

**Кафедра математики та інформатики
Matematika és Informatika Tanszék**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК/ TANTÁRGYI JEGYZET

«ФІЗИКА» / FIZIKA

(для студентів 1-го курсу освітньої програми «014. Середня освіта. Хімія») /
a „Középfokú oktatás. Kémia” képzési program
1. évfolyamos hallgatói részére)

Перший (бакалаврський) / Alapképzés (BSc)
(ступінь вищої освіти / a felsőoktatás szintje)

01 Освіта/Педагогіка / 01 Oktatás/Pedagógia
(галузь знань / képzési ág)

014 Середня освіта (Хімія)/ 014 Középfokú oktatás (Kémia))
(освітня програма / képzési program)



Берегове / Beregszász
2024 p. / 2024

Навчальний посібник призначений для більш ефективної організації роботи на заняттях з дисципліни « Фізика » здобувачів першого (бакалаврський) рівня вищої освіти денної форми навчання, які навчаються на спеціальності (спеціалізації) «014 Середня освіта Хімія». У роботі матеріал наведено структуровано за тематичним принципом у відповідності до освітньо-професійної програми, навчального плану, робочої програми дисципліни.

Затверджено до використання у навчальному процесі
на засіданні кафедри математики та інформатики ЗУІ ім. Ф.Ракоці II
(протокол №1 від 13 серпня 2024 року)

Розглянуто та рекомендовано Радою із забезпечення якості вищої освіти
Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II
(протокол №22 від «26» серпня 2024 року)

Рекомендовано до видання у електронній формі (PDF)
рішенням Вченої ради Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II
(протокол № 7 від « 27» серпня 2024 року)

Укладач методичних вказівок:

Лівія Месарош – кандидат фізико – математичних наук, доцент кафедри математики та інформатики Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

Рецензенти:

Шафраньош Мирослав Іванович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри ФМД. ДВНЗ «УжНУ»

Стойка Мирослав Вікторович, к.ф.-м.н., доцент, заступник зав. кафедри математики та інформатики Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II

За зміст методичних вказівок відповідальність несе укладач.

© Лівія Месарош, 2024
© Кафедра математики та інформатики ЗУІ ім. Ф.Ракоці II, 2024

A „Fizika” jegyzet a tudományág főbb részeit tárgyalja: a jegyzetben a tananyag tematikus szervezettségnek az elvén épül fel a tudományág oktatási és szakmai programjának, tantervének, munkaprogramjának megfelelően. A „Fizika” jegyzet a 014. Középfokú Oktatás (Kémia) képzési program hallgatóinak ajánlott.

Az oktatási folyamatban történő felhasználását jóváhagyta
a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Matematika és Informatika tanszéke
(2024. augusztus 13., 1. számú jegyzőkönyv).

Megjelentetésre javasolta a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola
Felsőoktatási Minőségbiztosítási Tanácsa
(2024. augusztus 26. 22. számú jegyzőkönyv).

Elektronikus formában (PDF fájlformátumban) történő kiadásra javasolta
a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Tudományos Tanácsa
(2024. augusztus 27., 7. számú jegyzőkönyv).

A módszertani útmutató kidolgozói:

dr. Mészáros Livia – a fizika és matematikai tudományok kandidátusa, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Matematika és Informatika tanszék docense

Szakmai lektorok:

Dr. Sáfrányos Miroszláv, docens, a fizikai és matematikai tudományok kandidátusa (PhD), az UNE ukrán–Magyar Oktatási-Tudományos Intézete. Fizika és Matematika Tanszékének tanszékvezetője, Ungvári Nemzeti Egyetem,

Dr. Sztojka Miroszláv.– docens, a fizikai és matematikai tudományok kandidátusa (PhD), a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Matematika és Informatika tanszékének docense, tanszékvezető helyettese

A segédlet tartalmáért kizárólag a módszertani útmutató kidolgozói felelnek.

