

Innovative methods of didactics

Lecture 3

Textbooks – some examples, not only in physics

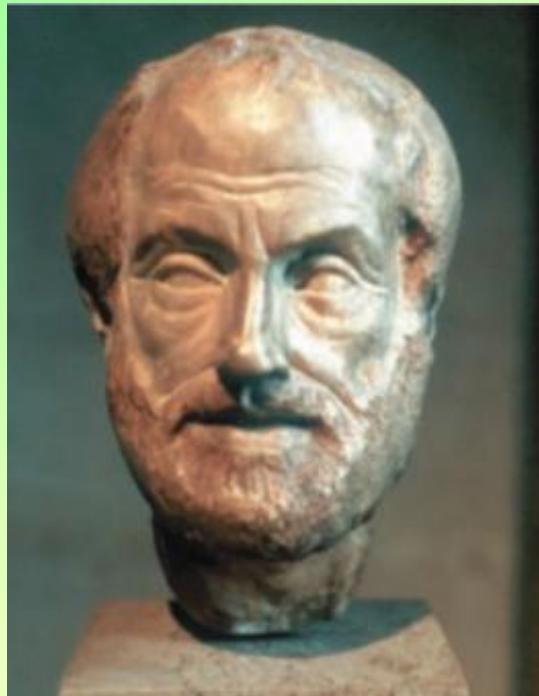
Part II Physics

Grzegorz Karwasz

Didactics of Physics Division UMK, Toruń, Head

a/a 2020/2021

Aristotle: „Physics”



Aristotle (384 – 322 boe)

- § 1 ·When the objects of an inquiry, in any department, have principles, causes, of elements, it is through acquaintance with these that knowledge and understanding is attained. For we do not think that we know a thing until we are acquainted with its primary causes or first principles, and have carried our analysis as far as its elements. Plainly, therefore, in the science of nature too our first task will be to try to determine what relates to its principles.

184 a17-184 a21

- The natural way of doing this is to start from the things which are more knowable and clear to us and proceed towards those which are clearer and more knowable by nature; for the same things are not knowable relatively to us and knowable without qualification. So we must follow this method and advance from what is more obscure by nature, but clearer to us, towards what is more clear and more knowable by nature.

Aristotle

- Further, no one could say why a thing once set in motion should stop any-where; for why should it stop *here* rather than *here*? So that a thing will either be at rest or must be moved *ad infinitum*, unless something more powerful gets in its way.

(*Physics*, 215 a19 - 215 a21)

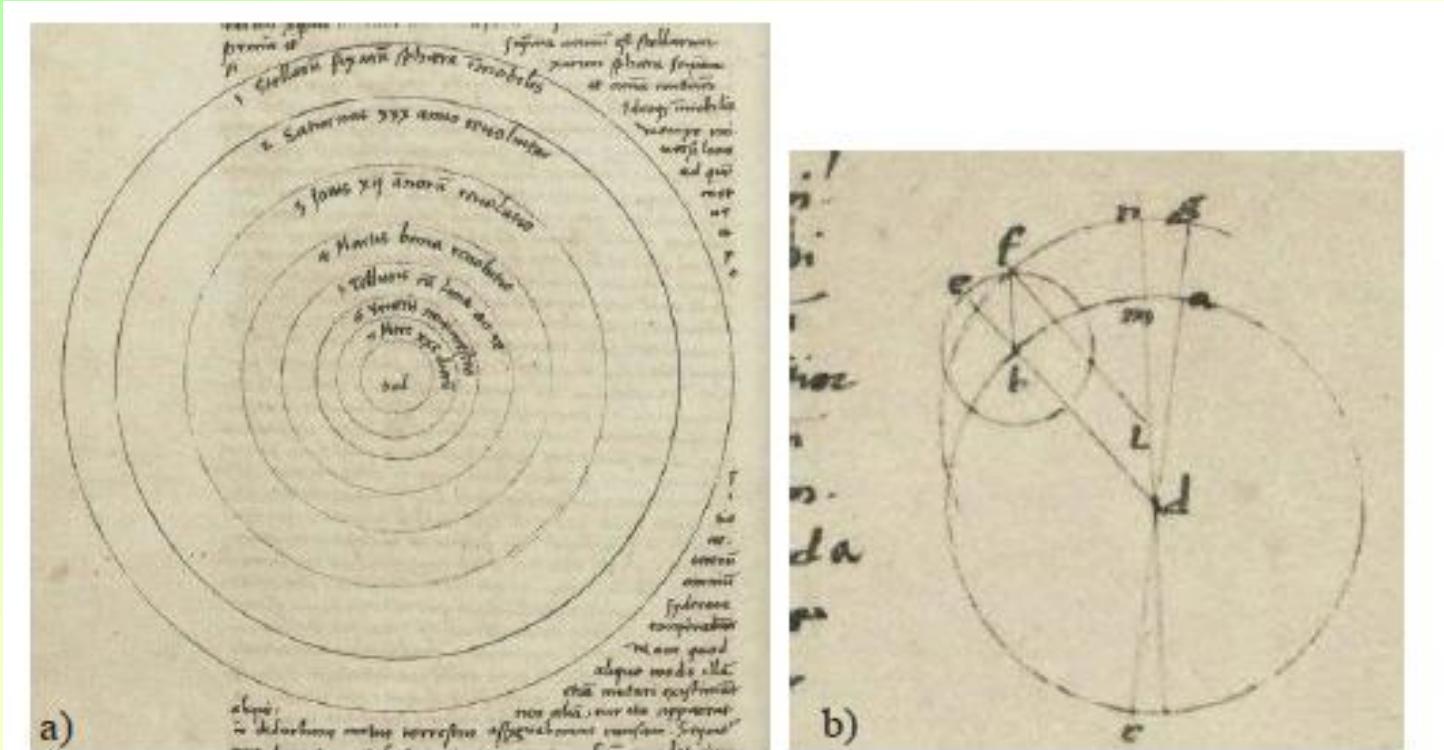
First law of Newton
or principle of inertia
by John Buridan (~1300 DC)

Third law of mechanics
by Cartesius:

„In a collision, a body loses as much of its momentum as the second body gains.”



Copernicus (1473-1543)



Ryc. 1.2. a) Rysunek z 18. strony rękopisu dzieła Kopernika; genialny uczyony zaraz na wstępnie, przed zagłębieniem się w szczegóły, wyjaśnia istotę swojego odkrycia: planety krążą dookoła Słońca i im ich orbity są bliższe Słońcu, tym okres obiegu jest krótszy; **b)** kolejny rysunek z rękopisu Kopernika; do orbit kolistych Kopernik dodał *epicykle*, tak jakby wiedział, że orbity nie są dokładnie kolisty.

De Revolutionibus orbium coelestis, Norimberga, 1543

G. Karwasz, *Toruński poręcznik do fizyki. IV Fizyka współczesna*, UMK 2020.

De Revolutionibus: (first?) experimental & deductive treaty

Three (?) movements of Earth

REVOLUTIONVM LIB. III. 63

diorem apud circumferentiam facile demonstratur. Sit enim semicirculus ABC, centrum eius D, dimetens ADC, & secetur bisectam in E signo; afflumantur autem circumferentiae A B, & B F aequales, & ab E B signis in ipsam A D C perpendiculares agantur E G, & E K. Quoniam igitur dupla D K subtendit duplum B F, & dupla E G duplum ipsius A B: aequales igitur sunt D K & E G: sed A G per septimam tertij elem. Euclidis, minor est ipsi E G, minor etiam erit ipsi D K. Aequales igitur tempore pertransierunt G A & K D, propter A B & B F circumferentias aequales. Tardior ergo motus est circa A circumferentiam quam circa D centrū. Hoc demonstrato: Suscipiat iam ceterum terrae in L, ita ut ipsa

NICOLAI COPERNICI

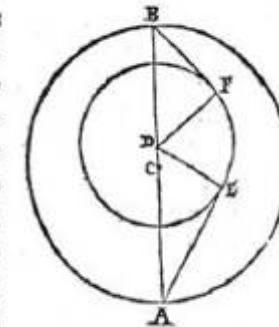
Aequalis motus præcessionis aequinoctiorū in annis & sexag.

Annū	MOTVS	Annū	MOTVS
1	0 0 0 50 12	31	0 0 25 50 14
2	0 0 1 40 24	32	0 0 20 46 26
3	0 0 2 30 36	33	0 0 27 36 38
4	0 0 3 20 48	34	0 0 28 26 50
5	0 0 4 11 0	35	0 0 29 17 2
6	0 0 5 1 12	36	0 0 30 7 15
7	0 0 5 51 24	37	0 0 30 57 27
8	0 0 6 41 36	38	0 0 31 47 39
9	0 0 7 31 48	39	0 0 32 37 51
10	0 0 8 21 0	40	0 0 33 27 53

Venus's motion

Quæ sit ratio dimetentium orbis terræ & Veneris. Cap. XXI.

Proinde etiam ex his ratio constabit diametrorum orbis terræ & Veneris. Describatur enim orbis terræ AB, in centro C, dimetens eius ACB per utramque absida, in qua capiatur D centrum orbis Veneris, ex centri ad AB circulum. Sit autem apogæi locus A, in quo existens terra plurimum distabat centrum orbis Veneris, dum esset ipsa AB medij motus Solis linea, ad part. XIII. & tertiam. In vero ad part. CCXXVIII. & tertiam. Agantur etiam rectæ lineæ AB, BF, contingentes orbem Veneris in B F signis, & connectantur D E, DF. Quoniam igitur qui sub D A E, angulus subtendit ad centrum circuli partes circumferentiae XLIII. & quatuor quintas. Et angulus A B D est rectus, erit triangulum D A B datorum angulorum, ac deinde media



NICOLAI COPERNICI

Veneris prosthaphæres.

Numeris communes.	Aequatio eccentrici.	Scrup. proportionum	Parallaxes orbitis.	Excellus parallaxeos.
Gra. Gra.	Gra. fer.	fer. 2°	G. fer.	G. feru
3 357	0 6	0 0	1 15	0 1
6 354	0 13	0 0	2 30	0 2
9 351	0 19	0 10	3 45	0 3
12 348	0 25	0 39	4 59	0 5

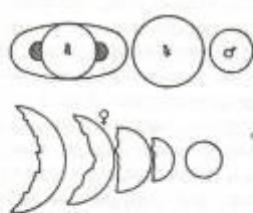
Galileo Galilei (1564 – 1642)

332

GALILEO GALILEI

Giove non più come una piccolissima stella radiante, ma come una Luna rotonda, ben grande e terminata. E se la stella sarà assai più piccola di Giove, ma di splendore molto fiero e vivo, qual è, per esempio, il Cane, il cui diametro non è la decima parte di quel di Giove, nulla di meno la sua irradiazione è poco minor di quella di Giove, il telescopio, accrescendo la stella ma non la chioma, fa che, dove prima il piccolissimo disco tra si ampio fulgore era impercettibile, già fatto in superficie 400 e più volte maggiore, sì può distinguere ed assai ben figurare. Con tal fondamento andate discorrendo, ché potrete disbrigarvi per voi stesso da tutti gl'intoppi.

E rispondendo alle vostre instanze, quando dal signor Mario e da me è stato detto che 'l telescopio spoglia le stelle di quel coro-namento risplendente, ciò è stato profferito non con intenzione d'avere a stare a sindacato di persone così puntuali come siete voi, che, non avendo altro dove attaccarvi, vi conducete sino a dannar con lunghi discorsi chi prende il termine usitatissimo d'infinito per grandissimo. Quando noi abbiamo detto che il telescopio spoglia le stelle di quello irraggiamento, abbiamo voluto dire ch'egli opera intorno a loro in modo che ci fa vedere i lor corpi terminati e figurati come se fussero nudi e senza quello ostacolo che all'occhio semplice asconde la lor figura. È egli vero, signor Sarsi, che Saturno, Giove, Venere e Marte all'occhio libero non mostrano tra di loro una minima differenza di figura, e non molto di grandezza seco medesimi in diversi tempi? e che coll'occhiale si veggono, Saturno come appare nella presente figura, e Giove



e Marte in quel modo sempre, e Venere in tutte queste forme diverse? e, quel ch'è più meraviglioso, con simile diversità di grandezza? si che cornicolata mostra il suo disco 40 volte maggiore che rotonda, e Marte 60 volte quando è perigeo che quando è apogeo, ancor che all'occhio libero non si mostri più che 4 o 5? Bisogna che rispondiate di sì, perché queste son cose sensate ed eterne, si che non si può sperare di poter per via di sillogismi dare ad intendere che la cosa passò altrimenti. Or, l'operare col tele-

NUNZIO SIDEREO

75

* * ○ * * Occ.

entrambe abbastanza visibili; le altre due erano vicine a Giove, e molto piccole, soprattutto quella ad oriente iva da Giove zero minuti, 40 secondi; l'occidentale ne n minuto. Alle quattro la stellina che era più vicina a Giove, non appariva più. no tredici, a ore zero, 30 minuti, apparivano due stelle ad due ad occidente.

* * ○ ** Occ.

itale più vicina a Giove, abbastanza chiara, distava da inuti; da questa la più orientale, meno visibile, distava Fra le occidentali, la più lontana da Giove, meno visibile, stava 4 minuti; fra questa e Giove si interponeva una stellina più vicina alla stella più occidentale, distando da n più di zero minuti, 30 secondi. Erano tutte sulla stessa ttamente secondo la linea dell'eclittica. no quindici (il quattordici il cielo era stato coperto da in'ora, tale era la posizione degli astri:

* ** ○ Occ.

oè tre stelle a oriente, e nessuna se ne vedeva a occidente: più vicina a Giove ne distava zero minuti, 50 secondi; iva distava da questa zero minuti, 20 secondi; da questa più orientale distava 2 minuti, ed era maggiore delle altre; tre a Giove erano infatti molto piccole. Ma, verso le stelle vicine a Giove se ne vedeva solo una,

* * ○ Occ.

a esso zero minuti, 30 secondi; la distanza da Giove della ale era aumentata: era infatti allora di 4 minuti. Ma, tre le due, come ora si disse, poste ad oriente, si vedeva dente una stellina, molto piccola, distante da Giove 2

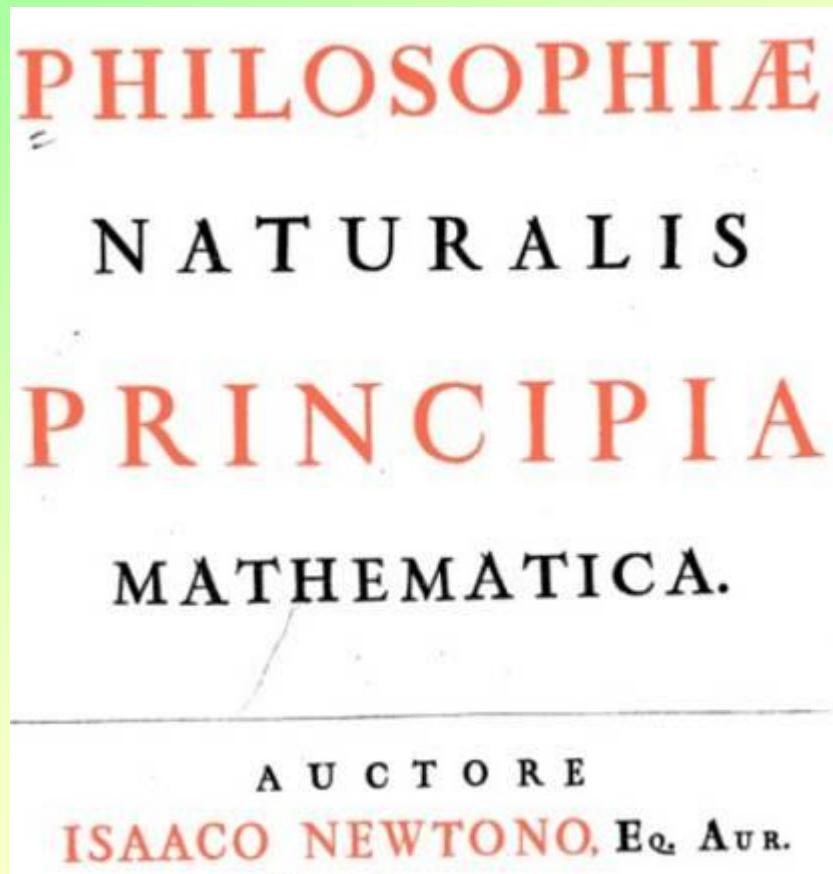
* * ○ * Occ.

Satellites of Jupiter

Phases of Venus

But still much like Plato's dialogues

Newton (1643/44 - 1727)



He did „everything” here:

- Three laws of dynamics
- Centripetal force
- Gravity
- Frequency of a string
- Defined viscosity
- Defined aerodynamics
- Derived Kepler's laws
- Explained comet's

Written in Latin, what allowed great diffusion all over Europe

https://books.google.pl/books/about/Philosophiae_Naturalis_Principia_Mathema.html

LEX I.

Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.

PROJECTILIA perseverant in motibus suis, nisi quatenus a resistentia aëris retardantur, & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt sese a motibus rectilineis, non cessat rotari, nisi quatenus ab aëre retardatur. Majora autem planetarum & cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatiis minus resistentibus factos conservant diutius.

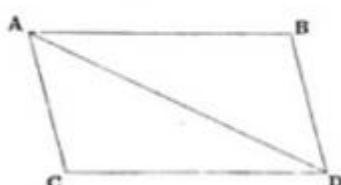
LEX II.

Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

COROLLARIUM I.

Corpus viribus conjunctis diagonalem parallelogrammi eodem tempore describere, quo latera separatis.

Si corpus dato tempore, vi sola M in loco A impressa, ferretur uniformiter motu ab A ad B ; & vi sola N in eodem loco impressa, ferretur ab A ad C : compleatur parallelogrammum $ABDC$, & vi utraque feretur corpus illud eodem tempore in diagonali ab A ad D . Nam quoniam vis N agit secundum lineam AC ipsi BD parallelam, hæc vis per legem ii nihil



„Corpus“ maintains its state of „quiet“ or moving uniformly in one direction, as long no forces change its state.

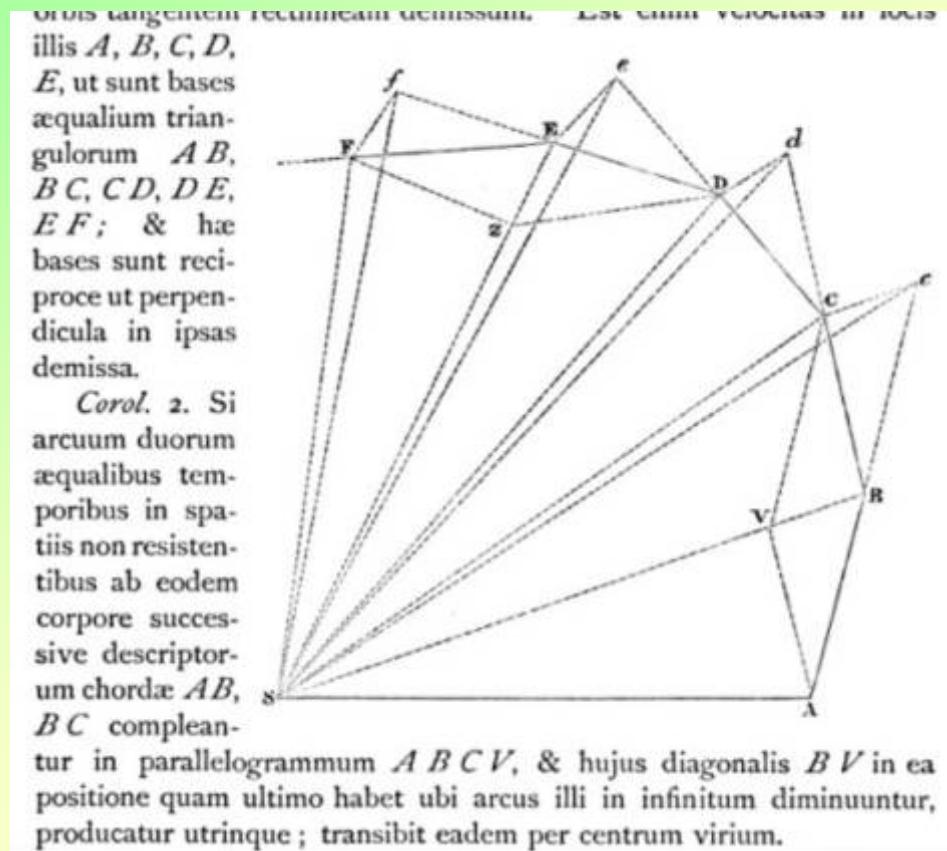
Projectile preserves its motion provided the air resistance makes it retard or the gravity does not change it.

Quite easy to understand.
Why modern school books make it complicated?

Sum of vectors

Still in use, but nobody says that it comes from Newton

It is still much „Eucleidian”, i.e. geometrical



He derived centripetal force via geometrical reasoning.

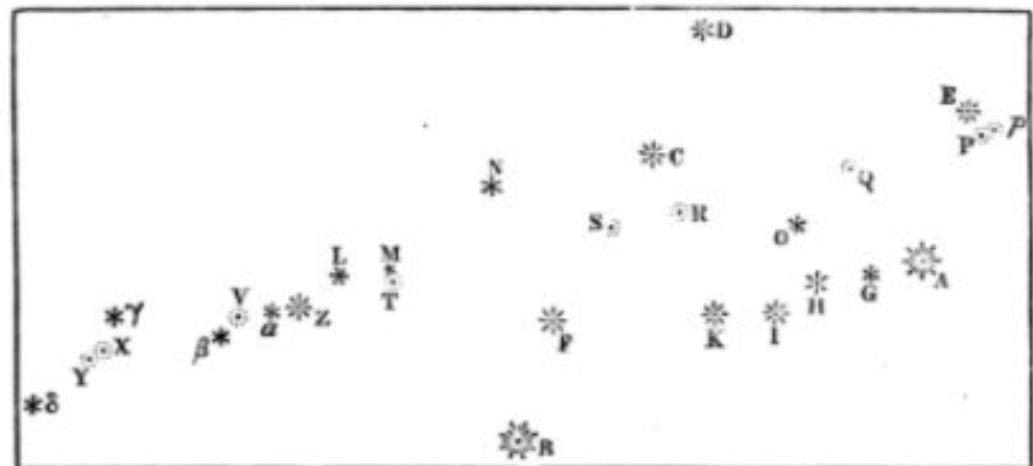
In a similar way Archimedes evaluated $3 \frac{1}{7} < \pi < 3 \frac{10}{71}$

but also experimental & astronomical

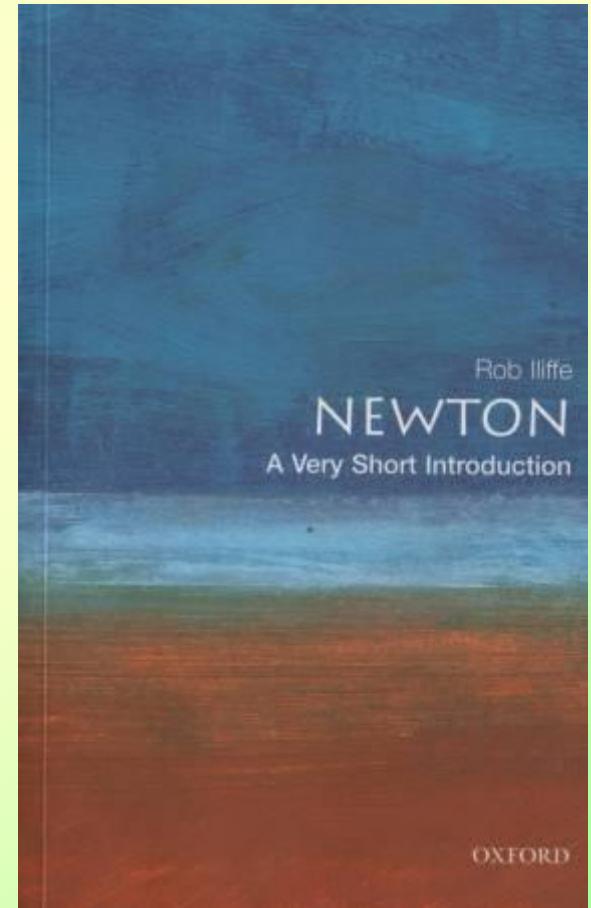
pondera globorum ac tempora cadendi exhibentur in tabula sequente.

GLOBORUM MERCURIO PLENORUM.			GLOBORUM AERE PLENORUM.		
Pondera.	Diametri.	Tempora cadendi.	Pondera.	Diametri.	Tempora cadendi.
908 gran.	0,8 digit.	4"	510 gran.	5,1 digit.	8" $\frac{1}{2}$
983	0,8	4 —	642	5,2	8
866	0,8	4	599	5,1	8
747	0,75	4+	515	5,0	8 $\frac{1}{4}$
808	0,75	4	483	5,0	8 $\frac{1}{2}$
784	0,75	4+	641	5,2	8
*					

$36\frac{1}{2}$, $DI\ 53\frac{1}{4}$, $AK\ 38\frac{1}{2}$, $BK\ 43$, $CK\ 31\frac{1}{2}$, $FK\ 29$, $FB\ 23$, FC



$36\frac{1}{2}$, $AH\ 18\frac{1}{2}$, $DH\ 50\frac{1}{2}$, $BN\ 46\frac{1}{2}$, $CN\ 31\frac{1}{2}$, $BL\ 45\frac{1}{2}$, $NL\ 31\frac{1}{2}$



Concise & objective
(even funny) Newton's
life

Primary school (Italy)

Tarquinia VII cent. BC two 5-hole flutes

natural phenomena: echo



IL SUONO E I SUOI FENOMENI

La corda di una chitarra o di un altro strumento, se piezzata, si mette a vibrare e produce un **suono**. Diventa una sottile onda.

Le vibrazioni della coda vengono trasmesse agli strati successivi che giungono a vibrare quindi aria o di altri materiali che erano e tra-

physical principle

Il **principle** di energia
suggerisce molto più rapido
il moto. La velocità
del moto nell'aria infatti è di soli 340 metri al secondo, mentre
nell'acqua è di circa 1500 metri al secondo, e nel ferro è di
circa 2000 metri al secondo. Nel vuoto non c'è pro-
paga affatto.

Il nostro orecchio ci permette di distinguere tra varie suonazioni, per cui sia possibile confondere il suono acuto di alcune creature di rischio con il suono grave dei tamburi. L'adattabilità di un suono dipende dal numero di vibrazioni che si producono in un secondo (frequenza). Noi possiamo percepire soltanto suoni che hanno frequenza compresa tra le 16 e le 20 mila vibrazioni per ogni secondo. Quelle che superano alle 20 mila vibrazioni per secondo si propagano alle orecchie e dai pipì.

zoology



& its technical application

come la prima delle tre. La seconda incita a riconoscere l'identità delle tre, ma lascia le avverti. La terza incita a riconoscere le tre, ma non le lascia. Questo è un esempio di riconoscere a mente fino all'ultima, che sarà tuttavia in avanti. Questo esperimento è dimostrato come, attraverso l'idea, i suoni possono raggiungere il nostro cervello. L'idea, infatti, è formata di particelle vicine che si riconoscono l'una l'altra la vibrazione, proprio come la musica.



experiment to do home

M. Ersilia, I. Zanchi, M. Callieri, F. Presenza, A. Rocca, M. A. La Piana
Crescere insieme. Sussidio per 5 classe. Editrice La Scuola, Bresica 1976

Electrostatics: Italy

Esperimento 3

Avviciniamo, senza che un elettroscopio scarica un corpo elettrizzato, per esempio positivamente, osserviamo (fig. 8a) che le foglioline divergono, divergono per poi chiudersi quando allontaniamo dall'elettroscopio il corpo elettrizzato (fig. 8b).

