



doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.
Mgr. Martina Horváthová

Fyzika

pre 3. ročník gymnázia

a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom



Obsah

Úvod

1. Elektromagnetické vlnenie, svetlo 7

1.1	Spektrum elektromagnetického vlnenia	7
1.2	Lúč svetla, odraz svetla	10
1.3	Lom svetla	13
1.4	Úplný odraz, lom na hranole, spektroskop	16
1.5	Difrakčná mriežka, interferencia svetla	18
1.6	Šošovky	21
1.7	Okno, okuliare, lupa	24
1.8	Fyzikálne veličiny spojené so svetlom	27
1.9	Prenos signálu elektromagnetickým vlnením, digitalizácia signálu	29
1.10	Digitalizácia obrazu	32
1.11	Prenos informácií	33
1.12	Zhrnutie, úlohy	36

2. Atóm 43

2.1	Veľkosť atómu a počty atómov v látke	43
2.2	Kvantovanie elektrického náboja, elektrón	45
2.3	Ako vyzerá atóm	49
2.4	Fotoelektrický jav	51
2.5	Meranie energie elektrónov uvoľnených pri fotoelektrickom jave	54
2.6	Atóm ako zdroj svetla	56
2.7	Röntgenové žiarenie	58

3. Jadro atómu 61

3.1	Zákony zachovania v jadre atómu	61
3.2	Jadrová syntéza a štiepenie jadier	65
3.3	Objav rádioaktívneho žiarenia	68
3.4	Fyzikálne veličiny súvisiace s rádioaktivitou	71
3.5	Účinky ionizujúceho žiarenia a jeho využitie	73
3.6	Zhrnutie, úlohy	77

4. Energia 81

4.1	Formy energie	81
4.2	Elektrický ohrievač, motor a tepelné čerpadlo	85
4.3	Voda a energia	88

5. Niektoré pojmy a vzťahy 91

Úvod

Učebnica je určená pre študentov, ktorí končia povinný gymnaziálny kurz fyziky. Pripravená je v súlade so Štátnym vzdelávacím programom. Poskytuje však aj materiál a námety na rozšírenie vyučovania a pre samostatnú prácu nad rámec tohto vzdelávacieho programu. Ak sa chystáte maturovať z fyziky a na vysokej škole študovať niektorý z prírodovedných alebo technických odborov, mali by ste použiť učebnicu fyziky určenú na prípravu na takéto štúdium.

V predchádzajúcom štúdiu ste sa na primeranej úrovni naučili fyzikálne myslieť, pozorovať javy okolo seba a zapisovať si výsledky pozorovaní, merať hodnoty niektorých fyzikálnych veličín, naplánovať, zrealizovať a vyhodnotiť experiment. Cieľom vašich učiteľov fyziky bolo tiež pomôcť vám naučiť sa čítať prírodovedné texty a prečítaný text primerane interpretovať. Naučili ste sa používať v komunikácii fyzikálne veličiny a ich jednotky, grafy závislosti jednej fyzikálnej veličiny od inej fyzikálnej veličiny, schémy rôznych aparátúr a zariadení. Naučili ste sa pracovať v tíme a prezentovať výsledky svojej práce. Už dokážete klásť otázky – učiteľom, spolužiakom i prírode samotnej. Naučili ste sa tiež interpretovať odpovede, ktoré ste získali. „Rozumné odpovede sú možné len na rozumné otázky, a preto skôr, ako sa niečo opýtame, mali by sme rozmýšľať nad tým, čo nám ten koho sa pýtame pravdepodobne odpovie, alebo čo nám odpovie príroda sama, ak sa pýtame.“ z rozhovoru s prof. RNDr. Jozefom Masarikom, DrSc., dekanom Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 10. augusta 2012.

