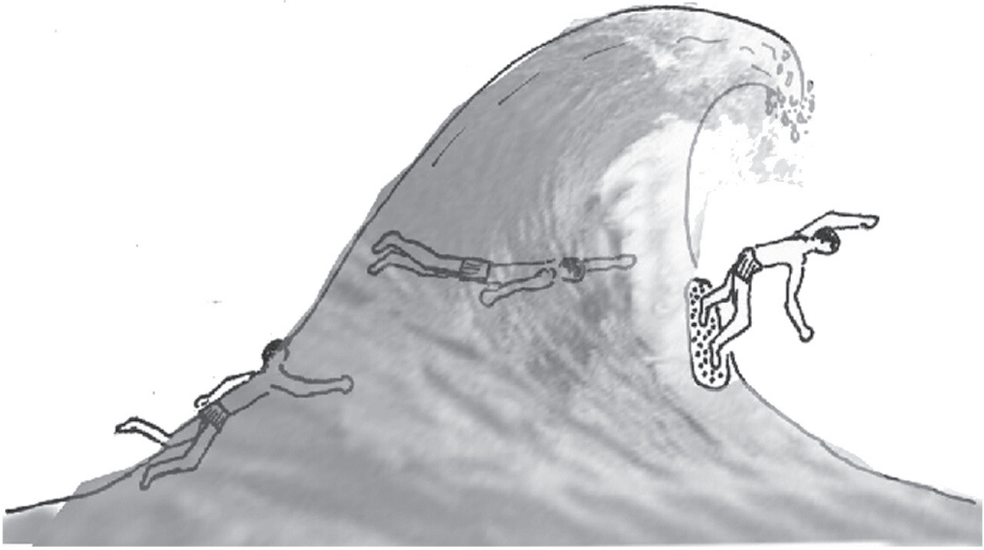


Füsik bringxts foll

Das alternative füsikalische Vorbereitungsbuch für das Füsikabitur 2010

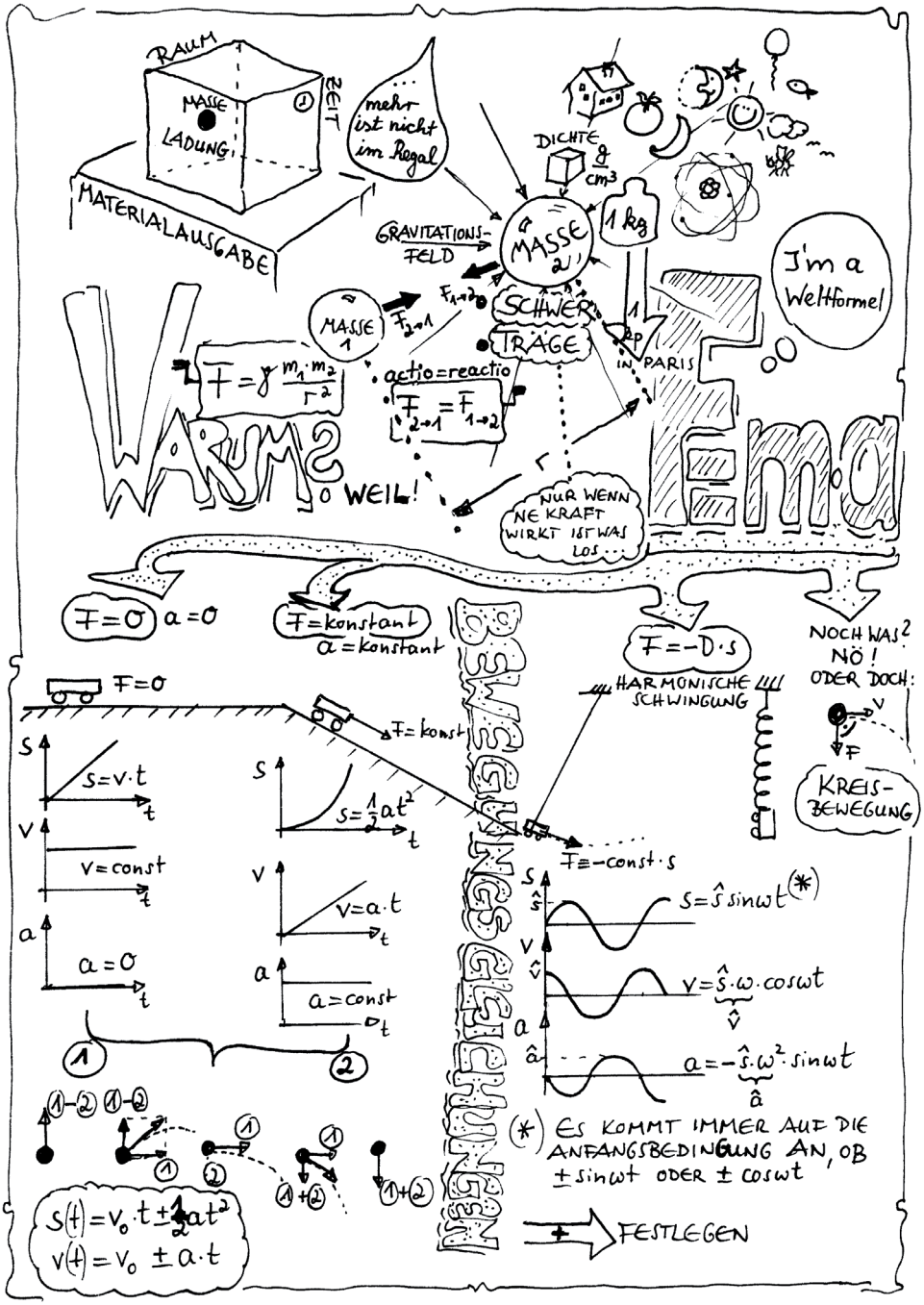
Vorwort

Es ist eigentlich alles ganz einfach, wenn man vorne auf der Welle steht und immer versteht, was wir gerade durchnehmen.
Oder so lange fragt, bis sie oder er versteht, was wir gerade durchnehmen.
Und Fehler anschaut. Fehler, die, wenn man versteht, was wir gerade durchnehmen, immer entweder „steh-eben-gerade-auf-dem-Schlauch Fehler sind - oder noch viel häufiger schlichte Rechenfehler.
Keine Panik: Die Rechenfehler sind keine Fehler, die man machen muss, weil man in Mathe nicht der Oberheld ist. Oder die Heldin.
Die Rechenfehler sind fast immer Fehler, die aus mathematischen Unsicherheiten aus den Klassen 7 bis 9 oder maximal Klasse 10 entstehen. Also keine Fehler, die durch die aktuelle Mathematik begründet wären.
Meistens Fehler beim Gleichungen auflösen und Leichtsinnsfehler.
Das muss man wissen, um möglichst wenig Fehler zu produzieren.
Allerdings sollte man sich auch nicht zu sehr stressen, wenn mal Fehler auftauchen.
Auch ihr seid nur Menschen, wenn ihr auch jetzt in der Kursstufe am Faust seid.
Es geht in erster Linie darum, dass man immer versteht, was wir gerade durchnehmen. Dann kommen auch Noten heraus, mit denen man gut leben kann. Ob die nun weit über 10 oder auch unter eher 10 Punkten liegen, das darf man nie persönlich nehmen. Am Ende zählt, ob ihr mit dem Wissen der Physik, bei dem ihr immer verstanden habt, was wir gerade durchgenommen haben, euch zutraut, ein Studium in irgendeinem technischen, naturwissenschaftlichen Fach anzufangen.
Nicht dass ihr es dann auch anfangen müsst. Aber ihr solltet nach zwei Jahren Neigungskurs Physik die Option offen haben, dass ihr zum Beispiel nach einem Semester Jura, das euch doch nicht so gefällt, wie gedacht, euch jetzt doch auf Mikrosystemtechnik, Bauingenieurwesen oder was auch immer stürzen könnt. Weil ihr es euch zutraut.
Darum geht es.
Erarbeitet euch am Ende möglichst viele Möglichkeiten für eine freie Berufswahl.

Wer merkt, dass er oder sie nur durch viel Üben Sicherheit bekommt, der oder die muss einfach viel üben. Durch die Stark Abi-Hefte stehen genügend Abi-Aufgaben mit Lösungen zur Verfügung.

Ansonsten:
Fragen, fragen, fragen, sich einbringen, Spaß an Erkenntnisprozessen entwickeln, spüren, welche Fähigkeiten man entwickeln kann, wenn man sich ins Zeug legt, Schule leben.

September 2009


RAUM
ZEIT
MASSE
LADUNG
MATERIALAUSGABE
mehr ist nicht im Regal
DICHTE
g/cm³
1 kg
GRAVITATIONS-FELD
MASSE 2
MASSE 1
SCHWER
TRÄGE
1 kp
IN PARIS
I'm a Weltformel
WARUM? WEIL!
NUR WENN NE KRAFT WIRKT IST WAS LOS...
F=0 a=0
F=konstant
a=konstant
F=-D·s
NOCH WAS? NÖ! ODER DOCH:
KREIS-BEWEGUNG
HARMONISCHE SCHWINGUNG
BEWEGUNGSGLEICHUNGEN
s=v·t
v=const
a=0
s=½at²
v=a·t
a=const
F=-const·s
s=ŝ sinωt (*)