Evidentemente, quando il corpo elettrizzato è vicino all'elettroscopio, si producono sulle foglioline cariche di ugual segno. Il fatto poi che le foglioline si chiudono, quando si allontana il corpo elettrizzato, dimostra chiaramente che le cariche elettriche sulle foglioline persistono solo finché il corpo elettrizzato è vicino.

Fig. 8 – Avvicinando a un elettroscopio un corpo elettrizzato si osserva che le foglioline divergono finché il corpo elettrizzato è vicino (a) e si chiudono quando questo viene allontanato (b).

Esperimento 4

Vengono usati due elettroscopi con un cilindro metallico all'estremità esterna dell'asta. Gli elettroscopi sono disposti come in figura 9a, cioè con i cilindri a contatto in modo da formare un unico conduttore. L'esperimento può anche essere eseguito con due conduttori qualsiasi posti a contatto; l'uso degli elettroscopi ha il solo scopo di osservare più facilmente le cariche elettriche che si producono nell'esperimento.

Avviciniamo agli elettroscopi a contatto una bacchetta elettrizzata, per esempio positivamente (fig. 9b); osserviamo che le foglioline di entrambi divergono. Separiamo poi gli elettroscopi (fig. 9c), mentre il corpo elettrizzato è ancora vicino; le foglioline restano ancora aperte. Infine (fig. 9d) allontaniamo la bacchetta; si può osservare che gli elettroscopi restano carichi, precisamente quello più vicino all'induttore resta carico positivamente e quello più lontano negativamente.

Fig. 9 – Due elettroscopi hanno all'estremità superiore dell'asta un cilindro metallico, invece del zompo. Se si dispongono come in (a), avvicinando un corpo elettrizzato, si osserva che le foglioline divergono. Questo rende chiaro (b) se gli elettroscopi si separano e il corpo elettrizzato è mantenuto vicino. Infine, allontanando l'induttore (c), si osserva che i due elettroscopi restano carichi, uno positivamente e l'altro negativamente.

Il fenomeno evidenziato nei due esperimenti descritti, cioè il particolare processo di elettrizzazione di un conduttore (l'elettroscopio nel primo esperimento e la coppia di elettroscopi nel secondo), inizialmente neutro, se gli si avvicina un corpo carico, prende il nome di **induzione elettrostatica**. Il corpo carico (la bacchetta elettrizzata in entrambi gli esperimenti) che produce il fenomeno si chiama **induttore**, mentre il conduttore che lo subisce si chiama **indotto**.

Dagli stessi esperimenti deduciamo che, più in generale, un conduttore C (fig. 10) in vicinanza di un corpo A carico, per esempio positivamente, subisce il fenomeno dell'induzione elettrostatica, assumendo una carica opposta a quella del corpo induttore A nella parte più vicina e una carica dello stesso segno nella parte più lontana.

Le due cariche indotte sono uguali in valore assoluto dal momento che l'indotto C ritorna allo stato neutro, quando si allontana l'induttore.

Utilizzando l'induzione elettrostatica si può anche riconoscere il segno della carica posseduta da un corpo, per esempio da un elettroscopio.

Avviciniamo all'elettroscopio una bacchetta carica positivamente; sulle foglioline si produce una carica indotta positiva. Se la divergenza delle foglioline aumenta (fig. 11a), vuol dire che la carica che già si trovava sull'elettroscopio prima dell'induzione era positiva; la carica indotta positiva, infatti, sommandosi con quella preesistente, fa aumentare la carica complessiva e quindi anche la divergenza delle foglioline.

Se invece la divergenza delle foglioline diminuisce (fig. 11b), vuol dire che la carica posseduta dall'elettroscopio prima dell'induzione era negativa; la carica indotta positiva infatti fa diminuire la carica complessiva e quindi diminuisce anche la divergenza delle foglioline.

In questo secondo caso la carica positiva indotta, se è sufficientemente grande, può neutralizzare completamente la carica negativa dell'elettroscopio e rimanere su questo in parte non neutralizzata; l'elettroscopio allora prima si scarica e poi si carica positivamente e di conseguenza le foglioline prima si chiudono e poi si aprono di nuovo.

Abbiamo osservato che le cariche elettriche indotte in un conduttore sono opposte, dal momento che il conduttore ritorna allo stato neutro quando si allontana l'induttore.

Il comune valore delle due opposte cariche indotte è generalmente minore della carica dell'induttore; in qualche caso però può essere uguale.

Consideriamo un cilindro metallico, detto **pozzo di Faraday** (dal nome del fisico inglese Michael Faraday, 1791-1867), munito di una piccola apertura e collegato all'asta metallica di un elettroscopio come in figura 12.

Se immersiamo nell'interno del pozzo, senza toccare le pareti, una sfera carica positivamente per mezzo di un manico isolante, il cilindro e l'asta dell'elettroscopio subiscono l'induzione elettrostatica e di conseguenza le foglioline divergono.

Si osserva sperimentalmente che la divergenza delle foglioline rimane inalterata anche quando la sfera è a contatto con la parete interna del cilindro; da ciò si deduce che la carica indotta positiva, di cui la divergenza delle foglioline è una misura, non subisce alcuna variazione al contatto tra la sfera e il cilindro.

Si osserva anche che la sfera, estratta dal pozzo dopo il contatto, non presenta alcuna carica.

Pertanto la sfera, inizialmente carica, ha perduto nel contatto col cilindro tutta la sua carica neutralizzando la carica indotta negativa.

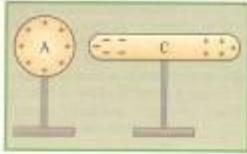


Fig. 10 – Se avviciniamo un corpo A carico positivamente a un corpo C conduttore e inizialmente neutro, il conduttore si carica negativamente nella parte più vicina ad A e positivamente in quella più lontana.

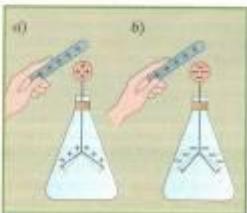


Fig. 11 – Si può riconoscere il segno della carica posseduta da un elettroscopio, avvicinando a questo una bacchetta carica positivamente: se la divergenza delle foglioline aumenta, la carica è positiva (a), mentre se la divergenza diminuisce la carica è negativa (b).

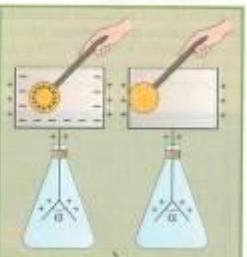


Fig. 12 – Immersendo nell'interno di un cilindro metallico, detto **pozzo di Faraday**, collegato all'asta di un elettroscopio, una sfera elettrizzata, la divergenza delle foglioline di quest'ultimo è sempre la stessa sia che la sfera riceva la carica dal manico che da contatto.

Too many examples

Nadmiar poglądowości prowadzi do infantylności (K. Sośnicki)

Magnetostatics: not so easy to explain

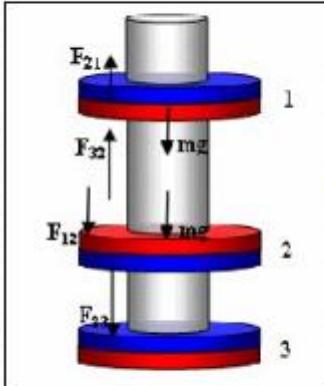
Wyc | astro | IOP | Apc | G | Que | Con | The | Zna | G | Div | Nic | G | The | G | Sci | G | cop | Phys | + | - | X

Niezabezpieczona | dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-en.html

Home Mechanics Optics Thermodynamics Electricity and Magnetism

Poland France Germany Italy

magnet in the middle is mg coming from its own weight and another mg coming from the weight of the uppermost magnet. So this force is double the force acting on the uppermost magnet. The interaction force between magnets changes similarly to Coulomb's force (it is inversely proportional to the square of distance, even if we do not formulate this dependence in such wording). Therefore, the distance between the lowest and middle magnets is approximately smaller by a factor of square root of 2 than the distance between the middle one and the uppermost magnet.



$F_{12} = F_{21}, F_{32} = F_{23},$
 $F_{13} = F_{31} = 0$
 $F_{21} - mg = 0; F_{21} = mg;$
 $F_{12} + mg - F_{32} = 0; F_{32} = mg - F_{12}$

So

$F_{23} = 2F_{21}$
 $k/r_{23}^2 = 2k/r_{12}^2$
 $r_{23}/r_{12} = 1/\sqrt{2}$

The plastic stick is very important: it prevents magnets from sliding apart and sticking together. We say that such a stick is a 2D constraint.

In the [Levitation pen](#) the configuration of magnets is more complicated, but the constraints consist in just one reaction point. In the [levitron](#) no constraints are visible, but the vertical orientation of the spinning top is preserved thanks to its rotation.

Wpisz tu wyszukiwane słowa

21:06 04.11.2020

Magnetic sketcher

Magnetic star

Levitating magnets

Twisters in Love

Axes

Levitron

Lemon batteries

Intelligence Measurer

Volta's tongue

Valuable money

A crank powered torch

Italy: quite formal, but precise teaching

246 Sorgenti del campo magnetico. Legge di Ampère

se θ è l'angolo formato da $d\mathbf{B}$ con l'asse x . Quando si considerano i contributi $d\mathbf{B}$ di tutti gli elementi $d\mathbf{s}$ che formano la spira, le componenti parallele all'asse si sommano, mentre quelle trasversali si elidono a due a due, per la simmetria del problema. Nei punti dell'asse della spira il campo magnetico è dunque parallelo all'asse stesso e concorde a questo se l'orientazione corrisponde a quella della corrente secondo la regola della vite. In totale

$$\mathbf{B} = \oint \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\cos\theta}{r^2} d\mathbf{s} \mathbf{u}_e = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\cos\theta}{r^2} 2\pi R \mathbf{u}_e ;$$

essendo $\cos\theta$ e r costanti, fissato il punto P . Posto $r^2 = x^2 + R^2$ e $\cos\theta = R/r$, si ottiene

$$\mathbf{B}(x) = \frac{\mu_0 i R^2}{2x^2} \mathbf{u}_e = \frac{\mu_0 i R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \mathbf{u}_e . \quad (8.12)$$

Osserviamo che \mathbf{B} ha lo stesso verso in tutti i punti dell'asse.

Nel centro della spira ($x = 0$) il campo è massimo e vale

$$\mathbf{B}_{\max} = \frac{\mu_0 i}{2R} \mathbf{u}_e ; \quad (8.13)$$

per $x \rightarrow \infty$ il campo tende a zero.

Quando è soddisfatta la condizione $x \gg R$ la (8.12) diventa

$$\mathbf{B}(x) = \frac{\mu_0 i R^2}{2x^2} \mathbf{u}_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2}{x^2} \mathbf{u}_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2 \mathbf{m}}{x^2} . \quad (8.14)$$

se indichiamo con $\mathbf{m} = i \sum \mathbf{u}_e = i \pi R^2 \mathbf{u}_e$ il momento magnetico (7.18) della spira.

Anche nel caso della spira circolare ritroviamo il risultato (8.11) già visto nell'esempio 8.1, e cioè che il campo magnetico prodotto dalla spira nei punti dell'asse ha la stessa struttura del campo elettrico prodotto da un dipolo, purché ci si ponga a una distanza molto maggiore delle dimensioni del sistema. L'analogia non è limitata ai punti dell'asse, ma si trova che in generale l'andamento del campo magnetico \mathbf{B} della spira è identico a quello del campo elettrico \mathbf{E} di un dipolo, così che valgono le espressioni (2.61)

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mathbf{m}}{4\pi r^3} (2 \cos\theta \mathbf{u}_e + \sin\theta \mathbf{u}_\perp) \quad (8.15)$$

in cui sono messe in evidenza la componente radiale e la componente trasversa, e (2.62)

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} [3(\mathbf{m} \cdot \mathbf{u}_e) \mathbf{u}_e - \mathbf{m}] \quad (8.16)$$

in cui il campo \mathbf{B} è dato come somma di una componente radiale e di una componente antiparallela al momento magnetico \mathbf{m} ; il verso di \mathbf{m} è legato a quello della corrente dalla solita convenzione.

Come nel caso del filo rettilineo i risultati possono essere verificati osservando la luminescenza di ferro gli spettri magnetici oppure analizzando le linee di campo con un piccolo ago magnetico; si trova confermato pienamente il postulato di equivalenza di Ampère.

Campo sull'asse di una spira circolare

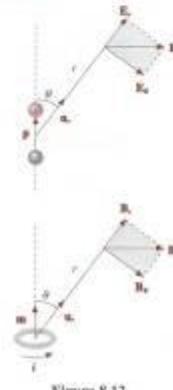


Figura 8.12

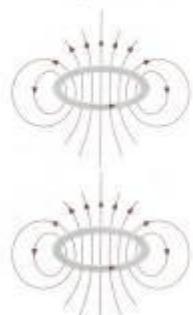


Figura 8.13

Field of a dipole $\sim 1/r^3$

248 Sorgenti del campo magnetico. Legge di Ampère

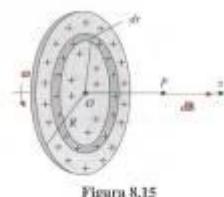


Figura 8.15

Se $x^2 \ll R^2$, come è nel nostro caso, il campo magnetico si può approssimare con l'espressione

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \omega \sigma R}{2} \mathbf{u}_e .$$

Numericamente, essendo $\omega = 2\pi N = 4\pi \cdot 10^2$ rad/s,

$$\mathbf{B} = \frac{4\pi \cdot 10^7 \cdot 4\pi \cdot 10^2 \cdot 10^4 \cdot 0.2}{2} = 1.58 \cdot 10^{-11} \text{ T} .$$

Questo campo è molto piccolo rispetto al campo magnetico terrestre, che è dell'ordine di 10^{-5} T, per cui la sua rivelazione pone notevoli problemi sperimentali. Tuttavia la misura fu eseguita da Rowland nel 1878 e mise in evidenza per la prima volta che gli effetti magnetici prodotti da un corpo carico in moto non differiscono qualitativamente da quelli delle correnti elettriche.

Solenoide rettilineo

Un solenoide rettilineo è costituito da un filo conduttore avvolto a forma di elica cilindrica di piccolo passo. Sia d la lunghezza del solenoide, R il raggio, N il numero totale di spire, $n = N/d$ il numero di spire per unità di lunghezza; se queste sono abbastanza fitte, così da poterle considerare distribuite con continuità, nel tratto dx ci sono $n dx$ spire. Il valore del campo magnetico in un punto P sull'asse si calcola con la formula (8.12) del campo di una spira percorsa dalla corrente $n dx$:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 i R^2 \pi}{2x^2} dx \mathbf{u}_e .$$

esso è parallelo all'asse x ed è legato al verso della corrente dalla regola della vite. Introducendo la variabile ϕ come in figura 8.16 si vede che

$$r \sin\phi = R \quad , \quad x - x_i = -R \operatorname{ctg}\phi \quad , \quad dx = \frac{R d\phi}{\sin^2 \phi} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 n i}{2} \sin\phi d\phi .$$

Il campo magnetico nel punto P si ottiene sommando su tutte le spire ovvero integrando da ϕ_1 a ϕ_2 :

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin\phi d\phi = \frac{\mu_0 n i}{2} (\cos\phi_1 - \cos\phi_2) = \frac{\mu_0 n i}{2} (\cos\phi_1 + \cos\phi_2) .$$

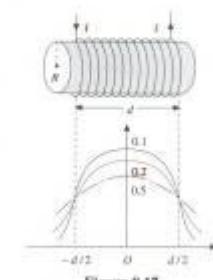
in cui ϕ_1 e $\phi_2 = \pi - \phi_1$ sono gli angoli sotto cui sono viste da P le spire terminali del solenoide.

Misurando x rispetto al centro del solenoide si ha

$$B(x) = \frac{\mu_0 n i}{2} \left[\frac{d+2x}{\sqrt{(d+2x)^2 + 4R^2}} + \frac{d-2x}{\sqrt{(d-2x)^2 + 4R^2}} \right] . \quad (8.20)$$

Il campo magnetico è massimo al centro del solenoide ($x = 0$), dove vale

$$B_0 = \mu_0 n i \frac{d}{\sqrt{d^2 + 4R^2}} . \quad (8.21)$$



Field of solenoid is not uniform

Electromagnetism: Belgium/ France

1 LES AIMANTS

1.1. Des roches magnétiques

Depuis les temps les plus reculés, les hommes ont remarqué que certaines pierres « magnétiques » ont la propriété de s'attirer entre elles en certaines zones, leurs pôles. Ces corps, appelés aimants, sont constitués par de l'oxyde magnétique de fer Fe_3O_4 (fig. 1).

1.2. Un instrument utile : la boussole

Les pierres « magnétiques » possèdent une autre propriété : libres de s'orienter, elles prennent toujours la même direction. Selon certains auteurs, deux siècles avant notre ère, les Chinois ont utilisé ce phénomène pour construire les premières boussoles (fig. 2).

Les boussoles anciennes (une aiguille aimantée mobile sur un pivot vertical au-dessus de la rose des vents) proviennent d'un lent perfectionnement de ces premières boussoles.

1.3. Les aimants artificiels

De nos jours, les aimants artificiels sont en acier ou en alliages et ils ont des formes variées (fig. 3) : barreau droit, aimant en U, aiguille aimantée...

1.4. Pôle nord, pôle sud

- Les pôles d'un aimant ne sont pas identiques ; on distingue le **pôle nord** du **pôle sud**. Deux pôles de même nom se repoussent, alors que deux pôles de noms différents s'attirent.
- Il est impossible d'isoler le pôle nord du pôle sud d'un aimant. En effet, chaque fragment obtenu après avoir brisé un aimant en deux se comporte comme un nouvel aimant possédant un pôle nord et un pôle sud (fig. 4).

Fig. 1. Fragment de pierre magnétique.

Fig. 2. Une boussole ancienne (Chine).

Fig. 3. Quelques aimants artificiels (barreaux).

Fig. 4. Expérience de l'aimant brisé : chaque fragment se comporte comme un nouvel aimant.

Nature

History

Experiment

2 NOTION DE CHAMP MAGNÉTIQUE

2.1. Action sur une aiguille aimantée

expérience

- Poser sur une table une petite aiguille aimantée mobile autour d'un axe fixe vertical. La direction prise par l'aiguille est matérialisée par un fil.
- Approcher successivement de l'aiguille un aimant (fig. 5a), puis un circuit parcouru par un courant : fil ou bobine (fig. 5b).
- Renouveler l'expérience en inversant les pôles de l'aimant, le sens du courant, la forme de l'aimant...

Fig. 5a. Action d'un aimant : l'aiguille change de direction.

Fig. 5b. Action d'un courant électrique : l'aiguille change de direction.

Observations

L'aiguille aimantée indique spontanément le nord magnétique. Elle change d'orientation quand on approche un aimant (fig. 5a) ou une bobine parcourue par un courant électrique (fig. 5b). Sa nouvelle orientation dépend de nombreux facteurs :

- la position de l'aimant, notamment de ses pôles ;
- la position du circuit, sa forme, le sens et l'intensité du courant.

Interprétation

L'orientation particulière prise par la petite aiguille aimantée met en évidence la modification des propriétés magnétiques au point de l'espace où elle est placée.

L'espace autour des aimants et des circuits électriques parcourus par des courants a des propriétés magnétiques particulières qui peuvent être détectées par une aiguille aimantée.

2.2. L'espace champ magnétique

expérience

- Placer au voisinage d'un aimant plusieurs petites aiguilles aimantées mobiles autour d'un axe fixe vertical (fig. 6).

Fig. 6. Quelques aiguilles aimantées disposées autour d'un aimant droit.

Chapitre 13 - Le champ magnétique

Technical applications

Initial notions

- The review of German school book

210 Elektrizitätslehre

Gleiche Magnetpole stoßen sich ab.	Ungleiche Magnetpole ziehen sich an.

Die magnetische Kraftwirkung kann durch andere Körper hindurchgehen. Nur Körper aus Eisen, Nickel und Kobalt, also aus ferromagnetischen Stoffen, können die magnetische Kraftwirkung und damit das magnetische Feld abschirmen. Besonders gut zur magnetischen Abschirmung eignen sich Körper aus weichmagnetischen Stoffen, z. B. aus Weicheisenen.

Magnetische Felder und ihre Darstellung

Im Raum um Magnete wirken auf andere Magnete bzw. auf Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte. Im Raum um Magnete existiert ein magnetisches Feld.

Ein magnetisches Feld ist der Zustand des Raumes um Magnete, in dem auf andere Magnete bzw. Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte ausgeübt werden.

Feldlinienbilder magnetischer Felder erhält man, wenn man die Linien nachzeichnet, zu denen sich Eisenfeilspäne im Magnetfeld ordnen. Es wurde festgelegt, dass die Richtung der Feldlinien vom magnetischen Nordpol zum Südpol zeigt.

Eisenfeilspäne im magnetischen Feld eines Stabmagneten	Feldlinienbild eines Stabmagneten

Magnetfeld der Erde

Das Magnetfeld der Erde ist die Vektoren, die mit einem Kompass auf der Erde aufgestellt sind. Ein kleiner Dauermagnet, der auf der Erde aufgestellt ist, zeigt die Richtung, in der die Feldlinien ausrichten. Die Stärke des magnetischen Feldes ist die magnetische Feldstärke. Die Größe der Kraft auf einen magnetischen Probekörper, der auf einer magnetischen Feldlinie liegt, ist die magnetische Feldstärke. Formelzeichen: H Einheit: 1 Ampere je Meter

Beim Verschieben eines Probekörpers in einem magnetischen Feld wird Arbeit verrichtet. Dazu muss Energie aufgewandelt werden.

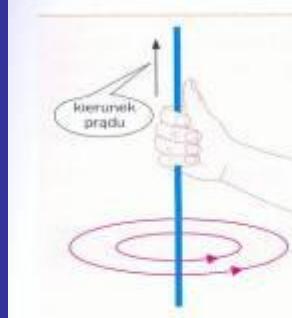
Ein magnetisches Feld besitzt magnetische Energie.

Elektromagnetismus

Im Raum um stromdurchflossene Leiter wirken ebenfalls Kräfte auf magnetische Probekörper. Jeder elektrische Leiter ist bei Stromfluss von einem Magnetfeld umgeben. Besonders stark ist das magnetische Feld, wenn ein Leiter als Spule aufgewickelt ist und einen Eisenkern enthält. Man nennt eine solche stromdurchflossene Spule mit Eisenkern auch Elektromagnet.

- Description of the shape of magnetic field lines inside and outside the coil.
- The magnetic field is similar to that from a **bar magnet**.
- Where is North magnetic pole students **should know** using the right-hand grip rule learned in gymnasium few years ago.
- Next we can read what is an **electromagnet** and where it is **applied in technics**, what is **electrodynamic force** and how to use **Fleming's left-hand rule**.
- All this resumed on two pages. The book shows **schemes**, but not real examples or photos.

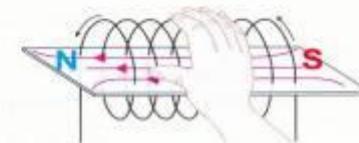
Oddziaływanie w przyrodzie **Rozdział 2**



Rys. 2.26

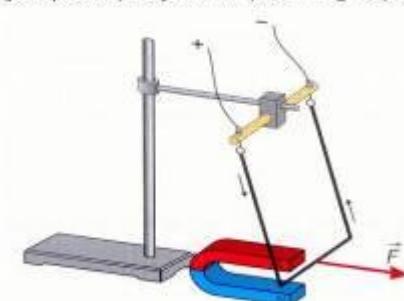
bieguny magnetyczne zwojnic można wyznaczyć ze znanych ci z gimnazjum **reguł „prawej ręki”**. Sposób postępowania w każdym przypadku ilustrują rysunki 2.26 i 2.27.

Pole magnetyczne każdego przewodnika z prądem jest tym silniejsze, im większe jest natężenie prądu, który płynie przez przewodnik, a w zwojnicach dodatkowo, im większa jest liczba zwojów. Pole magnetyczne zwojnic staje się jeszcze silniejsze, gdy włożymy do niej żelazny rdzeń. Tak skonstruowane **elektromagnesy** są powszechnie używane w technice, od prostych dzwonków elektrycznych, głośników i przełączników do potęgnych dźwigów przenoszących żelazo w hutach.

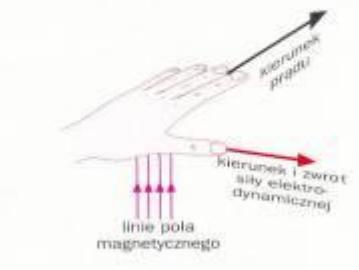


Rys. 2.27

Skoro przewodnik z prądem działa na magnes, jakim jest igła magnetyczna, to zgodnie z trzecią zasadą dynamiki na przewodnik z prądem znajdujący się w polu magnetycznym także powinna działać siła. Istotnie, siła taka działa i nazywa się **sią elektrodynamiczną** (rys. 2.28). Kierunek siły elektrodynamicznej jest prostopadły do linii pola magnetycznego i do przewodnika, a zwrot zależy



Rys. 2.28



Rys. 2.29

Physik

DUDEN „Basiswissen Schule“ Physik

- Themen und Inhalte aus dem Physikunterricht der Sekundarstufe I aller Schulformen
Physikalische Begriffe, Gesetze, Modelle und Experimente für die Erklärung von Naturphänomenen und deren Anwendung in Technik und Alltag
- Das Buch zum schnellen und gezielten Nachschlagen und Wiederholen in der Schule und zu Hause
- Die CD-ROM mit mehreren Hundert zusätzlichen Artikeln, vielfältigen Suchmöglichkeiten und interaktivem Wissensnetz
- Das Schülerportal www.schuelerlexikon.de für die übergreifende Suche in allen Schulfächern mit aktuellen Beiträgen und Linkempfehlungen

5th to 10th class

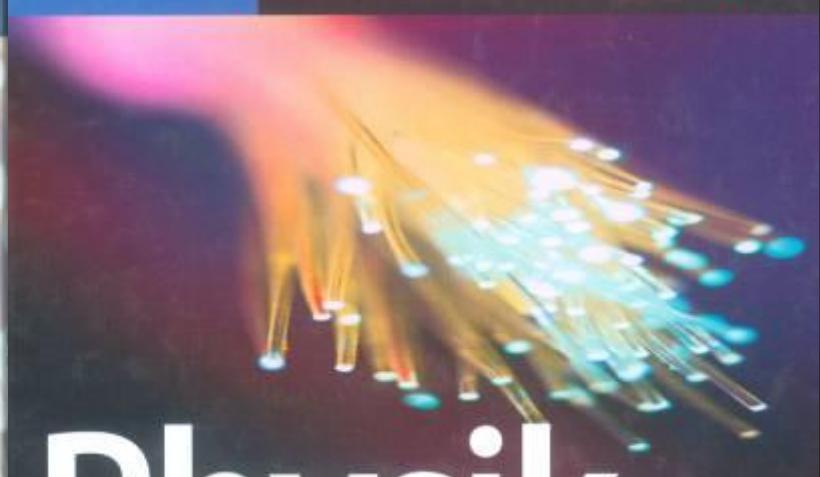
ISBN 3-411-71462-X

9 783411 714629

www.schuelerlexikon.de

5. bis 10. Klasse

DUDEN



Physik

Basiswissen Schule



- Buch:** alle wichtigen Unterrichtsinhalte – kurz und knapp
- CD-ROM:** ausführliche Themen mit multimedialen Elementen
- www.schuelerlexikon.de:** Aktualisierung und Erweiterung des Wissens

DUDEN PAETEC Schulbuchverlag

Physics is practical science

208

Elektrizitätslehre

i Die Einheit 1 F ist nach dem englischen Naturforscher MICHAEL FARADAY (1791–1867) benannt.

i Für die Einheiten gilt:
 $1 F = 1 \frac{C}{V} = A \cdot s$

i Bei Luft zwischen den Platten ist die Speicherfähigkeit relativ klein. Bei Verwendung von speziellen keramischen Werkstoffen kann sich die Speicherfähigkeit bei gleicher Plattenfläche und gleichem Abstand um den Faktor 10 ... 10.000 erhöhen.

i Die Dielektrizitätszahl, auch Permittivitätszahl genannt, ist eine Materialkonstante, die die Beeinflussung der Kapazität durch das Dielektrikum angibt. Für Luft gilt: $\epsilon_r = 1$

i Der Anstieg im Q-U-Diagramm ist die Kapazität C des Kondensators.