V tejto učebnici prinášame množstvo informácií, ktoré sa Vám zídu v bežnom živote. Väčšina z týchto informácií je určená na to, aby ste sa s nimi len oboznámili. Keď ich raz budete potrebovať, budete si ich vedieť vyhľadať vo svojom zdroji informácií a mali by ste ich vedieť primeraným spôsobom použiť. Každý človek so všeobecným vzdelaním by mal byť schopný primeraným spôsobom komunikovať s odborníkmi z jednotlivých oblastí prírodných vied a techniky.

Už na prvý pohľad je zrejmé, že nových pojmov je v tejto učebnici oveľa viac, ako v predchádzajúcich ročníkoch. Tak to je práve preto, lebo väčšina z týchto pojmov nie je určená na trvalejšie zapamätanie, ale iba na spracovanie v rámci danej témy, či pri riešení danej úlohy. Odporúčame vám, popri výklade učiteľa a aktivitách realizovaných pod jeho vedením, aj samostatne pracovať s touto učebnicou a s vašimi zdrojmi informácií. Taktiež vám odporúčame spojiť učivo s vedomosťami, ktoré ste získali mimo školy, napríklad z televízie alebo z vašej činnosti v prírodovedných a technických kluboch a krúžkoch.

V tejto učebnici sa vo veľkej miere venujeme oblastiam fyziky, ktoré sa výrazne vyvíjali v dvadsiatom storočí. Viaceré zo zásadných objavov vedy, ktoré ovplyvnili život ľudí, boli ocenené rôznymi cenami. Najznámejšia je Nobelova cena, ktorá sa každoročne udeľuje za zásadný vedecký výskum, technické objavy a za prínos pre ľudstvo. Udeľuje sa každoročne od roku 1901 s výnimkou rokov 2. svetovej vojny. Súčasťou ceny je finančná odmena približne 850 000 EUR. Pôvodným cieľom tejto odmeny bolo umožniť pokračovať vo výskume či práci bez starosti o ich finančné zabezpečenie. Dnes už tento dôvod nie je až tak aktuálny. Oblasti vedy priamo súvisiace s objavmi, ktoré boli ocenené Nobelovou cenou, sme vyznačili poznámkou na okraji textu. Zámerne sme neuvádzali mená vedcov, ktorým bola táto cena udelená.

Nobelova cena



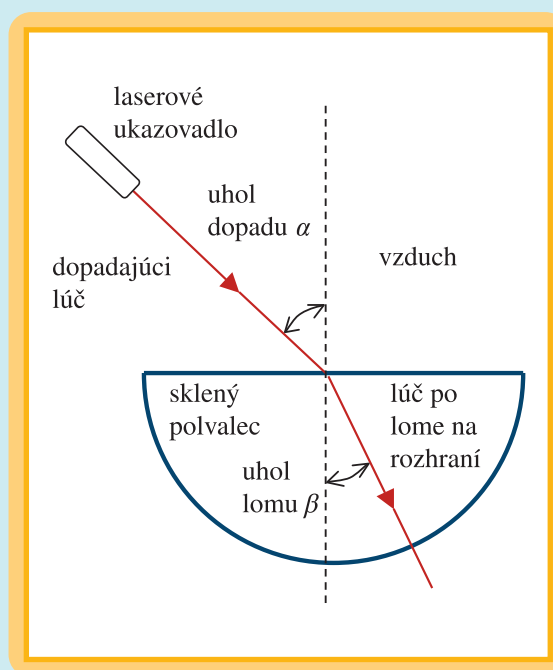
Posúďte prácu
rovesníkov

Príprava experimentu: Počas prípravy tohto experimentu sme pozorovali, že lúč svetla z lasera sa od rozhrania vzduchu a skla odráža späť do vzduchu, ale aj láme do skla. Tiež sme pozorovali, že keď lúč svetla dopadne na rozhranie kolmo, smer lúča sa nezmení. Ak lúč svetla dopadne na rozhranie pod uhlom dopadu α , potom lúč prechádza do skla pod uhlom lomu β menším ako uhol α .