v=ŝ·ω·cosωt
a=-ŝ·ω²·sinωt
(*) ES KOMMT IMMER AUF DIE ANFANGSBEDINGUNG AN, OB ±sinωt ODER ±cosωt
s(t)=v₀·t±½at²
v(t)=v₀±a·t
FESTLEGEN

ENERGIEERHALTUNG

LAGE-ENERGIE

HUB-ARBEIT

$W_{pot} = m \cdot g \cdot h$

BESCHLEUNIGUNGS-ARBEIT

$W_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$

BEWEGUNGS-ENERGIE

DEHNUNGSARBEIT

SPANN-ENERGIE

REIBUNGSARBEIT

$W_r = f \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha \cdot s$

$W_{sp} = \frac{1}{2} D s^2$

IMPULS-ERHALTUNG

$F_{2\to1}$ 1 2 $F_{1\to2}$

actio = reactio

$F_{1\to2} = F_{2\to1}$

$m_2 \cdot a_2 = m_1 \cdot a_1$

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$

$p_{vorher} = p_{nachher}$

SCHWINGUNGEN

$W_{spann} = W_{kin}$

$\boxed{F = -D \cdot s}$ LINEARES KRAFTGESETZ

DIFFERENZIALGLEICHUNG

$m \cdot \ddot{s} = -D \cdot s$

$\boxed{\ddot{s} = -\frac{D}{m} \cdot s}$

z.B. $s(t) = \hat{s} \cdot \cos\omega t$

$\dot{s}(t) = -\hat{s} \cdot \omega \sin\omega t$

$\ddot{s}(t) = -\hat{s}\omega^2 \cos\omega t$

$\frac{1}{\cancel{\hat{s}}} \cancel{\hat{s}} \omega^2 \cancel{\cos\omega t} = \frac{1}{m} D \cancel{\hat{s}} \cancel{\cos\omega t}$

$\omega^2 = \frac{D}{m}$ $\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$

ANSÄTZE JE NACH ANFANGS-BEDINGUNG

$s(t) = \hat{s} \cdot \sin\omega t$

$s(t) = \hat{s} \cdot \cos\omega t$

$s(t) = -\hat{s} \sin\omega t$

$s(t) = -\hat{s} \cos\omega t$

$s(t) = \hat{s} \sin(\omega t + \varphi)$

ALLGEMEINSTER ANSATZ

$\boxed{T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}}$

KREIS & SINUS

l $\varphi(t)$

$F_{rück} = m \cdot g \cdot \sin\varphi \approx$ FÜR KLEINE φ

$\approx m \cdot g \cdot \varphi$

$= m \cdot g \frac{s}{r}$ $(r = l)$

$\frac{\varphi}{2\pi} = \frac{s}{2\pi r}$

$\boxed{\varphi = \frac{s}{r}}$

ALSO $F = -\boxed{\frac{m \cdot g}{l}} \cdot s$ *

s $F_{rück}$ $m \cdot g$

RECHNER: BOGENMASS

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{l}}}$

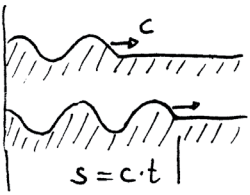
$\boxed{T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}}$

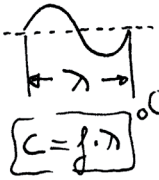
$F_z = \frac{m v^2}{r}$

$= m \omega^2 r$

KREISBESCHLEUNIGUNG ZENTRIPETAL, — FUGAL

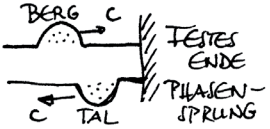
WELLEN

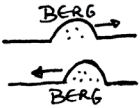


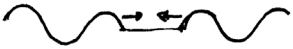


$f = \frac{1}{T}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{f}$

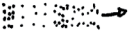




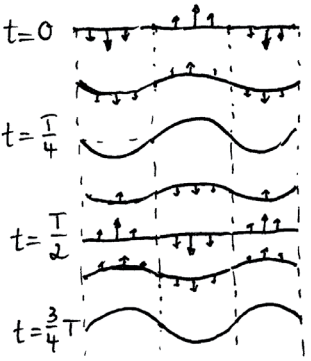


ZWEI ENTGEGENLAUFENDE WELLEN
(GLEICHES C GLEICHES f → GLEICHES λ)
ERZEUGEN IM ÜBERLAGERUNGSBEREICH

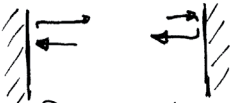
WIR UNTERSCHEIDEN
LONGITUDINALWELLE
Z.B. SCHALL



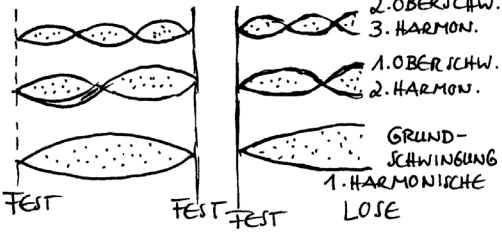
UND TRANSVERSALWELLE



MAN ZEICHNET'S GERN AUCH SO



REFLEXION
AN 2 ENDEN BRINGT STEHENDE WELLEN,
WENN ES PASST (λ)



WELLEN

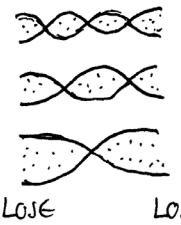
ÜBERLAGERN SICH

UNGESTÖRT !!!!