Die Größe elektrische Kapazität

Jeder Kondensator kann bei einer gegebenen Spannung nur eine bestimmte Ladung aufnehmen. Diese unterschiedliche Speicherfähigkeit für elektrische Ladung wird durch die physikalische Größe elektrische Kapazität angegeben.

Die Kapazität eines Kondensators gibt an, wie viel elektrische Ladung der Kondensator bei einer Spannung von 1 V speichern kann.

Formelzeichen: C
 Einheiten: 1 Farad (1 F)
 $1 \text{ Coulomb je Volt}$ ($1 \frac{C}{V}$)

Teile der Einheit 1 F sind ein Mikrofarad (1 μ F), ein Nanofarad (1 nF) und ein Picofarad (1 pF):

$$1 F = 1000000 \mu F = 1000000000 nF = 1000000000000 pF$$

Die Kapazität der meisten Kondensatoren liegt zwischen 1 μ F und 1 pF.

Berechnen der elektrischen Kapazität

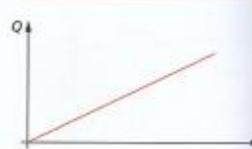
Die Kapazität eines Kondensators ist von seinem Bau abhängig. Bei einem Plattenkondensator ist die Kapazität umso größer, je größer die Flächen der Platten und je kleiner der Abstand der Platten sind. Außerdem ist die Kapazität des Kondensators davon abhängig, welches Dielektrikum sich zwischen den beiden Platten befindet.

Die Kapazität eines Plattenkondensators kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

A Flächeninhalt einer Platte
 d Abstand der Platten
 ϵ_0 elektrische Feldkonstante
 ϵ_r Dielektrizitätszahl

Wie viel Ladung ein bestimmter Kondensator speichert, ist davon abhängig, welche Spannung am Kondensator anliegt. Je größer die Spannung ist, desto größer ist die gespeicherte Ladung. Das Verhältnis von gespeicherter Ladung und Spannung ist die Kapazität des Kondensators.



Die Kapazität eines Kondensators kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Q elektrische Ladung
 U elektrische Spannung

Elektrische und magnetische Felder

209

4.3.2 Das magnetische Feld

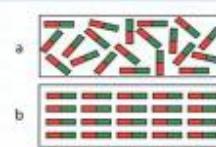
Magnete und ihre Wirkungen

Magnete sind Körper, die andere Körper aus Eisen, Nickel oder Kobalt anziehen.

Körper, die diese magnetische Eigenschaft auf Dauer oder über sehr lange Zeit besitzen, nennt man Dauermagnete oder Permanentmagnete. Dauermagnete bestehen ebenfalls aus Eisen, Nickel oder Kobalt. Sie können verschiedene Formen haben.



Dauermagnete unterschiedlicher Form



Unmagnetisiertes (a) und magnetisiertes (b) Eisen im Modell

Körper, die von Magneten angezogen werden, sind auch selbst magnetisierbar.

Diese Eigenschaft von Stoffen aus Eisen, Nickel und Kobalt, den ferromagnetischen Stoffen, ergibt sich aus ihrem Aufbau. Magnetisierbare Stoffe bestehen aus winzigen Bereichen, von denen sich jeder wie ein kleiner Magnet verhält. Im unmagnetisierten Zustand sind diese Elementarmagnete völlig ungeordnet. Der Körper ist nach außen hin unmagnetisch. Unter dem Einfluss eines Magneten können sich diese Elementarmagnete ausrichten. Der Körper wird selbst magnetisch.

Die Ausrichtung der Elementarmagnete geht verloren, wenn man einen Magneten zu stark erhitzt oder starken Erschütterungen aussetzt. Lassen sich in einem Stoff die Elementarmagnete leicht ausrichten, so bezeichnet man diesen Stoff als magnetisch weich. Stoffe, bei denen die Ausrichtung der Elementarmagnete nur unter dem Einfluss starker Magnete erfolgt und lange Zeit erhalten bleibt, bezeichnet man als magnetisch hart. Aus solchen Stoffen stellt man Permanentmagnete her.

Zwischen Magneten wirken anziehende oder abstoßende Kräfte. Diese Kräfte sind nicht überall gleich, sondern zwischen den Polen der Magnete am größten.

Jeder Magnet hat zwei Pole, den Nordpol und den Südpol.

Auch wenn man einen Magneten zerteilt, hat jeder Teil wieder zwei Pole, einen Nordpol und einen Südpol.

i Permanentmagnete werden heute vor allem aus Legierungen und Oxidwerkstoffen (Barium- und Eisen-oxid) hergestellt.

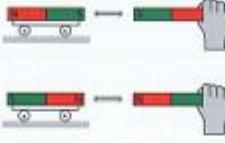
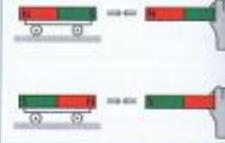
i „ferro“ kommt von der lateinischen Bezeichnung „Ferrum“ für Eisen. Das chemische Zeichen für Eisen ist deshalb auch Fe.

i Oberhalb einer bestimmten stoffabhängigen Temperatur geht die Ausrichtung der Elementarmagnete durch die thermische Bewegung der Gitterbausteine verloren.

i Magnetpole treten immer paarweise auf. Einzelne Magnetpole gibt es in der Natur nicht.

Physics is interdisciplinary science

210 Elektrizitätslehre

Gleiche Magnetpole stoßen sich ab.	Ungleiche Magnetpole ziehen sich an.
	

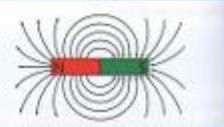
Die magnetische Kraftwirkung kann durch andere Körper hindurchgehen. Nur Körper aus Eisen, Nickel und Kobalt, also aus ferromagnetischen Stoffen, können die magnetische Kraftwirkung und damit das magnetische Feld abschirmen. Besonders gut zur magnetischen Abschirmung eignen sich Körper aus weichmagnetischen Stoffen, z. B. aus Weichisen.

Magnetische Felder und ihre Darstellung

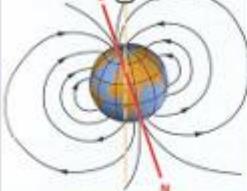
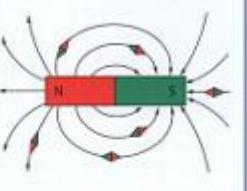
Im Raum um Magnete wirken auf andere Magnete bzw. auf Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte. Im Raum um Magnete existiert ein **magnetisches Feld**.

Ein magnetisches Feld ist der Zustand des Raumes um Magnete, in dem auf andere Magnete bzw. Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte ausgeübt werden.

Feldlinienbilder magnetischer Felder erhält man, wenn man die Linien nachzeichnet, zu denen sich Eisenfeilspäne im Magnetfeld ordnen. Es wurde festgelegt, dass die Richtung der Feldlinien vom magnetischen Nordpol zum Südpol zeigt.

Eisenfeilspäne im magnetischen Feld eines Stabmagneten	Feldlinienbild eines Stabmagneten
	

211 Elektrische und magnetische Felder

Magnetfeld der Erde	Magnetfeld eines Stabmagneten
	

Das Magnetfeld der Erde ist die Voraussetzung dafür, dass man sich mit einem Kompass auf der Erde orientieren kann. Die Kompassnadel ist ein kleiner Dauermagnet, der sich im Erdmagnetfeld entsprechend der Feldlinien ausrichtet.

Die Stärke des magnetischen Feldes in einem bestimmten Punkt kann durch die magnetische Feldstärke beschrieben werden. Dabei wird die Größe der Kraft auf einen magnetischen Probekörper, der sich in diesem Punkt befindet, zugrunde gelegt.

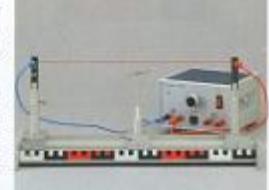
Die magnetische Feldstärke an einem Punkt gibt an, wie groß die Kraft auf einen magnetischen Probekörper in diesem Punkt des Feldes ist.
 Formelzeichen: H
 Einheit: 1 Ampere je Meter $(\frac{A}{m})$

Beim Verschieben eines Probekörpers im Magnetfeld wird mechanische Arbeit verrichtet. Dazu muss Energie des magnetischen Feldes in mechanische Arbeit umgewandelt werden.

Ein magnetisches Feld besitzt magnetische Energie.

Elektromagnetismus

Im Raum um stromdurchflossene Leiter wirken ebenfalls Kräfte auf magnetische Probekörper. Jeder elektrische Leiter ist bei Stromfluss von einem Magnetfeld umgeben. Besonders stark ist das magnetische Feld, wenn ein Leiter als Spule aufgewickelt ist und einen Eisenkern enthält. Man nennt eine solche stromdurchflossene Spule mit Eisenkern auch **Elektromagnet**.



Die Kraftwirkung zwischen einer Magnetnadel und einem stromdurchflossenen Leiter entdeckte **HANS CHRISTIAN ØRSTED** (1777–1851) zufällig bei Experimenten. Damit wurde der Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus gefunden.

Physics around us

8

Die Physik – eine Naturwissenschaft

1.1 Gegenstand und Teilgebiete der Physik

1.1.1 Die Naturwissenschaft Physik

Wenn man die Umwelt aufmerksam betrachtet, kann man viele interessante Erscheinungen beobachten. Eine Reihe dieser Erscheinungen sind den Menschen schon lange bekannt. Sie gehören zur Natur, auch ohne den Menschen mit seinen Wissenschaften und der Technik.

Eine solche Naturaerscheinung ist der Regenbogen. Wie entsteht ein Regenbogen? Warum hat ein Regenbogen immer dasselbe Farbband?



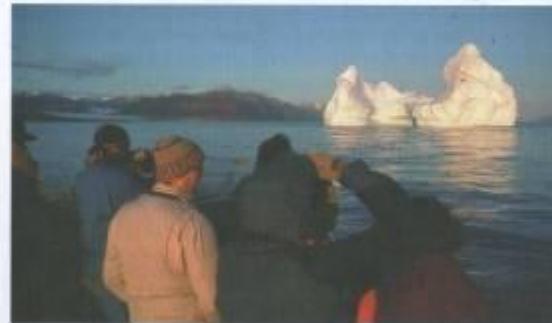
Das Feuer hat Menschen schon immer in seinen Bann gezogen und tut es auch heute noch. Woher aber kommen Licht und Wärme des Feuers? Warum geben unterschiedliche Brennmaterialien unterschiedlich viel Licht und Wärme ab? Wie kann ein Feuer entstehen, wie kann es gelöscht werden?

i Das Feuer hat für die Entwicklung der Menschen eine entscheidende Rolle gespielt. Mithilfe des Feuers konnten die Menschen erstmals Fleisch braten, Ton brennen und später Eisen herstellen.



9 Gegenstand und Teilgebiete der Physik

Bei einem Eisberg sieht man nur die Spitze über dem Wasser. Etwa 90 % des Eisberges befinden sich unter Wasser. Wie ist das zu erklären? Warum gehen diese riesigen Eisberge nicht unter?



In einem Tal zwischen hohen Bergen kann man nach kurzer Zeit seinen Ruf als Echo hören. Wie kommt es zu einem Echo bzw. zu einem Mehrfachecho?



Durch Beobachtungen haben die Menschen *Regelmäßigkeiten in der Natur* entdeckt, z. B. den Wechsel von Tages- und Jahreszeiten, den Wechsel der Mondphasen sowie das Auftreten von Sonnen- und Mondfinsternissen. Mithilfe dieser Regelmäßigkeiten und den ermittelten Daten konnten die Menschen z. B. die Termine für Aussaat und Ernte besser bestimmen.

Die Menschen suchten aber auch nach Zusammenhängen zwischen den Erscheinungen, um Erklärungen zu finden und ihre Voraussagen sicherer zu machen. Und sie fanden Zusammenhänge und Erklärungen, auch wenn sich diese später häufig als nicht richtig erwiesen.

9

i Deshalb ist Vorsicht bereits bei der Annäherung von Schiffen an Eisberge geboten, damit das Schiff nicht unter Wasser mit Eis zusammenstößt. So wurde 1912 durch Kollision mit einem Eisberg das damals modernste Passagierschiff der Welt, die „Titanic“, so schwer beschädigt, dass es sank und 1595 Tote zu beklagen waren.

Duden: Great scientists

10

Die Physik – eine Naturwissenschaft



CLAUDIUS PTOLEMAUS lebte von ca. 100 bis ca. 170. Er stellte das geozentrische Weltbild in seinem Werk „Syntaxis mathematice“ (Mathematische Zusammenstellung), arabisch auch „Almagest“ genannt, vor.

Aus den beobachteten Bewegungen der Himmelskörper, vor allem von Sonne, Mond und Sternen, leiteten die Menschen z.B. im Altertum die nahe liegende Vermutung ab, dass sich die Erde im Zentrum der Welt befindet und sich alle Himmelskörper auf kreisförmigen Bahnen um die Erde bewegen.

Gelehrte aus dem antiken Griechenland entwickelten daraus ein ganzes Weltbild über die Bewegungen im Kosmos und auf der Erde.

CLAUDIUS PTOLEMAUS fasste dieses **geozentrische Weltbild** in einem Buch zusammen. Dieses Weltbild war eine großartige Leistung der antiken Wissenschaft, denn man konnte die Bewegung von Sonne und Mond vorausberechnen. So blieb dieses Weltbild Jahrhundertlang erhalten und war doch falsch.

Im Mittelalter konnten Gelehrte wie **KOPERNIKUS** (1473–1543), **GALILEI** (1564–1642), **KEPLER** (1571–1630) und **NEWTON** (1643–1727) auf der Grundlage von Beobachtungen und theoretischen Überlegungen ein wissenschaftliches Weltbild entwickeln, in dem die Sonne im Zentrum unseres Planetensystems steht – das **heliozentrische Weltbild**.

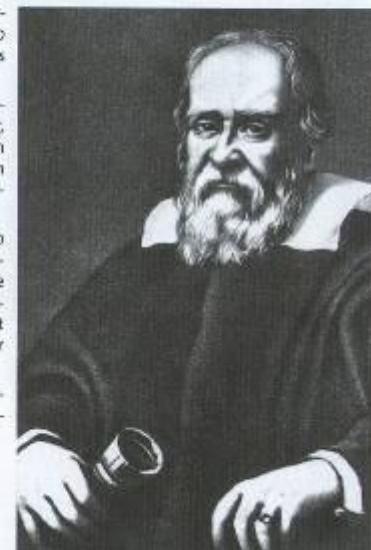
GALILEI war auch der erste Wissenschaftler, der **neue Denk- und Arbeitsweisen** in die Naturwissenschaften einführte. Er suchte nicht nur nach oberflächlichen Erklärungen, die dem Augenschein entsprechen, sondern fragte nach dem Wesentlichen in den Erscheinungen. Vor allem aber zeigte er, dass man zu neuen Erkenntnissen nicht allein durch theoretische Überlegungen kommt, sondern dass man seine Überlegungen mit Experimenten überprüfen muss.

Der italienische Naturwissenschaftler **GALILEO GAULE** lebte von 1564 bis 1642.

Er war nicht nur ein berühmter Mathematiker, sondern beschäftigte sich auch mit verschiedenen physikalischen und astronomischen Problemen.

So begründete **GALILEO** u.a. die klassische Mechanik, fand die Gesetze des freien Falls und entdeckte mit einem selbst gebauten Fernrohr vier Jupitermonde.

Er war einer der Mitbegründer des heliozentrischen Weltbildes.



Gegenstand und Teilgebiete der Physik

11



OTTO VON GUERICKE (1602–1686) war Bürgermeister und Experimentator. Er erfand u. a. die Luftpumpe, das Wasserbarometer und eine Elektrisiermaschine.

Das Wort „Physik“ kommt vom griechischen Wort „*physis*“ und heißt so viel wie „Natur“.

Ein berühmter Experimentator war auch der Magdeburger Bürgermeister **OTTO VON GUERICKE** (1602–1686). Er konnte z.B. bei seinem Experiment mit den Magdeburger Halbkugeln (s. Abb. unten) die Wirkungen des Luftdruckes nachweisen. Damit widerlegte er gleichzeitig eine lange herrschende Auffassung aus der Antike, dass es keinen luftleeren Raum – kein Vakuum – geben könne.

Durch viele Entdeckungen, Beobachtungen und Experimente entwickelte sich in den letzten Jahrhunderten die Physik als eigenständige Naturwissenschaft.

Die Physik ist eine Naturwissenschaft. Sie beschäftigt sich mit den grundlegenden Erscheinungen und Gesetzen in unserer natürlichen Umwelt und ermöglicht die Erklärung und Voraussage vieler Erscheinungen in der Natur.

Sonnen- und Mondfinsternisse sind Naturscheinungen, die von Menschen schon seit Jahrtausenden beobachtet werden. Lange Zeit war aber unklar, wie eine Finsternis zustande kommt. Erst nachdem man erkannt hatte, wie sich Mond und Erde um die Sonne bewegen, konnte man die Finsternisse erklären: Eine Sonnenfinsternis kommt zustande, wenn der Schatten des Mondes auf die Erdoberfläche fällt. Eine Mondfinsternis ist zu beobachten, wenn sich der Mond im Erdschatten befindet.

Erst nach genauer Kenntnis der Bewegungsgesetze war es auch möglich, exakte Voraussagen zu machen. So können wir heute schon voraussagen, dass die nächste totale Sonnenfinsternis in Deutschland erst am 3. September 2081 zu beobachten sein wird.



Branches and applications of physics

14

Die Physik – eine Naturwissenschaft

Die physische Geographie untersucht die Wechselbeziehungen zwischen Lufthülle, Gesteinhülle, Wasserhülle und Lebewesen in der Nähe der Erdoberfläche sowie die Einflüsse der menschlichen Gesellschaft auf die Ausprägung der Landschaften.

Die einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen untersuchen in der Regel nur Teilbereiche der Natur unter ganz bestimmten Gesichtspunkten. Unsere natürliche Umwelt ist aber ein einheitliches Ganzes. Um Erscheinungen der Natur richtig zu verstehen, müssen deshalb oft Erkenntnisse aus verschiedenen Naturwissenschaften herangezogen werden. Folglich wird in einer naturwissenschaftlichen Disziplin stets versucht, auch die Erkenntnisse anderer Naturwissenschaften zu berücksichtigen und anzuwenden.

In Grenzbereichen zwischen den verschiedenen Naturwissenschaften haben sich neue naturwissenschaftliche Disziplinen wie Biophysik, physikalische Chemie oder Astrophysik entwickelt. Diese Teildisziplinen versuchen ganz gezielte Fragen und Probleme in der einen Naturwissenschaft durch Anwendung von Erkenntnissen aus der anderen Naturwissenschaft zu lösen.

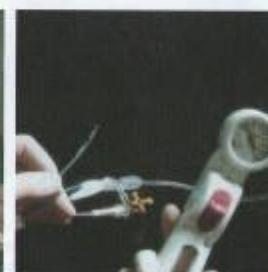
Besonders in der Medizintechnik werden Erkenntnisse aus allen Naturwissenschaften benötigt, um kranke Menschen zu heilen und Gesundheit zu erhalten.

Bei Ultraschalluntersuchungen (linke Abb.) wird von einem Sender Ultraschall ausgesendet, im Körper unterschiedlich reflektiert und von einem Empfänger wieder aufgenommen.

Bei der Entwicklung dieses Verfahrens mussten u. a. die biologischen Wirkungen von Ultraschall berücksichtigt werden.

Für spezielle Herzuntersuchungen nutzt man Herzkatheter. Ein Herzkatheter ist ein dünner Schlauch aus Kunststoff, der durch eine Arterie bis zum Herzen vorgeschoben wird. Durch Einspritzen eines Kontrastmittels werden Verengungen in den Herzkrankgefäßen sichtbar.

Zur Entwicklung und Anwendung sind Erkenntnisse über physikalische, chemische und biologische Eigenschaften und Wirkungen von Katheder und Kontrastmittel notwendig.



Gegenstand und Teilgebiete der Physik

15

1.1.3 Die Teilgebiete der Physik

Traditionell wird die Physik in verschiedene Teilgebiete eingeteilt.

Teilgebiet	Untersuchungsgegenstand	Beispiel
Mechanik	Bewegung von Körpern, Kräfte und ihre Wirkungen, Auftrieb und Schwimmen, Fliegen, Entstehung und Eigenschaften von Schall	
Wärmelehre (Thermodynamik)	Temperatur von Körpern, Zufuhr und Abgabe von Wärme, Aggregatzustände und ihre Änderungen, Wärmeübertragung, Wärmekraftmaschinen	
Elektrizitätslehre (Elektrik)	Eigenschaften von elektrisch geladenen Körpern, Magnetismus, Wirkungen des elektrischen Stromes, Erzeugung und Umformung von Elektroenergie, elektrische Schaltungen und Bauelemente	
Optik	Ausbreitung des Lichtes, Reflexion und Brechung, Bildentstehung an Spiegeln und Linsen, optische Geräte, Farben	
Atom- und Kernphysik	Aufbau von Atomen, Umwandlung von Atomkernen, Eigenschaften radioaktiver Strahlung, Erzeugung von Kernenergie	
Energie	Energieformen, Energieträger, Umwandlung und Übertragung von Energie, Entwertung von Energie, Energietechnik und Umwelt	

Physics vs technology

16

Die Physik – eine Naturwissenschaft

1.1.4. Physik, Technik und Alltag

Die Physik ist auch eine wichtige **Grundlage der Technik**. Dabei werden bewusst physikalische Erkenntnisse genutzt, um Geräte und Anlagen zu bauen, um Energie zweckmäßig zu verwenden, um unser Leben sicherer und angenehmer zu machen.

Wenn du den Lichtschalter betätigst, dann leuchtet die Deckenbeleuchtung im Zimmer auf. Die elektrische Energie wird in Licht und auch in Wärme umgewandelt.



Elektrische Energie wird aber auch für viele andere Zwecke genutzt. Physikalische Erkenntnisse der Elektrizitätslehre haben dies ermöglicht und das Leben der Menschen wesentlich verändert.

Die Physik ist eine wichtige Grundlage der Technik. In der Technik werden physikalische Gesetze vom Menschen genutzt.

Physikalische Erkenntnisse spielen auch in **unserem täglichen Leben** eine wichtige Rolle. Die bewusste Nutzung physikalischer Erkenntnisse erleichtert unser Leben und erhöht unsere Sicherheit. Unkenntnis oder Nichtbeachtung kann zu Unfällen oder Schäden führen.

Wenn man z. B. in einem anfahrenden oder bremsenden Bus steht, muss man sich festhalten, um nicht umzufallen.

Nach dem Baden sollte man die nasse Badebekleidung wechseln, weil man sich sonst leicht erkälten kann. An einem heißen Sommertag trägt man in der Regel leichte und helle Kleidung, um keinen Hitzschlag zu bekommen. Ein Autofahrer weiß, dass sein Bremsweg bei eisglatter Fahrbahn wesentlich größer ist als auf trockener Straße, und erhöht den Sicherheitsabstand. Lärm ist ein Stressfaktor und kann zu Gehörschäden führen. Deshalb sollte man sich mit geeigneten Maßnahmen vor Lärm schützen. Wenn man Schwierigkeiten beim Sehen hat, geht man zum Augenarzt bzw. Optiker und lässt sich eine Brille anfertigen.

17 Gegenstand und Teilgebiete der Physik

In allen diesen Beispielen nutzen wir – bewusst oder unbewusst – physikalische Erkenntnisse.

Die Physik ist eine wichtige Grundlage unseres täglichen Lebens. Die bewusste Nutzung physikalischer Gesetze erleichtert unser Leben und erhöht unsere Sicherheit. Unkenntnis oder Nichtbeachtung physikalischer Gesetze können zu Unfällen oder Schäden führen.

Bei technischen Anwendungen arbeiten häufig Naturwissenschaftler verschiedener Disziplinen zusammen. Oft ist die Natur selbst Vorbild für technische Lösungen.



Im Flugzeugbau wurden und werden viele technische Lösungen dem Vogelflug „abgeguckt“.



Der Wulstbug eines Schiffes hat sein Vorbild bei einem Delfin. Der Mensch ist heute mithilfe der Technik in der Lage, sein Leben nicht nur sicherer und angenehmer zu machen. Er kann auch große Veränderungen in seiner natürlichen Umwelt herbeiführen.

Diese gewaltigen Eingriffe in die Natur können die Lebensbedingungen von Pflanzen, Tieren und Menschen auf der Erde erheblich beeinflussen, ja sogar Lebensgrundlagen zerstören.

Deshalb ist es wichtig, dass bei der Lösung technischer Probleme und bei größeren Eingriffen in unsere natürliche Umwelt stets alle Naturwissenschaften zusammenwirken, um negative Auswirkungen auf die Lebensbedingungen von Pflanzen, Tieren und Menschen zu verhindern und unsere natürliche Umwelt zu erhalten.

Physical quantities

20

Die Physik – eine Naturwissenschaft

i In der Wissenschaft, so auch in der Physik, bedient man sich in der Regel der Fachsprache.

i Solche Wörter bezeichnen man auch als Synonyme.

i Bei zusammengesetzten Einheiten wird zwischen den Einheiten meist ein Malpunkt gesetzt, z. B. bei der Einheit Newtonmeter für die mechanische Arbeit: $N \cdot m$. Zulässig ist auch die Schreibweise Nm .

Fachbegriffe knüpfen oft an Alltagsbegriffe an; werden aber dann exakt definiert und schränken meist die Anwendbarkeit des Begriffs ein. Deshalb muss man bei der Anwendung von Begriffen stets beachten, ob es sich um naturwissenschaftliche Fachbegriffe oder um Alltagsbegriffe handelt.

Manchmal wird ein Wort für verschiedene Begriffe benutzt.

i In der Physik versteht man unter **Feld** den Zustand eines Raumes um einen Körper, in dem auf andere Körper Kräfte wirken. In der Biologie ist ein Feld eine Ackerfläche, auf der Kulturpflanzen angebaut werden.

i Eine **Welle** ist in der Physik eine zeitlich und räumlich periodische Änderung einer physikalischen Größe. In der Technik versteht man darunter einen Teil einer Maschine, mit dessen Hilfe Kräfte bzw. Drehmomente übertragen werden.