Cieľ experimentu: V tomto experimente chceme preskúmať závislosť uhla lomu od uhla dopadu.

Hypotéza: Predpokladáme, že pri lome zo vzduchu do skla je uhol β priamo úmerný uhlu α a uhol β je menší, než uhol α . Tento predpoklad je založený na pozorovaní, ktoré sme zrealizovali.

Aparatúra: Použijeme laserové ukazovadlo a uhlomer 360°. Na uľahčenie merania použijeme sklený polvalec, lúč svetla necháme dopadať do stredu krivosti polvalca tak, ako to je znázornené na obrázku. Celá aparatúra je položená na stole a stred uhlomera je v strede krivosti polvalca.



Uhol dopadu budeme meniť po 5°, od 0° po 85°.

Namerané údaje:

Konštanty: lúč svetla bol počas celého experimentu z jedného lasera a bol červený. Rozhranie bolo zo vzduchu do skla.

Ďalšie údaje sú v tabuľke:

č. m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$\alpha(^{\circ})$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
$\Delta\alpha = \pm 1^{\circ}$																	
$\beta(^{\circ})$	3	7	10	13	16	19	22	25	28	31	33	35	37	39	40	41	N
$\Delta\beta = \pm 1^{\circ}$																	

Meranie pre uhol dopadu 85° sa nám nepodarilo zrealizovať, uhol medzi dopadajúcim lúčom a rovinou rozhrania bol príliš malý.

Spracovanie nameraných údajov: Naša hypotéza by sa mala potvrdiť tak, že grafom závislosti uhla lomu od uhla dopadu by mala byť priamka prechádzajúca nulou. Zostrojme teda tento graf.

1.6 Šošovky

Prístroje a zariadenia slúžiace na zobrazovanie predmetov zvyčajne obsahujú telesá, ktoré sa nazývajú **šošovky**. V prístrojoch sa zvyčajne používajú sklené šošovky, pri experimentoch v škole sa niekedy používajú zjednodušené modely šošoviek. Špecifikom tejto časti je, že sa v nej nevenujeme fyzike ako prírodovednému predmetu, ale skôr fyzike ako základom techniky. Máme isté „súčiastky“ – šošovky, chceme popísať ich vlastnosti a tiež chceme naznačiť, ako z nich možno poskladať zariadenia slúžiace na rôzne účely. Pri takomto postupe sa nevieme vyhnúť používaniu špecifickej terminológie. S väčšinou pojmov ste sa už stretli. Ak ste tieto pojmy od vtedy nepoužívali, budete si ich môcť zopakovať.

Šošovka je teleso z priehľadného materiálu, ktorého rozhrania sú guľové plochy, prípadne jedno z rozhraní môže byť aj rovina. Hrúbka šošovky je výrazne menšia, než polomery krivosti guľových plôch a tiež menšia, ako je polomer šošovky. Príklady šošoviek sú na obrázku. Šošovky majú zaujímavú vlastnosť, ktorú si v nasledujúcich riadkoch opíšeme. Predstavme si bod, z ktorého vychádza svetlo (bodový zdroj svetla). Niektoré lúče tohto svetla nechajme dopadať na šošovku. Ak sa dva z týchto lúčov po prechode šošovkou stretnú, potom môžeme s dosť veľkou presnosťou povedať, že sa v tomto bode stretnú všetky lúče, ktoré šošovkou prešli. Túto vlastnosť šošoviek môžeme použiť pri konštrukcii obrazu pri zobrazovaní predmetov šošovkami a skupinami šošoviek.

Šošovky rozdeľujeme na **spojné šošovky** a **rozptylné šošovky**. O tom, či je šošovka spojná alebo rozptylná rozhodujú nasledovné parametre šošovky:

- index lomu materiálu šošovky n_2 ,
- index lomu okolitého prostredia n_1 ,
- dutosť alebo vypuklosť lámavých plôch,
- polomery krivosti lámavých plôch r_1 a r_2 .