MERKE

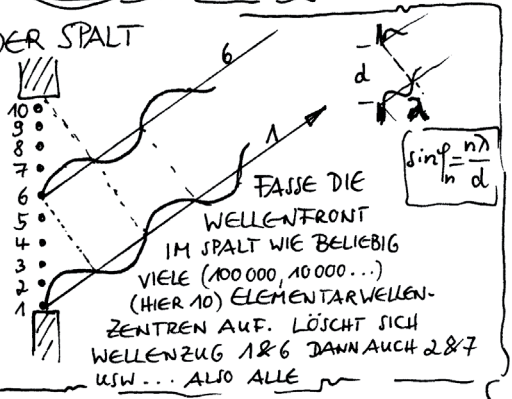
KNOTENABSTAND
IMMER λ/2 !!

SCHALLWELLEN:
SCHNELLE BAUCH
= KNOTEN DER
DRUCKÄNDERUNG



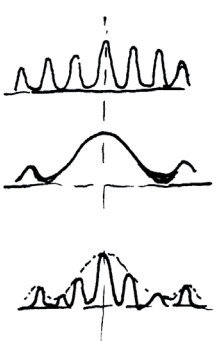
SPÄTSEZ

DER SPALT



FASSE DIE WELLENFRONT IM SPALT WIE BELIEBIG VIELE (100 000, 10 000 ...) (HIER 10) ELEMENTARWELLEN-ZENTREN AUF. LÖSCHT SICH WELLENZUG 1 & 6 DANN AUCH 2 & 7 USW ... ALSO ALLE

SPALT & DOPPELSPALT (ODER GITTER



WO VOM SPALT NICHTS KOMMT, KANN AUCH NICHTS KONSTRUKTIV INTERFERIEREN

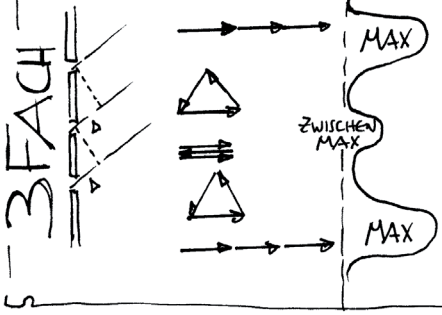
HERR DREIFACHSPALT

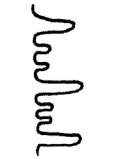
UND DIE SACHE MIT DEN ZEIGERN

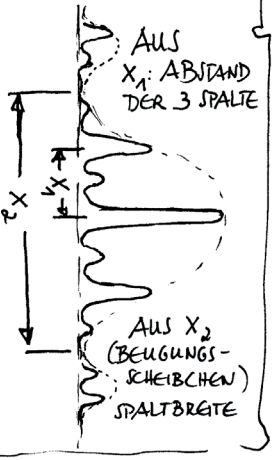
DIE WELLEN-AMPLITUDE IST DIE SENKRECHTE PROJEKTION DES PFEILS

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{\varphi}{360°}$$

ZUR WINKEL-BERECHNUNG

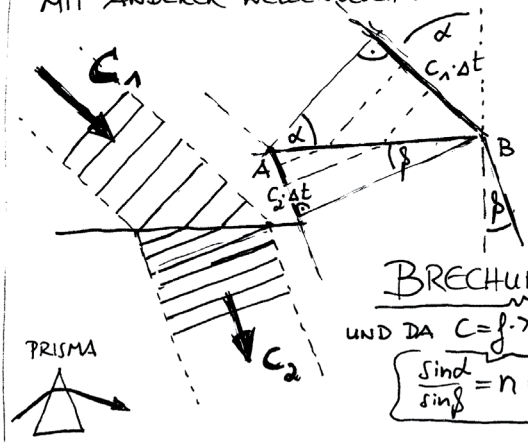






BRECHUNG & BEUGUNG

KOMMT NE WELLE SCHRÄG AN NE GRENZFLÄCHE ZU EINEM MEDIUM MIT ANDERER WELLENGESCHWINDIGKEIT.... WIRD SIE EBEN GEBROCHEN.



BRECHUNG HAT ALSO MIT VERSCHIEDENEN GESCHWINDKEITEN ZU TUN.

$$\frac{\frac{c_1 \cdot \Delta t}{\overline{AB}}}{\frac{c_2 \cdot \Delta t}{\overline{AB}}} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = n$$

BRECHUNGSZAHL

BRECHUNGSGESETZ

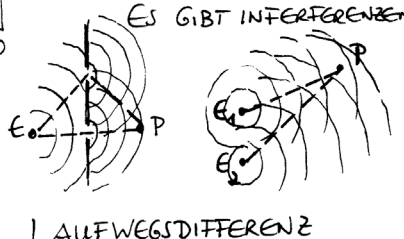
UND DA $c = f \cdot \lambda$ UND f GLEICH BLEIBT, GILT

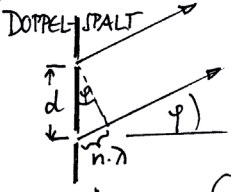
$$\boxed{\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$$

KOMMT NE WELLE AN EINEN DOPPELSPALT, VERHÄLT SIE SICH DORT WIE 2 ELEMENTARERREGERZENTREN:

INTERFERENZ BERECH

ES GIBT INFERFERENZEN

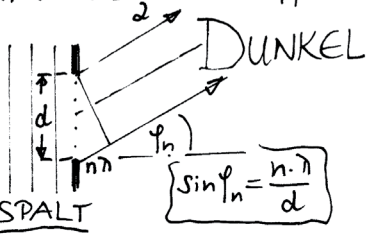




$$\boxed{\sin\varphi_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}}$$

Maxima

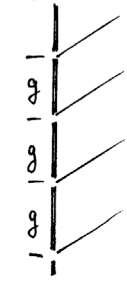
LAUFWEGSDIFFERENZ ENTSCHEIDET, OB MAX. ODER MIN. $n \cdot \lambda$: Max $\frac{2n+1}{2}$: Min $n = 0, 1, 2 \cdots$



$$\boxed{\sin\varphi_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}}$$

GITTER HELL

EBENSO



$$\boxed{\sin\varphi_n = \frac{n \cdot \lambda}{g}}$$

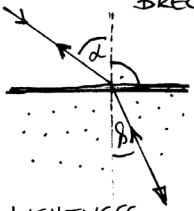
DIES & DAS

WELLEN

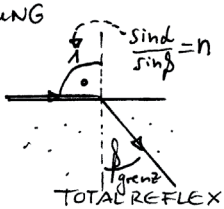
MERKE

BRECHUNG

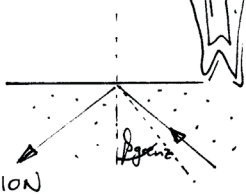
BEUGUNG

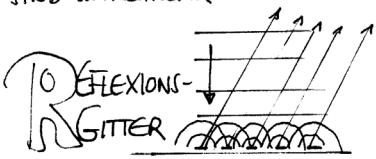


LICHTWEGE SIND UMKEHRBAR

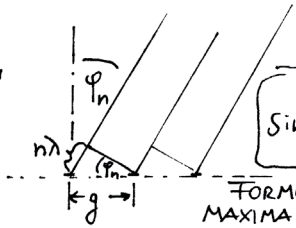


TOTALREFLEXION





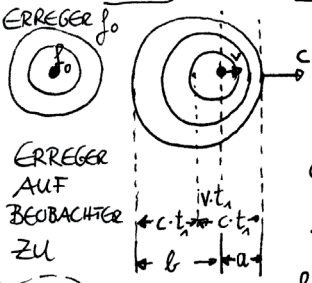
REFLEXIONS-GITTER



$$\sin\varphi_n = \frac{n\lambda}{g}$$

FORMEL FÜR MAXIMA WIE GEHABT.

DOPPLEREFFEKT



Anzahl Schwingungen in der Zeit t_1

$$n = f_0 \cdot t_1$$

Soviele Wellenlängen sind in a und in b

1 ERREGER AUF BEOBACHTER ZU

$$a: \lambda_{zu} = \frac{c t_1 - v t_1}{f_0 t_1} = \frac{c-v}{\frac{c}{f_0}} = \left(1 - \frac{v}{c}\right)\lambda_0$$

$$b: \lambda_{weg} = \frac{c t_1 + v t_1}{f_0 \cdot t} = \left(1 + \frac{v}{c}\right)\lambda_0$$

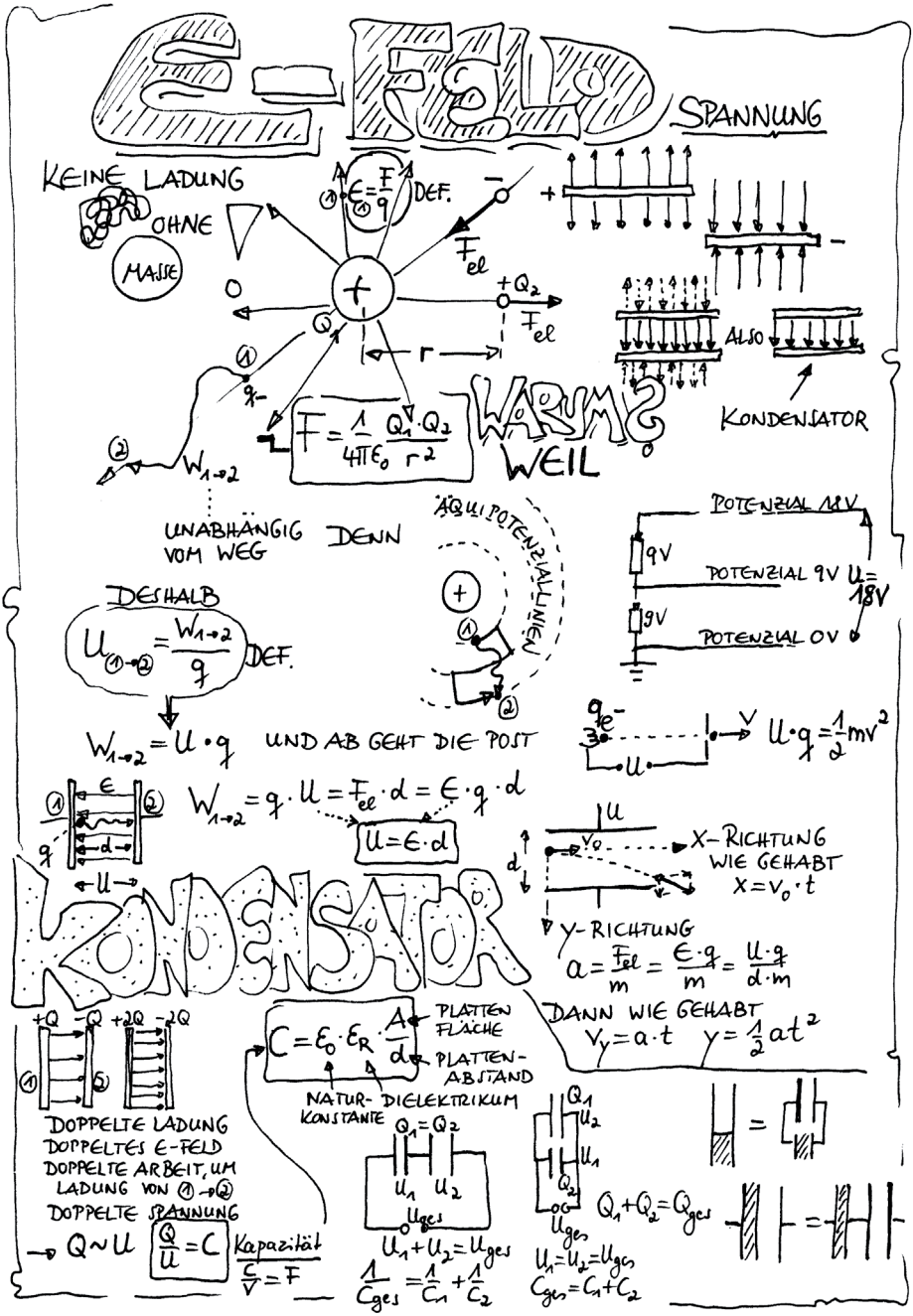
$$f = \frac{c}{\lambda} : \quad \boxed{f_{zu} = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c}}} \quad \boxed{f_{weg} = \frac{f_0}{1 + \frac{v}{c}}}$$

2

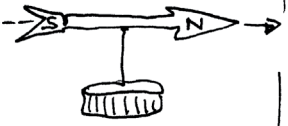
λ bleibt

Wellengeschw. c wird $c^* = c + v$ (zu) BZW $c^* = c - v$ (WEG)

$$\boxed{f_{zu} = \frac{c+v}{\lambda} = \frac{c+v}{\frac{c}{f_0}} = \left(1 + \frac{v}{c}\right) f_0} \quad \boxed{f_{weg} = \left(1 - \frac{v}{c}\right) f_0}$$


