1. **DRUHY ENERGIE A ICH VZÁJOMNÉ PREMENY**

Energia je schopnosť telies konať prácu.

**Veličina energia charakterizuje istý stav sústavy, kým veličina práca charakterizuje dej, pri ktorom nastáva premena alebo prenos energie.**

**Práca** je definovaná vzťahom



kde α je uhol , ktorý zviera vektorová priamka sily F so smerom posunutia. Ak uhol α ∈ (od 0 do 90 stupňov, potom sa práca koná, ak uhol α ∈ (od 90 do 180 stupňov, potom cos α < 0 a práca sa spotrebúva.

V každej sústave platí, že práca, ktorú teleso koná, rovná sa energii, ktorú telesu dodávame.



Existuje niekoľko druhov energií, ktoré sa môžu vzájomne premieňať na iné formy. Jednotkou práce je Joule.

**1 Joule je práca, ktorú vykoná sila 1 newton pôsobiace v smere posunutia po dráhe 1 meter.**

1. **MECHANICKÁ ENERGIA**

Mechanická energia je súčtom **kinetickej energie** hmotného bodu a **potenciálnej energie** hmotného bodu vzhľadom na sústavu teleso - Zem.

**a, kinetická energia** je energia, ktorú majú všetky hmotné body pohybujúce sa rýchlosťou veľkosti v vzhľadom na danú sústavu. Je daná vzťahom



kde m je hmotnosť telesa a Ws = Fs = ma.0,5.at2 = 0,5 mv2 je práca , ktorú vykonajú sily veľkosti F pôsobiace na daný hmotný bod po dráhe s.

**Kinetická energia je číselne rovná práci, ktorú musíme vykonať, aby sme telesu s hmotnosťou m udelili rýchlosť v.** Jej jednotkou je [ Ek ] = kg.m-2.s-2 = kg.m.s-2.m = Nm = J = 1 Joule.

**b, potenciálna energia** je energia, ktorú majú telesá umiestnené v určitej výške h nad povrchom Zeme ( je to tzv. **potenciálna energie tiažová** Ep. Hodnota potenciálnej energie tiažovej je číselne rovná práci vykonanej tiažovými silami pri premiestnení telesa s hmotnosťou m z výšky h na povrch Zeme :



Z uvedeného plynie, že na povrchu Zeme má teleso nulovú potenciálnu tiažovú energiu. Miesta, v ktorých má teleso rovnakú potenciálnu energiu, nazývajú sa **hladiny potenciálnej energie.** Hodnotu hladiny nulovej potenciálnej tiažovej energie je možné voliť podľa potreby. **Hodnota potenciálnej energie závisí od voľby nulovej hladiny potenciálnej energie.**

Práca, vykonaná tiažovou silou pri posunutí telesa z miesta s vyššou potenciálnou energiou EP1 = mgh1 do miesta s nižšou potenciálnou energiou EP2 = mgh2 ( h1 > h2 je rovná



**Ak sa potenciálna tiažová energia telesa zvyšuje, práca tiažových síl sa spotrebúva a naopak :**

Pri pohybe telesa pôsobením tiažovej sily potenciálna energie sústavy Zem-teleso klesá ( začiatočná EP1 > koncová EP2 )a tiažová sila koná prácu W = -(EP2 - EP1 ) , (-ΔEp) > 0. Pri pohybe smerom nahor ( EP2 > EP1 ) sa jeho potenciálna energia zvyšuje a práca tiažovej sily W = -(EP2 - EP1 )< 0 sa spotrebúva.