Zum Teil werden für ein und denselben Begriff auch verschiedene Wörter benutzt.

i Man bezeichnet das Messgerät für die elektrische Stromstärke als Stromstärkemesser, Strommesser oder Ampermeter.

i Die Dauer einer vollen Schwingung wird als **Schwingungsdauer** oder als **Periodendauer** bezeichnet.

Größen in der Physik

Einen Teil naturwissenschaftlicher Fachbegriffe bezeichnet man als **Größen**. Dabei handelt es sich um Begriffe zur Beschreibung messbarer Eigenschaften von Objekten (Körper, Stoffe, Vorgänge usw.).

A Eine Größe beschreibt eine messbare Eigenschaft von Objekten.

Die **Bedeutung** einer Größe gibt an, welche Eigenschaft der Objekte beschrieben wird. Für ein konkretes Objekt kann der Ausprägungsgrad dieser Eigenschaft gemessen und angegeben werden. Man nennt diesen Ausprägungsgrad auch **Wert einer Größe**.

i Das **Volumen** gibt an, wie viel Raum ein Körper einnimmt. Die **Masse** gibt an, wie schwer oder wie leicht und wie träge ein Körper ist.

Die **Geschwindigkeit** gibt an, wie schnell sich ein Körper bewegt.

Um den Wert einer Größe anzugeben, muss eine **Einheit** festgelegt sein. Der Wert der Größe ist dann das Produkt aus Zahlenwert und Einheit, wobei man den Malpunkt weglässt.

i 5 m^3 bedeutet $5 \cdot 1 \text{ m}^3$
 10 l bedeutet $10 \cdot 1 \text{ l}$

Für jede Größe ist ein **Formelzeichen** (manchmal auch mehrere) als Abkürzung festgelegt (→ S. 22–25). Mithilfe von Formelzeichen kann man naturwissenschaftliche Gesetze schneller und einfacher in mathematischer Form formulieren und anwenden.

Denk- und Arbeitsweisen in der Physik

21

Größe	Temperatur	Dichte
Formelzeichen	ϑ oder T	ρ
Bedeutung	Die Temperatur gibt an, wie warm oder wie kalt ein Körper ist.	Die Dichte gibt an, welche Masse ein Kubikzentimeter eines Stoffes hat.
Einheiten	1 Grad Celsius (1°C) 1 Kelvin (1 K) 1 Grad Fahrenheit (1°F)	1 Gramm je Kubikzentimeter ($1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)
Messgerät	Thermometer	Aräometer
Berechnung	–	$\rho = \frac{m}{V}$

Es gibt zwei Arten von Größen. Einige Größen sind von der Richtung unabhängig. Die messbare Eigenschaft hat nur einen Betrag. Man nennt diese Größen auch **skalare Größen**.

Temperatur, Masse und Dichte sind z. B. skalare Größen.

Andere Größen sind von der Richtung abhängig. Die messbare Eigenschaft hat neben dem Betrag auch eine Richtung. Solche Größen nennt man **gerichtete** oder **vektorielle Größen**. Man kennzeichnet sie mit einem Pfeil über dem Formelzeichen.

i Beispiele für vektorielle Größen sind die Geschwindigkeit \vec{v} und die Kraft \vec{F} .

Bei der **Addition von Größen** muss man beachten, ob es sich um skalare oder vektorielle Größen handelt.

Bei skalaren Größen kann man die Beträge der Größen addieren.

i Eine Masse $m_1 = 100 \text{ g}$ Mehl und $m_2 = 50 \text{ g}$ Zucker werden zusammengeschüttet. Die Gesamtmasse des Gemisches beträgt $m = m_1 + m_2 = 150 \text{ g}$.

Bei der Addition vektorieller Größen sind die Richtungen der einzelnen Größen zu beachten.

i Ein Schlitten wird von zwei Kindern mit den beiden Kräften $F_1 = 100 \text{ N}$ und $F_2 = 100 \text{ N}$ in unterschiedlicher Richtung gezogen. Die resultierende Gesamtkraft ergibt sich aus einem maßstäblichen Kräfteparallelogramm.



i Für eine Reihe von Anwendungen genügt es, auch bei vektoriellen Größen nur mit den Beträgen (z. B. $|\vec{F}|$ bzw. F) zu rechnen, z. B. wenn verschiedene vektorielle Größen dieselbe Richtung haben.

i Dieses Verfahren nennt man auch **Superpositionsprinzip vektorieller Größen**.

Atomic structure of matter

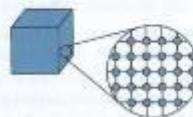
30

Die Physik – eine Naturwissenschaft

Mit materiellen Modellen kann man auch experimentieren. Mit solchen Modellexperimenten kann man innerhalb der Gültigkeitsgrenzen des jeweiligen Modells Erklärungen bestätigen und Voraussagen treffen.

Das Teilchenmodell beinhaltet folgende Aussagen:

1. Alle Stoffe bestehen aus Teilchen.
2. Die Teilchen befinden sich in ständiger Bewegung.
3. Zwischen den Teilchen wirken Kräfte.



Ein solches ideelles Modell kann auch materiell umgesetzt werden. So kann man sich das Teilchenmodell z. B. als kleine Kugeln vorstellen, die durch Federn miteinander verbunden sind.

Noch stärker vereinfacht lässt es sich durch kleine Teilchen (Murmeln, Erbsen, Reiskörner) darstellen. Dabei bleiben die Kräfte zwischen den Teilchen und die Bewegung der Teilchen unberücksichtigt.

Mit dem Teilchenmodell lässt sich z. B. folgende Erscheinung erklären:

Mischt man 50 ml Alkohol und 50 ml Wasser, so erhält man nicht 100 ml, sondern nur 96 ml Flüssigkeitsgemisch. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Größe der Alkohol- und Wasserteilchen.



In einem Modellexperiment mit Erbsen und Reiskörnern kann man dies bestätigen.

Mischt man die Erbsen und die Reiskörner, so ist das Volumen des Gemisches kleiner als die Summe der beiden Ausgangsvolumen. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Größe der Teilchen.



Für einen bestimmten Teilbereich der Physik gibt es verschiedene Gesetze sowie unterschiedliche Modelle und Aussagen.

Ein System von Gesetzen, Modellen und Aussagen über einen Teilbereich der Physik bezeichnet man als **Theorie**.

Ein Beispiel für eine geschlossene physikalische Theorie ist die newtonische Mechanik, in der das Verhalten von Körpern unter dem Einfluss von Kräften erfasst wird.

Denk- und Arbeitsweisen in der Physik

31

1.2.3 Erkenntniswege in der Physik

Das Erkennen physikalischer Gesetze

Das Erkennen und Anwenden von Gesetzen in Naturwissenschaft und Technik ist ein äußerst komplexer und in der Regel langwieriger Prozess. Wichtige Naturgesetze und deren Gültigkeitsbedingungen sind in langen, wechselvollen historischen Prozessen entdeckt worden. Diese Prozesse waren oft von Irrtümern und Irrwegen begleitet.



Auch heute ist das Erkennen von Naturgesetzen trotz modernster Experimentier- und Computertechnik ein komplizierter Prozess, bei dem meistens ganze Gruppen von Wissenschaftlern in aller Welt zusammenarbeiten.

Unabhängig vom komplizierten, wechselvollen Weg mit Irrtümern und Irrwegen gibt es immer wieder bestimmte Etappen, die in der Wissenschaft durchschritten werden müssen, um neue Gesetze in der Natur zu erkennen. An einem Beispiel aus der Geschichte der Physik soll dies verarbeitet dargestellt werden.

Weg der Erkenntnis neuer Gesetze in der Natur

1. In der Natur gibt es interessante, z. T. auffällige Erscheinungen, die beobachtet werden. Diese Erscheinungen veranlassen zur genauen Beobachtung. Durch **Vergleichen** wird versucht, Gemeinsamkeiten, Unterschiede und **Regelmäßigkeiten** in den Erscheinungen zu erkennen. Erscheinungen werden klassifiziert, d.h., Körper, Stoffe und Vorgänge mit gemeinsamen Eigenschaften werden zusammengefasst und **beschrieben**.

Begriffe werden **definiert** und Größen eingeführt.

Im Ergebnis dieser Etappe können Vermutungen aufgestellt werden,

- welche Zusammenhänge in den Erscheinungen wirken und
- unter welchen Bedingungen diese auftreten.

Es werden Fragen gestellt, die es genauer zu untersuchen gilt.

Ein Beispiel aus der Physik

In der Natur kann man beobachten,

- dass sich Balken biegen, wenn sie belastet werden,
- dass sich Seile und Drähte verlängern, wenn man an ihnen zieht,
- dass sich Bäume im Wind verformen.

Genaue Beobachtungen zeigen, dass sich Körper immer dann verformen, wenn auf sie eine Kraft wirkt. Dabei gibt es Körper, die nach Wegfall der Kraft wieder ihre ursprüngliche Form annehmen und solche, die auch nach Wegfall der Kraft verformt bleiben.

Zur Unterscheidung werden die Begriffe **elastische** und **plastische Verformung** verwendet.

Aufgrund genauerer Beobachtungen kann die Vermutung aufgestellt werden,

- dass die Verformung bzw. Verlängerung eines Körpers umso größer ist, je größer die einwirkende Kraft ist,
- dass dieser Zusammenhang bei allen elastisch verformten Körpern gilt.

Welcher Zusammenhang existiert zwischen der Verformung bzw. Verlängerung eines elastischen Körpers und der einwirkenden Kraft?

Measurement and interpretation

2. Um die Vermutungen zu prüfen und die Fragen zu beantworten, werden die Erscheinungen noch genauer untersucht. Dazu führt man in der Regel **Experimente** an einer Reihe von einzelnen Objekten durch, um die vermuteten Zusammenhänge exakter zu erfassen und die Wirkungsbedingungen besser zu erkennen. Vorher werden **experimentelle Fragen** gestellt. Es werden Messwerte aufgenommen und mit mathematischen Mitteln ausgewertet (grafisch oder rechnerisch).

Häufig wird versucht, den Zusammenhang zwischen den Größen bzw. Eigenschaften von Objekten mit mathematischen Mitteln, z. B. als Diagramm, als Proportionalität oder als Gleichung, zu beschreiben. Dazu werden die Messwertreihen rechnerisch ausgewertet und die Diagramme interpretiert.



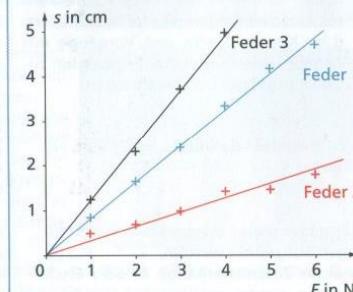
Der Zusammenhang, der zunächst nur an einzelnen Objekten gefunden wurde, wird auf eine ganze Klasse von Objekten **verallgemeinert**. Dabei ist man häufig zunächst auf Vermutungen in Bezug auf die Gültigkeitsbedingungen des Zusammenhangs angewiesen.

In Experimenten an verschiedenen Federn aus unterschiedlichsten Materialien wird folgende **experimentelle Frage** untersucht: Welcher Zusammenhang existiert zwischen der Verlängerung s einer Feder und der an ihr angreifenden Kraft F ?

Feder 1 als Beispiel

F in N	s in cm	$\frac{F}{s}$ in N/cm
0	0	–
1	0,8	1,25
2	1,7	1,18
3	2,4	1,25
4	3,3	1,21
5	4,1	1,22
6	4,7	1,28

Analoge Messwertreihen werden für weitere Federn aufgenommen und können grafisch dargestellt werden.



Aus den Messwertreihen und aus den Diagrammen kann man erkennen:

$$s \sim F \quad \text{oder}$$

$$\frac{F}{s} = \text{konstant} \quad \text{oder}$$

$$F = D \cdot s$$

Das so vermutlich existierende Gesetz muss vor allem hinsichtlich seiner Gültigkeitsbedingungen weiter überprüft werden. Manchmal erscheint es im Zusammenhang mit dem Erkennen neuer Gesetze sinnvoll, auch neue Begriffe zu definieren bzw. Größen einzuführen.

Häufig nutzt man beim Aufstellen bzw. Überprüfen von Vermutungen auch **Modelle** (→ S. 29). Modelle sind zwar Vereinfachungen der Wirklichkeit, sie stimmen aber in wichtigen Eigenschaften mit dem Original überein, in anderen nicht.

Man verallgemeinert den Zusammenhang zu folgendem **Gesetz**:

Für alle elastisch verformten Körper gilt unter der Bedingung nicht zu großer Kräfte:

$$F = D \cdot s$$

Man hat festgestellt, dass bei zu großen Kräften zunächst elastisch verformte Körper dann plastisch verformt werden und das Gesetz nicht mehr gilt.

Der Faktor D im gefundenen Gesetz erhält den Namen „**Federkonstante**“ und wird als neue Größe eingeführt. Die Federkonstante ist ein Maß für die Härte einer Feder.

3. Das gefundene Gesetz muss **überprüft** werden. Vor allem muss überprüft werden, ob die vorgenommene Verallgemeinerung des Zusammenhangs tatsächlich für die beschriebene Klasse von Objekten gilt.

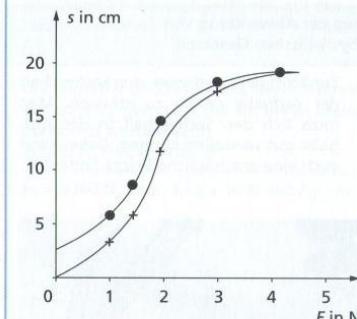
Mithilfe des Gesetzes werden neue Erscheinungen bzw. Erkenntnisse vorausgesagt und in Experimenten bzw. in der Praxis überprüft.

Das entdeckte Gesetz wird zur **Erklärung** von Erscheinungen der Natur genutzt. Es können mit dem Gesetz Größen berechnet werden, die man in der Praxis überprüfen kann.

Unter Nutzung des Gesetzes kann man technische Geräte konstruieren, z. B. Federkraftmesser.

Jede erfolgreiche Anwendung eines Gesetzes in der Praxis ist ein Beleg für die Gültigkeit des gefundenen Gesetzes unter den gegebenen Bedingungen.

Mithilfe des gefundenen Gesetzes wird vorausgesagt, dass auch für die Verlängerung eines Gummibandes $s - F$ gilt. In Experimente kann man jedoch folgende Messwerte aufnehmen und grafisch darstellen:



Für ein Gummiband gilt das oben gefundene Gesetz nicht. Das Gummiband wird auch nicht vollständig elastisch verformt. Die Gültigkeit des gefundenen Gesetzes muss also für Gummibänder ausgeschlossen werden.

Reality → model → mathematical description → solution → interpretation → reality

34 Die Physik – eine Naturwissenschaft

32 Die Physik – eine Naturwissenschaft

2. Um die Vermutungen zu prüfen und die Fragen zu beantworten, werden die Erscheinungen noch genauer untersucht. Dazu führt man in der Regel Experimente an einem Realen oder einem Modellprojekt. Durch das um die Vermutungen Zusammenhänge exakter zu erfassen und die Wirkungsbedingungen besser zu erkennen. Vorher werden experimentelle Formeln gefunden. Es werden Messwerte aufgenommen mit mathematischen Mitteln ausgewertet (grafisch oder rechnerisch).

Häufig wird versucht, den Zusammenhang zwischen den Größen bzw. Eigenschaften von Objekten mit mathematischen Mitteln, z. B. als Diagramm, als Proportionalität oder als Gleichung, zu beschreiben. Dazu werden die Messwertbereiche rechnerisch ausgewertet und die Diagramme interpretiert.

Feder 1 als Beispiel

F in N	s in cm	$\frac{F}{s}$ in N/cm
0	0	–
1	0,8	1,25
2	1,7	1,18
3	2,4	1,25
4	3,3	1,21
5	4,1	1,22
6	4,7	1,28

Analoge Messwertbereiche werden für weitere Federn aufgenommen und können grafisch dargestellt werden.

Analoge Messwertbereiche werden für weitere Federn aufgenommen und können grafisch dargestellt werden.

Der Zusammenhang, der zunächst nur an einzelnen Objekten gefunden wurde, wird auf eine ganze Klasse von Objekten verallgemeinert. Dabei ist man häufig zunächst auf Vermutungen in Bezug auf die Gültigkeitsbedingungen des Zusammenhangs angewiesen.

33 Denk- und Arbeitsweisen in der Physik

Das so vermutlich existierende Gesetz muss vor allem hinsichtlich seiner Gültigkeitsbedingungen weiter überprüft werden. Manchmal erscheint es im Zusammenhang mit dem Erkennen neuer Gesetze sinnvoll, auch neue Begriffe zu definieren bzw. Größen einzuführen.

Man verallgemeinert den Zusammenhang zu folgendem Gesetz:

$F = D \cdot s$

Für alle elastisch verformten Körper gilt unter der Bedingung nicht zu großer Kräfte:

$F = D \cdot s$

Man feststellt, dass bei zu großen Kräften zunächst elastisch verformte Körper dann plastisch verformt werden und das Gesetz nicht mehr gilt.

Der Faktor D im vorliegenden Gesetz erhält den Namen „Federkonstante“ und wird als neue Größe eingeführt. Die Federkonstante ist ein Maß für die Härte einer Feder.

3. Das gefundene Gesetz muss überprüft werden. Dazu muss überprüft werden, ob die vorgenommene Verallgemeinerung des Zusammenhangs tatsächlich für die beschriebene Klasse von Objekten gilt.

Mithilfe des Gesetzes werden neue Erscheinungen bzw. Erkenntnisse vorausgesagt und in Experimenten bzw. in der Praxis überprüft.

Das entdeckte Gesetz wird zur Erklärung von Erscheinungen der Natur genutzt. Es können mit dem Gesetz Größen berechnet werden, die man in der Praxis überprüfen kann.

Unter Nutzung des Gesetzes kann man technische Geräte konstruieren, z. B. Federkräftermesser.

Jede erfolgreiche Anwendung eines Gesetzes in der Praxis ist ein Beleg für die Gültigkeit des gefundenen Gesetzes unter den gegebenen Bedingungen.

4. Die physikalischen Gesetze werden angewendet um die Aufgabe zu lösen, z. B. eine gesuchte Größe zu berechnen, eine Erscheinung zu erklären oder vorauszusagen.

Dazu kann man verschiedene Mittel und Verfahren nutzen, z. B.

- das inhaltlich-logische Schließen,
- Verfahren und Regeln der Gleichungslehre,
- grafische Mittel,
- geometrische Konstruktionen,
- experimentelle Mittel.

Denk- und Arbeitsweisen in der Physik

Der Sachverhalt der Aufgabe wird aus physikalischer Sicht vereinfacht. Unwesentliches wird weggelassen. Wesentliche Seiten werden mit Fachbegriffen beschrieben.

Sachverhalt der Aufgabe kann eine verchte, schematisierte Skizze angefertigt en.

Gegebene Größen und Fakten

Gesucht: s

Gegeben: $m = 850 \text{ kg}$

$D = 3.200 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$

Lösung:

Unter der Bedingung, dass sich das Kranseil ausschließlich elastisch verformt, gilt das Hookesche Gesetz:

$F = D \cdot s$

Die angreifende Kraft ist die Gewichtskraft der angehängten Last, die aus deren Masse berechnet werden kann.

Es gilt: $F_G = m \cdot g$

$F_G = 8500 \text{ N}$, denn $1 \text{ kg} = 10 \text{ N}$ und $F_G = m \cdot g$.

$F = D \cdot s \quad | : D$

$s = \frac{F}{D}$

$s = \frac{8500 \text{ N} \cdot \text{cm}}{3.200 \text{ N}}$

$s = 2,66 \text{ cm}$

Ergebnis:

Unter der Bedingung, dass sich ein Kranseil elastisch verformt, wird es beim Anhängen und Heben einer Last von 850 kg um 27 mm verlängert.

P. Hewitt „Physics around us”



Rys. 11.11. Typowe polikliniki luki z kamienia, które przetrwały wieki.



Rys. 11.12. Poziome bloki kamienne na sklepienach nie mogą być zbyt duże, gdyż kamienie łatwo pękają przy ściskaniu. Dlatego takie dachy są podparte wieloma kolumnami



Rys. 11.13. Zarówno luki, jak i lufy zwisające latacze, mają kształt krzywej liniuchowej.

Spójrzmy na okna w starych budynkach z cegły. Z reguły ich wierzchołki mają kształt lufy. Podobnie zwieńczone są bramy, korytarze, kamienne mosty. Jeśli na takim sklepieniu pojawi się jakiś ciężar, to jego konstrukcja ulegnie wzmacnieniu, a nie osłabieniu. Kamienie są wówczas mocniej dociskane i trzymają się silniej dzięki silom ściskającym. Jeśli lufa jest odpowiednio ukształtowana, to do jego konstrukcji nie potrzeba nawet cementu. Naturalnym kształtem podpartej obustronnie poziomej jednorodnej belki jest paraboloida, czyli krzywa, po jakiej porusza się ciało w ruchu ukośnym. Paraboloidalny kształt mają wszelkie liny podtrzymujące mosty; ramiona tych parabol skierowane są ku górze. Krzywa, która nadaje sklepieniu lufowemu największą wytrzymałość, nosi nazwę *krzywej liniuchowej*. Kształt lufi przybiera wszelką swobodną linię, której koniec zamocowane są w dwóch ustalonych punktach. Naprężenie w każdym punkcie liny (lufuchusa) działa równolegle do tej liny. Jeśli zatem lufa ma kształt odwrotnie krzywej liniuchowej, to naprężenia wywołane jego własnym ciężarem są wszędzie styczne do lufy, tak jak i naprężenia istniejące między poszczególnymi ogniwami lufuchusa. Lufa zdobyczyła miano St. Louis ma właśnie taki kształt (rys. 11.13).

Jeśli dokonamy obrotu lufy wokół jego osi, to otrzymamy kopułę. Jej ciężar wywołuje naprężenie działające wzdłuż jej powierzchni. Współczesne kopuły, jak np. Astrodomo w Houston (USA), przykrywają wielkie powierzchnie bez jakichkolwiek kolumn podpierających. Są kopuły płytkie (np. poennik Jeffersona) i bardzo wysokie (Capitol w USA). A mniej nimi płaszczy się eskiemoskie igły.

Sklepienia lufowe

Pojedynczy kamień łatwiej pęka przy rozciąganiu niż ściskaniu. Dachy kamiennych budowli wzroszonych przez starożytnych Egipcjan w czasach budowy piramid złożone są z wielu poziomych warstw bloków skalnych. Warstwy te są mało wytrzymałe na naprężenia związane z ich własnym ciężarem i dlatego są one podparte wieloma kolumnami. Podobnie budowano świątynie w starożytnej Grecji. Dopiero później pojawiły się sklepienia lufowe, dzięki którym liczba kolumn znacznie zmalała.

Po drugie, nie wszystkie procesy fizyczne są *odwracalne*. Wymieszanie litru wody cieplej z litrem wody zimnej daje dwa litry wody lepiej, ale ponowne ich rozdzielenie nie jest możliwe. Gorąca szklanka herbaty, stygnąc, ogrzewa (choć bardzo niewiele) powietrze w kuchni, ale letnie powietrze z kuchni nie podgrzewa wody w szklance do wrzenia. Wszelki świat się rozszerza, a przy tym stygnie i nic nie wskazuje na to, aby miał się ponownie skurczyć.

Po trzecie, takie procesy fizyczne mogą powodować przemiany jednej substancji w drugą. Pierwiastek chemiczny radon, radioaktywny gaz szlachetny, powstaje z rozpadu promieniotwórczego innego pierwiastka, polonu, przypominającego chemicznie staryk. Fizycy pracujący na wielkich akceleratorach potrafią zamienić jeden metal w drugi, np. aluminium w sód, sód z kolei zamienia się (w procesie rozpadu promieniotwórczego) w gaz, zwany neonem itd. Dzięki nauce to, co było niemożliwe, staje się niesłychanie proste. W tym sensie fizyka współczesna urzeczywistnia marzenia średniowiecznych *alchemików*, zamieniaj jednej substancji w drugą (choć nie zawsze w złoto i bez użycia *kamienia filozoficznego*).



Fot. 1.3. Fizyka zajmuje się procesami. Wytwarzanie prądu elektrycznego w elektrowni geotermicznej, wiatrowej lub w ogniwie słonecznym, to przykłady procesów fizycznych.

I wreszcie, po czwarte, zacmienią Słońca to zjawisko *astronomiczne*, ale pamiętajmy, że ruch Ziemi wynika z prostych praw fizyki. Znając te prawa, przewidywanie zaćmienia nie jest już wiedzą tajemną, ale da się wyliczyć na szkolnym kalkulatorze.

Fizyka współpracuje z innymi naukami przyrodniczymi, jak medycyna i biologia. Transport substancji biologicznych przez błony komórkowe zależy od obecności jonów. Wymiana jonów jest też podstawą działania baterii elektrycznych i ogniw paliwowych, a te urządzenia zaliczamy do obszaru badań fizyki. Z osiągnięciem zaawansowanej fizyki, jak widać na zdjęciach poniżej, korzysta współczesna medycyna.