© **dr. Mészáros Livia, 2024**
© **A II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola Matematika és Informatika tanszéke, 2024**

TARTALOM

ELŐSZÓ.....	4
1. ALAPFOGALMAK.....	5
2. MECHANIKA.....	9
2.1. A testek kinematikája	9
2.2. Az anyagi pont dinamikája.....	13
2.3. Test mozgása külső terekben	17
2.4. Feladatok önellenőrzésre	20
3. AZ ANYAG MOLEKULÁRIS SZERKEZETE. TERMODINAMIKA..	24
3.1. Kinetikus gázelmélet. Alapmennyiségek és fogalmak.....	24
3.2. Ideális gáz.....	26
3.3. A kinetikus gázelmélet alapegyenlete.....	30
3.4. Reális gázok, szilárd anyagok és folyadékok tulajdonságai.....	36
3.5 Termodinamika. A termodinamika főtételei.....	39
3.6. A Gáztörvények.....	42
3.7. Feladatok önellenőrzésre	46
4. VILLAMOS ALAPISMERETEK.....	50
4.1. Elektrosztatika.....	50
4.2. Coulomb törvénye	50
4.3. Elektromos térerősség	51
4.4. Elektromos potenciál.. Elektromos feszültség.....	52
4.5. Kondenzátorok és a kapacitás	53
4.6. Az elektromos áram	55
4.7. Ohm törvénye.....	55
4.8. Feladatok önellenőrzésre.....	57
IRODALOMJEGYZÉK.....	61

ELŐSZÓ

„A tudomány két lábon halad előre, e kettő: kísérlet és elmélet.”

Róbert Millikan (1924)

A fizika tantárgy fontos feladata a diákok természettudományos szemléletének kialakítása, mely alapvetően a fizika tudományában alakult ki. A technikai fejlődés azért lehetséges, mert a fizika és a kémia gyakorlatilag a tapasztalatok sűrítménye a matematika nyelvén megfogalmazva. és ez a technikai fejlődés alapja.

A diákok számára elengedhetetlen a jól felépített természettudományos oktatás, ezen belül a fizikai világgal való alapos ismerkedés az általános képzés keretein belül. A „Fizika” nem csak a fizikus szakembereknek ajánlott, de minden műszaki/természettudományi értelmiséginek akinek valamilyen konkrét fizikai terület legalapvetőbb ismereteire szüksége van.

Ez a segédanyag elsődlegesen a II Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola hallgatói számára készült.

1. ALAPFOGALMAK

A fizika a környezetünkben, a Földön és a Világegyetemben lejátszódó folyamatok, történések vizsgálatával, az élettelen világba tartozó természeti jelenségekkel foglalkozik.

A tanulmányozott folyamatok szerint a fizikatudomány részei a következők: mechanika, termodinamika és molekuláris fizika, elektromosságtan és mágnességtan, fénytan, relativitáselmélet, atomhép-, atommag- és részecskefizika. A kutatás módszere szerint megkülönböztethető a kísérleti és elméleti fizika. A kísérleti fizika feladata a tapasztalatok gyűjtése, rendszerezése és elméleti következtetések levonása, az elméleti fizikáé pedig az általános törvények megkeresése és belőlük következtetések levonása.

A Nemzetközi Mértékegységrendszer, röviden SI (Système International d'Unités) modern, nemzetközileg elfogadott mértékegységrendszer, amely néhány kiválasztott mértékegységen, illetve a 10 hatványain alapul.

Az SI-mértékegységrendszer

Az SI-mértékegységrendszert a 11. Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM) 1960-ban fogadta el.

Előzmények

Az 1960 előtti, nemzetközileg is elfogadott mértékegységrendszert MKSA-nak nevezték, amely a méter, a kilogramm, a másodperc (secundum) és az amper mértékegységeken alapult, nevét ezek kezdőbetűiből alkották. Ezt egészítették ki később (1948-ban) három alapmértékegységgel: az erő (newton), az energia (joule) és a teljesítmény (watt) egységekkel.

A mértékegységek rendszerét az alapegységek, a kiegészítő egységek és a velük leírható származtatott egységek alkotják.

A mértékegységek nagyságrendjét a prefixumok (előtagok) adják meg.

A mennyiségek közül egyeseket alapmennyiségül választottak. Az alapmennyiségek nem definiálhatók. Minden olyan fizikai mennyiség, amely nem alapmennyiség, meghatározható az alapmennyiségek segítségével, ezért ezeket származtatott.