Pre izolované sústavy platí **Zákon zachovania mechanickej energie :**

**V izolovanej sústave je celková mechanická energia konštanta**

****

Príklad :

Teleso sa nachádza vo výške h nad povrchom Zeme, má teda potenciálnu energiu EP = m\*g\*h a jeho kinetická energia je nulová, pretože má nulovú rýchlosť. Po spustení telesa teleso začne konať voľný pád s a = g = 9,81 m.s-2. Potenciálna energia tiažová sa premieňa na kinetickú, no súčet Ek + Ep je v každom okamihu konštantný. Tesne pre dopadom na Zem je jeho kinetická energia maximálna ( pretože má maximálnu rýchlosť v ), jeho potenciálna energia je nulová, pretože h = 0 m. Kinetická energia telesa pred dopadom sa rovná EP telesa pre začiatkom pohybu. Dopadom telesa na Zem sa časť jeho EK zmení vnútornú energiu sústavy.

Teleso nachádzajúce sa v gravitačnom poli iného telesa má gravitačnú energiu potenciálnu vzhľadom na toto teleso. Aby teleso, ktoré sa nachádza v gravitačnom poli iného telesa nespadlo naň, musí sa pohybovať po kružnicovej alebo eliptickej trajektórii, pričom v každom okamihu platí rovnosť gravitačnej a odstredivej sily.

1. **VNÚTORNÁ ENERGIA TELESA**

**Vnútorná energia sa rovná súčtu celkovej kinetickej energie neusporiadane sa pohybujúcich častíc telesa ( molekuly, atómy, ióny) a celkovej potenciálnej energie vzájomnej polohy týchto častíc.**



Zkladá sa z celkovej Ekm a Epm molekúl, z ktorých sa látka skladá, z celkovej Eka a Epa atómov v molekulách a z celkovej Eke a Epe elementárnych častíc v atóme ( elektróny, neutróny, protóny atď. ).

Pre zmenu vnútornej energie ΔU platí **1. termodynamický zákon - Zákon zachovania energie :**

**Zmena vnútornej energie ΔU sústavy sa rovná súčtu práce W vykonanej okolitými telesami, ktoré psobia na sústavu silou, a tepla Q odovzdaného okolitými telesami v sústave.**

**ΔU = Q + W**

Ak sústava energiu prijíma, znamienka pri Q, W sú kladné, ak energiu odovzdáva, sú záporné. Ak je ΔU > 0J, sústava prijala energiu, ak je ΔU < 0 J, sústava odovzdala energiu okoliu.

**Ak sústava ( napr. plyn ) vykoná prácu W′, práca vonkajších síl W sa spotrebúva a naopak, to znamená, že platí :**

**W = - W′, W′ = - W**

Pre 1. termodynamický zákon teda platí :

**ΔU = -W′ + Q ⇒ Q = ΔU + W′**

**Teplo Q dodané sústave sa rovná súčtu prírastku jej vnútornej energie ΔU a práce W′, ktorú vykoná sústava ( napr. plyn ).**

1. **ENERGIA IDEÁLNEJ PRÚDIACEJ KVAPALINY**

Prúdiaca ideálna kvapalina má dvojakú energiu - **tlakovú energiu ET a kinetickú energiu EK.**

Pre prúdenie ideálnej kvapaliny platí tzv. rovnica kontinuity toku, čo je vlastne zákon zachovania hmotnosti pre ideálnu prúdiacu kvapalinu :

**S.v = Vm = konšt.**

**Objemový tok ideálnej kvapaliny v každom mieste prúdovej trubice je stály.**

**Pre tlakovú energiu jednotkového objemu prúdiacej kvapaliny platí :**

**p = Et**

Číselná hodnota tlaku kvapaliny teda určuje číselnú hodnotu tlakovej energie kvapaliny pripadajúcej na jednotkový objem kvapaliny.