E-FELD
SPANNUNG
KEINE LADUNG
OHNE
MASSE
$E_{(1)} = \frac{F}{q}$ DEF.
F_{el}
$+Q_2$
Q_1
r
q_-
$W_{1\to2}$
$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
WARUM?
WEIL
ALSO
KONDENSATOR
UNABHÄNGIG VOM WEG
DENN
ÄQUIPOTENZIALLINIEN
POTENZIAL 18V
9V
POTENZIAL 9V
U=18V
9V
POTENZIAL 0V
DESHALB
$U_{(1)\to(2)} = \frac{W_{1\to2}}{q}$ DEF.
$W_{1\to2} = U \cdot q$ UND AB GEHT DIE POST
$U \cdot q = \frac{1}{2}mv^2$
$W_{1\to2} = q \cdot U = F_{el} \cdot d = E \cdot q \cdot d$
$U = E \cdot d$
X-RICHTUNG WIE GEHABT
$x = v_0 \cdot t$
Y-RICHTUNG
$a = \frac{F_{el}}{m} = \frac{E \cdot q}{m} = \frac{U \cdot q}{d \cdot m}$
DANN WIE GEHABT
$v_y = a \cdot t \quad y = \frac{1}{2}at^2$
KONDENSATOR
$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_R \cdot \frac{A}{d}$
PLATTENFLÄCHE
PLATTENABSTAND
NATUR-KONSTANTE
DIELEKTRIKUM
+Q −Q +2Q −2Q
DOPPELTE LADUNG
DOPPELTES E-FELD
DOPPELTE ARBEIT, UM LADUNG VON (1)→(2)
DOPPELTE SPANNUNG
$\to Q \sim U$
$\frac{Q}{U} = C$
Kapazität
$\frac{C}{V} = F$
$Q_1 = Q_2$
$U_1 + U_2 = U_{ges}$
$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
$Q_1 + Q_2 = Q_{ges}$
$U_1 = U_2 = U_{ges}$
$C_{ges} = C_1 + C_2$

B-FELD



LINKE DAUMEN-REGEL FÜR NEGATIVE TEILCHEN

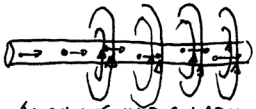
FLIEGT NE LADUNG IST ES DA, DAS MAGNETFELD!

WARUM? WEIL!

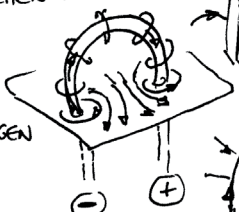
UND WAS KANN ES? AUF BEWEGTE LADUNGEN NE KRAFT AUSÜBEN (*)

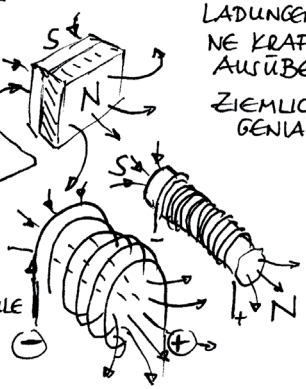
ZIEMLICH GENIAL..

IN KONZENTRISCHEN KREISEN

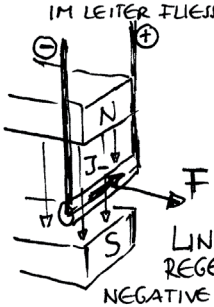


AUCH WENN DIE LADUNGEN IM LEITER FLIESSEN





MIT EINER SPULE BAUT MAN SO EINEN ELEKTRO-MAGNET



LINKE HAND REGEL FÜR NEGATIVE TEILCHEN

DAUMEN: ELEKTRONENBEWEGUNG
ZEIGEFINGER: MAGNETFELD
MITTELFINGER: KRAFT AUF LEITER

DEF

STÄRKE DES MAGNETFELDS DURCH MAGNETISCHE FLUSSDICHTE B DEFINIERT

$$B = \frac{F}{J \cdot l}$$

KRAFT

STROM-STÄRKE

LÄNGE LEITER IM MAGNETFELD

EINHEIT: TESLA

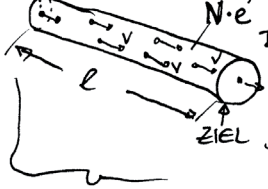
(*)

UND DIE KRAFT WIRKT IMMER ⊥ AUF GESCHW.KEIT. ALSO KEINE BESCHLEUNIGUNG NUR ABLENKUNG..

LANGGESTRECKTE SPULE

$$B = \mu_0 \cdot \mu_R \cdot \frac{n}{l} \cdot J_{eff}$$

WICKLUNGSZAHL, STROM, KERN, LÄNGE



$N \cdot e$ ELEKTRONEN WÄREN IM LEITER DANN WIRKT $F = B \cdot J \cdot l$ AUF LEITER.

BIS LETZTES ELEKTRON ZIEL ERREICHT HAT, VERGEHT $\Delta t = \frac{l}{v}$

STROMSTÄRKE SOMIT: $J = \frac{N \cdot e}{\Delta t} = \frac{N \cdot e \cdot v}{l}$

F AUF ALLE N ELEKTRONEN

$$F = B \cdot \frac{N \cdot e \cdot v}{l} \cdot l$$

F AUF 1 ELEKTRON

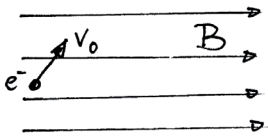
$$F = B \cdot e \cdot v$$

LORENTZKRAFT

DIES&DAS

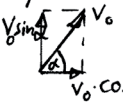
E- UND B-FELDER

ELEKTRON WIRD SCHRÄG IN B-FELD EINGESCHOSSEN



SIEHT VON HINTEN SO AUS.. MAN SIEHT NUR ⊥ KOMPONENTE

ZUR BERECHNUNG DER LORENTZKRAFT



$F_L = B \cdot v_\perp \cdot e$

KONSTANT GERADLINIG UNBESCHLEUNIGT

SCHRAUBE

VON HINTEN KREISBAHN

VON DER SEITE

$H = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot T$

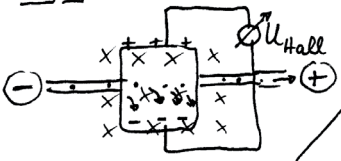
$T = \frac{2\pi r}{v_\perp}$

r WIE IMMER

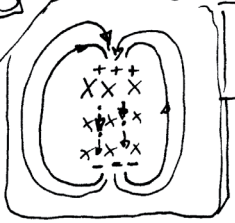
$\frac{m v_\perp^2}{r} = B \cdot e \cdot v_\perp$