Úloha

Prekreslite si šošovky z predchádzajúceho obrázka do zošita. Predpokladajte, že svetlo bude na šošovky dopadať zľava, teda že ľavé rozhranie je prvé a pravé rozhranie je druhé. Pre obidve šošovky vyznačte polomery krivosti r_1 a r_2 a rozhodnite, ktoré z rozhraní sú duté a ktoré vypuklé.

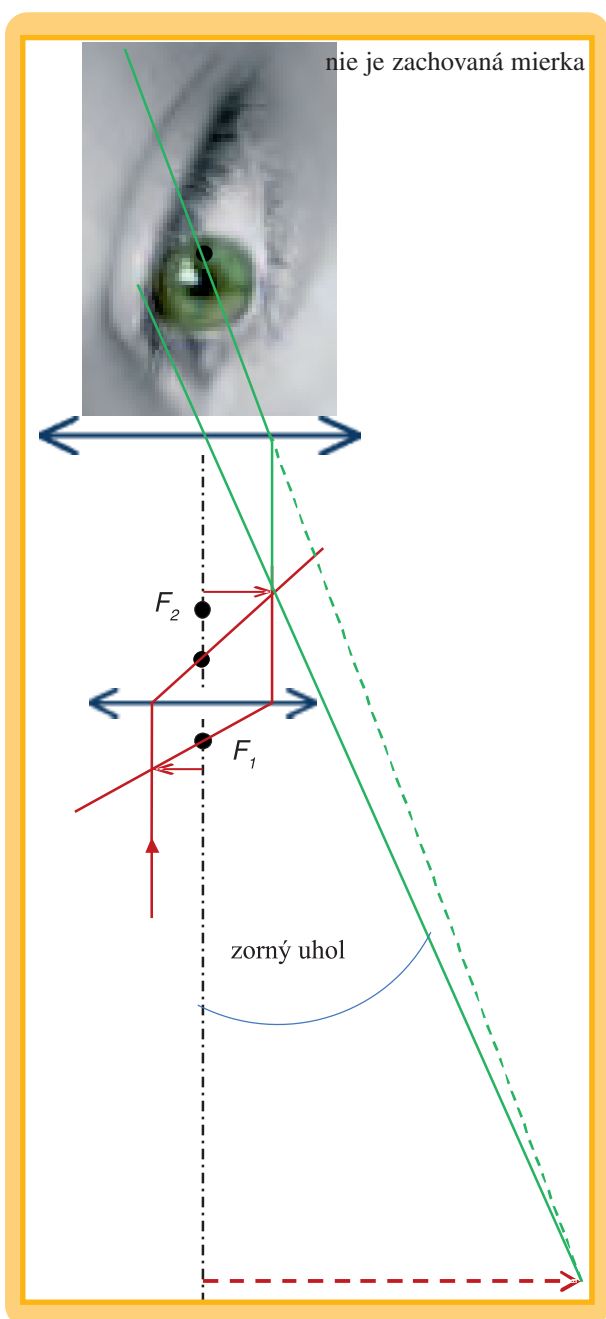
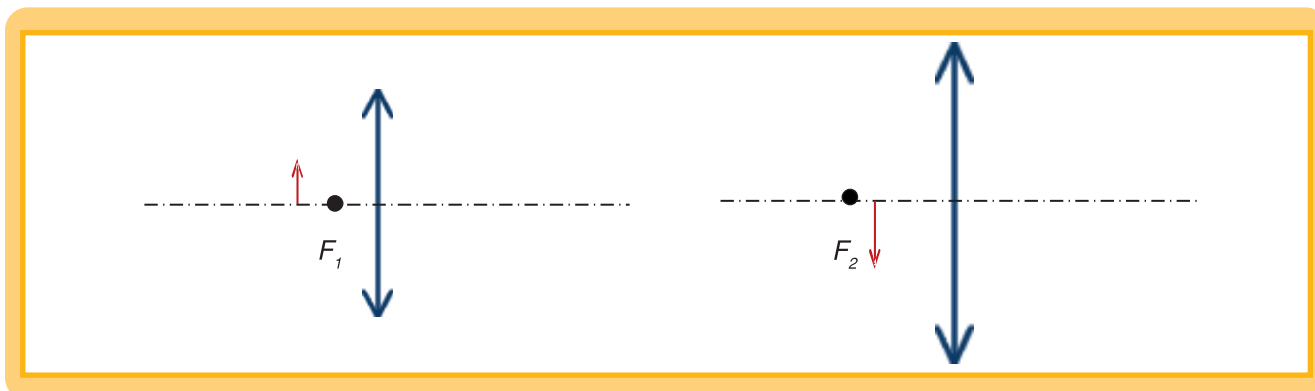
Na nasledujúcom obrázku je schematická značka **spojnej šošovky** a tiež niekoľko lúčov vychádzajúcich z jedného bodu nazvaného **predmet**. Červenou farbou sú zvýraznené lúče, ktoré sa zvyčajne dajú skonštruovať najjednoduchšie. Tieto lúče nazývame **význačné lúče**.

