadamein verd. Aunc pli gronda
unda cun pli pauca energia dat il
segli D dal tscherchel 3 sin 2. Igl
ei pigl egl tschietschen. Ei fuss
per exempli mai pusseivel de
survegnir verd, sch'igl electron
fuss buca alzaus silmeins sil sca-
lem 4. Pli pintgas energias che
tschietschen ein radis calorics
infracotschens. Els ein de me-
demai natira sco las undas de
glisch.

RADIOSCOLA



F I S I C A 3