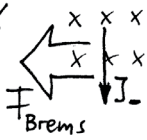
ZENTRIPETAL- = LORENTZ-

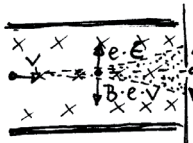
HALL-EFFEKT



WIRBELSTROM







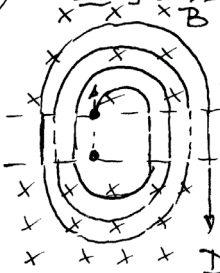
LANGSAMER

$v = \frac{E}{B}$

SCHNELLER

WIEN'SCHER FILTER

ZYKLOTRON



$B \cdot q \cdot v = \frac{m v^2}{r}$ | $r = \frac{m v}{B \cdot q}$

T FÜR 1 UMLAUF

$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \frac{m v}{B \cdot q}}{v}$

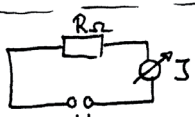
UNABHÄNGIG VON v UND VON r

DESHALB

U~ KONSTANTES UMSCHALTEN GENÜGT.

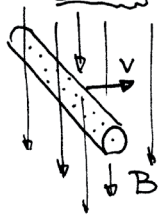
WENN NICHT NAHE LICHTGESCHW.K.

OHM

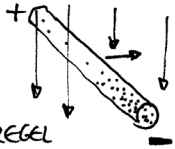


$U = R \cdot J$

INDUKTION

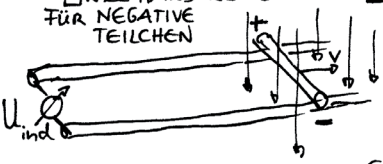


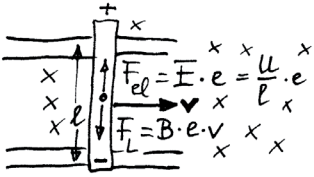
SCHIEBT MAN EINEN LEITER ⊥ DURCH EIN MAGNETFELD, ERFAHREN DIE ELEKTRONEN EINE LORENTZKRAFT... LOGISCH.



SIE VERSCHIEBEN SICH... ZWISCHEN DEN ENDEN DES LEITERS EXISTIERT EINE INDUZIERTE SPANNUNG

LINKE-HAND-REGEL FÜR NEGATIVE TEILCHEN



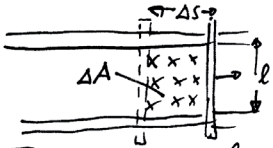


ELEKTRISCHE KRAFT = LORENTZKRAFT

$$\frac{U_{ind}}{l} \cdot \cancel{e} = B \cdot \cancel{e} \cdot v$$

$$\boxed{U_{ind} = B \cdot l \cdot v}$$

1



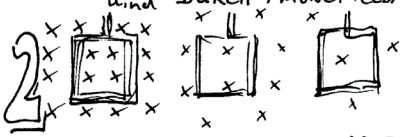
ANDERS SCHREIBEN

$$\boxed{U_{ind} = B \cdot l \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = B \frac{l \cdot \Delta s}{\Delta t} = B \frac{\Delta A}{\Delta t} = B \cdot \dot{A}}$$ BIS JETZT ANSCHAULICH

BEI n WICKLUNGEN $= n \cdot B \cdot \dot{A}$

2

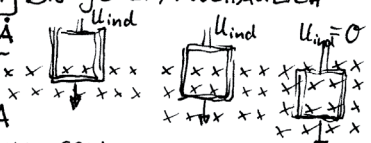
U_{ind} DURCH MAGNETFELDÄNDERUNG



$$U_{ind} = \dot{B} A$$

BEI n WICKLUNGEN

$$\boxed{U_{ind} = n \cdot \dot{B} A}$$



HIER KEINE FLÄCHENÄND.

3

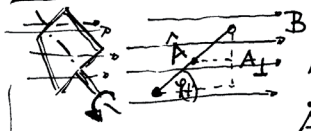
VERALLGEMEINERUNG: ENTWEDER A ODER B MUSS SICH ÄNDERN..

$B \cdot A = \phi$ MAGNETISCHER FLUSS

$$\boxed{U_{ind} = -n \cdot \dot{\phi}}$$

LENZ'SCHE REGEL

U_{ind} ... SO GEPOLT ... DER URSACHE ENTGEGEN..



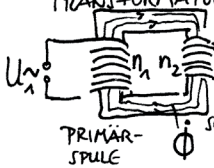
$$A_\perp = \hat{A} \cdot \sin\varphi = \hat{A} \cdot \sin\omega t$$

$$\dot{A}_\perp = \hat{A} \cdot \omega \cos\omega t \qquad U_{ind} = n \cdot \dot{\phi} = n \cdot B \cdot \hat{A} \cdot \omega \cos\omega t$$

DREH EINE SPULE IM MAGNETFELD, DANN BEKOMMST DU AN DEREN ENDEN EINE SINUSFÖRMIGE WECHSELSPANNUNG

SELBSTINDUKTION

TRANSFORMATOR



PRINZIP: $U_1 \sim$ ÄNDERT SICH $\sim$ DAMIT $\dot{\Phi} \sim$ DURCHSETZT 2. SPULE DAMIT $U_2 = n_2 \dot{\Phi}$

„FREMDES" „VERÄNDERLICHES FELD DURCHSETZT SEKUNDÄRSPULE ..

KEIN B

B DURCHSETZT SPULE

ÄNDERUNG VON 0 AUF B

ALSO

$$U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}$$
$$= -n \cdot \frac{d}{dt}(B \cdot A) = -nA \cdot \frac{dB}{dt}$$
$$= -n \cdot A \cdot \frac{d}{dt}\left(\mu_0 \cdot \mu_r \frac{n}{l} \cdot J_{err}\right)$$
$$= \underbrace{-n \cdot A \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \frac{n}{l}}_{L} \cdot \frac{dJ}{dt}$$

NUR STROMSTÄRKE ÄNDERT SICH

$$= -L \cdot \dot{J}$$

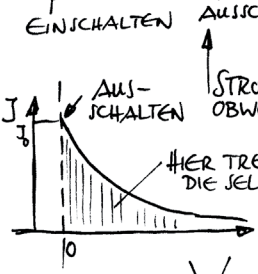
ENTGEGEN DER URSACHE

EIGENINDUKTIVITÄT EINER SPULE .. (EINHEIT HENRY)