Šošovka



Spojná šošovka

10. V tejto úlohe sme zobrazovaný predmet znázornili šípkou kolmou na optickú os.
Zostrojíme schému mikroskopu.
a) Nájdite obraz vyznačených predmetov.



- b) Schémy v bode a) nakreslite tak, že predmet schémy z pravej časti obrázka bude totožný s obrazom predmetu z ľavej časti obrázka, pričom polohy predmetov voči ohniskám ostanú približne zachované. Vznikne vám sústava dvoch šošoviek zobrazujúca predmet tak, ako sme to znázornili na obrázku vľavo. Uvedomte si, že písmenom sme označili iba predmetové ohniská. Ďalej si uvedomte, že sme zobrazili lúče potrebné na konštrukciu (nájdanie polohy a vlastností) obrazu, nie lúče vchádzajúce do oka. Červenou farbou sme označili lúče vhodné na konštrukciu obrazu prvou šošovkou (objektívom), zelenou farbou lúče vhodné na konštrukciu obrazu druhou šošovkou (okulárom). Môžeme povedať, že obraz budeme vidieť, pretože pre každý bod predmetu sa dajú nájsť také lúče, ktoré po lome na oboch šošovkách vchádzajú do oka.
- c) Odôvodnite, prečo sa bod predmetu ležiaci na optickej osi zobrazí na optickú os tak, ako je to znázornené na obrázku vľavo.
- d) Uvedomte si, že bez použitia prístroja môžeme vidieť predmet pod zorným uhlom daným veľkosťou predmetu a vzdialenosťou od oka 25 cm (konvenčná zraková vzdialenosť). Pri sledovaní predmetu mikroskopom vidíme predmet pod zorným uhlom znázorneným na obrázku. Tento môže byť až 2 000-krát väčší.

energia fotónov s väčšou vlnovou dĺžkou nestačí. Ultrafialové žiarenie má kratšie vlnové dĺžky ako viditeľné fialové svetlo.

Slnčné žiarenie obsahuje aj ultrafialovú zložku. Našťastie pre život na Zemi väčšinu tohto ultrafialového žiarenia pohlcuje tenká ozónová vrstva v stratosfére vo výške 10 – 40 km nad Zemou. Ozónovú vrstvu tvoria molekuly skladajúce sa z troch atómov kyslíka, teda molekuly ozónu.

Ozónová diera

Jedným z ekologických problémov súčasnosti je to, že ľudskou činnosťou vyrábame radikály ako NO^- , N_2O^- , Cl^- a Br^- , ktoré pôsobia ako katalyzátor pri chemických reakciách ničiacich molekuly O_3 .

Zvýšené množstvo ultrafialového žiarenie je pre človeka nebezpečné.