**Pre kinetickú energiu jednotkového objemu prúdiacej kvapaliny platí :**

**Ek = 1/2.m.v2 = 1/2.q.V.v2 = 1/2.q.v2**

**Pretože sa v prúdiacej ideálnej kvapaline mechanická energia nemôže meniť na iné formy energie, je súčet tlakovej a kinetickej energie v jednotkovom objeme kvapaliny stály a pre celkovú energiu jednotkového objemu kvapaliny teda platí :**

**EC = Ek + Et = 1/2.q.v2 + p = konšt.**

Výraz 0,5.q.v2 + p = konšt. je matematickým vyjadrením tzv. **zákona zachovania energie pre prúdiacu kvapalinu** a nazýva sa **Bernoulliho rovnica pre prúdenie ideálnej kvapaliny :**

*Súčet kinetickej energie jednotkového objemu kvapaliny a tlakovej energie jednotkového objemu kvapaliny je stály a je rovný celkovej energii jednotkového objemu prúdiacej kvapaliny.*

Pretože je celková energia prúdiacej kvapaliny stála, tak **zmenšenie prierezu potrubia vyvolá zväčšenie rýchlosti a pokles tlaku.** Je to tak preto, lebo **zmenšenie prierezu** vyvolá podľa rovnice kontinuity toku S1v1 = S2v2 **nárast rýchlosti** prúdenia kvapaliny. Súčasne však z Bernoulliho rovnice 1/2.q.v12 + p1 = 1/2.q.v22+ p2 plynie, že nárastom rýchlosti prúdenia kvapaliny nastáva nevyhnutne **pokles tlaku** ( ak v2 > v1, potom 1/2.q.v22 > 1/2.q.v12 ⇒ p1 > p2 .

1. **ENERGIA MECHANICKÉHO OSCILÁTORA**

Aby sme mechanický oscilátor uviedli do pohybu, musíme ho vychýliť z rovnovážnej polohy. Na oscilátor pôsobíme silou F, ktorej veľkosť sa postupne mení podľa vzťahu



kde k je tuhosť pružiny a zodpovedá sile, ktorá spôsobí predĺženie o 1 meter, ym je amplitúda oscilátora a súčin ωt je hodnota fázy kmitavého pohybu..

Práca W, ktorá sa pri tomto deji vykoná, je daná vzťahom



kde y je okamžitá výchylka oscilátora. O rovnakú hodnotu sa zvýši potenciálna energia pružnosti oscilátora a v okamihu jeho amplitúdy výchylky je táto energia najväčšia.



**Práca vykonaná na uvedenie oscilátora z pokoja do pohybu sa rovná hodnote celkovej energie oscilátora udelenej mu vonkajšou silou pri jeho začiatočnom vychýlení z rovnovážnej polohy.** Má dve zložky - potenciálnu EP a tiažovú Ek.

Maximálnu EK má teleso v rovnovážnej polohe a minimálnu v amplitúdach ( v = 0 m.s-1. Maximálnu EP vzhľadom na rovnovážnu polohu má v oboch amplitúdach. Pre hodnoty energií EP pružnosti oscilátora a EK kmitavého pohybu oscilátora platia vzťahy

Po úprave a použitím vzťahu E = Ep + Ek dostaneme vzťah, ktorý je vyjadrením **celkovej energie oscilátora - energii, jemu udelenej vonkajšou silou pri jeho počiatočnom vychýlení z rovnovážnej polohy :**



Ide vlastne o **Zákon zachovania a premeny mechanickej energie pri harmonickom kmitavom pohybe :**

**Pri harmonickom pohybe sa periodicky mení potenciálna energia na kinetickú a naopak. Celková energia oscilátora je však v každom okamihu konštantná a rovná súčtu potenciálnej kinetickej energie.**

1. **ENERGIA MOLEKULOVÉHO POHYBU**

Molekuly majú EK vyplývajúcu z posuvného pohybu molekúl, EK vyplývajúcu z rotačného pohybu molekúl okolo svojej osi, Ek vyplývajúcu z kmitavého pohybu atómov v molekulách a Ek z pohybu elementárnych častíc v atómoch.

