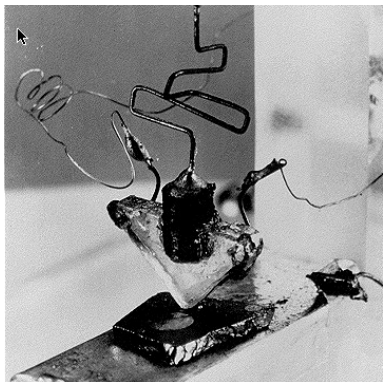


Úvod k štúdiu fyziky

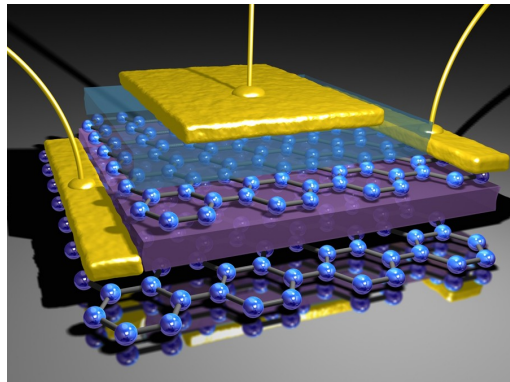
- Zorientovať sa v tom, čo ma čaká z Fyziky na FEI
- Prehľad literatúry
- Zopakovať si niekoľko tém z fyziky
 - Mechanika, štruktúra látky (Bokes, 4x2h)
 - Elektrické a magnetické pole (Cirák, 3x2h)
- Cvičný test z týchto tém (1-2h)
 - opravíte si sami podľa riešení čo ukáže prednášajúci

Fyzika pre AE, EN & ET

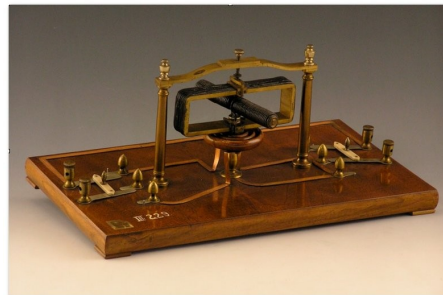
- Oboznámiť študentov so základnými fyzikálnymi zákonmi pre pohyb látky a elektrické a magnetické polia
- Naučiť sa riešiť jednoduché problémy, ktoré využívajú tieto zákony
- S využitím a ďalším rozšírením týchto znalostí v oblastiach špecifických pre elektroniku a elektrotechniku v ďalšom štúdiu



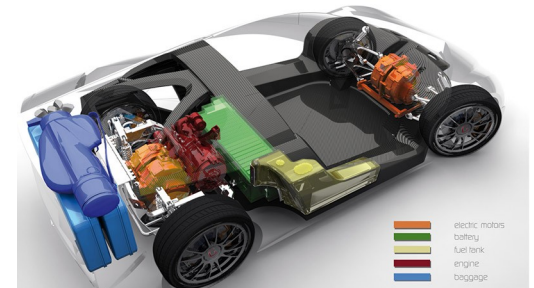
Bardeen, Brattain (1949)



Britnell et al. Science (2012)



Jedlík (1828) [wiki]



Giugiaro Namir, Geneva (2009)

Fyzika na FEI STU

- **Úvod do fyziky** (1/2) KZ 2013/2014

- prednáška 2h obtýždeň (1., 3., 5., ...)
- riešenie jednoduchých fyzikálnych problémov
- 10x6b za domáce úlohy (4príklady/týždeň) – stačí na KZ !!!!
- 2x20b za testy v polovici a na konci semestra

- **Fyzika 1** (3/3) LS 2013/2014

- Mechanika, hydromechanika, vlnenie a molekulová fyzika
- 8 laboratórnych úloh, semestrálne testy z príkladov (2)
- Dodatočný odporúčaný predmet: Seminár z Fyziky 1 (0/2) – tréning príkladov

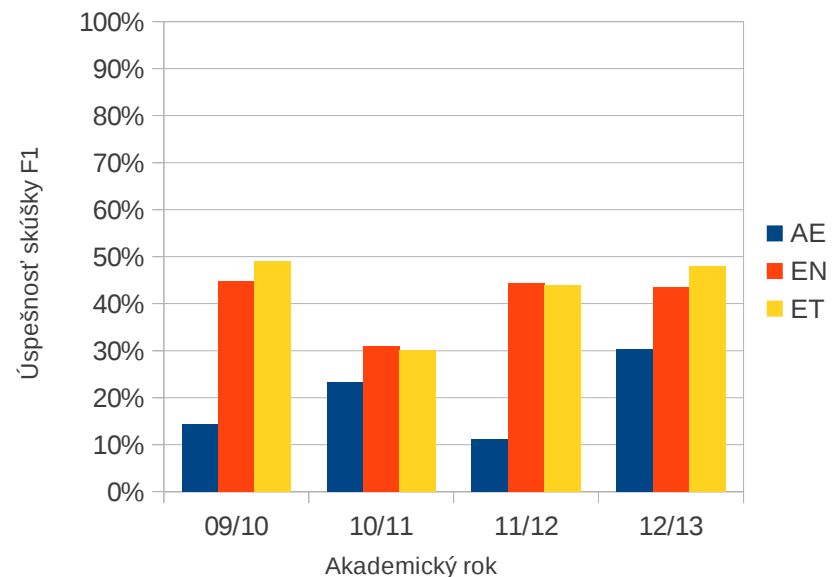
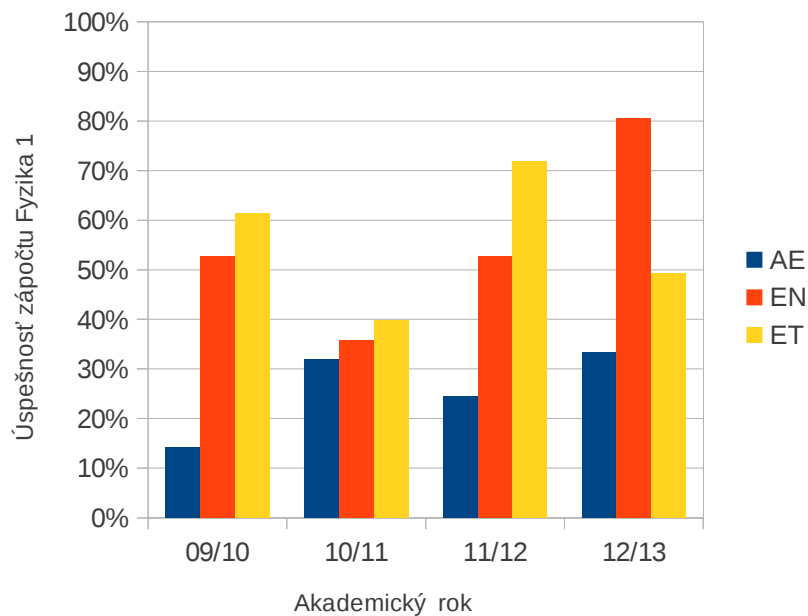
- **Fyzika 2** (3/3) ZS 2014/2015 (prof. J. Cirák)

- Elektromagnetizmus, optika
- 8 laboratórnych úloh, semestrálne testy z príkladov (2)
- Dodatočný odporúčaný predmet: Seminár z Fyziky 2 (0/2) – tréning príkladov

- Výberový predmet **Fyzika 3** (2/2) LS 2014/2015 (doc. P. Valko)

- Vybrané témy z gravitácie, elektromagnetizmu a kvantovej mechaniky

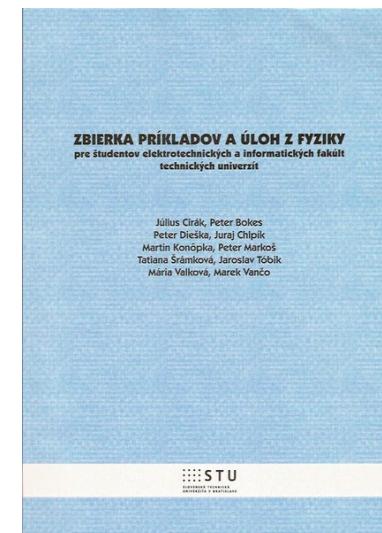
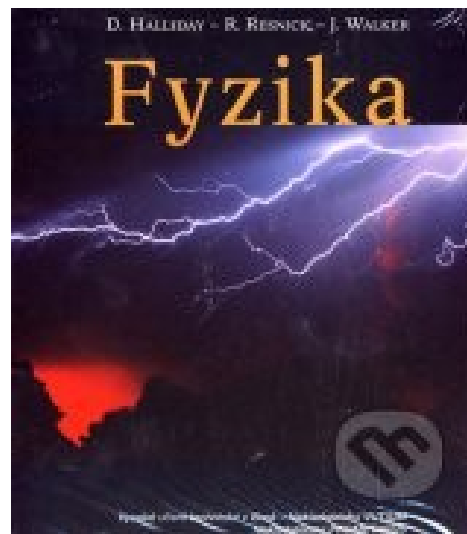
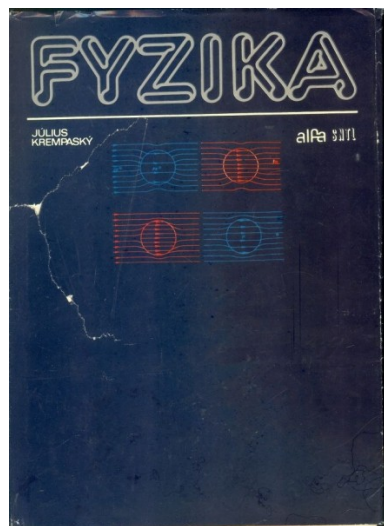
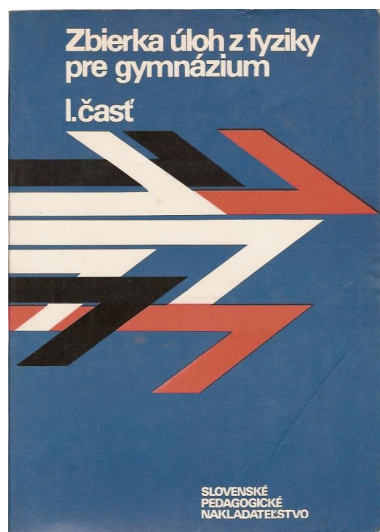
Štatistika z predmetu Fyzika 1