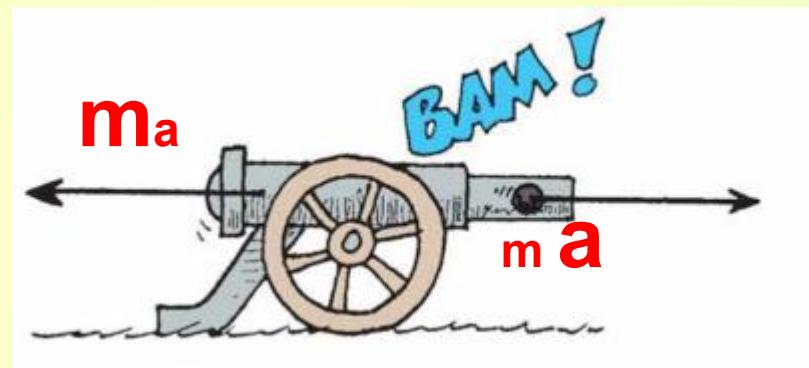


Fot. 1.4. Nowoczesne techniki badawcze w medycynie – rezonans magnetyczny, tomografia optyczna (UMK), tomografia pozitronowa (Centrum Onkologii w Bydgoszczy) – to wszystko urządzenia skonstruowane przez fizyków
<http://www.co.bydgoszcz.pl/lecznicze/diagnostyka/zaklad-medyczny-nuklearnej/>
<http://www.medicowr.com/pl/pl/uzpial/587/18-kazalowy-rezonans-magnetyczny.htm>

II (and III) Law of Newton



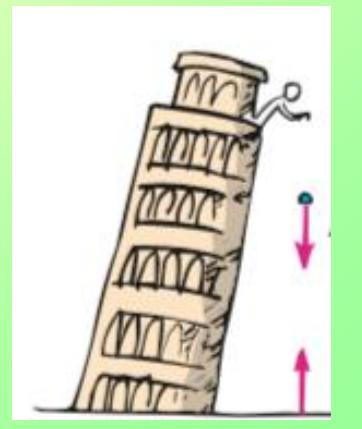
Podczas zderzenia samochodu z ciężarówką siły ich wzajemnego oddziaływania są jednakowe. Czy uszkodzenia są takie same? @ P.G. Hewitt, *Fizyka wśród nas*



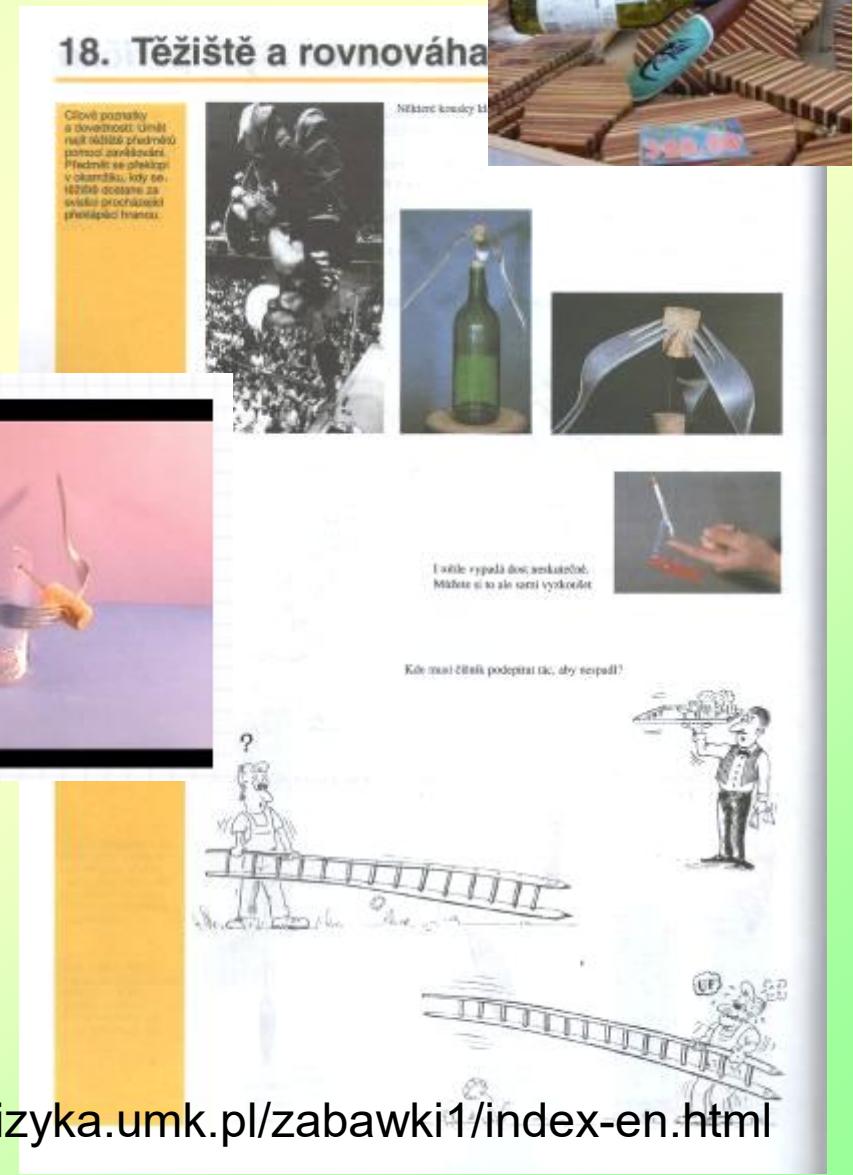
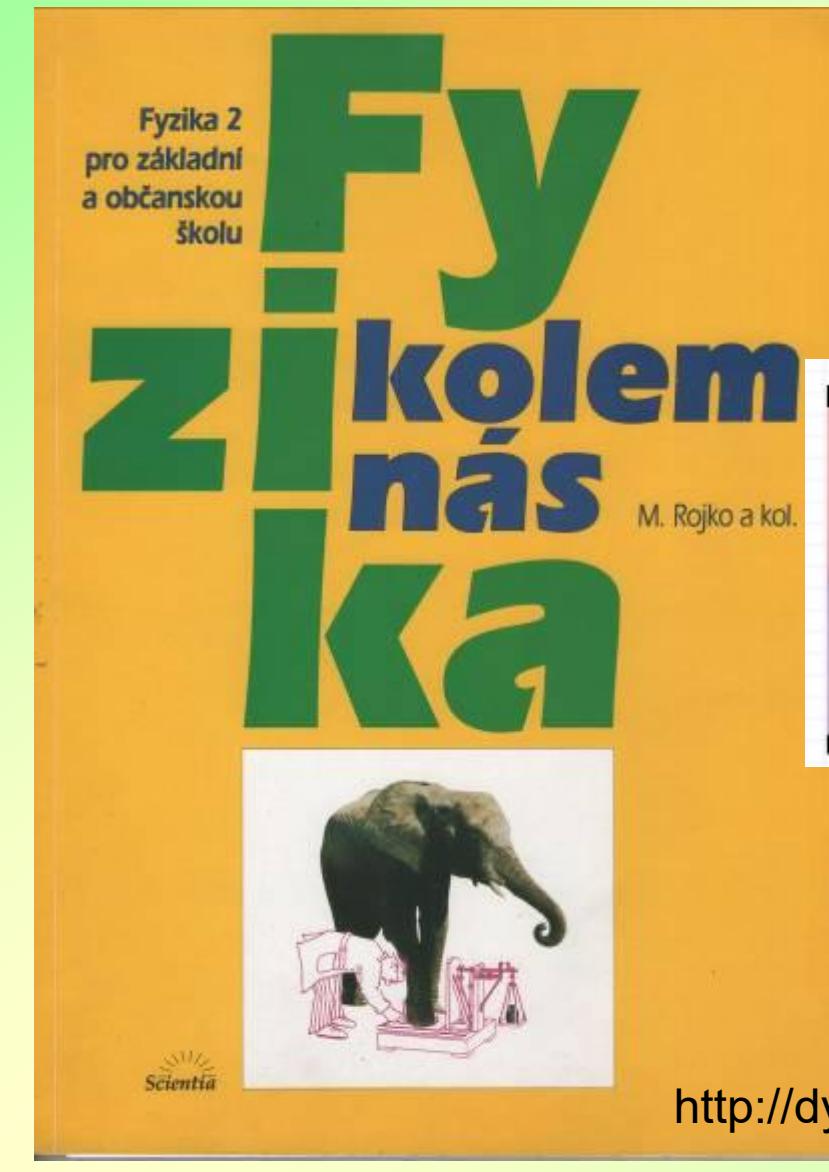
Siła odrzutu armaty jest taka sama jak siła wywierana na pocisk. Dlaczego zatem pocisk ma większe przyspieszenie? @ P.G. Hewitt, *Fizyka wśród nas*

$$m_a = m a$$

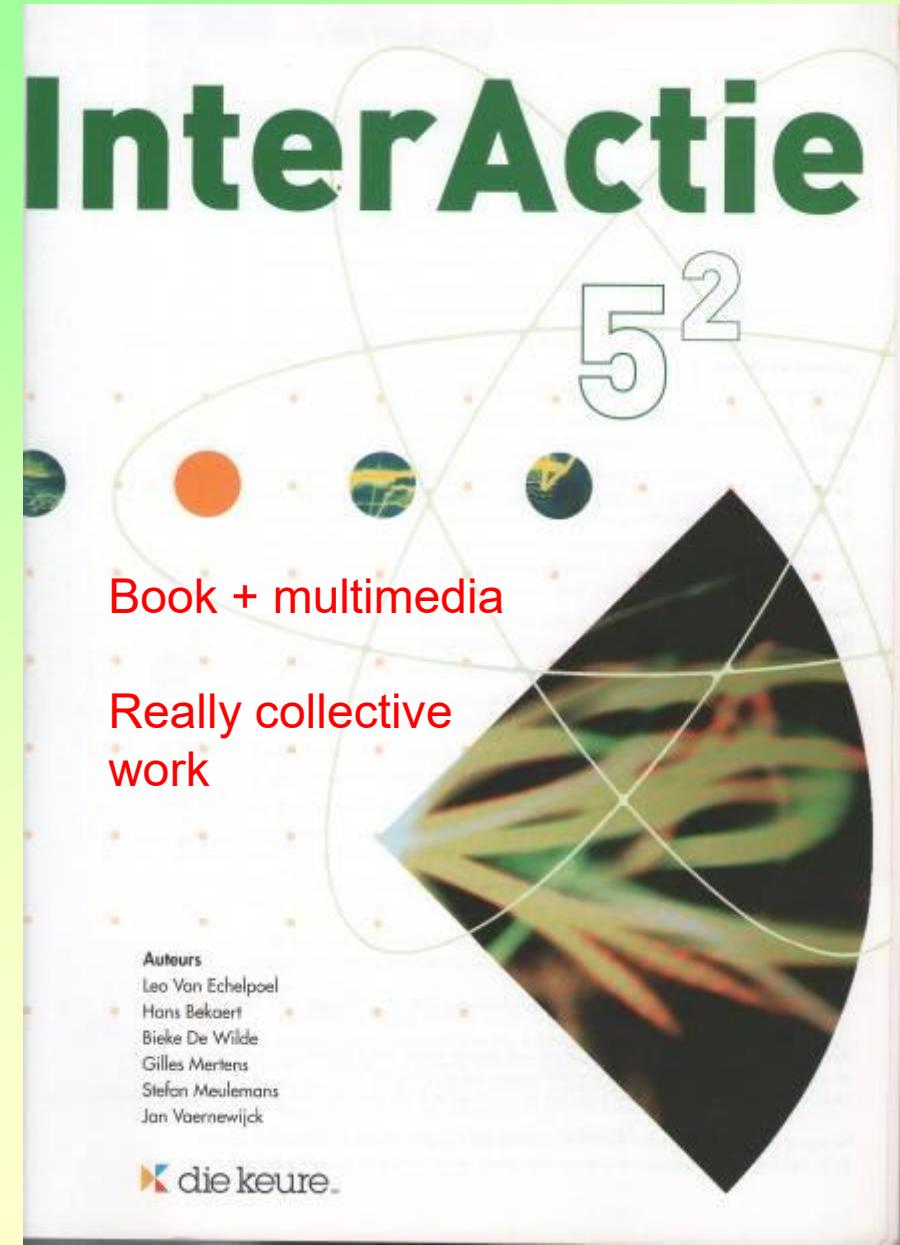
- AKCJA – REAKCJA PRZY różnych MASACH: deskorolki?



Fyzika around us



Interactive Physics (Belgium/ Holland)



8.3

Elektrocutie

DEFINITIE

Het spreekt van **elektrocutie** als er vanuit de omgeving een stroom door je lichaam gaat.

Door elektrocutie kan plaatselijk verbranding ontstaan. Ook inwendig kan verbranding



„social competences“

Does anybody understand it?

DEFINITIE

Het effect van de stroom wordt bepaald door 4 factoren: de grootte van de stroom, de duur, de baan van de stroom door het lichaam en de frequentie.

De grootte van de stroom

Een stroom tot 1 mA merk je nauwelijks. Reeds vanaf 10 mA kan spierverkramping optreden. Een stroom van 30 mA kan al fataal zijn.

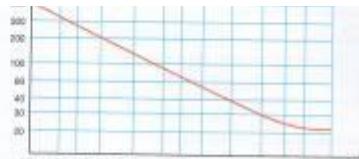
De grootte van de stroom wordt bepaald door de spanning en de weerstand van het lichaam ($I = U/R$). Hoe groter de spanning, hoe groter de stroom. Een spanning van maximaal 24 V is onschadelijk en noemt men de **veiligheidsspanning**. Bij elektrische systemen zoals halogeenspots of een speelgoed-treinje ... waarbij je de geleiders kunt aanraken, mag de spanning daarom maximaal 24 V zijn.

De weerstand van het menselijk lichaam wordt vooral bepaald door de huidweerstand op de plaats waar de stroom binnenkomt en terug uitgaat. In het lichaam zelf is de weerstand verwaarloosbaar klein, omdat het bestaat uit water (70 %), opgeloste zouten, zuren ... De weerstand van de huid is afhankelijk van het contactoppervlak (raken of vastklemmen) en van de vochtigheidsgraad.

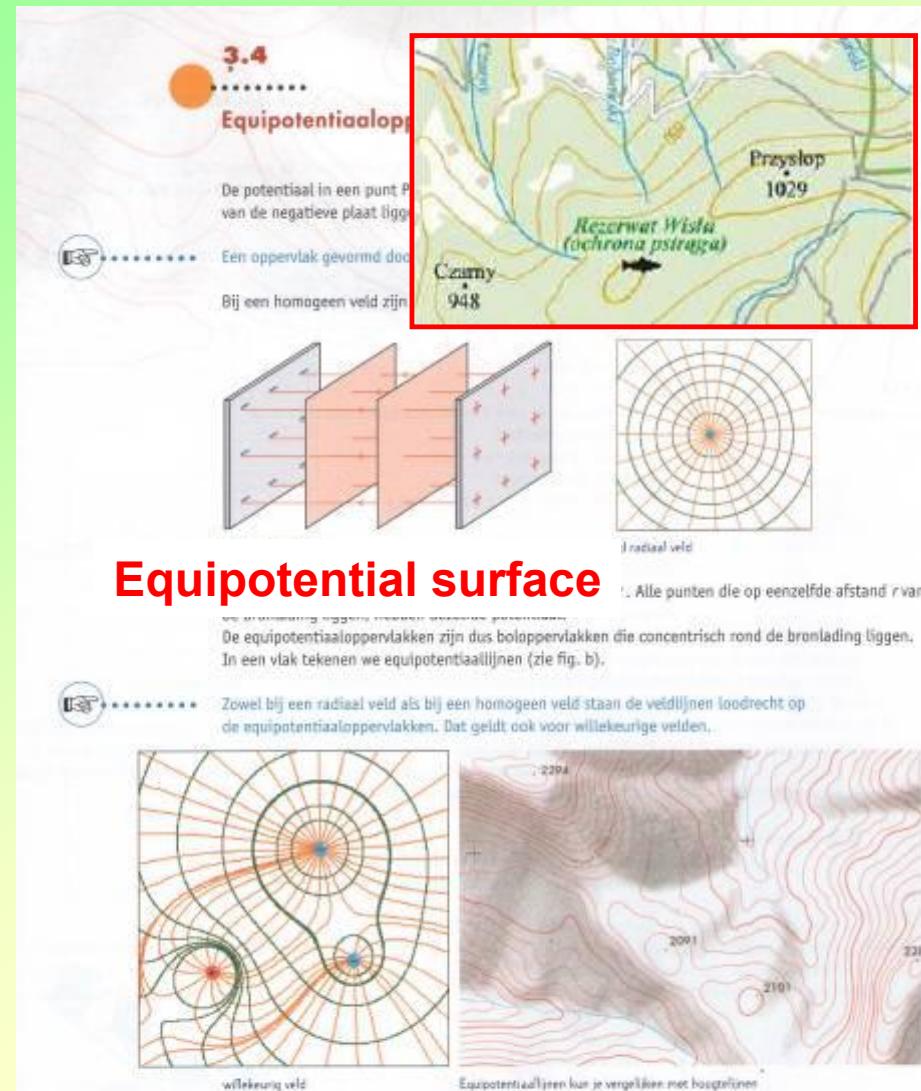
What is the „dead-line“ for AC?

GK „Pstryczek: electricity is lethal

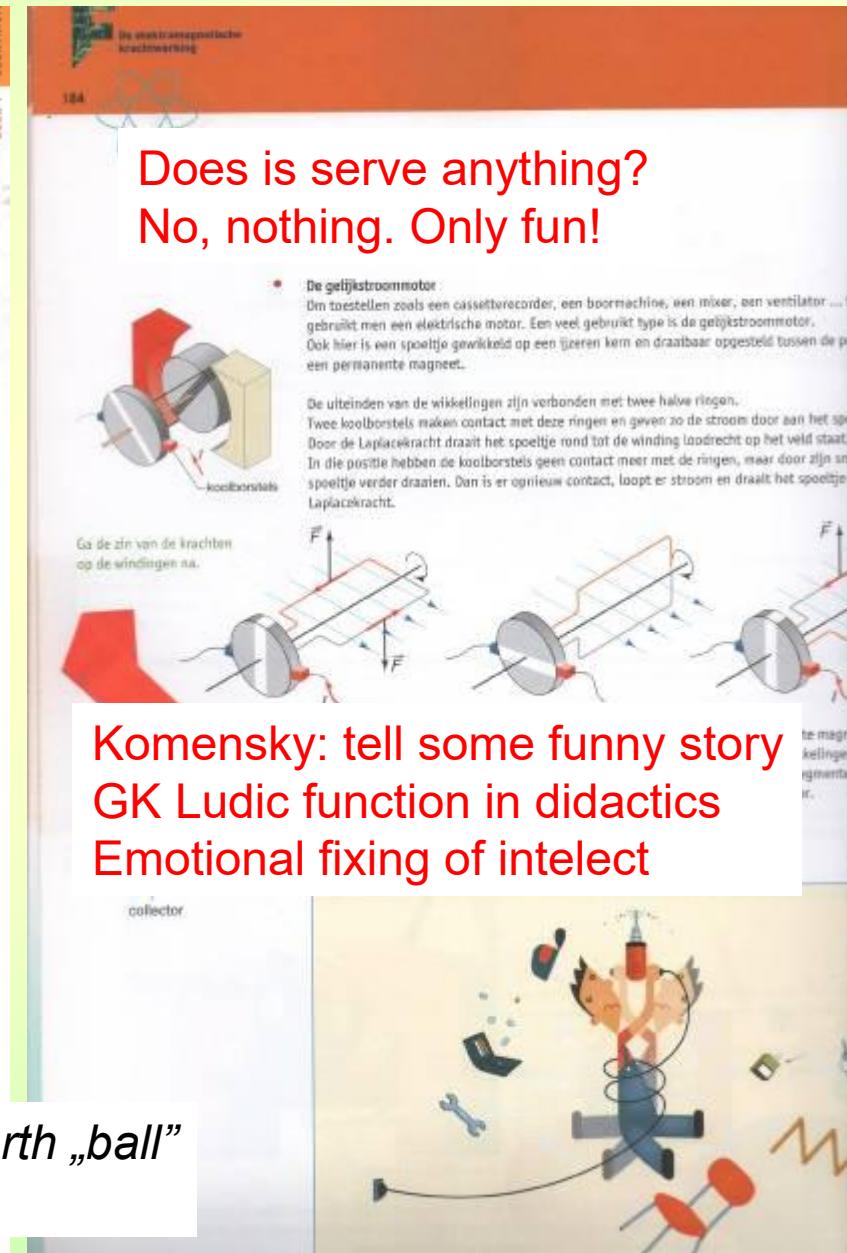
Als de hoge spanning van heeft het aanraken van de draad van een welfe grotendeels effect, omdat dat zeer pulsen zijn met een langzamen.



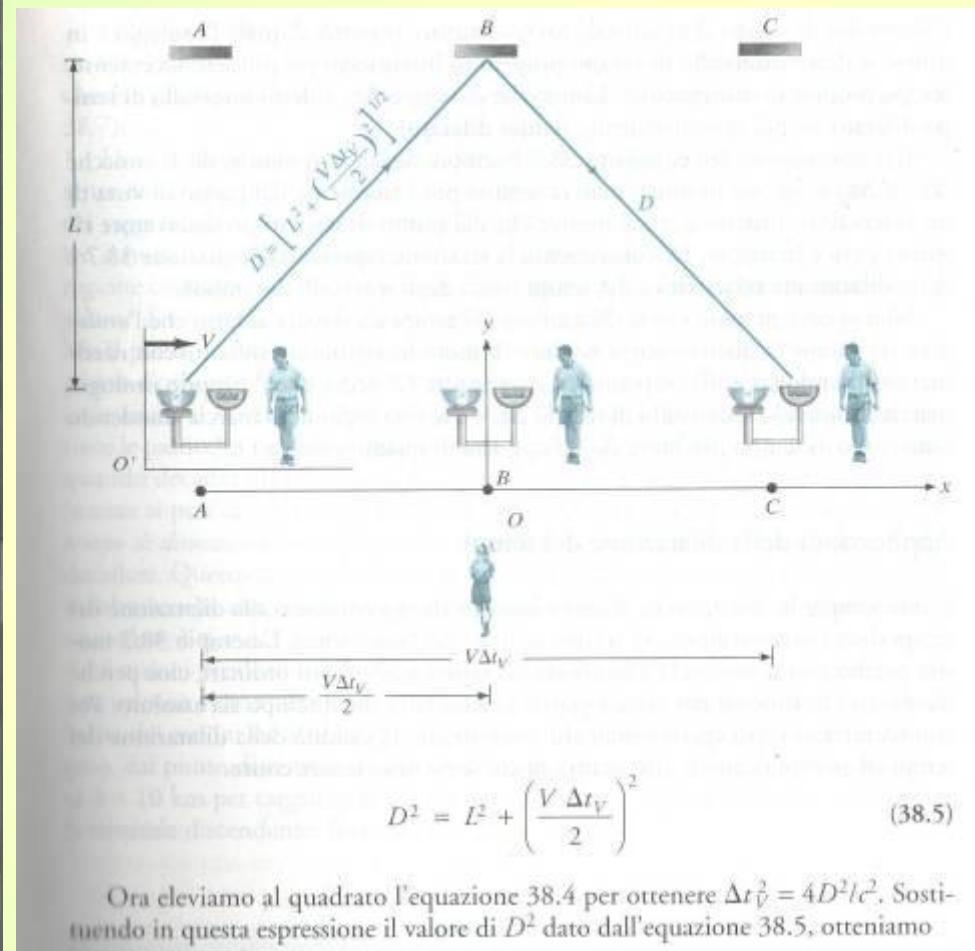
Interactive Physics (Belgium/ Holland)



GK, J, Chojnacka *What is the shape of Earth „ball”*
Geography in School, 2011; Foton 2011



Modern Physics



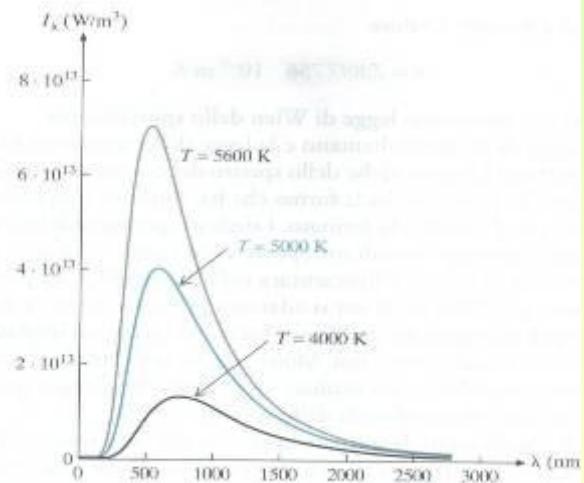
Ora eleviamo al quadrato l'equazione 38.4 per ottenere $\Delta t_V^2 = 4D^2/c^2$. Sostituendo in questa espressione il valore di D^2 dato dall'equazione 38.5, otteniamo

**Time dilatation: „drop an eye”
(in movement)**

Lawrence Lerner, *Physics for scientists and engineers*, Jones & Balrett, 1996

$$I = \sigma T^4$$

Stephan-Boltzmann
Experimental law



$$\lambda_{max} T = \epsilon$$

Wien law
(experimental)

Black body

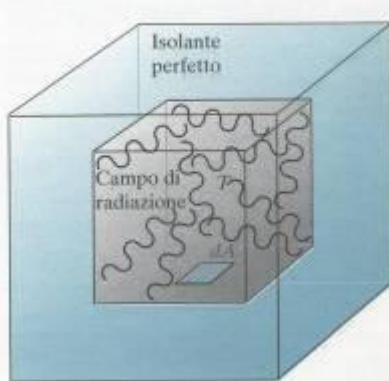
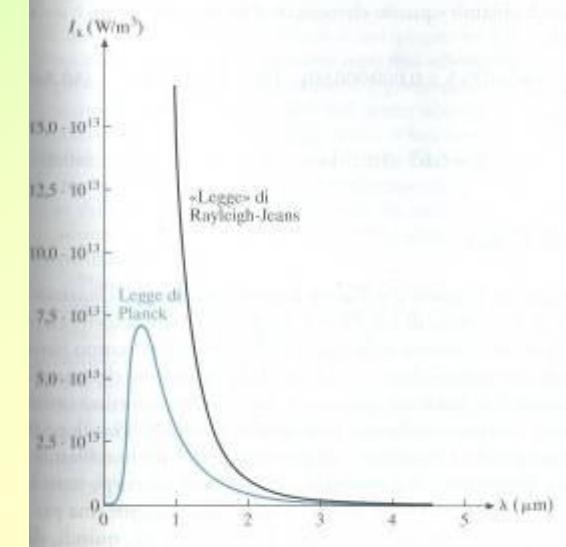
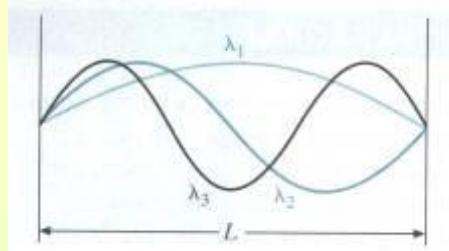


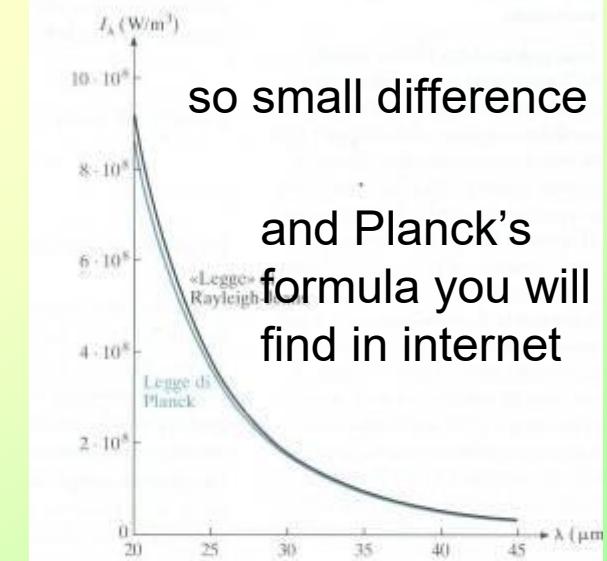
Figura 40.1 Un corpo nero ideale. Il recipiente in cui è stato fatto il vuoto è circondato da un isolante termico perfetto. Le pareti interne sono alla temperatura T . La cavità è piena di radiazione elettromagnetica di varie lunghezze d'onda. In condizione di equilibrio termico ogni quantità (intensità, densità di potere) è la stessa per tutti gli spettri. Per ciò l'intero corpo nero (campo di radiazione e pareti della cavità) è in equilibrio.

„resonant cavity“

Rayleigh-Jeans



Un'analisi particolareggiata conduce all'equazione 40.5, rappresentata nella figura 40.4.