Az alapmennyiségek mértékegységei az alapegységek, a származtatott mennyiségek egységei pedig a származtatott mértékegységek. A származtatott egységek az alapegységekkel definiálhatók.

A különböző mértékegységrendszerek eltérő alapegységeket választottak. A leggyakrabban használt mértékegységrendszer az SI-rendszer (1.1. táblázat), vagy más néven a Nemzetközi mértékegység-rendszer, melynek mértékegységei az SI-alapegységekből származnak. Minden SI származtatott egység ezen alapegységekből levezethető.

1.1. táblázat. Az SI mértékegységrendszer felépítése

Az SI alap/kiegészítő mennyiség			mértékegységének	
neve	típusa	jele	neve	jele
hosszúság	alap	l	méter	m
tömeg	alap	m	kilogramm	kg
idő	alap	t	másodperc	s
elektromos áramerősség	alap	I	amper	A
termodinamikai hőmérséklet	alap	T	kelvin	K
anyagmennyiség	alap	n	mól	mol
fényerősség	alap	I_v	kandela	cd
síkszög	kiegészítő	$\alpha, \beta, \gamma \dots$	radián	rad
térszög	kiegészítő	$\Omega(\omega)$	szteradián	sr

A mérési gyakorlat bővítést igényelt, így elsőként Franciaországban (1793-1795); vált elfogadottá a prefixumok (az egységek többszöröseinek és törtrészeinek) használata (1.2. táblázat). A táblázatban szabályosság nyomai fedezhetők fel. Az egyik ilyen szabályosság, hogy a szorzók 10-nek az egymás után következő pozitív és negatív egész számú kitevőkkel képezhető hatványai. A másik szabály, hogy a pozitív kitevőjű hatványok neve görög, a negatív kitevőjűeké latin eredetű szó.

1.2. táblázat. Előtagok (prefixumok)

Előtag	Jele	Szorzó hatvánnyal	Szorzó számnévvel
exa-	E	10^{18}	trillió
peta-	P	10^{15}	billiárd
tera-	T	10^{12}	billió
giga-	G	10^9	milliárd
mega-	M	10^6	millió
kilo-	k	10^3	ezer
hekto-	h	10^2	száz
deka-	da (dk)	10^1	tíz
—	—	10^0	egy
deci-	d	10^{-1}	tized
centi-	c	10^{-2}	század
milli-	m	10^{-3}	ezred
mikro-	μ	10^{-6}	milliomod
nano-	n	10^{-9}	milliárdod
piko-	p	10^{-12}	billiomod

Etalon - hiteles mintapéldány, amihez más termékeket hasonlítanak.

Nemzetközileg elfogadott mértékegység mintája. Ilyenek pl. az ősméter, az őskilogramm. Az etalonok eredeti példányait Párizs mellett, Sévresben őrzik, másolatait pedig az etalont elfogadó országok kapják meg. Az etalonnál nagyobb probléma a megfelelő technikai kivitelezés (a jelek, karcok megfelelő vékonysága a pontos leolvashatóság végett, a deformálódás kiküszöbölése stb.). Ezért ma már a legtöbb etalonnak inkább csak tudománytörténeti jelentősége van, és a mértékegységeket inkább olyan jelenségek valamely jól mérhető mennyiségi jellemzőjéhez kapcsolva határozzák meg, amely jelenséget mindenütt nagy megbízhatósággal és pontossággal elő lehet állítani.

A mérőszám azt mutatja meg, hogy a mértékegységet hányszor lehet a mérendő mennyiségbe belefoglalni.

Egy fizikai jelenséget akkor nevezhetünk mennyiségnek, ha képesek vagyunk észszerűen mértékegységet rendelni hozzá. Ebben az esetben meghatározhatjuk, hogy a – most már mennyiségnek tekintett – fizikai jelenség hányszor nagyobb, mint a neki tulajdonított mértékegység; az erre irányuló egész tevékenységet nevezzük mérésnek.