- pre **získanie zápočtu** z Fyzika 1 (a teda mať **možnosť získať skúšku** z F1) sa ukázal tréning v **počítaní príkladov** na Úvode do fyziky veľmi **efektívny!!**
- t.j. počítajte príklady ako draci

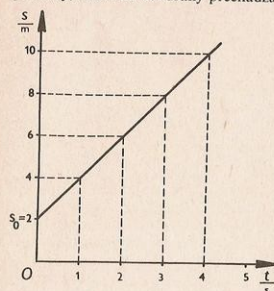
Literatúra

- E. Tomanová a kol.: Zbierka úloh z fyziky pre gymnázium, I. časť, SPN, Bratislava 1987.
- J. Krempaský: Fyzika, Alfa 1989.
- Halliday & Resnick: Fundamentals of Physics, Wiley 1988; D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: Fyzika 1 – 5, Akademické nakladateľství, VUTIUM, 2007. [po česky].
- I. Červeň: Fyzika po kapitolách 1-13, STU 2007
- Knižné zbierky príkladov, napr. J. Cirák a kol.: Zbierka príkladov a úloh z fyziky, STU 2013; V. Hajko: Fyzika v príkladoch, Alfa 1988.

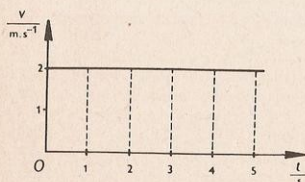


Tomanová a kol. Zbierka...

Ak $t_0 = 0$, $s_0 \neq 0$, pre dráhu s rovnomerného pohybu platí $s = s_0 + vt$. Grafom závislosti dráhy od času v tomto prípade je časť priamky, ktorá na osi dráhy prechádza bodom s_0 (obr. 1-1b).



Obr. 1-1b



Obr. 1-2

Grafom závislosti rýchlosti rovnomerného pohybu od času je časť priamky, rovnobežná s časovou osou a pretínajúca os rýchlosti v bode určenom veľkosťou rýchlosti v (obr. 1-2).

Pohyb, ktorého rýchlosť sa v ľubovoľných, ale rovnakých úsekoch mení, nazýva sa nerovnomerný pohyb. Priemerná rýchlosť nerovno-

merného pohybu je daná vzťahom $v_p = \frac{s}{t}$, kde s je dráha prejdená pri

nerovnomernom pohybe za čas t . Rýchlosť nerovnomerného pohybu v istom časovom okamihu sa nazýva okamžitá rýchlosť v . Je to rýchlosť, ktorou by sa hmotný bod pohyboval, keby od tohto okamihu bol jeho pohyb rovnomerný priamočiary.

Zmenu okamžitej rýchlosti v istom časovom úseku charakterizuje vektor zrýchlenia $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Jednotkou zrýchlenia je $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Nerovnomerný pohyb so stálym zrýchlením sa nazýva rovnomerne zrýchlený pohyb. Pre dráhu s a okamžitú rýchlosť v rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu platí

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad v = v_0 + a t,$$

kde s_0 je dráha hmotného bodu a jeho okamžitá rýchlosť v čase $t_0 = 0$. Keď v čase $t_0 = 0$ je začiatková dráha $s_0 = 0$ a začiatková rýchlosť $v_0 = 0$, dráhu s a okamžitú rýchlosť rovnomerne zrýchleného pohybu určíme zo vzťahov $s = \frac{1}{2} a t^2$, $v = a t$.

Grafom závislosti dráhy rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu od času je časť paraboly (obr. 1-3). Grafom závislosti rýchlosti od času je časť priamky prechádzajúca začiatkom súradnicovej sústavy (obr. 1-4).

Pohyb, ktorého veľkosť rýchlosti je klesajúcou lineárnou funkciou času, nazýva sa rovnomerne spomalený pohyb. Zrýchlenie pri tomto pohybe má opačný smer ako okamžitá rýchlosť, preto pre dráhu rovnomerne spomaleného pohybu platí $s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$, pre veľkosť okamžitej rýchlosti $v = v_0 - a t$.

Voľný pád, ktorý konajú voľne padajúce telesá vo vákuu, je pohyb rovnomerne zrýchlený (začiatočná rýchlosť $v_0 = 0$, začiatočná dráha $s_0 = 0$). Pre veľkosť dráhy voľného pádu platí $s = \frac{1}{2} g t^2$, kde g je tiažové zrýchlenie. Veľkosť normálneho tiažového zrýchlenia $g_n = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (presne) sa pri riešení úloh zaokrúhľuje najčastejšie

$\text{cm} \approx 1 \text{ m}$)

po ktorej sa hráč pohyboval 6 s. Obrázok prekreslite vektor posunutia telesa po zložky vektora posunutia nami ihriska). Ďalej určte ri svojom pohybe z miesta osunutia hráča, c) veľkosť ornú rýchlosť hráča za 6 s

13. Vlak sa pohybuje rovnomerne rýchlosťou veľkosti $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Aká je veľkosť rýchlosti cestujúceho vzhľadom na kofajnice, ak ide rýchlosťou $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a) v smere pohybu vlaku, b) proti smeru pohybu vlaku.
- * 14. Chlapec vesluje na loдке rýchlosťou veľkosti $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Loďku nasmeroval kolmo na protifaľný breh vzdialený 600 m . Rieka unáša loďku rýchlosťou veľkosti $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Aká je výsledná rýchlosť loďky vzhľadom na breh? Ako ďaleko unesie rieka loďku od miesta, kde by mala loďka pristáť? V akej vzdialenosti od miesta štartu loďka pristane?
15. Cestujúci v rýchliku sa díva cez okno na vlak, ktorý predbiehajú. Prekvapilo ho zistenie, že rýchlosť vlaku, v ktorom sedí, sa v okamihu, v ktorom zaostal za jeho oknom rušen predbiehajúceho vlaku, prudko zväčšila. a) Vysvetlite tento jav. b) Čo by zistil cestujúci, keby vlaky išli v protismere? Odpoveď odôvodnite.

Obr. 1-7

16. Ktoré z daných závislostí opisujú rovnomerný priamočiary pohyb: a) $s = At + B$, kde $A = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $B = 3 \text{ m}$, b) $s = C + Dt^2$, kde $C = 2 \text{ m}$, $D = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, c) $v = E + Ht$, kde $E = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $H = 3 \text{ m}$?
17. Vlak sa pohyboval priemernou rýchlosťou $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Automobil prešiel za 2 hodiny dráhu 120 km . Ktorý z nich išiel väčšou priemernou rýchlosťou?
18. Cyklista trénuje jazdu na nekonečnom páse. Ako môže určiť veľkosť rýchlosti svojej jazdy, keď vzhľadom na steny miestnosti nezmenil svoju polohu?
19. Akou priemernou rýchlosťou sa pohyboval bežec, ktorý prebehol dráhu 200 m za $20,78 \text{ s}$ a cyklista, ktorý prešiel dráhu 166 km za $4 \text{ h } 16 \text{ min } 35 \text{ s}$? Rýchlosť vyjadrite v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
20. Automobil prešiel prvú tretinu dráhy s stálou rýchlosťou s veľkosťou v_1 , ďalšie dve tretiny rýchlosťou s veľkosťou v_2 ; priemerná rýchlosť bola v . Riešte pre hodnoty $v = 36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $v_2 = 72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Vypočítajte veľkosť rýchlosti automobilu v_1 v prvej tretine dráhy.