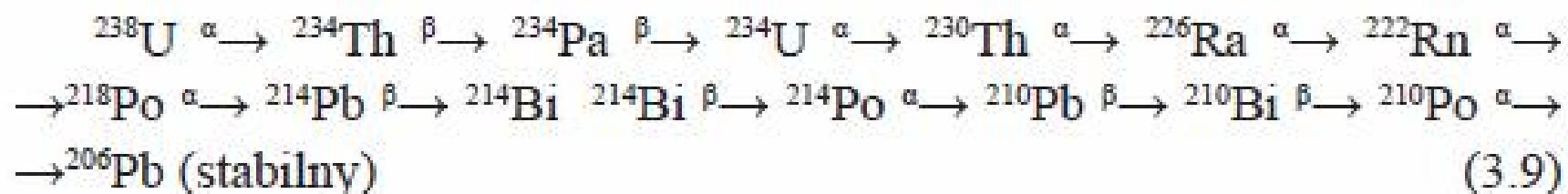
so small difference

and Planck's
formula you will
find in internet

esentata graficamente la legge di Rayleigh-Jeans (equazione 40.5). La parte (b) estende il confronto

Nuclear physics

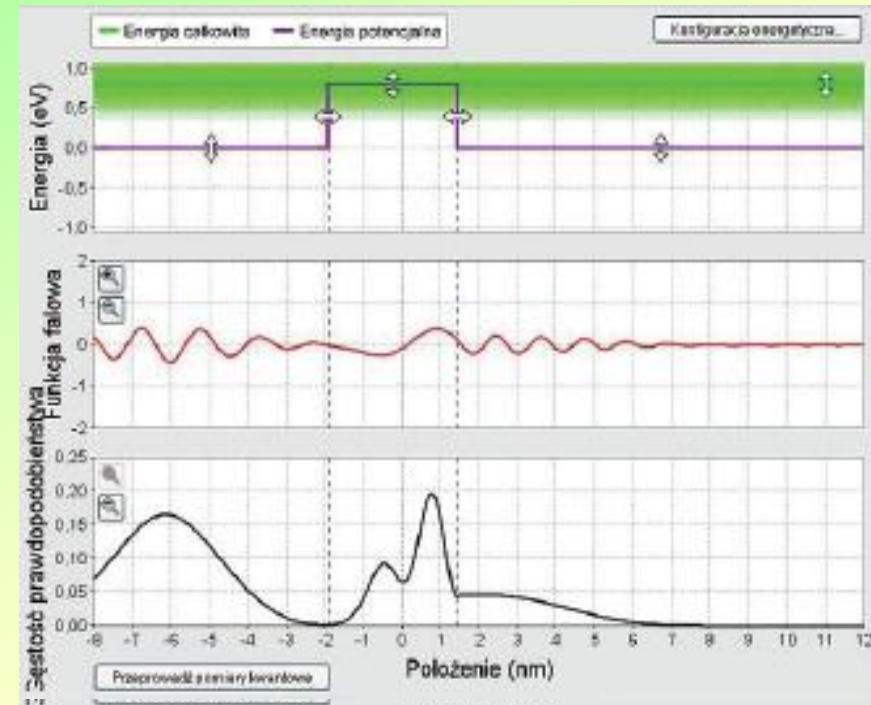
Problem: lifetimes of nuclides change from second to billion years. Why so much?



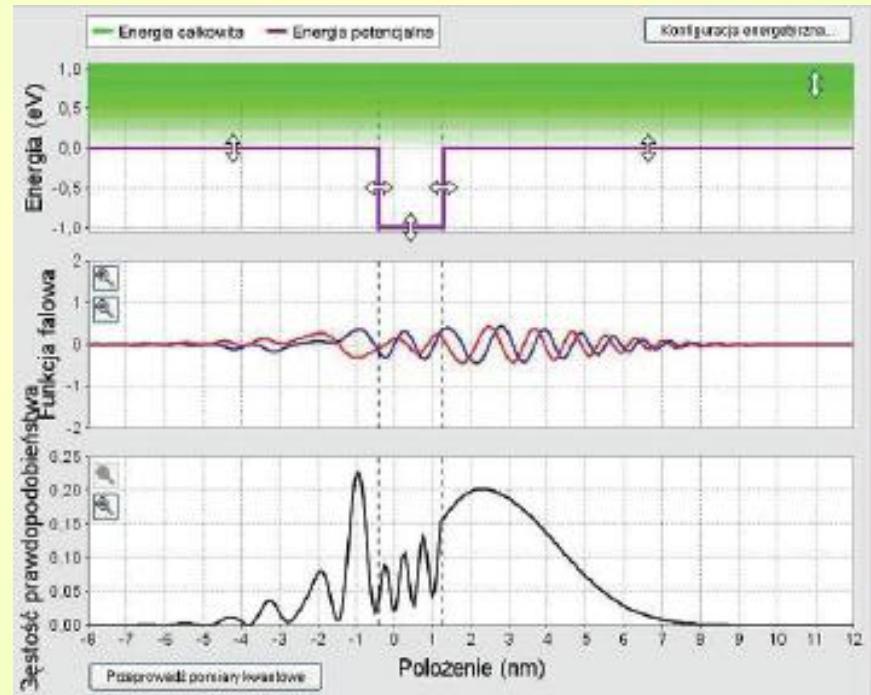
Czasy połowicznego rozpadu dla różnych izotopów mogą bardzo odbiegać od siebie: oprócz czasów „geologicznych”, jak wspomnianych ${}^{238}\text{U}$ i ${}^{40}\text{K}$, izotopy nawet tego samego pierwiastka chemicznego mogą mieć bardzo różne czasy połowicznego rozpadu¹⁶. Wymienione w cyklu rozpadu uranu, ryc. 3.6, produkty przejściowe mają odmienne czasy połowicznego rozpadu: rad ${}_{88}^{26}\text{Ra}$ – 1600 lat, gaz radon ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ – 3,8 dnia, polon ${}_{84}^{218}\text{Po}$ – 3 minuty, ołów ${}_{82}^{214}\text{Pb}$ – 27 minut (ten rozpada się przez proces β); bizmut ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ – 20 minut; w kolejnym rozpadzie β powstaje ponownie polon, ale inny izotop, ${}_{84}^{214}\text{Po}$, żyjący zaledwie 0,16 milisekundy itd. Spośród różnych izotopów nowego sztucznego pierwiastka o liczbie atomowej $Z = 112$ (czy-

because of Quantum Physics

α -decay is tunneling through a potential barrier

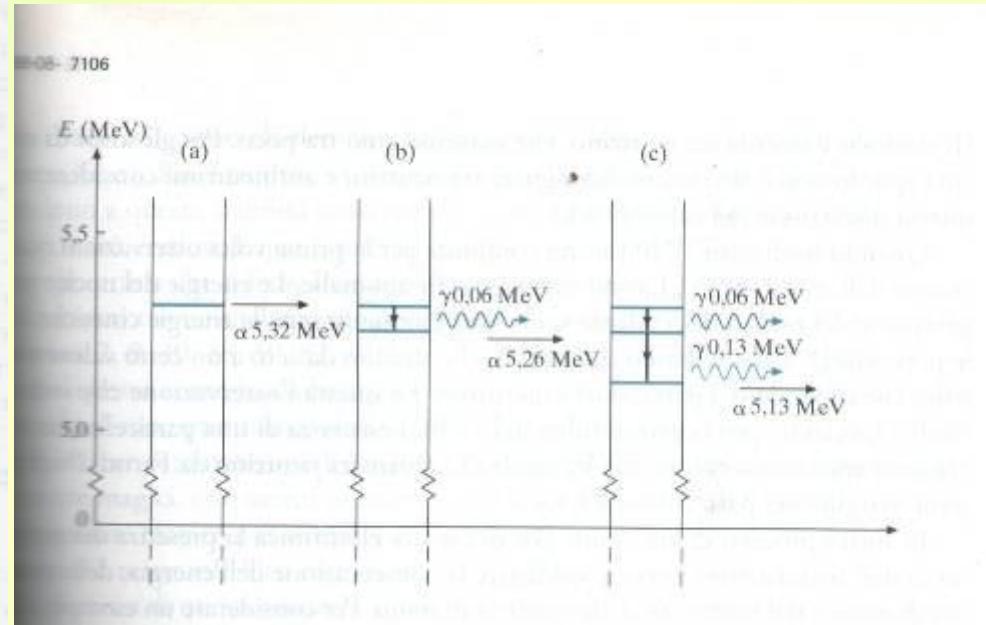
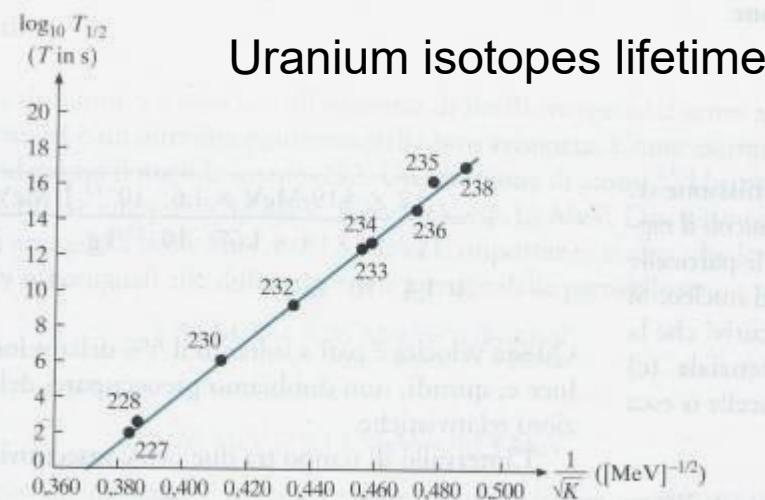
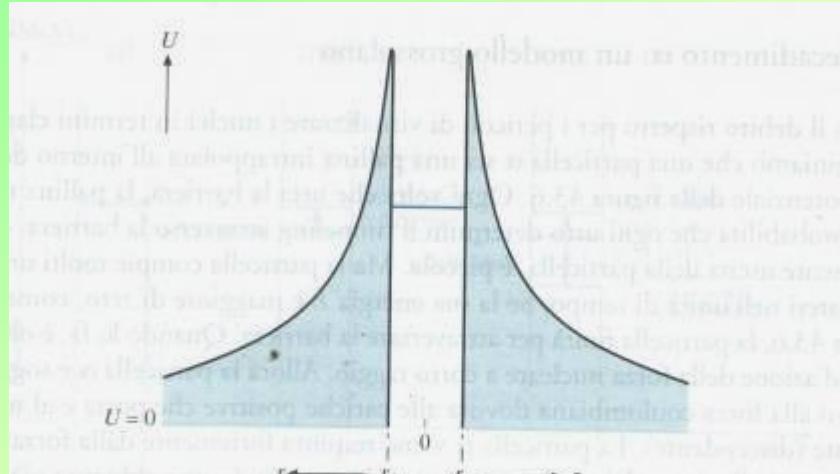


Probability of transmission depends very strongly on barrier's width



By the way, the wave does reflect also from a well
Model: phet.colorado.edu

Look into detail



Uranium ^{238}U decay modes
Note low energy of γ -rays

Also plutonium has low γ -energies
But is extremely (chemically) **poisonous**

We may check it in excellent book

- CRC Handbook of Physics and Chemistry:
a „Bibble” of the researcher

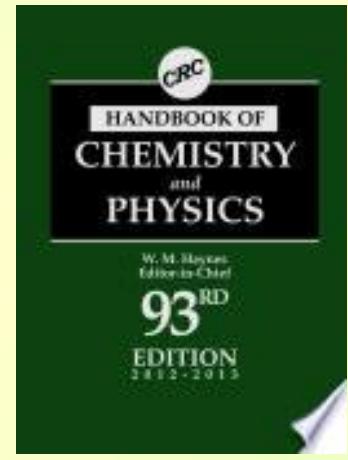


Table of the Isotopes

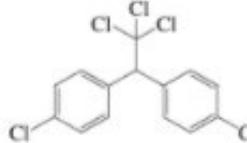
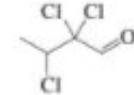
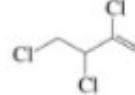
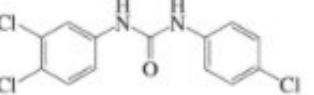
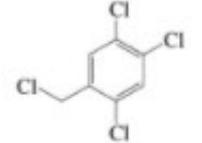
11-5

Elem. or Isot.	Natural Abundance (Atom %)	Atomic Mass or Weight	Half-life/ Resonance Width (MeV)	Decay Mode/ Energy (/MeV)	Particle Energy/ Intensity (MeV/%)	Nuclear Magnetic Mom. (nm)	Elect. Quadr. Mom. (b)	γ -Energy/ Intensity (MeV/%)
¹³ N		13.0057386	9.97 m	β^+ /2.2204	1.190/100.	$\frac{1}{2}^-$	0.3222	
¹⁴ N	99.636(20)	14.003074005			4.27 MeV	1+	+0.403761	+0.02044
¹⁵ N	0.364(20)	15.00010898				$\frac{1}{2}^-$	-0.283189	
¹⁶ N		16.006102	7.13 s	β^- /10.419	4.27/68.	2-		6.129/68.8
				1.2 bln yrs				
³⁹ K	93.2581(44)	38.9637067				3/2+	+0.39146	+0.049
⁴⁰ K	0.0117(1)	39.9639985	1.248×10^9 a	β^- /1.3111	1.312/89.	4-	-1.29810	-0.074
				β^+ , EC/1.505	1.50/10.7			ann.rad./1.4608/10.5
⁴¹ K	6.7302(44)	40.9618258				3/2+	+0.21487	+0.071
⁴² K		41.9624028	12.36 h	β^- /3.525	1.97/19.	2-	-1.1425	0.31260(2)/0.3
⁶³ Cu	69.15(15)	62.929598				3/2-	+2.2273	-0.211
⁶⁴ Cu		63.929764	12.701 h	β^- /38/0.579	0.578/	1+	-0.217	ann.rad./35.1
		β^+		β^+ /9/1.6751	0.65/			1.3459(3)/0.47

Excellent also in chemistry

Physical Constants of Organic Compounds

3-521

	10212	1,1,1-Trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane
	10213	2,2,3-Trichlorobutanal
	10214	2,3,4-Trichloro-1-butene
	10215	3,4,4'-Trichloro-4-carbanilide
	10216	1,2,4-Trichloro-5-(chloromethyl)benzene
	10217	Trichloro(chloromethyl)silane

Crystallographic Data on Minerals

4-147

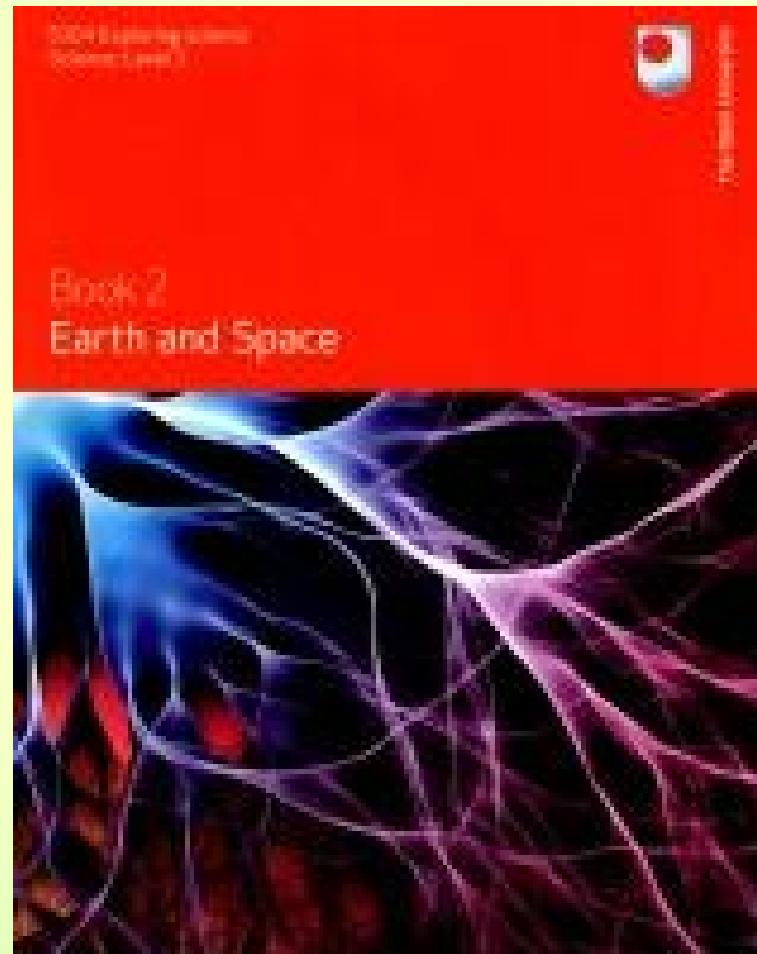
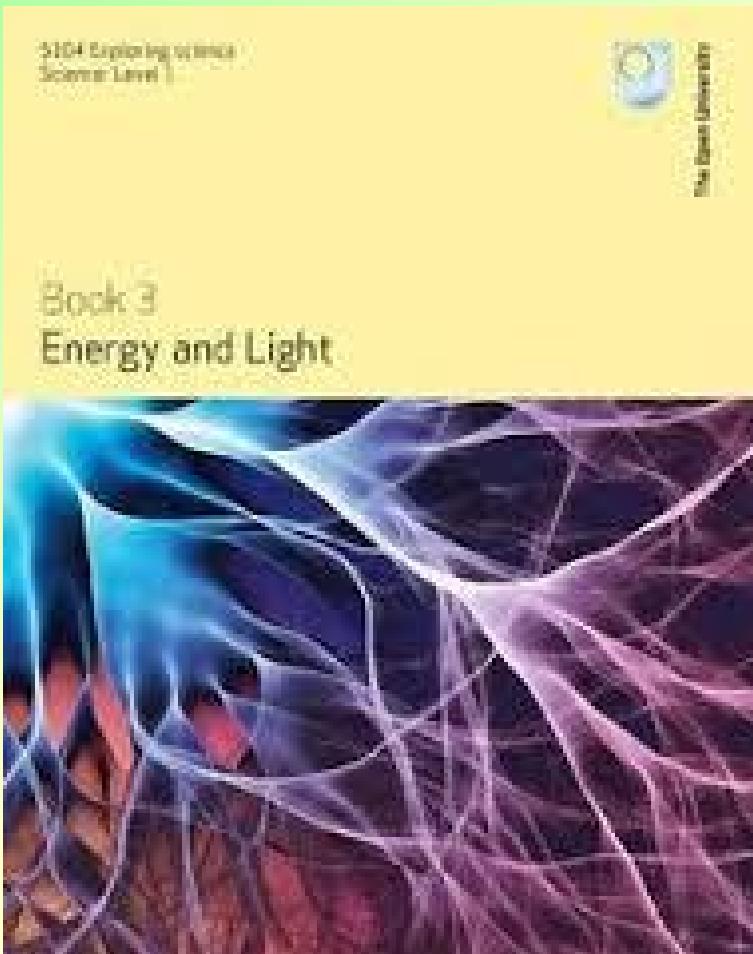
Name	Formula	Crystal system	Structure type	Z	a/Å	b/Å	c/Å	α	β	γ
Datolite	CaBSiO ₄ (OH)	monocl		4	9.62	7.60	4.84		90.15°	
Daubreeite	FeCr ₂ S ₄	cubic	spinel	8	9.966					
Diamond	C	cubic	diamond	8	3.5670					
Diaspore	AlO(OH)	orth		4	4.401	9.421	2.845			

5-88

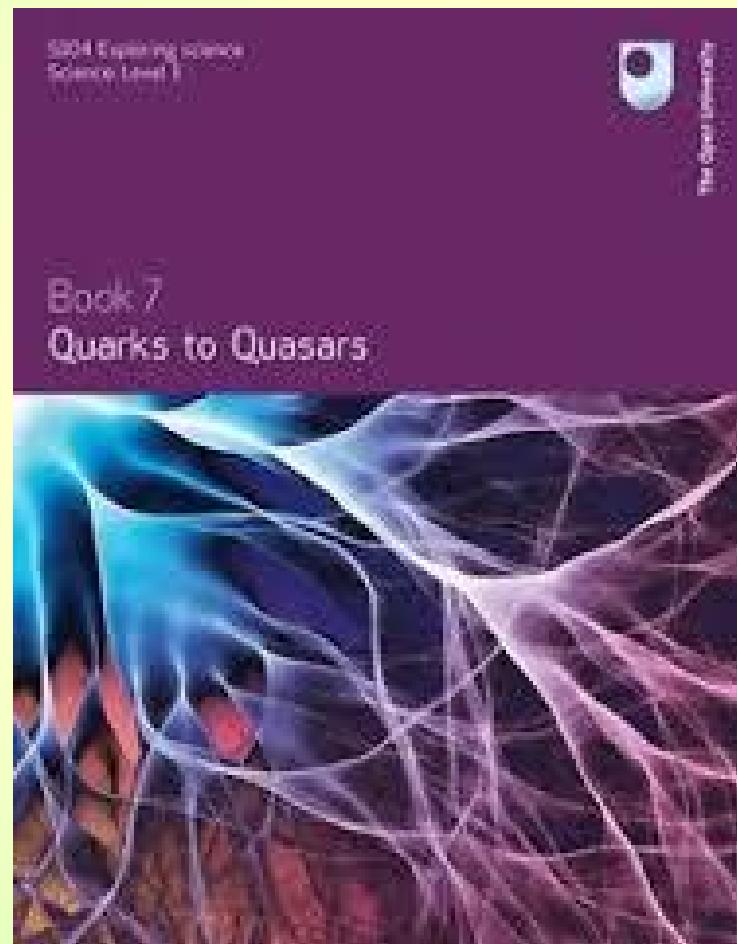
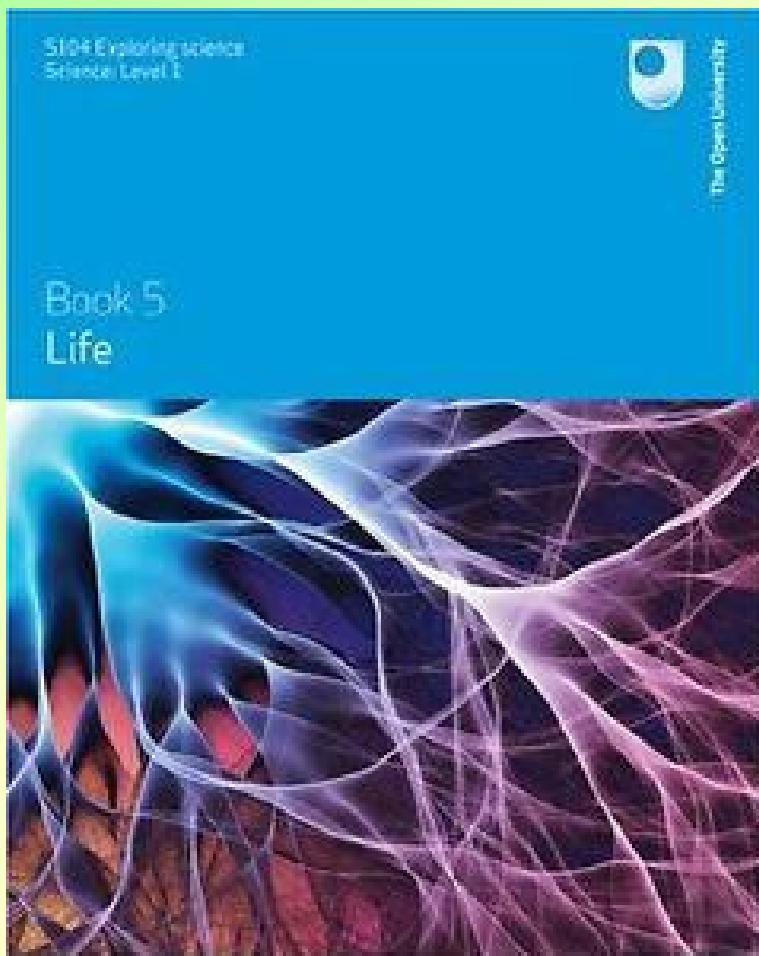
Electrochemical Series

Reaction	E°/V	Reaction	E°/V
Ni ²⁺ + 2 e ⇌ Ni	-0.257	NbO ₂ + 4 H ⁺ + 4 e ⇌ Nb + 2 H ₂ O	-0.690
PbCl ₂ + 2 e ⇌ Pb + 2 Cl ⁻	-0.2675	Ag ₂ S + 2 e ⇌ 2 Ag + S ²⁻	-0.691
H ₃ PO ₄ + 2 H ⁺ + 2 e ⇌ H ₃ PO ₃ + H ₂ O	-0.276	AsO ₄ ³⁻ + 2 H ₂ O + 2 e ⇌ AsO ₃ ⁻ + 4 OH ⁻	-0.71
Co ²⁺ + 2 e ⇌ Co	-0.28	Ni(OH) ₂ + 2 e ⇌ Ni + 2 OH ⁻	-0.72

Open University: Introducing Science



Open University: Introducing Science



Reference to social sensitivity



Figure 2.1 Cuttings from newspaper stories focusing on some of the more extreme consequences of warming.

Part I Climate changes

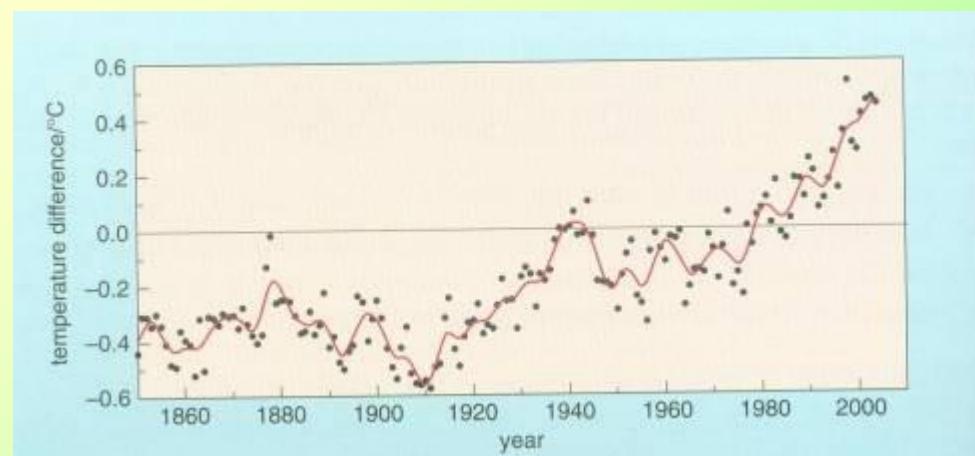
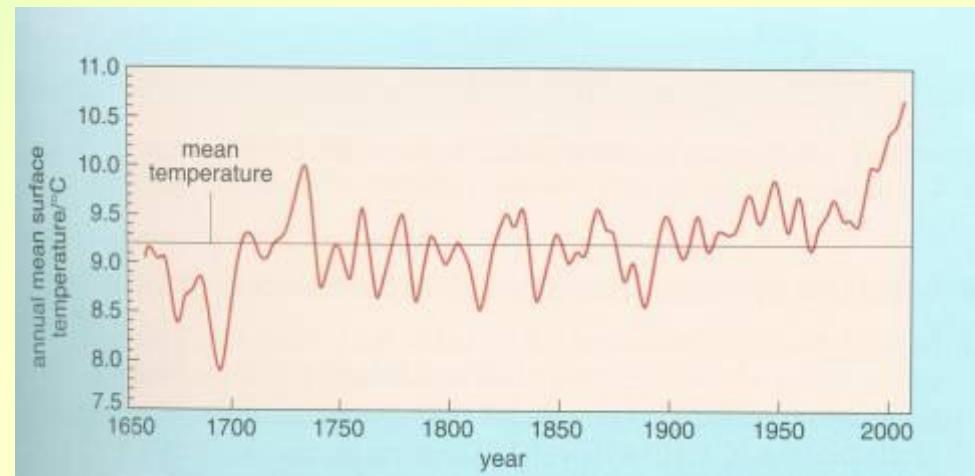
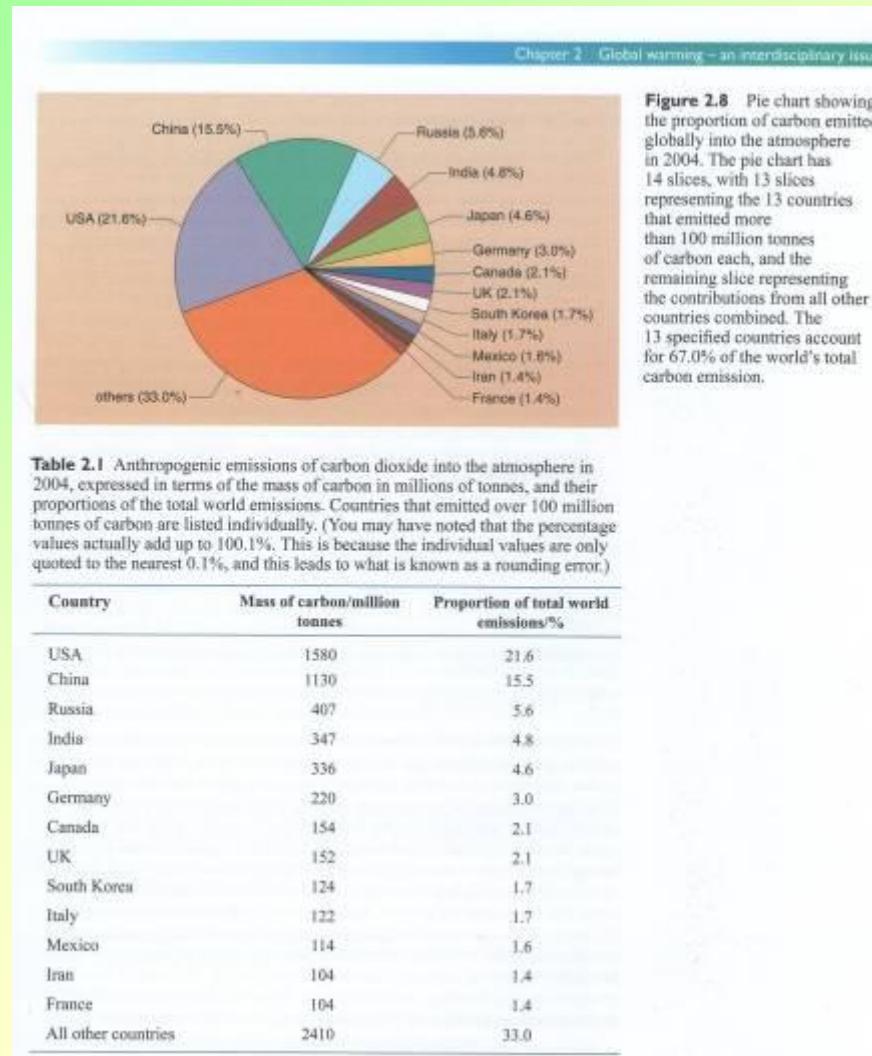


Figure 2.2 Photograph showing considerable damage to houses caused by a tornado in an area of the UK's second largest city, Birmingham, in July 2005.