Úloha

Pri meraní fotoelektrického javu sme odmerali elektrický prúd prechádzajúci obvodom. Jeho hodnota bola 2,3 pA. Určte, koľko elektrónov sa z osvetlenej elektródy uvoľnilo za jednu sekundu.

Riešenie: Vieme, že elektrický prúd je definovaný ako podiel náboja, ktorý prešiel prierezom vodiča za časový interval a tohto časového intervalu. Za jednu sekundu teda prejde prierezom vodiča elektrický náboj $2,3 \text{ pC} = 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ C}$. Tento elektrický prúd je zapríčinený usmerneným pohybom elektrónov, z ktorých každý má náboj $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Elektrónov teda musí byť $1,4 \cdot 10^7$.

2.6 Atóm ako zdroj svetla

Nobelova cena, 1921

V učebnici z predchádzajúceho ročníku sme sa zaoberali aj vedením, prúdením a žiarením tepla. Spomenuli sme, že každé teleso vyžaruje elektromagnetické žiarenie. Pri nízkych teplotách žiarenie nevidíme, lebo je najmä v oblasti infračerveného žiarenia. Pri vyšších teplotách sa dostáva do oblasti svetla.

V tejto časti sa v krátkosti oboznámime s ďalším spôsobom vzniku elektromagnetického žiarenia. Elektromagnetické žiarenie vzniká aj v obale atómu. Elektróny v obale atómu sa môžu nachádzať iba v istých stavoch a tieto stavy sú dané hodnotami energie. Nie je jednoduché prostriedkami klasickej fyziky, teda prostriedkami dostupnými našim zmyslom, opísať existenciu elektrónov v obale atómu. V ďalšom budeme používať iba tie najjednoduchšie modely. Základom týchto modelov je hodnota energie elektrónov.

V predchádzajúcom texte je uvedené, že jeden atóm uvoľní približne $300 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.
 Za deň teda spotrebujeme $\frac{4 \cdot 10^{13} \text{ J}}{300 \cdot 10^{-13} \text{ J}} = 1,4 \cdot 10^{24}$ atómov uránu.

Dá sa vyhľadať informácia, že hlavným palivom je izotop uránu ${}^{235}_{92}\text{U}$, tento má 235 nukleónov. Jeho hmotnosť je teda približne $235 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$. Celkovo teda za jeden deň minieme $1,4 \cdot 10^{24} \cdot 4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = 0,53 \text{ kg}$ uránu.

3.3 Objav rádioaktívneho žiarenia

Nobelova cena, 1903

Za deň zrodu jadrovej fyziky môžeme považovať 2. marec 1896 keď H. Becquerel predniesol svoj prvý referát o “uránovom žiarení” na zasadnutí Akadémie vied v Paríži. Druhým rozhodujúcim príspevkom bol objav atómového jadra založený na výsledkoch pokusov H. Geigera, E. Marsdena a E. Rutherforda a na Rutherfordovej analýze týchto výsledkov. O tomto objave sme hovorili v časti 2.3.

Úloha

Prečítajte si nasledujúce dva odseky a zrealizujte aktivitu uvedenú v závere úlohy.