Riešenie

$$s_1 = \frac{s}{3}, s_2 = \frac{2s}{3}, v_2 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, v_1 = ?$$

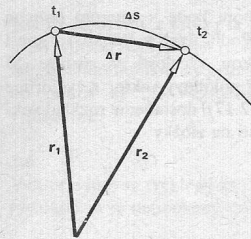
Automobil prešiel prvú tretinu dráhy s za čas t_1 a ďalšie dve tretiny dráhy za čas t_2 . Čas, za ktorý prešiel celú dráhu s , je $t = t_1 + t_2$, $t = \frac{s}{v}$, $t_1 = \frac{s_1}{v_1}$, $t_2 = \frac{s_2}{v_2}$. Z týchto rovníc úpravou vyjadríme rýchlosť v_1

$$\frac{s}{v} = \frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2}, \quad \frac{s}{v} = \frac{s}{3v_1} + \frac{2s}{3v_2}, \quad v_1 = \frac{v v_2}{3v_2 - 2v},$$

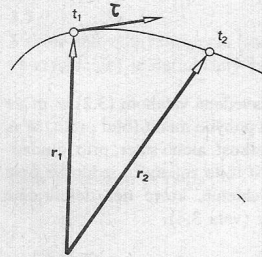
$$v_1 = \frac{10 \cdot 20}{3 \cdot 20 - 2 \cdot 10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Veľkosť rýchlosti automobilu v prvej tretine dráhy bola $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
21. Atlet prebehol dráhu 400 m v bezvetří rovnomerným pohybom za $45,35 \text{ s}$. Akou veľkou rýchlosťou sa pohyboval? Ako by sa zmenil

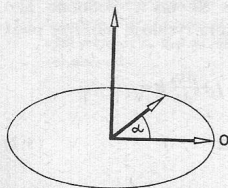
Krempaský: Fyzika



Obr. 3.1. Polohové vektory pohybujúceho sa bodu a vykonaná dráha



Obr. 3.2. K zavedeniu rýchlosti ako vektora



Obr. 3.3. Definícia uhla pri krivočiarnom pohybe v rovine

Keďže polohu bodu v trojrozmernom priestore určujú tri súradnice, napr. x , y , z v kartézianskej sústave, r , φ , θ v sférickej sústave, možno túto funkčnú závislosť napísať v podobe troch rovníc. Oveľa výhodnejšie je však použiť na určenie polohy hmotného bodu polohový vektor (2.17) a funkčnú závislosť v podobe jedinej formálnej rovnice $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, ktorú nazývame rovnicou dráhy (veta 3.2). Je dobré uviesť si, že samotný polohový vektor, ani jeho veľkosť nemá nič spoločného so skutočnou veľkosťou vykonanej dráhy (obr. 3.1), pretože jeho začiatok môže byť zvolený ľubovoľne. Rozdiel polohových vektorov v dvoch dostatočne blízkych časoch, t. j. $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ (obr. 3.1) udáva však nielen smer, ale približne aj veľkosť vykonanej dráhy, a to tým lepšie, čím je tento interval menší. V limite je táto zhoda úplná, preto môžeme písať $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$, kde $\mathrm{d}s$ je element dráhy.

V praxi nás často zaujíma nielen to, po akej dráhe sa pohyb vykonáva, ale aj to, ako „rýchlo“ sa hmotný bod pohybuje. Pojem „rýchlosť“ je príkladom pojmu získaného skúsenosťou. Ako taký označuje dráhu vykonanú za jednotku času. Tým je však definovaná len jej veľkosť. Ak chceme, aby rýchlosť vyjadrovala aj smer pohybu, musíme ju zaviesť ako vektor, ktorého smer je určený v každom okamihu smerom dotýčnice (tangenty) (obr. 3.2). Lahko nahliadneme, že týmto požiadavkám a konštatovaniam vyhovuje len takáto definícia vektora (okamžitej) rýchlosti

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{r}}{\mathrm{d}t} \boldsymbol{\tau}$$

kde $\boldsymbol{\tau}$ je jednotkový vektor určený dotyč-

3.1

Hmotným bodom nahrádzame teleso, ktorého geometrické rozmery v uvažovanej sústave môžeme zanedbať.

3.2

Polohový vektor $\mathbf{r}$ určuje polohu pohybujúceho sa hmotného bodu vzhľadom na začiatok súradnicovej sústavy. Rovnicu

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (3.1)$$

nazývame rovnicou dráhy.

3.3

Vektor rýchlosti (stručne len rýchlosť) je definovaný deriváciou polohového vektora podľa času

$$\mathbf{v} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{r}}{\mathrm{d}t} \quad (3.2)$$

3.4

Vektor zrýchlenia (stručne len zrýchlenie) je definovaný prvou deriváciou rýchlosti podľa času alebo druhou deriváciou polohového vektora podľa času

$$\mathbf{a} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2\mathbf{r}}{\mathrm{d}t^2} \quad (3.3)$$

3.5

Uhol α charakterizuje kruhový, resp. všeobecný krivočiary pohyb. V prípade rovinného pohybu je definovaný uhlom vytvoreným sprievodičom pohybujúceho sa hmotného bodu a sprievodičom zvoleným za základ (obr. 3.3). Jeho prírastok ako vektor vyjadrujeme vzťahom $\mathrm{d}\boldsymbol{\alpha} = \mathrm{d}\alpha \mathbf{v}$, kde $\mathbf{v}$ je jednotkový vektor v osi otáčania kolmý na rovinu otáčania smeru-

nicou v danom bode a smerom pohybu (veta 3.3). Podľa úvah v článku 1.3 musí byť jednotkou rýchlosti v sústave SI $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Keď polohový vektor $\mathbf{r}$ vyjadríme v zložkách (2.17), dostaneme rozklad vektora rýchlosti na zložky

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} (x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}) = \\ &= \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \mathbf{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} \mathbf{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t} \mathbf{k} = \\ &= v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \end{aligned} \quad (3.6)$$

takže

$$|\mathbf{v}| = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$$

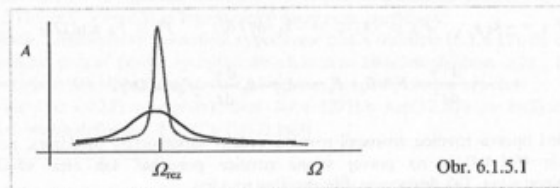
Rýchlosť zavedená vzťahom (3.2) sa môže v priebehu pohybu meniť (buď preto, že sa mení jej veľkosť, alebo smer, príp. obidvoje). Veľkosť tejto zmeny za jednotku času určuje zrýchlenie, ktoré tiež definujeme ako vektor (veta 3.4)

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2\mathbf{r}}{\mathrm{d}t^2}$$

Podľa tejto definície je jednotkou zrýchlenia v sústave SI $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Podobne ako v prípade vektora rýchlosti môžeme písať

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} \mathbf{i} + \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} \mathbf{j} + \frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t} \mathbf{k} = \\ &= a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Červeň: Fyzika po kapitolách



Obr. 6.1.5.1

Pre fázové posunutie vynúteného kmitania, v porovnaní s kmitaním vnucujúcej sily, platí prvý zo vzťahov (6.1.5.3). Zo vzťahu vyplýva, že ak je frekvencia Ω vnucujúcej sily menšia než frekvencia ω_k , tak $\tan \phi > 0$, a teda aj fázové posunutie ϕ je kladné. Keď si uvedomíme tvar rovnice (6.1.5.2), tak konštatujeme, že vynútené kmitanie fázovo zaostáva za kmitaním vnucujúcej sily. S približovaním k frekvencii ω_k sa fázové posunutie ϕ blíži k hodnote $\pi/2$. Po jej prekročení $\tan \phi$ nadobúda záporné hodnoty, čo znamená, že fázové posunutie naďalej rastie, lebo pre uhly z intervalu $(\pi/2, \pi)$ má funkcia tangens záporné hodnoty.

S vynúteným kmitaním a rezonanciou sa v praxi stretávame veľmi často. Niekedy máme snahu takéto kmitanie odstrániť (tlmiče na kolesách áut), inokedy ho využívame, ako napríklad v rezonančných obvodoch prijímačov a vysielačov elektromagnetických vln. Aj vo svete atómov má vynútené kmitanie a rezonancia mimoriadny význam – pri vyžarovaní a pri absorpcii svetla alebo iného elektromagnetického žiarenia, napríklad v laseroch.

Príklad 6.1.5.1 Vypočítajte pomer rezonančných frekvencií Ω_2 / Ω_1 , keď frekvencia Ω_1 nastáva pri koeficiente tlmenia $b_1 = \omega_k / 10$ a frekvencia Ω_2 pri koeficiente s dvojnásobnou hodnotou $b_2 = 2 b_1$. Rozhodnite, či sa zväčšením koeficienta tlmenia rezonančná frekvencia zväčší, alebo zmenší.

Riešenie Ide v podstate len o dosadenie do vzťahu (6.1.5.4):
 $(\Omega_2 / \Omega_1)^2 = [\omega_k^2 - 2 b_2^2] / [\omega_k^2 - 2 b_1^2] = [\omega_k^2 - 8 b_1^2] / [\omega_k^2 - 2 b_1^2] = [1 - 8(b_1^2/\omega_k^2)] / [1 - 2(b_1^2/\omega_k^2)] = [1 - 8 \cdot 10^{-2}] / [1 - 2 \cdot 10^{-2}] = 0,92 / 0,98 = 0,9388$.
 Takže $\Omega_2 = 0,969 \Omega_1$, čiže ak sa tlmenie zväčší, rezonančná frekvencia sa zmenší.

Poznámka Pokúste sa pomocou počítača, vhodným programom, zostrojiť graf závislosti rezonančnej frekvencie od veľkosti pomeru b / ω_k .

Príklad 6.1.5.2 Vypočítajte amplitúdu vynúteného kmitania v rezonancii a uveďte, ako táto amplitúda poklesne, keď sa koeficient tlmenia zdvojnásobí. Predpokladajte pri tom, že platí $b \ll \omega_k$.

Riešenie Amplitúdu vynúteného kmitania v rezonancii vypočítame, keď do vzťahu (6.1.5.3) dosadíme rezonančnú frekvenciu (6.1.5.4). Výpočtom dostaneme výsledok $A = (F/m) \cdot (1/2b) \cdot (\omega_k^2 - b^2)^{-1/2}$.
 Pomer amplitúd: $(A_2 / A_1)^2 = (b_1 / b_2)^2 \cdot [(\omega_k^2 - b_1^2) / (\omega_k^2 - b_2^2)] = (b_1 / 2b_1)^2 \cdot [(\omega_k^2 - b_1^2) / (\omega_k^2 - 4b_1^2)] \equiv (1/2)^2 \cdot [\omega_k^2 / \omega_k^2] = 1/4$. Z výsledku vyplýva, že pri zdvojnásobení koeficienta tlmenia sa amplitúda vynúteného kmitania zmenší približne na polovicu.