Molekuly ideálneho plynu majú v dôsledku neusporiadaného posuvného pohybe strednú kinetickú energiu, ktorá je priamo úmerná termodynamickej teplote molekúl plynu



kde k = 1,38.10-23 J.K-1 je **Boltzmannova konštanta.**

**Všetky molekuly akéhokoľvek plynu majú pri tej istej teplote rovnakú kinetickú energiu. Kinetická energia akéhokoľvek plynu je pri danej teplote stála.**

**6. ENERGIA MAGNETICKÉHO POĽA CIEVKY A ELEKTRICKÉHO POĽA KONDENZÁTORA**

**Magnetické pole** ako špecifická forma hmoty má energiu. Pre cievku bez jadra s indukčnosťou L , ktorou prechádza prúd I, platí, že v nej vzniká magnetický indukčný tok s veľkosťou ϕ = LI a pre energiu jej magnetického poľa platí vzťah

****

Pre cievku s feromagnetickým jadrom však tento vzťah neplatí., lebo indukčnosť cievky L s týmto jadrom nie je konštantná ( závisí od prúdu v cievke ) a vzťah ϕ = LI nie je lineárny.

**Elektrické pole kondenzátora** sa nachádza v okolí kondenzátora, čo je vlastne časť obvodu, v ktorej možno sústrediť elektrickú energiu EKON = Ee. Jej veľkosť je v takomto homogénnom poli úmerná náboju Q kondenzátora a napätiu U medzi elektródami :



Energia elektrického poľa kondenzátora a energia magnetického poľa cievky sa periodicky navzájom premieňajú v elektromagnetickom oscilátore, kde prebieha EM kmitanie.

1. **KVANTOVANIE ENERGIE**

**a, Kvantovanie energie elektromagnetického žiarenia**



Popisuje ho Einstein vo svojej teórii, kde tvrdí, že energie EM žiarenia nie je spojite rozložená v priestore, ale sa skladá z konečného počtu v priestore lokalizovaných kvánt, ktoré môžu byť pohltené alebo vyžiarené iba ako celky. Kvantá sa označujú názvom **fotóny** a majú presne definovanú hodnotu energie a hybnosti :



kde h = 6,63.10-34 Js je **Planckova konštanta**

**b, kvantovanie energie atómov**

Rozpracoval ich Nils Bohr. Atómy sa môžu nachádzať len v istých kvantových stavoch s presne určenými hodnotami energie pre každý z nich. Pri prechode atómu zo stavu s vyššou energetickou hladinou E2 do stavu s nižšou energetickou hladinou E1 vyžaruje atóm fotón žiarenia s frekvenciou danou vzťahom



1. **SÚVISLOSŤ ENERGIE A HMOTNOSTI**

Klasická fyzika považuje hmotnosť za konštantnú. Z klasickej fyziky ( F =mv/t ) vyplýva, že pri konštantnej pôsobiacej sile a dostatočnej doby jej pôsobenia, telesá môžu nadobudnúť ľubovoľne veľké rýchlosti.

Z hľadiska relativistickej fyziky je hmotnosť funkciou rýchlosti a mení sa podľa vzťahu



Podľa ŠTR sa hmotnosť telesa zvyšuje so zvyšujúcou sa rýchlosťou, pričom výrazné zmeny nastávajú pri rýchlostiach c/3. Hmotnosť telesa rastie a preto konštantná sila udeľuje telesu stále menšie zrýchlenie a ( pri v →c sa a →0 , takže teleso nedosiahne rýchlosť svetla, iba sa k nej neobmedzene blíži ⇒ **Rýchlosť telesa s nenulovou pokojovou hmotnosťou je vždy nižšia ako 3.108 m.s-1.**

**Pre celkovú energiu sústavy s relativistickou hmotnosťou platí podľa Einsteinovho vzťahu**

****

Z toho vyplýva**, že každá zmena 1 formy hmoty ( napr. látky vyvolá zmenu druhej formy hmoty ( energie )**

Pre celkovú **pokojovú energiu sústavy s hmotnosťou m** ( pri v = 0 m.s-1 platí vzťah



To znamená, že každá látka v pokoji má obrovskú energiu utajenú v jej vnútri.

**Kinetickú energiu** **sústavy** je možné určiť ako rozdiel celkovej a pokojovej energie sústavy :