A fizikában és a méréstudományban **mértékegységeknek** hívjuk azokat a méréshez használt egységeket, amivel a fizikai mennyiségeket pontosan meg tudjuk határozni. A kísérletek megismételhetősége a tudományos módszer legfontosabb jellemzője. Ehhez szabványokra van szükségünk, és ahhoz, hogy egységes mérési szabványokat hozzunk létre, szükségünk van a mértékegységek rendszerére. A tudományos mértékegységek valójában a régi súly- és térfogat-mértékek általánosításából keletkeztek, melyeket már régóta használunk a kereskedelemben.

2. MECHANIKA

Mechanika (görögül Μηχανική) a fizikának az egyik fő része. A fizikának az az ága, ami az erők hatását vizsgálja a fizikai testekre (attól függetlenül, hogy ezen erők hatása okoz-e elmozdulást, vagy nem).

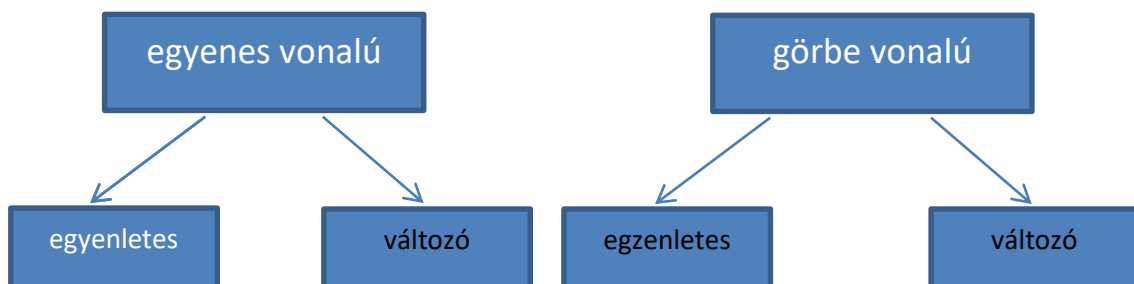
A mozgás minden anyag alapvető tulajdonsága, sok fajta mozgás közül jelenleg a mechanikai mozgást tárgyaljuk, amely a testeknek a közvetlen környezetük viszonyított helyzetváltozásában jut kifejezésre. A mozgás térben és időben játszódik le, e két pont szerint osztályozzuk őket.

2.1. A testek kinematikája

Azt a vonalat, amin a test mozog, pályának nevezzük. A fizikában általában speciális alakú pályákkal foglalkozunk. Ilyen az egyenes, a kör vagy parabola alakú pálya.

A mozgó test által befutott pályaszakasz hossza a megtett út.

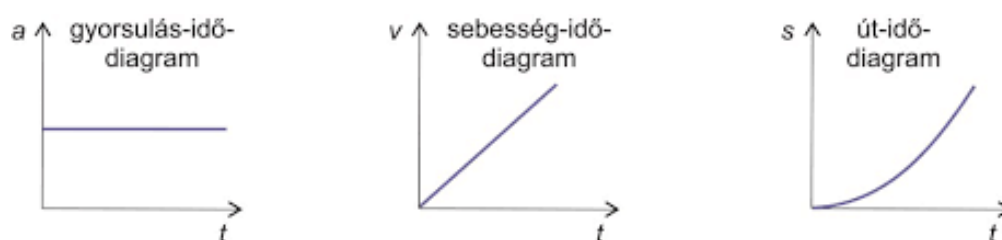
Bizonyos esetekben a testek mozgása során nem az a fontos, hogy az egyik pontból milyen alakú pályán és milyen hosszú út megtételével jutott egy másik pontba, hanem ezeknek a pontoknak az egymáshoz képesti helyzete. A kezdőpontból a végpontba mutató irányított szakaszt elmozdulásnak nevezzük. Az út hossza nem lehet kisebb az elmozdulás nagyságánál, hiszen két pont között az egyenes szakasznak a legkisebb a hossza.



Az egyenes vonalú egyenletes mozgás a kinematika tárgykörébe tartozó legegyszerűbb mozgásforma. Jellemzője, hogy a test egyenes pályán, változatlan irányban úgy mozog, hogy egyenlő időközök alatt egyenlő útszakaszokat fut be, $S=v \cdot t$.