Kontrolné otázky

1. Čo rozumieme pod vynúteným kmitaním harmonického oscilátora?
2. Kedy je amplitúda vynúteného kmitania najväčšia?
3. Čo rozumieme pod rezonanciou pri vynútenom kmitaní?
4. Aká je rezonančná frekvencia tlmeného a netlmeného harmonického oscilátora?
5. Aká by bola rezonančná amplitúda netlmeného oscilátora?
6. Môže vynútené kmitanie oscilátora fázovo predbiehať kmitanie vnucujúcej sily?

6.1.6 Skladanie kmitavých pohybov

Ak istým miestom v priestore prechádzajú dve vlnenia, potom oscilátor, ktorý sa nachádza v tomto mieste, je nútený kmitať v súlade s jedným i druhým vlnením. Dochádza ku skladaniu kmitavých pohybov, oscilátor kmitá tak, že jeho výchylka je vektorovým súčtom výchýliek pochádzajúcich od oboch vlnení.

Skladať možno kmitavé pohyby s rovnakou alebo rôznou frekvenciou, kmitavé pohyby prebiehajúce pozdĺž jednej priamky (rovnobežné oscilácie) alebo kmitavé pohyby prebiehajúce v dvoch rôznych priamkach. V tom druhom prípade opíšeme iba skladanie kmitavých pohybov prebiehajúcich v dvoch na seba kolmých priamkach. Základným princípom skladania kmitavých pohybov je vektorový súčet výchýliek (princíp superpozície), bez ohľadu na to, či ide o kmitanie v rovnobežných, alebo v navzájom kolmých priamkach. Preto v ďalšom budeme pri skladaní dvoch kmitavých pohybov používať vzťah

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2 \quad (6.1.6.1)$$

kde $\mathbf{u}$ je vektorový súčet vektorov výchýliek $\mathbf{u}_1$ a $\mathbf{u}_2$ opisujúcich okamžité výchylky vyvolávané jednotlivými kmitavými pohybmi.

V tejto kapitole bude opísané skladanie len harmonických kmitavých pohybov, t.j. so sínusovým, resp. kosínusovým priebehom.

Skladanie rovnobežných kmitavých pohybov

Pri skladaní rovnobežných kmitavých pohybov netreba používať vektorovú symboliku, stačí použiť súradnice vektorov výchýliek

$$u = u_1 + u_2,$$

pričom si treba uvedomiť, že všetky tri skalárne veličiny tu vystupujúce môžu nadobúdať kladné aj záporné hodnoty.

Halliday & Resnick

(The symbol Δ , the Greek uppercase delta, represents a change in a quantity, and it means the final value of that quantity minus the initial value.) When numbers are inserted for the position values x_1 and x_2 in Eq. 2-1, a displacement in the positive direction (to the right in Fig. 2-1) always comes out positive, and a displacement in the opposite direction (left in the figure) always comes out negative. For example, if the particle moves from $x_1 = 5$ m to $x_2 = 12$ m, then $\Delta x = (12 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = +7$ m. The positive result indicates that the motion is in the positive direction. If, instead, the particle moves from $x_1 = 5$ m to $x_2 = 1$ m, then $\Delta x = (1 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = -4$ m. The negative result indicates that the motion is in the negative direction.

The actual number of meters covered for a trip is irrelevant; displacement involves only the original and final positions. For example, if the particle moves from $x = 5$ m out to $x = 200$ m and then back to $x = 5$ m, the displacement from start to finish is $\Delta x = (5 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = 0$.

A plus sign for a displacement need not be shown, but a minus sign must always be shown. If we ignore the sign (and thus the direction) of a displacement, we are left with the **magnitude** (or absolute value) of the displacement. For example, a displacement of $\Delta x = -4$ m has a magnitude of 4 m.

Displacement is an example of a **vector quantity**, which is a quantity that has both a direction and a magnitude. We explore vectors more fully in Chapter 3 (in fact, some of you may have already read that chapter), but here all we need is the idea that displacement has two features: (1) Its **magnitude** is the distance (such as the number of meters) between the original and final positions. (2) Its **direction**, from an original position to a final position, can be represented by a plus sign or a minus sign if the motion is along a single axis.

What follows is the first of many checkpoints you will see in this book. Each consists of one or more questions whose answers require some reasoning or a mental calculation, and each gives you a quick check of your understanding of a point just discussed. The answers are listed in the back of the book.

✓CHECKPOINT 1 Here are three pairs of initial and final positions, respectively, along an x axis. Which pairs give a negative displacement: (a) -3 m, $+5$ m; (b) -3 m, -7 m; (c) 7 m, -3 m?

2-4 Average Velocity and Average Speed

A compact way to describe position is with a graph of position x plotted as a function of time t —a graph of $x(t)$. (The notation $x(t)$ represents a function x of t , not the product x times t .) As a simple example, Fig. 2-2 shows the position function $x(t)$ for a stationary armadillo (which we treat as a particle) over a 7 s time interval. The animal's position stays at $x = -2$ m.

Figure 2-3a is more interesting, because it involves motion. The armadillo is apparently first noticed at $t = 0$ when it is at the position $x = -5$ m. It moves toward $x = 0$, passes through that point at $t = 3$ s, and then moves on to increasingly larger positive values of x . Figure 2-3b depicts the straight-line motion of the armadillo and is something like what you would see. The graph in Fig. 2-3a is more abstract and quite unlike what you would see, but it is richer in information. It also reveals how fast the armadillo moves.

Actually, several quantities are associated with the phrase “how fast.” One of them is the **average velocity** v_{avg} , which is the ratio of the displacement Δx that occurs during a particular time interval Δt to that interval:

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2-2)$$

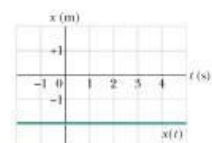


Fig. 2-2 The graph of $x(t)$ for an armadillo that is stationary at $x = -2$ m. The value of x is -2 m for all times t .

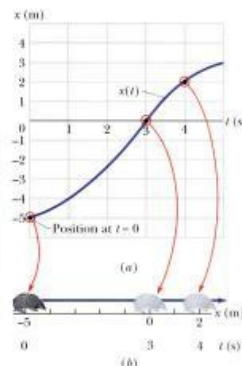


Fig. 2-3 (a) The graph of $x(t)$ for a moving armadillo. (b) The path associated with the graph. The scale below the x axis shows the times at which the armadillo reaches various x values.

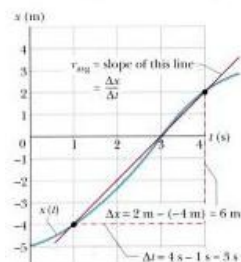


Fig. 2-4 Calculation of the average velocity between $t = 1$ s and $t = 4$ s as the slope of the line that connects the points on the $x(t)$ curve representing those times.

The notation means that the position is x_1 at time t_1 and then x_2 at time t_2 . A common unit for v_{avg} is the meter per second (m/s). You may see other units in the problems, but they are always in the form of length/time.

On a graph of x versus t , v_{avg} is the **slope** of the straight line that connects two particular points on the $x(t)$ curve: one is the point that corresponds to x_2 and t_2 , and the other is the point that corresponds to x_1 and t_1 . Like displacement, v_{avg} has both magnitude and direction (it is another vector quantity). Its magnitude is the magnitude of the line's slope. A positive v_{avg} (and slope) tells us that the line slants upward to the right; a negative v_{avg} (and slope) tells us that the line slants downward to the right. The average velocity v_{avg} always has the same sign as the displacement Δx because Δt in Eq. 2-2 is always positive.

Figure 2-4 shows how to find v_{avg} in Fig. 2-3 for the time interval $t = 1$ s to $t = 4$ s. We draw the straight line that connects the point on the position curve at the beginning of the interval and the point on the curve at the end of the interval. Then we find the slope $\Delta x/\Delta t$ of the straight line. For the given time interval, the average velocity is

$$v_{avg} = \frac{6 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}.$$

Average speed s_{avg} is a different way of describing “how fast” a particle moves. Whereas the average velocity involves the particle's displacement Δx , the average speed involves the total distance covered (for example, the number of meters moved), independent of direction; that is,

$$s_{avg} = \frac{\text{total distance}}{\Delta t} \quad (2-3)$$

Because average speed does *not* include direction, it lacks any algebraic sign. Sometimes s_{avg} is the same (except for the absence of a sign) as v_{avg} . However, as is demonstrated in Sample Problem 2-1, when an object doubles back on its path, the two can be quite different.

Sample Problem 2-1

You drive a beat-up pickup truck along a straight road for 8.4 km at 70 km/h, at which point the truck runs out of gasoline and stops. Over the next 30 min, you walk another 2.0 km farther along the road to a gasoline station.

(a) What is your overall displacement from the beginning of your drive to your arrival at the station?

Solution: Assume, for convenience, that you move in the positive direction of an x axis, from a first position of $x_1 = 0$ to a second position of x_2 at the station. That second position must be at $x_2 = 8.4 \text{ km} + 2.0 \text{ km} = 10.4 \text{ km}$. Then the **Key Idea** here is that your displacement Δx along the x axis is the second position minus the first position. From Eq. 2-1, we have

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10.4 \text{ km} - 0 = 10.4 \text{ km}. \quad (\text{Answer})$$

Thus, your overall displacement is 10.4 km in the positive direction of the x axis.