Figure 2.3 If you wait long enough, you too could roll five sixes (although, admittedly it may take a while – on average you will get five sixes every 8000 or so rolls). So, the unlikely event does occasionally happen.

Tranversal competences



„walking“ average

Requiring only what was taught

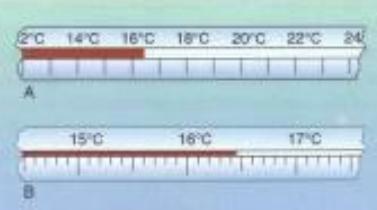
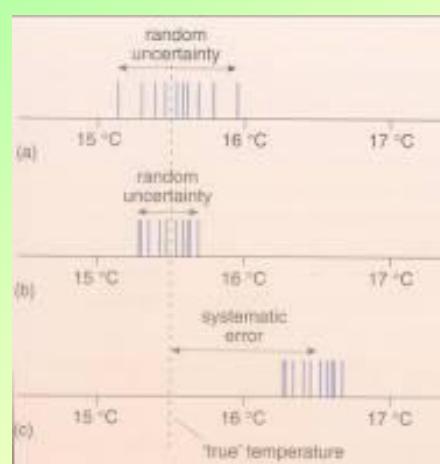
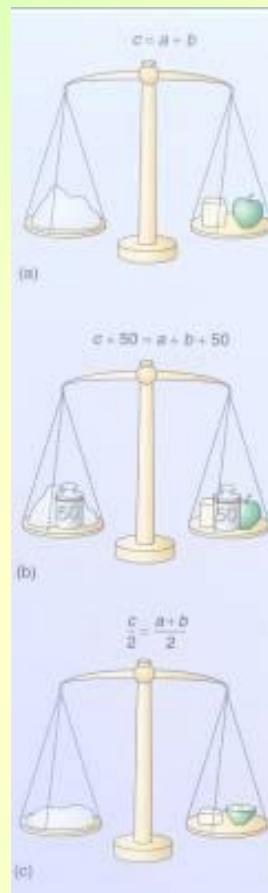


Figure 3.2 Two thermometers, A and B, measuring the air temperature in the same place. Thermometer A has scale divisions of 1 °C whereas thermometer B has scale divisions of 0.1 °C.



Systematic error

How to make evaluation



- To how many significant figures are each of the following measurements given: (a) 6.4×10^2 m; (b) 5.405×10^2 m; (c) $5.405\ 00 \times 10^2$ m?
- (a) Two significant figures; (b) four significant figures; (c) six significant figures.

Box 3.2 Scientific notation and its use with a calculator

Scientific notation is a useful way of writing numbers, particularly very large or very small numbers. Scientific notation relies on the fact that *any* value can be rewritten as a number that is *equal to or greater than 1 but less than 10*, multiplied by a simple power of ten. Take, for example, a number such as 123. In scientific notation this becomes 1.23×10^2 . Similarly, 12 345 in scientific notation becomes 1.2345×10^4 . In these two examples, the powers of ten are 10^2 (i.e. 100) and 10^4 (i.e. 10 000). When converting values that are less than one into scientific notation, the power of ten becomes negative. For example, 0.000 123 45 is 1.2345×10^{-4} in scientific notation. This is because 0.000 123 45 is equal to 1.2345×0.0001 and

$$0.0001 = \frac{1}{10\ 000} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4}$$

Note that 1 and 10 can also be written as powers of ten. You know that 100 is 10^2 and 0.1 is 10^{-1} ; perhaps you can see that the 'in between' powers of ten are thus: $10 = 10^1$ and $1 = 10^0$. So, in scientific notation, 12.3 is 1.23×10^1 and 1.23 is 1.23×10^0 . Note that any number written using a power of ten could be referred to as being in 'powers of ten' notation. Hence, 23.4×10^4 is in powers of ten

notation; however, it is only when written as 2.34×10^5 that it would be in proper scientific notation.

You should ensure that you can type numbers in scientific notation into your calculator correctly. For example, you should know the difference in entering, say, -6.78×10^6 as opposed to 6.78×10^{-6} (or indeed, -6.78×10^6). Also, do not fall into the trap of entering a simple power of ten, such as 10^4 , as 10×10^4 (which is actually 10^5). This is avoided if you remember that 10^4 is actually 1×10^4 in scientific notation. Finally, take care not to enter (or write), say, 3.46×10^4 as 3.46^4 .

Ensure you are comfortable with entering scientific notation and powers of ten into your calculator by checking you get the following answers to these multiplications and divisions.

$$2.45 \times 10^5 \times 3.2 \times 10^7 = 7.84 \times 10^{12}$$

$$3 \times 10^8 \times 6.6 \times 10^{-34} = 1.98 \times 10^{-25}$$

$$6.666 \times 10^{-34} + 2.222 \times 10^0 = 3 \times 10^{-34}$$

$$-2.1 \times 10^4 \times 2.1 \times 10^{-4} = -4.41 \text{ (i.e. } -4.41 \times 10^0)$$

$$10^6 \times 10^6 = 10^{12} \text{ (i.e. } 1 \times 10^{12})$$

$$10^8 + 10^{-34} = 10^{42} \text{ (i.e. } 1 \times 10^{42})$$

$$10^4 \times 3.14 = 31\ 400 \text{ or } 3.14 \times 10^4$$

Scientific notation

Illustrative, step-by-step, resolving doubts

9.1.2 Amplitude

So much for the periodicity of waves; what of the assertion that they transport energy from one place to another? Again, waves on the sea provide a convenient example. Waves may be generated far out to sea by winds, where energy is imparted to the wave and transported by it until the wave finally breaks on the shore, and the energy is released.

- What is the evidence for this release of energy when a wave breaks on the seashore?
- When the wave breaks, kinetic energy is imparted to pebbles and other debris, causing them to move. Also, the sound of the crash is heard, which is further evidence for the release of energy.

How does the energy transported by a wave on the sea depend on the properties of the wave? Again your experience probably tells you that, if the vertical distance between the trough and crest of a wave is greater (that is, if the waves are 'higher'), more energy is released as they crash onto the shore. As you will see at the beginning of the *Making Waves* video sequence, the waves on the sea during a storm tend to be very high. Storms can result in a great deal of damage to breakwaters and sea defences; clearly, higher waves carry more energy. The **amplitude** of a wave is conventionally defined as half the trough-to-crest height, or (equivalently) the maximum deviation of the wave from its mean position. Therefore, the amplitude of a wave is a measure of how much energy it carries. It turns out that the energy carried by a wave is actually proportional to the *square* of its amplitude, which explains why big breakers are so powerful.

The meanings of the wavelength and amplitude of a wave are summarised in Figure 9.2:



Figure 9.2 Wavelength and amplitude of a water wave.

The preceding discussion of waves in terms of natural water waves on the sea was rather qualitative. The problem is that waves on the sea are uncontrollable; they are not generally well behaved and regular, they are not strictly periodic, and one wave crest breaking on a beach is often quite different in nature to that immediately preceding or following it – just ask a surfer! This makes them difficult to study and therefore waves on the sea are not an ideal subject.

9.1.3 Frequency and wave speed

As you saw in the *Making Waves* video sequence, a wave may be characterised by its amplitude A , its wavelength λ , its frequency f (or period $T = \frac{1}{f}$), and its propagation speed v . The units of frequency can be thought of as 'cycles per second' or simply s^{-1} , and an equivalent unit is the **hertz** (symbol Hz), where $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$. (Remember that λ is the Greek letter lambda – wavelengths are always represented by this symbol.)

As you discovered in Activity 9.1 Task 1, a wave may be represented graphically either by its profile in space at a particular instant of time, or by its variation with time at a particular point in space. Examples of these two representations are shown in Figure 9.5. The speed of a wave v is related to its frequency and wavelength by the equation:

$$v = f\lambda$$

With λ in the SI units of metres and f in the SI units of hertz (or s^{-1}), the speed of the wave is expressed in the SI units of m s^{-1} . The speed of light (and electromagnetic radiation) in a vacuum is given the special symbol c and is $2.997\ 924\ 58 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. If light is travelling through a material such as glass, it travels at a slower speed.



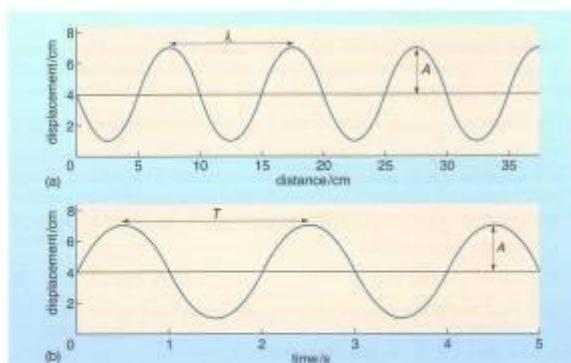
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/sprezyny.jpg>

Book 1, Box 3.1 for advice on rounding).

So for light, or any other electromagnetic radiation, Equation 9.1 can be written as:

$$c = f\lambda$$

Figure 9.5 The space and time representations of a wave. In each case, the horizontal line at 4 cm represents the mean displacement of the wave. (a) A graph showing a wave profile at a fixed instant of time, illustrating how the displacement varies with position. The distance between two adjacent positions where the profile has the same displacement, and where the displacement is changing in the same way, is equal to the wavelength λ . (b) A graph showing how the displacement at a fixed point in space varies with time. The interval between two successive times when the displacement is the same, and when the displacement is changing in the same way, is equal to the period T .

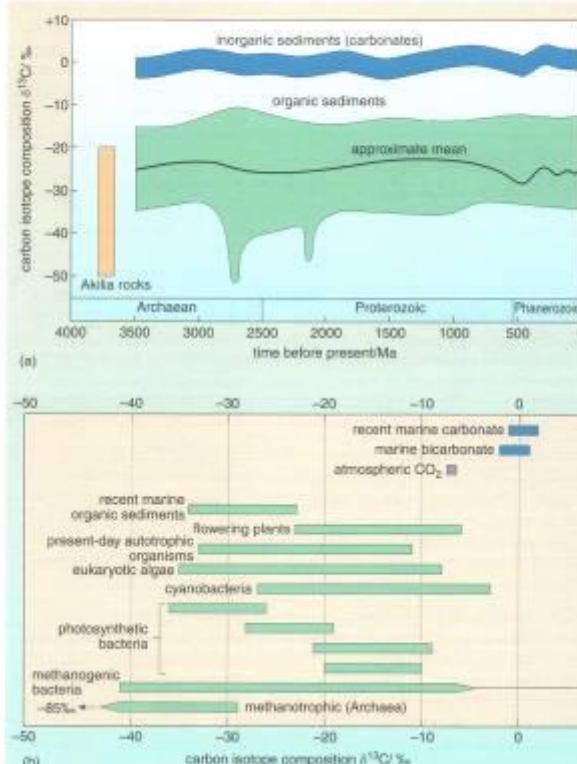


Energy and Light

Inter-disciplinary, involving

Book 8 Life in the Universe

Figure 2.2 (a) Variations in carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$) in organic carbon sediments (lighter shading in pale green) and inorganic carbonate sediments (darker shading in blue) over 3800 Ma of the Earth's history. The height of the bands indicate the ranges of the measured values, and the line within the green band is the mean value. Most of the data are from the 1988 paper by Schidlowski. The paler-coloured box at the far left of the diagram are data for graphite from the Akilia rocks taken from the paper by Mojzsis et al. (1996). (b) Carbon isotopic composition of various types of living autotrophs that fix CO_2 and of recent marine organic and inorganic sediments.



paleontology

- What inference can you draw from the discrepancy between the findings of the original scientists and those of the second team working on the same samples 10 years later?
- That advances in instruments and techniques can completely overturn apparently sound scientific conclusions, and so great care must be taken when analysing tiny amounts of material.

If carbon isotope data from rocks around 3800 Ma old is no longer evidence for the earliest appearance of life on Earth, what should we be looking for? Perhaps fossilised microorganisms rather than their chemical traces might be

In the first part of the extract, Zahnle considers the composition of the atmosphere immediately following formation of the Moon. In the final part of the extract, he looks at how the presence of an ocean of liquid water would influence the atmosphere. The details of this are not important for the purposes of this book, but are interesting given current concerns about global warming and the greenhouse effect.

The period of time that the author covers takes us up to about 3600 Ma ago, just before we have evidence for life on Earth. The period known as the late heavy bombardment is one of the final events of the Hadean era.

After reading the article, carry out the tasks below which give you practice at extracting information. Have a quick look at the tasks now so that you can make notes as you read.

Task 1

Describe the probable composition of the Earth's earliest atmosphere after the Moon formed.

Task 2

Use Figure 2.7 to describe how the temperature of the Earth's surface changed through the Hadean era.

You should now read Article 3, consider your responses to the two tasks and then compare your answers with those in the comments on this activity at the end of this book.

climatology

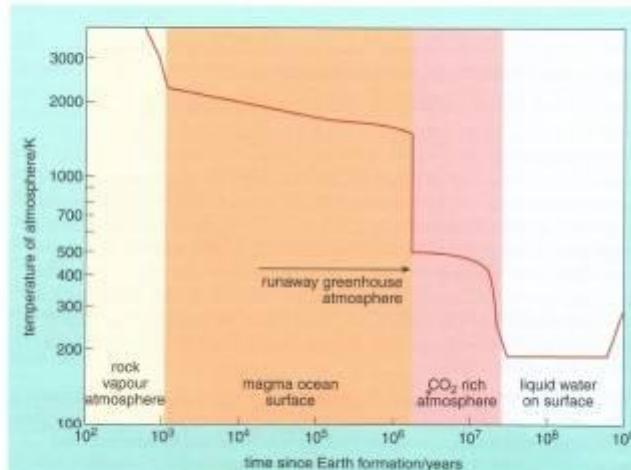


Figure 2.7 The figure is adapted from Figure 3 of Zahnle (2006), and shows how the Earth's surface temperature was thought to vary during the Hadean, from just after the Moon-forming impact up until the Late Heavy Bombardment. Note that both axes are logarithmic scales.

Exotic, visible real pre-life

Activity 2.1 (continued) Earth's timeline

We expect this activity will take you approximately 5 minutes.

You can now add two more dates to the timeline in Figure 2.1: the ages of 3850 Ma (for possible chemical trace fossils in the Akilia rocks) and 3500 Ma (for biological tracers in the Apex Chert). Like the date for the first presence of water on Earth, the ages of the chemical and biological tracers are uncertain and subject to much argument, and so should be added in your second colour or text style.

sandstone?
Glued with?

There are, however, other features present in ancient rocks that can indicate the presence of biological matter. The first is the occurrence of stromatolites. These are finely layered rocks (Figure 2.4) produced in shallow marine environments by the trapping of sediments by colonies of cyanobacterial cells, forming microbial mats (Book 6 Section 3.1).



Figure 2.4 Modern stromatolites in Shark Bay, Western Australia. The flat, rounded mounds are up to about 1m across, and around 30 cm high.

stromatolites Western Australia

The oldest stromatolites (around 3300 to 3400 Ma) have been found in at least two locations – Strelley Pool in Western Australia, and the other in South Africa (Apex Chert). Great care must be taken in interpreting features as cause, as for the features in the slightly older Apex Chert, there are instances where characteristics initially interpreted as being of biological origin were subsequently reinterpreted as being of non-biological origin. Once convinced about the biological origin of a feature, it is clear that relying solely on shape is not enough. The geological environment must also be considered, i.e. were the rocks originally igneous or sedimentary? In the case of Strelley Pool and Buck Reef, the host rocks seem clearly to have been sedimentary, laid down in shallow seas, and thus appropriate for the formation of stromatolites. So it looks as if the first traces of life on Earth occurred at least around 3400 Ma ago.

18 This series is available at IF UMK library

bottom water, there is an instant chemical reaction and sulfides precipitate out from the water, colouring it black. The sulfides build up rapidly to form 'chimneys' reaching heights of several tens of metres.

Discovery of the vents revealed that, despite the depth and darkness, parts of the ocean floor are home to an unusual collection of animals such as clams, mussels and tubeworms (Figure 2.8b), feeding on the Bacteria and Archaea that flourish in these very hot conditions.

The discovery of a successful ecosystem based on chemical energy rather than photosynthesis has raised the possibility that life may not have arisen in surface waters, as original theories suggested. Discovering communities entirely supported by chemotrophs has given the impetus to the search for life in other deep oceans, especially on Jupiter's satellite, Europa, where a liquid water ocean is thought to occur below the visible crust of ice (Section 3.2.3).



(a)



(b)

Figure 2.8 Hydrothermal vents on the ocean floor. (a) Three 'chimneys' or black smokers; (b) vent fauna that live around the chimneys include tubeworms, clams and mussels.

2.5.3 An extraterrestrial origin for life?

An alternative view to chemical evolution is that of **panspermia**, in which life had

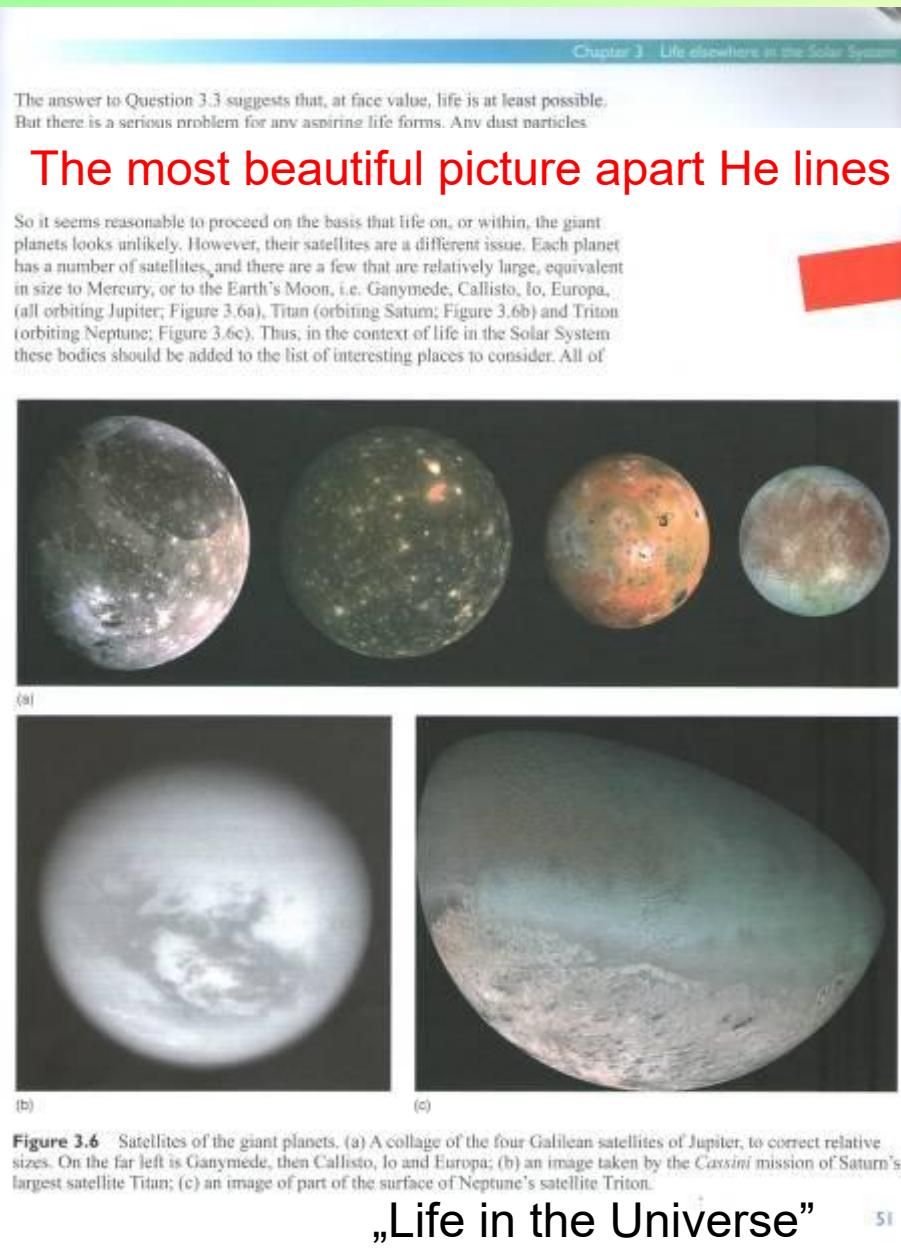
volcanic chimneys = lab of evolution

The astronomer Sir Fred Hoyle (1911–2001) resolutely maintained that an extraterrestrial origin for life must be the case because it was just too unlikely that chemical evolution could have led to life on Earth in the time available.

See also: Nick Lane, *Life ascending*

It increases the time available. In Activity 2.2, you read that there had been a claim that traces of life had been found in rocks around 3850 Ma old. Given that Earth formed 4600 Ma ago, that only left 750 Ma years to progress from a molten Earth to an inhabited Earth (even though by bacteria). It is now thought that the first indisputable traces of life are in rocks 3400 Ma old, a period of 1200 Ma since the formation of the Earth.

and now we move to astronomy



„Life in the Universe“

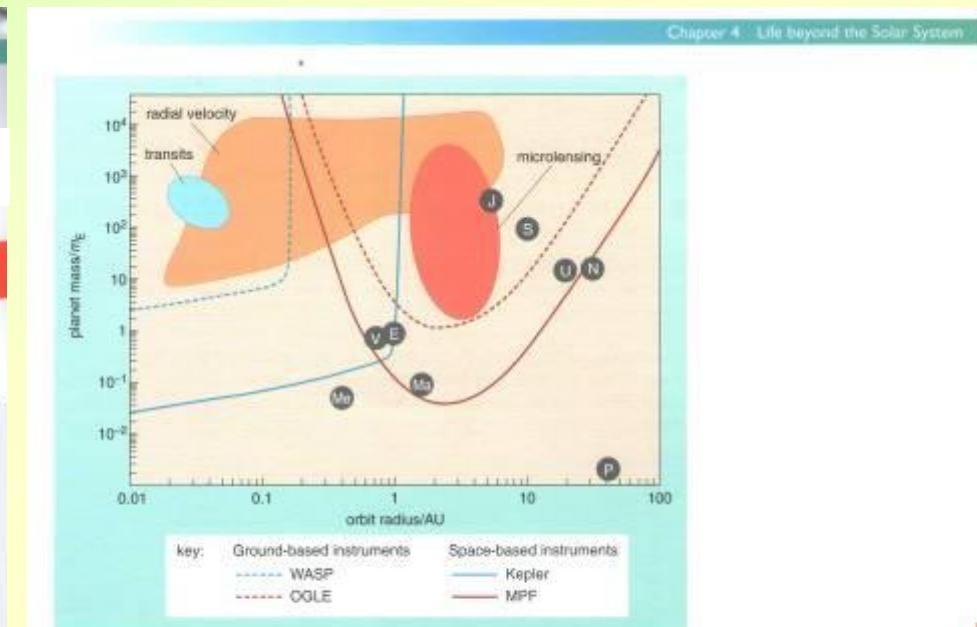


Figure 4.9 A plot to show the detection limits of planet size and orbit for different observation techniques. Radial velocity observations fall in the orange area, those from transit techniques in the blue area and gravitational microlensing in the red area. The solid and dashed lines define the regions on the figure within which planets are detectable by the specified instruments. Kepler is a NASA space telescope launched in 2009. Abbreviations: OGLE – Optical Gravitational Lensing Experiment (uses a ground-based telescope in Chile, described in Section 4.1.5); MPF – Microlensing Planet Finder (a proposed NASA space telescope under consideration); WASP – Wide Angle Search for Planets (uses two robotic ground-based telescopes, described in Section 4.1.4). The grey dots show where our Solar System objects would lie on this diagram. The plot is adapted from Figure 2 in Dominik et al. (2006).

Task 1

Why are the space-based instruments (solid) lines lower than the ground-based instruments (dashed) lines?

Task 2

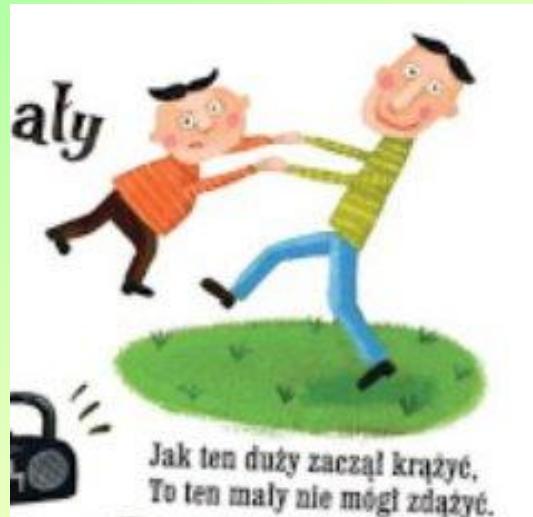
(a) Which of the different techniques can detect the planet furthest away from its star? (b) Why is this? (c) Which technique will detect the smallest planet?

Now look at the comments on this activity at the end of this book.