EINSCHALTEN

AUSSCHALTEN

z.B. BEIM EINSCHALTEN ENTGEGEN D. EINSCHALTEN & BEIM AUSSCHALTEN ENTGEGEN DEM AUSSCHALTEN



STROM FLIESST OBWOHL ABGESCHALTET: ENERGIE IM MAGNETFELD DAS ZUSAMMENBRICHT

LEISTUNG $P(t) = U_{ind}(t) \cdot J(t)$
$= -L \cdot \dot{J}(t) \cdot J(t)$

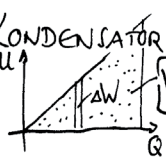
ENERGIE = LEISTUNG · ZEIT

$$W_{Spule} = \int_0^\infty P(t) \cdot dt = \int_{t=0}^{\infty} -L \cdot J \frac{dJ}{dt} dt = -L \int_{J=J_0}^{0} J \cdot dJ = -\frac{1}{2} L J^2 \Big|_{J_0}^{0}$$

$$\boxed{W_{Spule} = \frac{1}{2} L J^2}$$

ÜBRIGENS:

KONDENSATOR

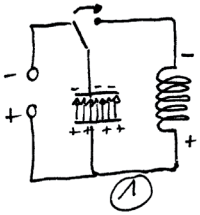


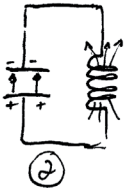
$Q = C \cdot U$

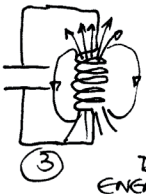
$$\boxed{W_C = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C U^2}$$

MAN NENNT IHN SCHWINGKREIS

SCHWINGKREIS

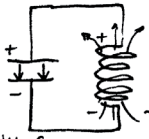






SOWEIT SO KLAR
AUFGELADENER KONDENSATOR (1) ENTLÄDT SICH ÜBER SPULE (2) BIS DIE ELEKTRISCHE FELD-ENERGIE (1) ZUR MAGNETISCHEN FELDENERGIE WIRD

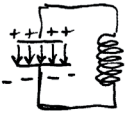
(4)



DER LENZ'SCHEN REGEL SEI'S VERDANKT: DER ZUSAMMENBRUCH DES MAGNETFELDS BEWIRKT, DASS EINE SPANNUNG INDUZIERT WIRD DIE DER URSACHE (ALSO DEM ZUSAMMENBRUCH) ENTGEGENWIRKT: ELEKTRONEN WERDEN WEITER IN DIE GLEICHE RICHTUNG „GEPUMPT."

UND DANN?

(5)



UND DANN GEHT'S GENAU GLEICH WEITER, NUR RÜCKWÄRTS. UND DAMIT HABEN WIR EINE SCHWINGUNG:

SCHWINGUNGSDAUER?

$$U_C(t) = U_L(t)$$

$$\frac{Q(t)}{C} = -L\cdot\dot{J}(t)$$

$$= -L\cdot\ddot{Q}(t)$$

$$\boxed{\ddot{Q}(t) = -\frac{1}{LC}\cdot Q(t)}$$ DIFFERENZIAL-GLEICHUNG

WIR HATTEN DAS SCHON ....

$$Q(t) = \hat{Q}\cdot\sin\omega t$$
$$\dot{Q}(t) = \hat{Q}\cdot\omega\cos\omega t$$
$$\ddot{Q}(t) = -\hat{Q}\cdot\omega^2\sin\omega t$$

$$\frac{1}{\cancel{\hat{Q}}}\cdot\omega^2\cancel{\sin\omega t} = \frac{1}{\cancel{L}}\frac{1}{C}\cdot\cancel{\hat{Q}}\cdot\cancel{\sin\omega t}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \qquad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{2\pi}{T} \qquad \boxed{T = 2\pi\sqrt{L\cdot C}}$$

ANGENOMMEN ANFANGS-BEDINGUNG WIE (1), DANN

$$Q(t) = \hat{Q}\cdot\cos\omega t \rightsquigarrow U(t) = \hat{Q}\cdot\cos\omega t$$

$Q(t)$ UND $U(t)$ IMMER GLEICHE FUNKTION ... OHNE LADUNG AUF C KEIN U ...

$J(t) = \dot{Q}(t)$ IST DANN $J(t) = \hat{Q}\cdot\omega\cdot\sin\omega t$

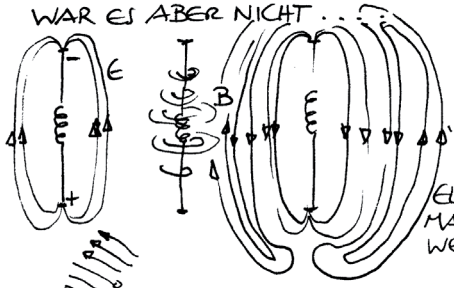
OHNE („REIBUNG") DÄMPFUNG IST AUCH $\frac{1}{2}L\hat{J}^2 = \frac{1}{2}C\hat{U}^2$ ZULÄSSIG

HIER ENDET DIE KLASSISCHE PHYSIK

PHOTOEFFEKT

ES HÄTTE ALLES SO EINFACH SEIN KÖNNEN...

WAR ES ABER NICHT...



KLASSISCH:

WELLE = KONTINUUM

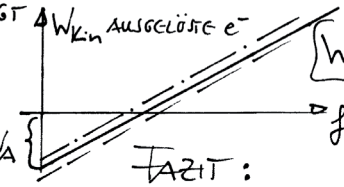
KÄME SO NE WELLE ZU EINEM KLEINEN SÜSSEN ELEKTRON, DANN WÜRDE SIE:

KLASSISCH

ELEKTRON AUFSCHÜTTELN BIS ES RAUSSPRINGT

TATSACHE IST

DAS TRAUTE SICH ERST EINSTEIN, ZU INTERPRETIEREN...

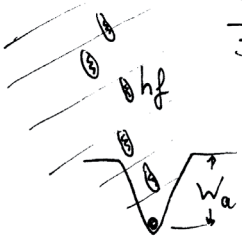


$$W = hf - W_a$$

VERSUCHS-ERGEBNISSE..

FAZIT:

BEGINN: QUANTENPHYSIK



WELLE AUS TEILCHEN IN

WIRD ABER WEITER GEBRAUCHT

DOCH DIE WELLE BLEIBT DER BOSS UND SAGT, WO'S LANG GEHN KANN.

WENN QUANTENENERGIE hf AUSREICHT, UM W_A ZU ÜBERWINDEN, KANN DAS ELEKTRON ABHAUEN.

DIE WELT IST GEQUANTELT

NUR KEINER MERKT'S.....

MIT DEM VERSTEHEN IST DAS SO EINE SACHE....