(b) What is the time interval Δt from the beginning of your drive to your arrival at the station?

Solution: We already know the walking time interval $\Delta t_{walk} = 0.50 \text{ h}$, but we lack the driving time interval Δt_{drive} .

8.4 km and the average velocity $v_{avg,drive}$ is 70 km/h. A **Key Idea** to use here comes from Eq. 2-2: This average velocity is the ratio of the displacement for the drive to the time interval for the drive:

$$v_{avg,drive} = \frac{\Delta x_{drive}}{\Delta t_{drive}}.$$

Rearranging and substituting data then give us

$$\Delta t_{drive} = \frac{\Delta x_{drive}}{v_{avg,drive}} = \frac{8.4 \text{ km}}{70 \text{ km/h}} = 0.12 \text{ h}.$$

So,

$$\Delta t = \Delta t_{drive} + \Delta t_{walk} = 0.12 \text{ h} + 0.50 \text{ h} = 0.62 \text{ h}. \quad (\text{Answer})$$

(c) What is your average velocity v_{avg} from the beginning of your drive to your arrival at the station? Find it both numerically and graphically.

Solution: The **Key Idea** here again comes from Eq. 2-2: v_{avg} for the entire trip is the ratio of the displacement of 10.4 km for the entire trip to the time interval of 0.62 h for the entire trip. Here we find

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10.4 \text{ km}}{0.62 \text{ h}}$$

a ešte literatúra...

pre náročných:

- Feynman, Leighton, Sands: Feynmanove prednášky z fyziky 1-5 (1-3 v češtine), “Zaujímavé... ale ako je to presne?”
- D. Ilkovič: Fyzika I a II, STNL 1968.
“Ťažšie čítanie ale.. aha, takto to teda je!”



Dionýz Ilkovič

populárno-náučná:

- J. Pišút a R. Zajac: O atónoch a kvantovaní, Alfa 1988 [je zadarmo na internete]
- R. P. Feynman: QED Nezvyčajná teória svetla a látky, Enigma (2000).
- J. Krempaský: Vesmírne metamorfózy, Smena 1986.



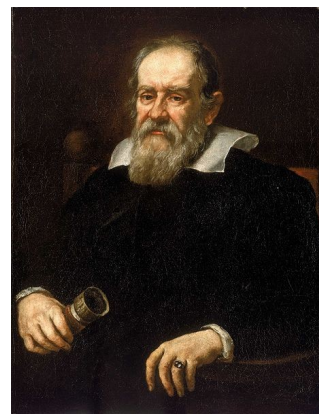
Ján Pišút



Július Krempaský

Mechanika

- Poloha (počet dĺžkových jednotiek)
- Čas (počet opakovaní periodického deja)
- Rýchlosť
- Sila a energia
- Sila a pohyb



Galileo Galilei
1564-1642

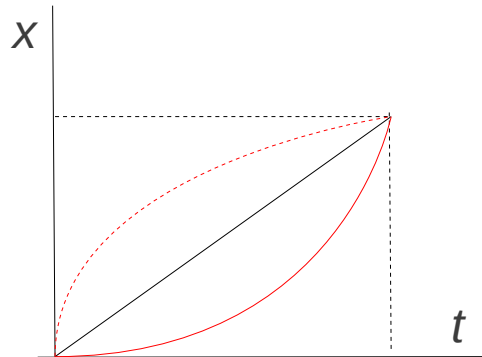
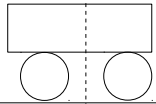


Isaac Newton
1643-1727

Rýchlosť

$$x(t=0)=0$$

$$x(t>0)$$

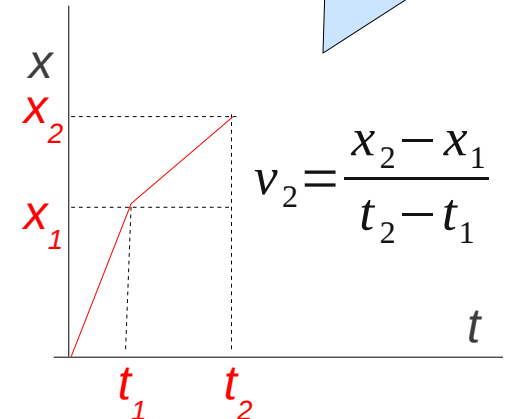


(priemerná) rýchlosť

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad [v] = \text{m/s}$$

Ak je priemerná rýchlosť v každom čase rovnaká = **pohyb s konštantnou rýchlosťou**

Po častiach
konštantná rýchlosť



Príklad 1

Za koľko dní priletí mucha do teplých krajín?

Príklad 2

Adam, Boris a Cyril majú vykopať 10m dlhý výkop. Z ľavého konca bude kopať Adam s Borisom a menia sa každých 5 minút. Adam kope rýchlosťou 0,7 metra za hodinu a Boris rýchlosťou 1,0 metra za hodinu. Z druhého konca kope Cyril rýchlosťou 0,8 metra za hodinu, no keďže kope sám, tak vždy po 4 minútach kopania si dá minutovú prestávku.

Za koľko hodín vykopú celý kanál?

A ďalšie možné otázky by boli:

Kde sa stretnú? Kto bude v momente stretnutia kopať?....

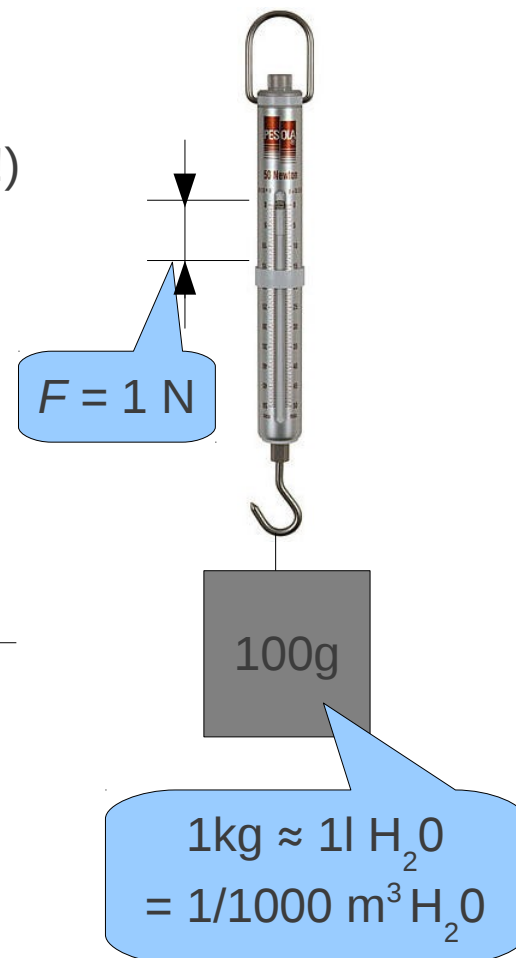
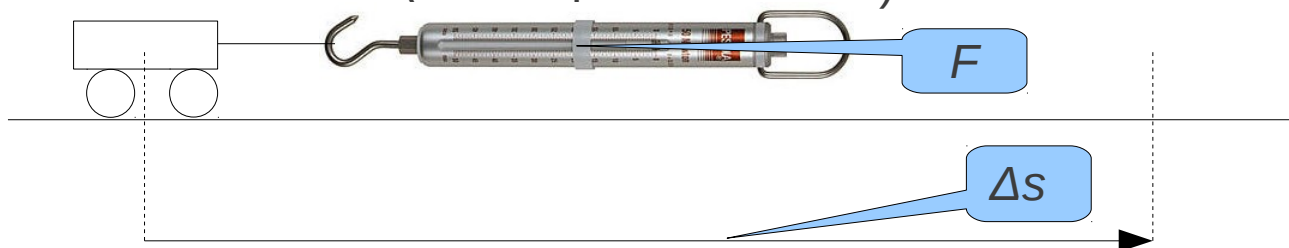
Sila a energia

Sila – meriame ju pomocou silomeru

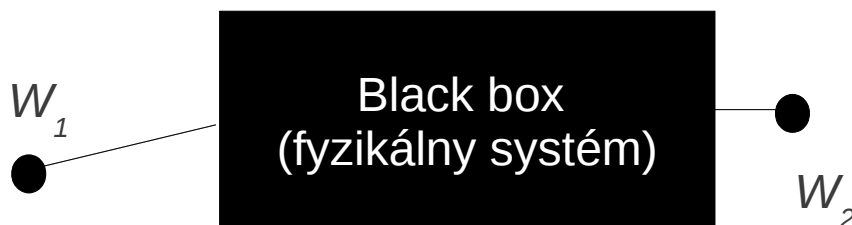
- $[F] = \text{N}$ (Newton)
- 1N: napr. 2 cm $\approx 1/1000 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O}$ (všetko je vzdialenosť!)
- dnes $F = 1\text{N}$ ak $m \approx 101,94\text{g}$ (kvôli $g = 9,81\text{m.s}^{-2}$)

Energia - meriame ju...

- $[E] = \text{J}$ (Joule)
- zavádzame pomocou práce $W = F \Delta s$
- $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$ (všetko je vzdialenosť!)