Many methods to search exo-planets

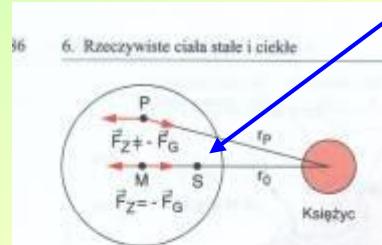
Demtröder: „Experimental Physics”

Why high tides occur on the „other” side of Earth?



These are both Earth and Moon that rotate, every 28 days, around the common center of mass (that is 1700 km below Earth surface

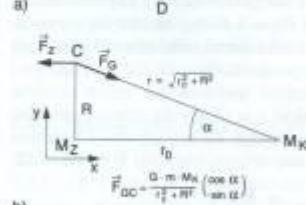
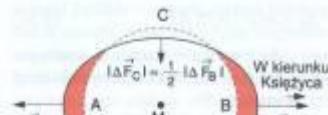
<https://opencaching.pl/viewcache.php?cacheid=47297>



Rys. 6.52. Tylko dla punktu M środka Ziemi siła grawitacji F_G przyciągania Księżyca i siła odśrodkowa F_Z rotacji Księżyca-Ziemi wokół S są równe co do wartości, ale przeciwnie skierowane

tak, że wypadkowa tych sił jest odchyleniem od równowagi $\Delta F = F_G + F_Z = F_G(r_A) - F_G(r_0)$ lub $F_G(r_0) - F_G(r_0)$, która skierowana jest w kierunku leżącym na prostej łączącej Ziemię i Księżyce o wielkości dającej się wyznaczyć z (6.52) i (6.53), co przy $r_0 \gg R$ oraz $(1 + R/r_0)^{-2} \approx 1 - 2R/r_0$ daje:

$$\begin{aligned} \Delta F(r_A) &= -G \cdot \frac{m \cdot M_K}{r_0^2} \cdot \left(\frac{1}{(1 + R/r_0)^2} - 1 \right) \hat{r}_0 \\ &\approx G \cdot \frac{2m \cdot M_K}{r_0^3} \cdot R \cdot \hat{r}_0 \\ &= 2F_G(r_0) \cdot \frac{R}{r_0}. \end{aligned} \quad (6.54)$$



Rys. 6.53. Odkształcenie Ziemi przez pływy (przedstawione z wielką przesadą). Strzałki odzwierciedlają kierunki i wartości liczbowe sił wywołanych pływami

Center of revolution Moon-Earth
 $d = \frac{3}{4} R$

Zarówno $\Delta F(r_A)$, jak i $\Delta F(r_0)$ są skierowane wzdłuż promienia Ziemi na zewnątrz, prowadzą więc do wypukłej deformacji powierzchni Ziemi, jak to przesadnie przedstawiono na rys. 6.53.

Dla masy m leżącej w punkcie C lub D działająca siła grawitacji Księżyca skierowana jest od C do D w kierunku wektora jednostkowego \hat{r} punktu środka Księżyca M_K (rys. 6.53b). Otrzymamy:

$$\begin{aligned} F_G(r_C) &= -G \frac{m \cdot M_K}{r_0^2 + R^2} \hat{r} = (F_x, F_y) = \\ &= F_G(r_0) \frac{r_0^2}{r_0^2 + R^2} \left(\cos \alpha, -\sin \alpha \right). \end{aligned} \quad (6.55)$$

Siła odśrodkowa skierowana jest jednak dla wszystkich punktów Ziemi w kierunku r_0 i ma wartość $F_Z = -F_G(r_0)$, a ze względu na to, że $\cos \alpha = r_0 / \sqrt{r_0^2 + R^2}$ i $\sin \alpha = -R / \sqrt{r_0^2 + R^2}$, siła wypadkowa:

$$\begin{aligned} \Delta F(r_C) &= F_Z + F_G = F_G(r_0) \left(\frac{\frac{r_0^2}{r_0^2 + R^2} - 1}{-\frac{r_0^2 R}{(r_0^2 + R^2)^{1/2}}} \right) \\ &\approx F_G(r_0) \frac{R}{r_0} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{R}{r_0} \right) - 1 \right) \end{aligned} \quad (6.56)$$

będzie różna od zera i ze względu na $R \ll r_0$ w istocie skierowana w kierunku $-y$, a więc wzdłuż promienia do wewnętrz i dlatego zmniejsza zakrzywienie powierzchni Ziemi (rys. 6.53b). Jej wartość liczbowa to:

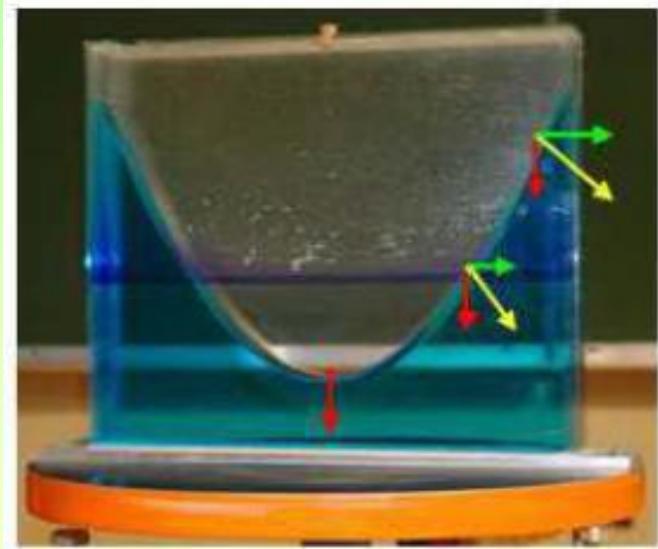
$$\begin{aligned} \Delta F(r_C) &= |F_G(r_C) - F_G(r_0)| \approx G \frac{m \cdot M_K}{r_0^3} R = \\ &= F_G(r_0) \cdot \frac{R}{r_0} = \frac{1}{2} \Delta F(r_A) \end{aligned} \quad (6.57)$$

jest dwa razy mniejsza od wartości w punktach A i B. Dla wszystkich innych punktów na powierzchni Ziemi wypadkowe siły ΔF mają zarówno składową radialną, jak i styczną. Składowa styczna prowadzi np. do przyspieszenia wód morskich z punktów C i D do A i B. Linia graniczna między obu kierunkami przebiega na rys. 6.53 nieco na lewo od linii C-D, mianowicie tam, gdzie składowa x siły F_G jest równa

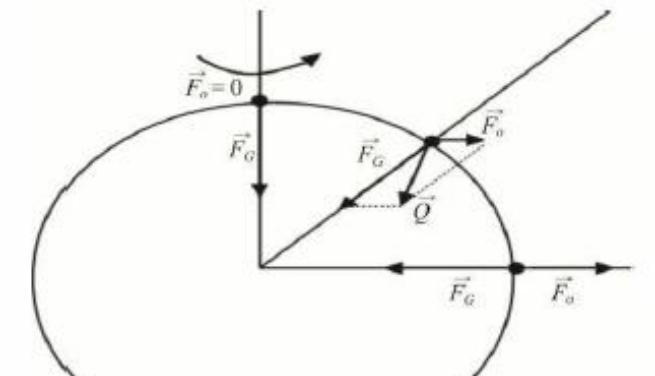
$$F_{Gx} = +\frac{3}{2} F_G(r_0) (R/r_0). \quad (6.58)$$

Earth's shape and ocean tides

Kopernik: „why water stays on (spherical) Earth?



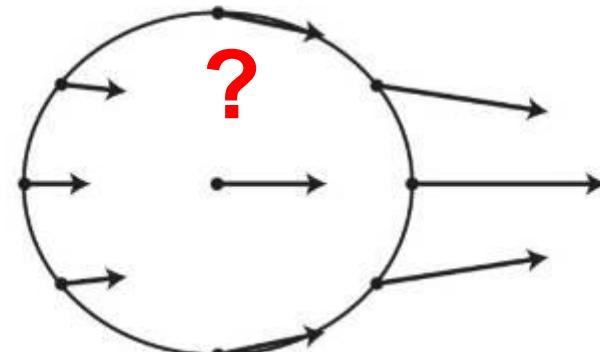
What is the shape of Earth?
„Geoid”? This is tautology



The shape is equi-potential surface of gravity + centrifugal potential

On the side of Earth farthest from the Moon, the Moon's gravitational pull is at its weakest. At the center of Earth is approximately the average of the Moon's gravitational pull on the whole planet.

Why high tides occur on other side of Earth?



Arrows represent the force of the Moon's gravitational pull on Earth. To get the tidal force—the force that causes the tides—we subtract this average gravitational pull on Earth from the gravitational pull at each location on Earth.

<https://scijinks.gov/tides/>

„Experimental physics”

Why tops are flat or slim?

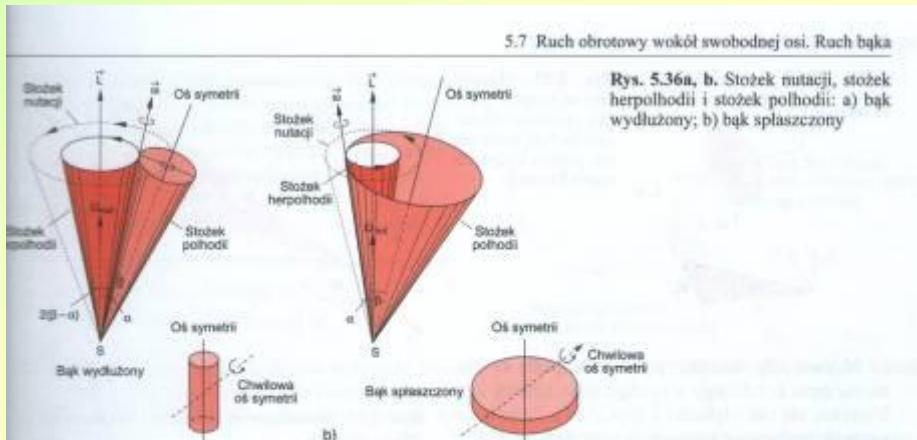


K. Służewski, G. Karwasz,

Fizyka i zabawki - wyjść poza fenomenologię. O żyroskopach, systemie słonecznym i momencie pędu,

Fizyka w Szkole, 3/2014, 25-32.
(wersja multimedialna)

dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/giro-en.html



Rys. 5.36a, b. Stożek nutacji, stożek herpoliodii i stożek polhodii: a) bąk wydłużony; b) bąk spłaszczony

da w czasie w układzie związanym z bryłą. Zmieniają się składowe ω_a oraz ω_b , a w związku z tym zmianek ω . Rozłożymy ω na składową $\omega_c = \text{const}$ w kierunku osi symetrii c i składową ω_{\perp} , gdzie $c = \sqrt{\omega_a^2 + \omega_b^2} = A$ jest prostopadła do c (rys. 5.33a), zgodnie z (5.42) prowadzi do rozłożenia wektora L składowe:

$$L = I_c \omega_{\perp} + I_c \omega_c. \quad (5.51)$$

symetrii c ze stałą w przestrzeni osią momentu da zgodnie z rys. 5.33b i równaniem (5.50) tworzy dy w czasie kąt α , przy czym:

$$\tan \alpha = \frac{I_c \omega_{\perp}}{I_c \omega_c} = \frac{I_c \sqrt{\omega_a^2 + \omega_b^2}}{\omega_c} = \frac{I_c \cdot A}{I_c \cdot \omega_c}.$$

macza to, że osi symetrii wędruje po stożku o kąt rozwarcia 2α wokół stałej w przestrzeni osi L (rys. 5.33b i 5.36). Stożek ten nazywa się stożkiem nutacji. Wartość liczbową prędkości kątowej

$$\omega = \sqrt{\omega_a^2 + \omega_b^2 + \omega_c^2} = \sqrt{A^2 + C^2}$$

da w czasie. Wektor ω tworzy z osią symetrii

Chwilowa osi obrotu ω będzie przesuwała się stożku o kąt rozwarcia $2(\beta - \alpha)$ (stożek ten nazywamy stożkiem herpoliodii) wokół stałej osi momentu pędu L . Ruch osi symetrii i chwilowej osi

obrotu $\vec{\omega}$ odbywający się na dwóch stożkach można przedstawić za pomocą trzeciego stożka polhodii związanego sztywno z osią symetrii. Stożek polhodii dotyczy stałego w przestrzeni stożka herpoliodii wzdłuż chwilowej osi obrotu ω i toczy się po nim (rys. 5.36). Wierzchołki wszystkich trzech stożków leżą w środku masy bryły.

Linia tego styku określa wówczas położenie chwilowej osi obrotu ω w dowolnej chwili. W przypadku spłaszczonego bąka (rys. 5.36b) stożek polhodii toczy się tak, że stożek herpoliodii pozostaje wewnątrz stożka polhodii, a przy wydłużonym bąku pozostaje on na zewnątrz tego stożka (rys. 5.36a).

5.7.6. Precesja bąka symetrycznego

Gdy na bąk będzie działał zewnętrzny moment siły, to ze względu na $D = dL/dt$ moment pędu nie pozostanie stały, ale będzie zmieniał swój kierunek. Zależnie od kierunku D będzie też zmieniał swą wartość liczbową. Na początku rozpatrzymy najprostszy przypadek, gdy bąk obraca się wokół swej osi symetrii, czyli gdy wszystkie trzy osie: L , ω oraz c leżą na jednej prostej. Nie wystąpi wówczas nutacja. Jeśli bąk nie będzie podparty w środku masy, to np. ze względu na występowanie siły ciężkości zacznie działać moment siły

$$D = r \times mg,$$

gdzie r jest wektorem między punktem podparcia a środkiem masy.

Domtröder, *Experimental Physics*

Kittel: Solid state physics

- Why gold is transparent and green in thin foils?

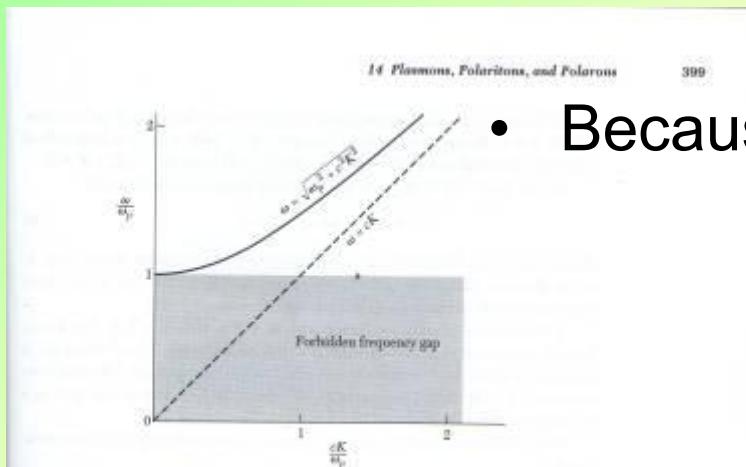


Figure 2: Dispersion relation for transverse electromagnetic waves in a plasma. The group velocity $v_g = dk/d\omega$ is the slope of the dispersion curve. Although the dielectric function is between zero and one, the group velocity is less than the velocity of light in vacuum.

Table 1: Ultraviolet transmission limits of alkali metals, in Å

	Li	Na	K	Rb	Cs
λ_{uv} , calculated	1550	2090	2870	3220	3620
λ_{uv} , observed	1550	2100	3150	3400	—

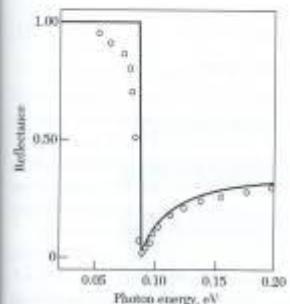


Figure 3: Reflectance of indium antimonide, with $\epsilon = 4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-1}$. (After J. N. Hodges.)

- Because alkali metals are transparent in UV



Berlin glass with Au-nanodroplets
(photo GK)

Kittel: Solid state physics

14 Plasmons, Polaritons, and Polarons

397

The dielectric function of the free electron gas follows from (6) and (7):

$$(GS) \quad \epsilon(\omega) = 1 - \frac{4\pi n e^2}{m\omega^2} ;$$

$$(SI) \quad \epsilon(\omega) = 1 - \frac{n e^2}{\epsilon_0 m \omega^2} ; \quad (8)$$

The plasma frequency ω_p is defined by the relation

$$(GS) \quad \omega_p^2 = 4\pi n e^2 / m ;$$

$$(SI) \quad \omega_p^2 = n e^2 / \epsilon_0 m ; \quad (9)$$

plasma is a medium with equal concentration of positive and negative charges, of which at least one charge type is mobile. In a solid the negative charges of the conduction electrons are balanced by an equal concentration of positive charge of the ion cores. We write the dielectric function (8) as

$$\epsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} ; \quad (10)$$

as in Fig. 1.

If the positive ion core background has a dielectric constant labeled $\epsilon(\infty)$ essentially constant up to frequencies well above ω_p , then (8) becomes

$$\epsilon(\omega) = \epsilon(\infty) - 4\pi n e^2 / m \omega^2 = \epsilon(\infty) [1 - \bar{\omega}_p^2 / \omega^2] , \quad (11)$$

where $\bar{\omega}_p$ is defined as

Plasma resonant frequency

Notice that $\epsilon = 0$ at $\omega = \bar{\omega}_p$.

Dispersion Relation for Electromagnetic Waves

In a nonmagnetic isotropic medium the electromagnetic wave equation is

$$(GS) \quad \partial^2 \mathbf{D} / \partial t^2 = c^2 \nabla^2 \mathbf{E} ;$$

$$(SI) \quad \mu_0 \partial^2 \mathbf{D} / \partial t^2 = \nabla^2 \mathbf{E} ; \quad (13)$$

look for a solution with $\mathbf{E} \propto \exp(-i\omega t) \exp(i\mathbf{K} \cdot \mathbf{r})$ and $\mathbf{D} = \epsilon(\omega, \mathbf{K})\mathbf{E}$; then have the dispersion relation for electromagnetic waves:

$$(GS) \quad \epsilon(\omega, \mathbf{K})\omega^2 = c^2 K^2 ;$$

$$(SI) \quad \epsilon(\omega, \mathbf{K})\epsilon_0 \mu_0 \omega^2 = K^2 . \quad (14)$$

This relation tells us a great deal. Consider

real and > 0 . For ω real, K is real and a transverse electromagnetic wave propagates with the phase velocity $c/\epsilon^{1/2}$.

real and < 0 . For ω real, K is imaginary and the wave is damped with a characteristic length $1/|K|$.

complex. For ω real, K is complex and the waves are damped in space.

4. Helicon waves	425
5. Plasmon mode of a sphere	425
6. Magnetoplasma frequency	425
7. Photon branch at low wavevector	426
8. Plasma frequency and electrical conductivity	426
9. Bulk modulus of the Fermi gas	426

Plasma reflects EM radiation

So the ionosphere allows radio transmission in short-wave range over the globe

Dielectric constant may be negative (or better: is always complex number)

„plasmons“ = collective oscillations of electrons

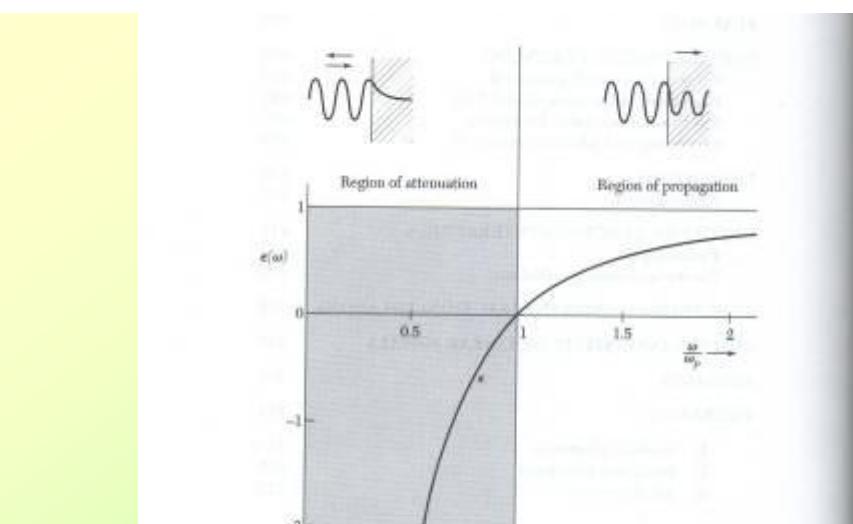


Figure 1 Dielectric function $\epsilon(\omega)$ or $\epsilon(\omega, 0)$ of a free-electron gas versus frequency in units of the plasma frequency ω_p . Electromagnetic waves propagate without damping only when ϵ is positive and real. Electromagnetic waves are totally reflected from the medium when ϵ is negative.

De Haas – van Alphen effect

De Haas–van Alphen effect

From Wikipedia, the free encyclopedia

The de Haas–van Alphen effect, often abbreviated to dHvA, is a quantum mechanical effect in which the magnetic susceptibility of a pure metal crystal oscillates as the intensity of the magnetic field B is increased. Other quantities also oscillate, such as the electrical resistivity (Shubnikov–de Haas effect), specific heat, and sound attenuation and speed.^{[1][2][3]} It is named after Wimander Johannes de Haas and his student Pieter M. van Alphen.^[4] The dHvA effect comes from the orbital motion of itinerant electrons in the material. An equivalent phenomenon at low magnetic fields is known as Landau diamagnetism.

Contents [hide]

- 1 Description
- 2 History
- 3 References
- 4 External links

is a [quantum mechanical](#) effect in which the [magnetic susceptibility](#) of a pure metal [crystal](#) oscillates as the intensity of the [magnetic field](#) B is increased.

Description [edit]

The differential magnetic susceptibility of a material is defined as

$$\chi = \frac{\partial M}{\partial H}$$

where H is the applied external magnetic field and M the magnetization of the material. Such that $B = \mu_0(H + M)$, where μ_0 is the vacuum permeability. For practical purposes, the applied and the measured field are approximately the same $B \approx \mu_0 H$ (if the material is not ferromagnetic).

The oscillations of the differential susceptibility when plotted against $1/B$, have a period P (in teslas⁻¹) that is inversely proportional to the area S of the external orbit of the Fermi surface (m⁻²), in the direction of the applied field, that is

$$P(B^{-1}) = \frac{2\pi e}{\hbar S}.$$

Even in wiki so little!

where \hbar is Planck constant and e is the elementary charge.^[5]

The modern formulation allows the experimental determination of the Fermi surface of a metal from measurements performed with different orientations of the magnetic field around the sample.

History [edit]

Experimentally it was discovered in 1930 by W.J. de Haas and P.M. van Alphen under careful study of the magnetization of a single crystal of bismuth. The magnetization oscillated as a function of the field.^[4] The inspiration for the experiment was the recently discovered Shubnikov–de Haas effect by Lev Shubnikov and de Haas, which showed oscillations of the electrical resistivity as function of a strong magnetic field. De Haas thought that the magnetoresistance should behave in an analogous way.^[6]

The theoretical prediction of the phenomenon was formulated before the experiment, in the same year, by Lev Landau,^[7] but he discarded it as he thought that the magnetic fields necessary for its demonstration could not yet be created in a laboratory.^{[10][20][10]} The effect was described mathematically using Landau quantization of the electron energies in an applied magnetic field. A strong homogeneous magnetic field — typically several teslas — and a low temperature are required to cause a material to exhibit the dHvA effect.^[11] Later in life, in private discussion, David Shoenberg asked Landau why he thought that an experimental demonstration was not possible. He answered by saying that Pyotr Kapitsa, Shoenberg's advisor, had convinced him that such homogeneity in the field was impractical.^[12]

After the 1950s, the dHvA effect gained wider relevance after Lars Onsager (1952),^[13] and independently, Ilya Lifshitz and Arnold Kosevich (1956),^[14] pointed out that the phenomenon could be used to image the Fermi surface of a metal.^[15]

References [edit]

1. ^ Zhang Mingzhe. "Measuring FS using the de Haas–van Alphen

5. ^ Kittel, Charles (2005). *Introduction to Solid-State Physics* (8th ed.). John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-41523-9.

10. ^ Harrison, Neil. "de Haas–van Alphen Effect". National High

Temperature Physics. University of Bayreuth. Retrieved 2016-01-10.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

ЧАСТЬ 2 Теория конденсированного состояния

Издание второе, исправленное и дополненное

Рекомендовано Министерством
образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов
физических специальностей университетов

§ 63

ЭФФЕКТ ДЕ ГАЗА-ВАН АЛЬФЕНА

333

интервалу, чтобы в него были включены все различные (т. е. за исключением их периодических повторений) сечения всех листов изознергетических поверхностей.

Прежде всего выделим из Ω осциллирующую с полем часть (обозначим ее через $\tilde{\Omega}$), преобразовав сумму (63.3) с помощью формулы Пуассона¹⁾:

$$\frac{1}{2} F(0) + \sum_{n=1}^{\infty} F(n) = \int F(x) dx + 2 \operatorname{Re} \sum_{l=1}^{\infty} \int_0^{\infty} F(x) e^{2\pi i l x} dx. \quad (63.4)$$

Первый член этой формулы, примененной к (63.3), дает неосциллирующий вклад в Ω ; опустив его, пишем

$$\tilde{\Omega} = -\frac{|e| B V T}{4\pi^2 c \hbar} 2 \operatorname{Re} \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{\sigma=\pm 1} \tilde{I}_{l\sigma}, \quad (63.5)$$

где $\tilde{I}_{l\sigma}$ — осциллирующая часть интеграла

$$\tilde{I}_{l\sigma} = \int_0^{\infty} dn \int \ln \left\{ 1 + \exp \frac{\mu_{\sigma} - \varepsilon_n(k_z)}{T} \right\} e^{2\pi i l n} dk_z \quad (63.6)$$

и введено также обозначение $\mu_{\sigma} = \mu - \sigma \beta \xi B$.

Для дальнейшего преобразования введем функцию

$$n(\varepsilon, k_z) = \frac{c \hbar S(\varepsilon, k_z)}{2\pi|e|B} - \frac{1}{2} \quad (63.7)$$

(ср. (62.8)) и перейдем от интегрирования по dn в (63.6) к интегрированию по $d\varepsilon$:

$$\tilde{I}_l = \int_0^{\infty} \ln \left\{ 1 + \exp \frac{\mu_{\sigma} - \varepsilon}{T} \right\} e^{2\pi i l n} \frac{\partial n}{\partial \varepsilon} dk_z d\varepsilon; \quad (63.8)$$

выбор нижнего предела интегрирования по $d\varepsilon$ (условно положенного равным нулю) безразличен, так как в интеграле все равно будет существенна лишь окрестность значения $\varepsilon = \mu_{\sigma}$.

Поскольку функция $n(\varepsilon, k_z)$ велика, экспоненциальный множитель в подынтегральном выражении в (63.8) — быстро осциллирующая функция k_z . Эти осцилляции погашают интеграл

¹⁾ См. в главе 10, что фактически в (63.4) член суммы $F(0)$ стоит с коэффи-

Einstein: this is experiment which verifies the validity of the theory

Karwasz: no valid experiment is possible without reading some theory before

Conclusions

- Books present infinity of didactical and cognitive solutions
- Book, ordered on a shelf is the quickest (apart from own brain) the source of information
- Reading a book brings usually unexpected surprises
- „Didactics” = searching of nodes in learning, can be beautifully executed by „random” comparison of books
- Do not hesitate to search in unknown sectors
- Some books, like „Feynman”, „Landau-Lifshitz-Pitaevski” are classics, like Dante and Shakespeare
- Own library is a treasure, more than bank account

Thank you