QUANTEN UND SO

WO SOLL ICH NUR HIN

c

DIE WELLE UND DAS QUANT

BIN HALT MAL HIER GELANDET

.. ICH HAB DA SO NE WELLENFUNKTION, DIE SICH ÄNDERT, WENN SICH DIE SPALTBREITE ÄNDERT

DIE BERECHNUNG DER AUFTREFFORTE FÜR QUANTEN IST NICHTS NEUES

d φ_n $\sin\varphi_n = \frac{n\lambda}{d}$

ÜBRIGENS: BEIM FLIEGEN SELBST KANN MIR KEINER ZUSEHEN

NEU IST NUR DIE INTERPRETATION

DASS ICH HIER BIN IST GEWÜRFELT :-)

KOPENHAGENER DEUTUNG

ODER IN 'NER ANDEREN WELT BIN ICH WOANDERS

VIELE WELTEN THEORIE

ERST WENN DER DECKEL AUFGEHT, IST DIE KATZE TOT ODER LEBENDIG DAVOR IST SIE TOT UND LEBENDIG

HILFE, ICH WERD' IMMER RÖTER

c

EINSTEIN LÄSST GRÜSSEN

$\boxed{hf}$ .... $hf = mc^2 \rightarrow \boxed{m = \frac{hf}{c^2} = \frac{h\frac{c}{\lambda}}{c^2} = \frac{h}{c\cdot\lambda}}$

ENERGIE MASSE

IMPULS $\boxed{p = m\cdot v = m\cdot c = \frac{h}{c\cdot\lambda}\cdot c = \frac{h}{\lambda}}$

WELLEN-FUNKTION MIT WELLENLÄNGE λ

LICHTSCHNELL

COMPTON-EFFEKT: BILLARD MIT ELEKTRON

Quant c Elektron

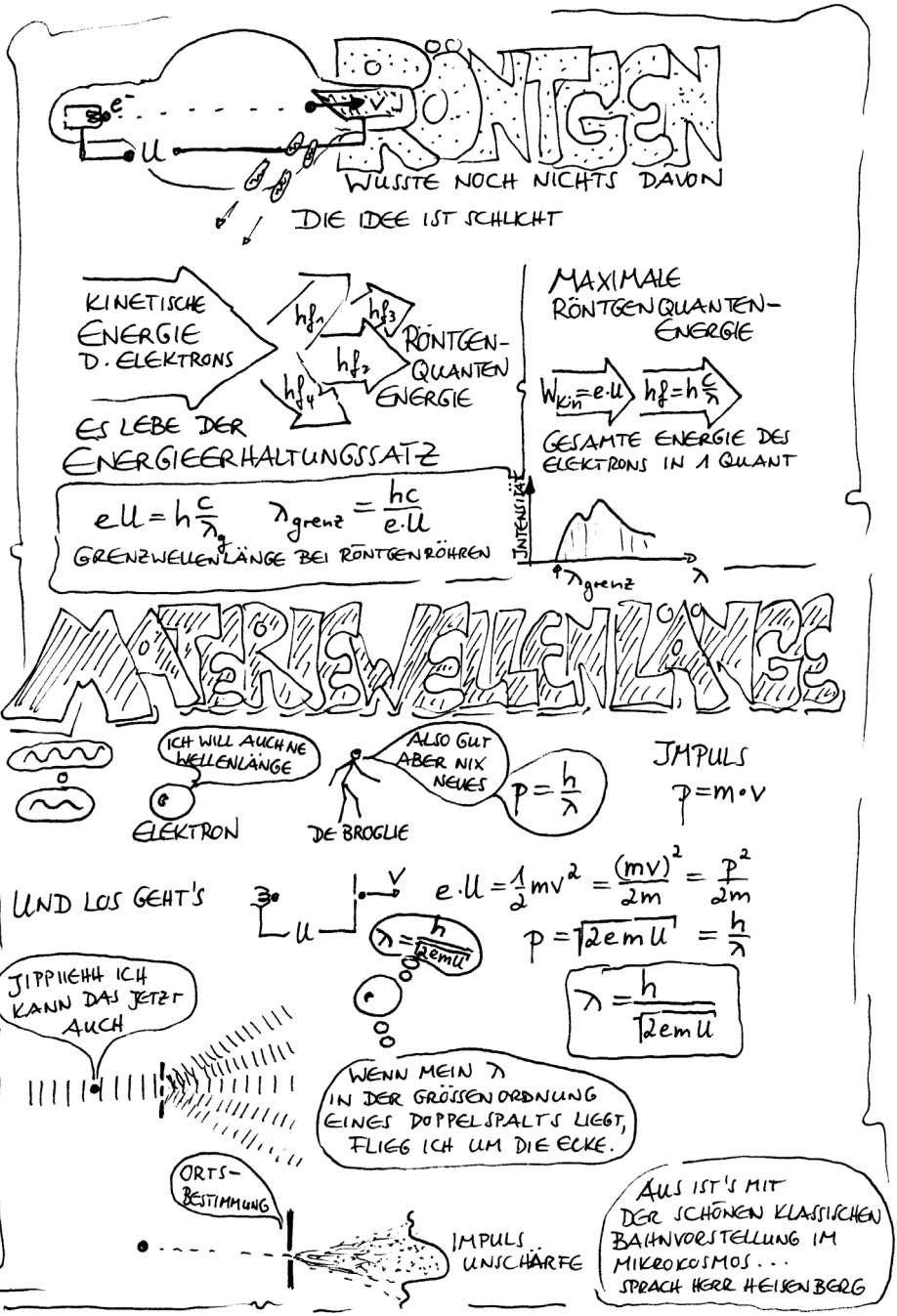
$m_{Qu} \approx m_{El}$

$\frac{h}{c\cdot\lambda} \approx m_e \Rightarrow \lambda_c = \frac{h}{m_e\cdot c}$ COMPTON WELLENLÄNGE

c

hf JETZT KLEINER $\rightarrow \lambda$ GRÖSSER, DA ENERGIE AN ELEKTRON ABGEGEBEN

e v


RÖNTGEN
WUSSTE NOCH NICHTS DAVON
DIE IDEE IST SCHLICHT
KINETISCHE ENERGIE D. ELEKTRONS
RÖNTGEN-QUANTEN ENERGIE
ES LEBE DER ENERGIEERHALTUNGSSATZ
MAXIMALE RÖNTGENQUANTEN-ENERGIE
GESAMTE ENERGIE DES ELEKTRONS IN 1 QUANT
$e\,U = h\frac{c}{\lambda_g}$ $\lambda_{grenz} = \frac{hc}{e\cdot U}$
GRENZWELLENLÄNGE BEI RÖNTGENRÖHREN
INTENSITÄT
λ_{grenz}
λ
MATERIEWELLENLÄNGE
ICH WILL AUCH NE WELLENLÄNGE
ELEKTRON
ALSO GUT ABER NIX NEUES
DE BROGLIE
$p = \frac{h}{\lambda}$
IMPULS
$p = m\cdot v$
UND LOS GEHT'S
$e\cdot U = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$
$p = \sqrt{2emU} = \frac{h}{\lambda}$
$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$
JIPPIIEHH ICH KANN DAS JETZT AUCH
WENN MEIN λ IN DER GRÖSSENORDNUNG EINES DOPPELSPALTS LIEGT, FLIEG ICH UM DIE ECKE.
ORTS-BESTIMMUNG
IMPULS-UNSCHÄRFE
AUS IST'S MIT DER SCHÖNEN KLASSISCHEN BAHNVORSTELLUNG IM MIKROKOSMOS ... SPRACH HERR HEISENBERG