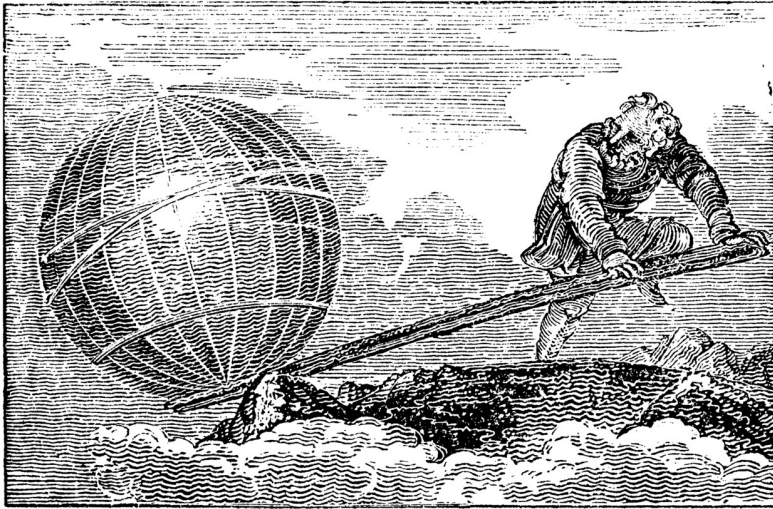


Zákon zachovania energie



$W_1 = W_2$ a tak hovoríme, že medzi okamihmi konania práce mal systém v sebe energiu $E = W_1$

Jednoduché stroje



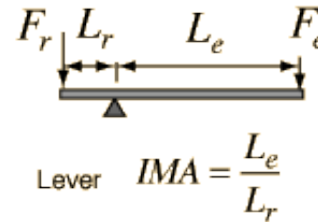
Archimedes: “Dajte mi pevný bod, a ja pohnem svetom” (cca 300 B.C.)

5 jednoduchých strojov antického Grécka:

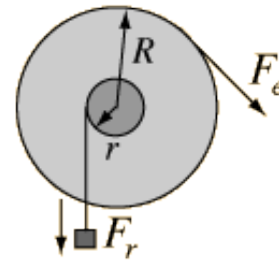
1. Páka
2. Kladka
3. Skrutka
4. Koleso a os (vrátane ozubeného kolesa)
5. Klin

V renesancii pridali

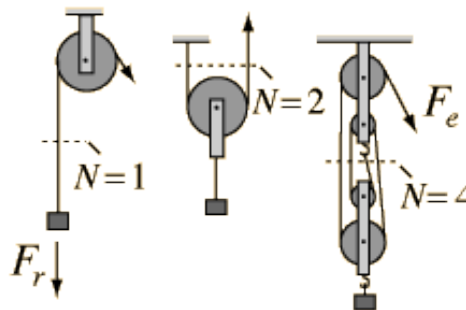
6. Naklonená rovina



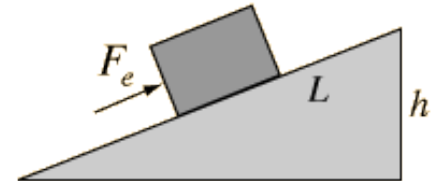
Lever $IMA = \frac{L_e}{L_r}$



Wheel and axle $IMA = \frac{R}{r}$



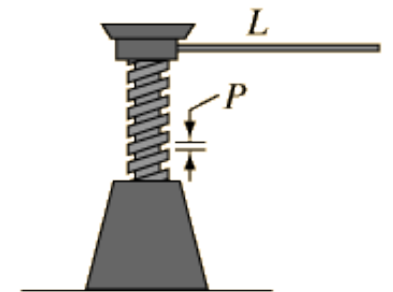
Pulley $IMA = N$



Incline $IMA = \frac{L}{h}$



Wedge $IMA = \frac{L}{t}$



Screw $IMA = \frac{2\pi L}{P}$

Mechanická výhoda $IMA = F_{out} / F_{in}$ vieme odvodiť z práce $F_{in} \Delta s_{in} = F_{out} \Delta s_{out}$

Sila a pohyb

Sila – meriame ju pomocou silomeru

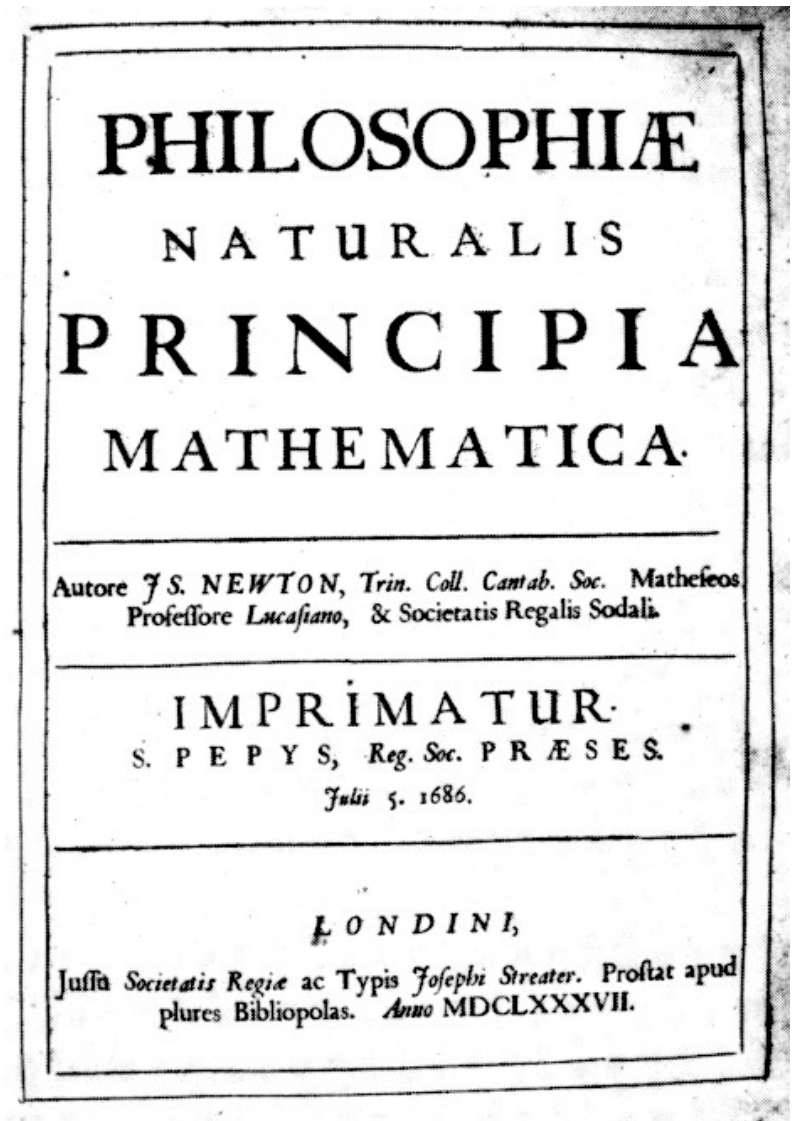
- $[F] = \text{N}$ (Newton)
- pomocou natiahnutia pružiny.

Pohyb - meriame ho súradnicou, rýchlosťou

- Newtonov zákon pohybu
(2. Newtonov zákon)

$$m \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = F_x$$

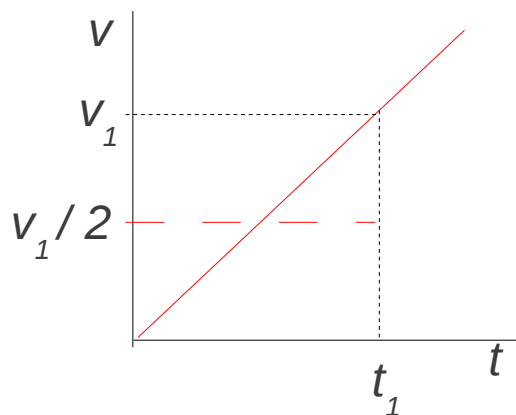
a_x - zrýchlenie



Umožňuje nám nájsť presne ako sa systém hýbe z daného počiatočného stavu do konečného stavu.

Zrýchlenie bodu

(priemerné) zrýchlenie



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1}{t_1}, [a] = m s^{-2}$$

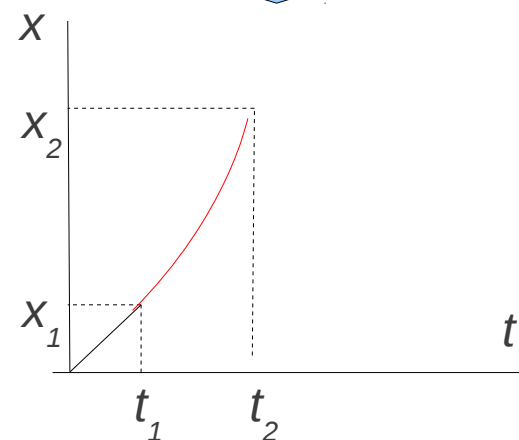
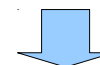
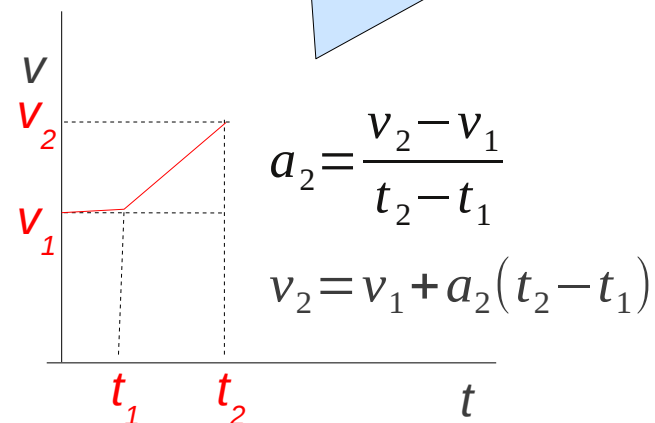
Dráha prejdená za čas t_1 : $x(t_1) = \frac{v_1}{2} t_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$