Becquerelov objav bol sčasti náhodný a sčasti nie. Nasledoval po tom, čo sa H. Becquerel dozvedel o Röntgenových X-lúčoch a chcel zistiť, či nesúvisia s luminiscenciou. Luminiscencia je jav, pri ktorom teleso ožiarené elektromagnetickým žiarením sa istý čas po ožiarení správa ako zdroj elektromagnetického žiarenia. Vybral si kryštál soli obsahujúcej urán, ktorý už dávnejšie pripravil so svojim otcom. Vedel, že táto soľ má luminiscenčné vlastnosti. Kryštál položil na fotografický papier dôkladne zabalený v neprievitnom čiernom papieri a celé to vystavil na niekoľko hodín na slnečné svetlo. Keď papier vyvolal, objavila sa na ňom silueta kryštálu. Predpokladal, že jeho hypotéza bola správna a že po ožiarení slnečným svetlom uránová soľ vysiela žiarenie ľahko prechádzajúce čiernym papierom. Becquerel chcel pokus zopakovať. Pripravil si nový fotografický materiál zabalený do čierneho papiera, položil naň kryštál uránu a všetko uložil do zásuvky. Nasledujúci deň to chcel len vybrať a vyložiť na slnečné žiarenie. Ale Slnko v Paríži niekoľko dní nesvietilo. Po niekoľkých dňoch sa chcel presvedčiť o tom, ako účinok klesá s časom. Predpokladal totiž, že slnečné svetlo spôsobuje to, že uránová soľ vydáva prenikavé žiarenie. Toto prenikavé žiarenie by nemuselo prestať ihneď po tom, ako skončilo pôsobenie slnečného žiarenia na kryštál soli. A tak vyvolal fotografický papier. V našom odhade sme neuvažovali o koncentrácii uránu v palive. Tiež sme zanedbali hmotnostný úbytok jadier uránu. Zistil, že sčernenie sa nielenže nezmenšilo, ale zväčšilo. Jedným z možných vysvetlení bolo, že po ožiarení slnečným svetlom vysiela uránová soľ prenikavé žiarenie dlhý čas. Becquerel ale ukázal, že intenzita prenikavého žiarenia s časom neklesá. Prenikavé žiarenie vysiela aj tie



Prvý Newtonov pohybový zákon: Teleso zotrúva v stave pokoja, alebo v rovnomernom priamočiarom pohybe dovtedy, kým nie je nútené pôsobením vonkajších síl tento pohybový stav zmeniť.

Druhý Newtonov pohybový zákon: Zrýchlenie telesa je priamo úmerné výslednej pôsobiacej sile a nepriamo úmerné hmotnosti telesa $a = \frac{F}{m}$. Smer zrýchlenia je rovnaký ako smer výslednej pôsobiacej sily. Alternatívne vyjadrenie:

$$F\Delta t = \Delta p; \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t}.$$

Tretí Newtonov pohybový zákon: Dve telesá na seba pôsobia rovnako veľkými, opačne orientovanými silami.

Mechanická práca $W = Fs$; $W = F_p s = Fs \cos \alpha$

Práca silou vykonaná - práca sily pôsobiacej v smere pohybu telesa.

Práca silou „spotrebovaná“ - práca sily pôsobiacej proti smeru pohybu telesa.

Gravitačná potenciálna energia (Tiažová potenciálna energia): $E_p = mgh$

Zmena gravitačnej potenciálnej energie $\Delta E_p = GmM \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$

Potenciálna energia pružnosti $E_e = \frac{1}{2} kx^2$

Kinetická energia $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

Výkon $P = \frac{W}{t}$

Výkon pri mechanickom pohybe $P = Fv$

Výkon elektrického prúdu $P = UI = FR = \frac{U^2}{R}$

Výkon striedavého prúdu $P = UI \cos \varphi$

Výkon vyžarovaný z povrchu telesa $P = \sigma ST^4$

Účinnosť $\eta = \frac{\text{výkon}}{\text{príkon}} = \frac{E_{\text{VYUŽ}}}{E_{\text{DOD}}}$

Zmena teploty pri dodaní energie $\Delta t = \frac{Q}{mc}$

Účinnosť tepelného stroja $\eta = \frac{W}{Q_T} < 1 - \frac{T_{\text{CH}}}{T_T}$

Koeficient účinnosti tepelného čerpadla $COP = \frac{Q_{\text{CH}}}{W} < \frac{T_{\text{CH}}}{T_T - T_{\text{CH}}}$

Jednotky energie $1\text{ kWh} = 3,6\text{ MJ}$; $1\text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ J}$

Elektrický prúd $I = \frac{Q}{t}$; $I = \frac{U}{R}$

Elektrický odpor vodiča $R = \rho \frac{l}{S}$