“...ako keby sa hýbal konštantnou strednou rýchlosťou”

Pre popis pohybu máme nasledovné veličiny a postup:

$$a_x(t) \rightarrow v_x(t) \rightarrow x(t)$$

Po častiach rovnomerne
zrýchlený pohyb

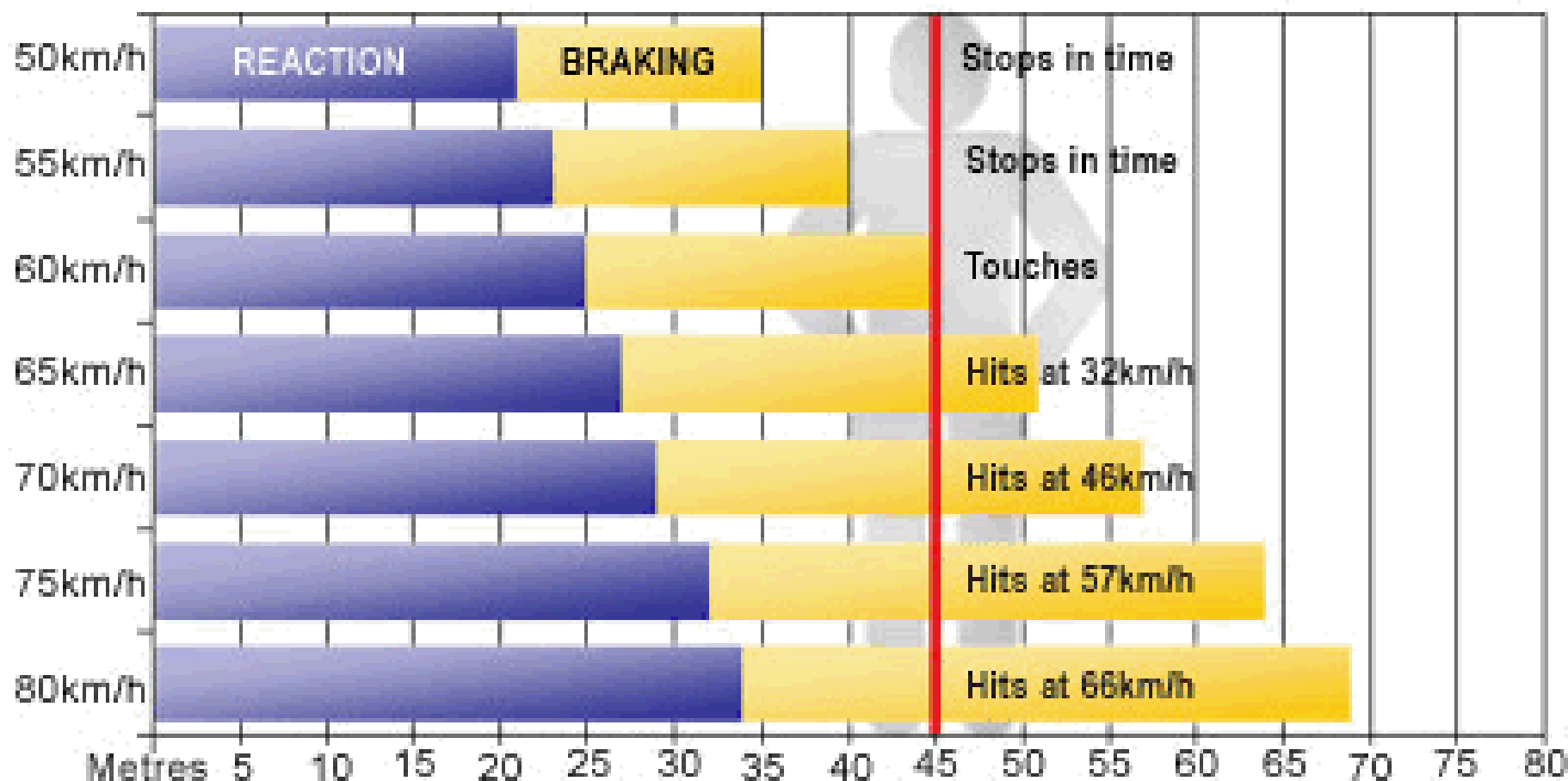


$$\begin{aligned} x(t) &= v_1 t, t < t_1 \\ x(t) &= x_1 + \frac{(v_2 + v_1)}{2} (t - t_1) \\ &= x_1 + v_1(t - t_1) + \frac{1}{2} a_2(t - t_1)^2, t > t_1 \end{aligned}$$

Brzdenie osobného auta

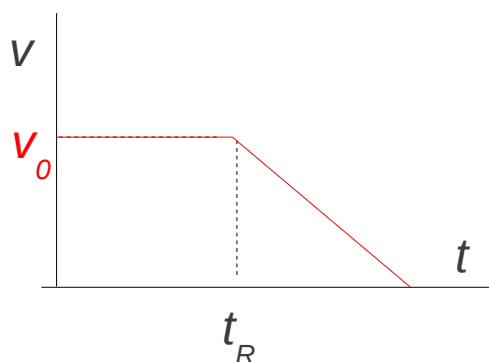
V akej najmenšej vzdialenosti od svojho auta musí šofér spozorovať prekážku na ceste ak chce pred ňou bezpečne ubrzdiť, ak jeho počiatočná rýchlosť bola 130km/h?

Impact speed in dry conditions



Brzdenie osobného auta

V akej najmenšej vzdialenosti od auta musí šofér spozorovať prekážku na ceste ak chce pred ňou bezpečne ubrzdiť, ak jeho počiatočná rýchlosť bola 130km/h?



Z tabuľky:

- Reakčný čas

$$t_R = \frac{s_R}{v_0} = \frac{34\text{m}}{80\text{km/h}} = \frac{34\text{m}}{80 \times 1000\text{m} / 3600\text{s}} = 1,53\text{s}$$

- Spomalenie

$$v(t) = v_0 - at$$

$$v(t_B) = 0 \rightarrow t_B = v_0 / a$$

$$s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$$

$$s_B = \frac{1}{2} at_B^2 \rightarrow a = \frac{v_0^2}{2s_B} = \frac{(80/3,6)^2}{2 \times 35} = 7,05\text{m/s}^2$$

TOTAL STOPPING DISTANCE =
THE TIME IN FEET IT TAKES YOU TO HIT THE BRAKES + HOW MANY FEET IT TAKES TO ACTUALLY STOP THE CAR



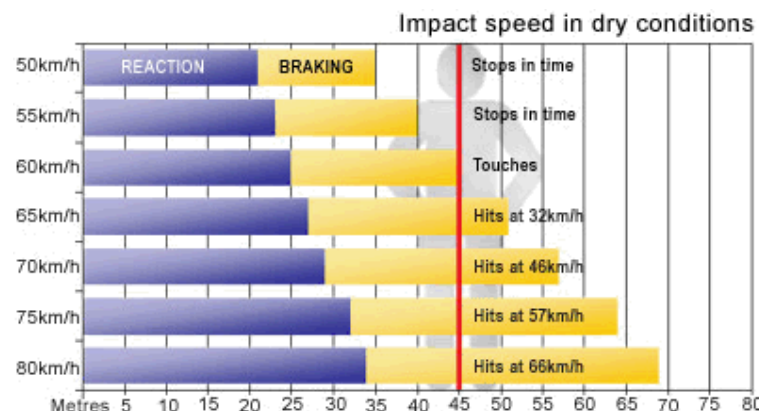
- Celková dráha

$$s = v_0 t_R + \frac{1}{2} at_B^2$$

$$s = v_0 t_R + \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a}$$

$$s = \frac{130}{3,6} 1,53 + \frac{1}{2} (130/3,6)^2 / 7,05 = 55,25\text{m} + 92,48\text{m} = 147,73\text{m}$$

“Šofér musí spozorovať prekážku vo vzdialenosti 148 metrov.”



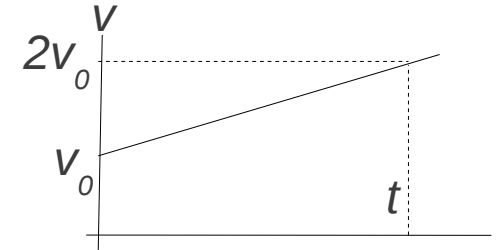
Kvíz

- Rýchlosť bodu sa mení v čase podľa grafu. Ktorý zo vzťahov pre dráhu bodu je správny (a – zrýchlenie, v_0 – počiatočná rýchlosť) ?

a) $s = v_0 t$

b) $s = v_0 t + (1/2) a t^2$, $a = v_0 / t$

c) $s = (3/2) v_0 t$



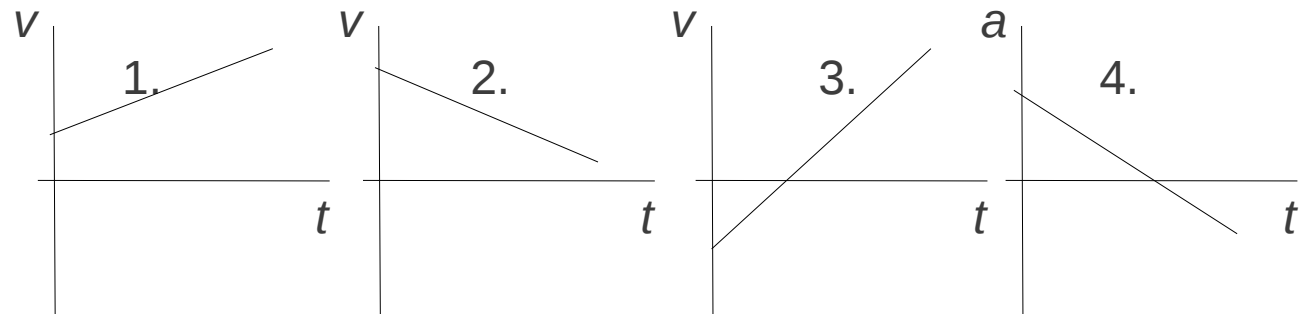
- Auto sa pohybuje v kladnom smere osi x . Ktoré z grafov sú určite nepravdivé?

a) 2. a 4.

b) 3. a 4.

c) 3.

d) 4.



Štruktúra látky

Periodic Table of Elements

1A																	0																		
1	H																	2																	
		IIA																																	
3	Li	4	Be															5																	
				IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA								6																			
11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																				
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	*La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
87	Fr	88	Ra	89	+Ac	104	Rf	105	Ha	106	106	107	107	108	108	109	109	110	110																

* Lanthanide Series

+ Actinide Series

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Legend - click to find out more...

H - gas

Li - solid

Br - liquid

Tc - synthetic

 Non-Metals

Transition Metals

 Rare Earth Metals

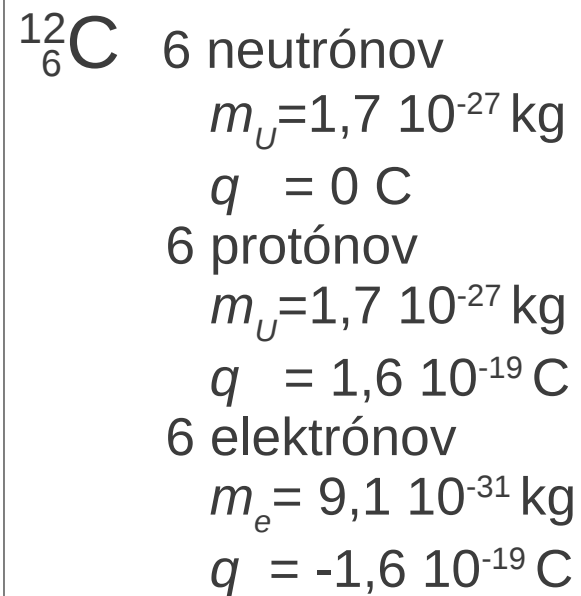
Halogens

Alkali Metals

Alkali Earth Metals

Other Metals

 Inert Elements



Protónové číslo

Z = počet protónov
= počet elektrónov
v neutrálnom stave

zo začiatku tabuľky je
Nukleónové číslo
 $A = 2 \times Z$

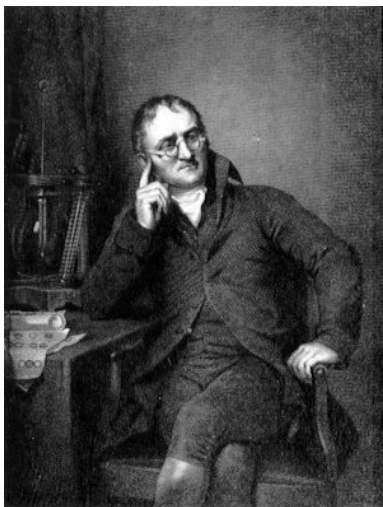
Chemické prvky podľa Daltona

John Dalton – Zákon zlučovacích pomerov hmotností (1803)

$12\text{g C (grafit)} + 16\text{g O}_2\text{ (plyn)} \rightarrow 28\text{g CO (plyn)}$

$12\text{g C (grafit)} + 32\text{g O}_2\text{ (plyn)} \rightarrow 44\text{g CO}_2\text{ (iný plyn)}$

$32/16 = 2$ malé celé číslo



Atómová hypotéza: na každú malú čiastočku grafitu sa môže napojiť práve jedna alebo dve malé čiastočky kyslíku.

=> Poznáme pomery hmotností rôznych látok s rovnakým počtom častíc.

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

SCIENCEPHOTOLIBRARY

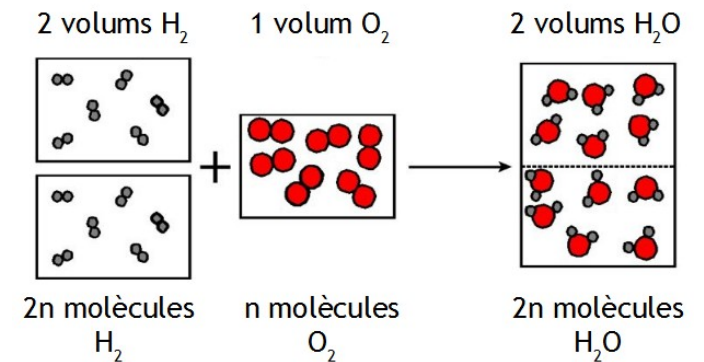
Avogadrova konštanta

Avogadro (1811): “Vo zvolenom objeme plynu, pri danej teplote a tlaku je počet častíc v ňom vždy rovnaký, nezávisle od druhu plynu.”



Jean Perrin (1909) : “V 32g O_2 ich je $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$.”

Napr. pomocou elektrolýzy $N_A = F / e$



Látkové množstvo - n

- $[n] = 1 \text{ mol}$
- také množstvo látky, že počet jej čiastočiek je $N = n N_A$
- hmotnosť 1 molu O_2 $M_m = 32 \text{ g.mol}^{-1}$
 hmotnosť 1 molu C $M_m = 12 \text{ g.mol}^{-1}$
 hmotnosť 1 molu H $M_m = 1 \text{ g.mol}^{-1}$

$$m_U = M_m / N_A = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$
- teraz možno nájsť aj vzdialenosť medzi atómami v tuhej látke:

$$l = \sqrt[3]{\frac{V_{1\text{mol}}}{N_A}}$$

$V_{1\text{mol}}$ - taký objem látky, aký má hmotnosť
jedného molu, napr. 12g C
 $l \approx 10^{-10} \text{ m}$

Príklady prejavu atomárnej štruktúry

Stavová rovnica ideálneho plynu

$$p V / T = n R , \quad R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \quad (\text{Molová plynová konštanta})$$

Tepelná kapacita pri konštantnom objeme

$$Q = m c_v \Delta T = n C_v \Delta T$$

c_v merná tepelná kapacita pri konštantnom objeme

C_v molová tepelná kapacita pri konštantnom objeme

Tuhé látky $C_v = 3 R$ (Dulong-Petitov zákon)

Plyny $C_v = 3/2 R$ jedno-atómové (Ar)

$C_v = 5/2 R$ dvoj-atómové (O_2 , N_2)

$C_v = 7/2 R$ troj- a viac-atómové (CH_4)

A mnohé ďalšie...

Hmotnosť CO₂

Koľko kilogramov CO₂ vytvoríme spálením $V = 1\ell$ benzínu, ak vieme, že hustota benzínu je $\rho = 0.75\text{g/cm}^3$ a len 85% hmotnosti benzínu predstavuje uhlík?

Dopovanie polovodiča

Germániový polovodič typu n získame roztavením 100g čistého germánia a $3,22 \cdot 10^{-6}$ g antimónu. Vypočítajte hustotu atómov antimónu vo výslednom materiáli za predpokladu, že antimón je v germánii rozložený homogénne. [Hustota germánia je $5,46 \text{ g.cm}^{-3}$, molová hmotnosť antimónu je $121,76 \text{ g.mol}^{-1}$.]

Zdroje obrázkov

- [1] <http://www.army.mil/article/42721/>
- [2] <http://www.britannica.com/EBchecked/media/73678/Electromagnetic-wave-showing-that-electric-field-vector-E-and-magnetic>
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Prism_%28optics%29
- [4] <http://www.atomicarchive.com/Bios/FeynmanPhoto.shtml>
- [5] http://www.vesmir.cz/files/obr/nazev/2001_092_05.jpg/type/html
- [6] http://spravy.pravda.sk/pisut-titul-univerzita-uroven-skoly-nezdvihne-f5b-/sk_domace.asp?c=A081205_090856_sk_domace_p29
- [7] http://sk.wikipedia.org/wiki/J%C3%BAlius_Krempask%C3%BD
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei
- [9] http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/newton_isaac.shtml
- [10] <http://www.industrial-needs.com/technical-data/force-tester-with-newton-division.htm>
- [11] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/Archimedes_lever.png/1280px-Archimedes_lever.png
- [12] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mechanics/simmac.html>
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Pulley>
- [14] <http://www.sciencemuseum.org.uk/images/I033/10303328.aspx>
- [15] <http://www4.ncsu.edu/~kimler/hi322001/principia.htm>
- [16] Ucebnica Fyziky pre 6. ročník.
- [17] <http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/chemistry-in-history/themes/the-path-to-the-periodic-table/dalton.aspx>
- [18] <http://www.sciencephoto.com/media/363928/enlarge>
- [19] http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Avogadro_H2O.png