Ha egy test nem egyenletesen mozog, akkor azt mondjuk, hogy mozgása változó. A változó mozgást végző test sebessége nem állandó. A sebesség az a mennyiség, amely megmutatja, hogy egy test adott pillanatban milyen gyorsan mozog. A pillanatnyi sebességet nem lehet közvetlenül mérni. Meghatározása úgy történhet, hogy egy nagyon rövid, de még jól mérhető idő alatt megtett útra meghatározzuk az átlagsebességet. Ez az átlagsebesség jó közelítéssel a pillanatnyi sebesség nagyságát adja. A pillanatnyi sebességet a $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ összefüggés adja meg, ahol ΔS az az út, amit a nagyon rövid Δt idő alatt tett meg a test.

A gyorsulás szó mindenki számára azt jelenti, hogy a sebesség változik. Azt mondjuk: annál nagyobb a gyorsulás, minél nagyobb sebességváltozást (Δv) minél rövidebb idő (Δt) alatt ér el a test. Mindezek alapján a gyorsulás definíciója: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. A gyorsulás az a fizikai mennyiség, amely megmutatja, hogy egy testnek milyen gyorsan változik a sebessége. Számértékéből meghatározható, hogy másodpercenként mennyit változik a sebesség. A gyorsulás vektor mennyiség.



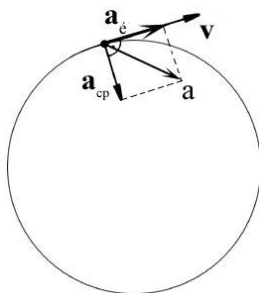
2.1. ábra. Mozgási diagrammok

Szabadesésnek nevezzük a test mozgását, ha a gravitációs mezőben kezdősebesség nélkül elengedett test esését a gravitáción kívül semmi sem befolyásolja.

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Az egyenletesen változó körmozgás. Ha a körpályán mozgó test sebessége változik, akkor változó körmozgásról beszélünk. Ilyen esetben a test érintő irányban is gyorsul. Ha a körpályán mozgó test érintőirányú gyorsulásának nagysága állandó, egyenletesen változó körmozgásról beszélünk.

A körmozgást végző test sebessége irányának a megváltozását sugárirányú gyorsulás okozza és centripetális gyorsulásnak nevezzük. Nagyságát az $a_{cp} = \frac{v^2}{R}$ összefüggés segítségével határozhatjuk meg, ahol a_{cp} a centripetális gyorsulás, v a pillanatnyi kerületi sebesség, R a körpálya sugara. Az eredő gyorsulás ennek a két gyorsulásnak a vektori összege.



2.2. ábra. **Az egyenletesen változó körmozgás gyorsulása**

Hajításnak nevezzük az olyan mozgást, amelynél a Föld felszínének közelében leeső pontszerű testnek van kezdősebessége. A hajítás mindig két mozgás összegének tekinthető: a test egyrészt a kezdősebességtől függő irányban egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, a mozgás függőleges összetevője pedig egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás.

Függőleges hajítás

A függőleges hajítás kezdősebessége függőleges. Ilyenkor a test egyrészt egyenes vonalú egyenletes mozgást végez a kezdősebességtől függően felfelé vagy lefelé, másrészt egyenes vonalú egyenletesen változó mozgással esik lefelé.

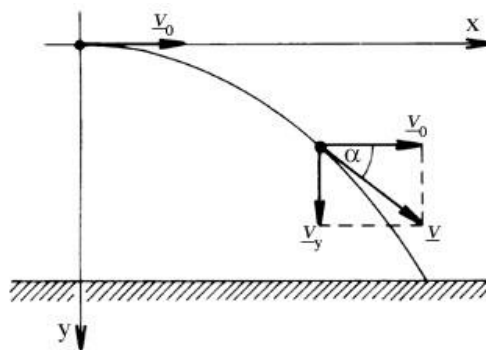
$$\text{Függőleges hajítás lefelé} \quad v = v_0 + gt, \quad h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{Függőleges hajítás felfelé} \quad v = v_0 - gt, \quad h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Vízszintes hajítás

Vízszintes hajításnál a test kezdősebessége vízszintes. A test emiatt vízszintesen egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, másrészt egyenes vonalú egyenletesen változó mozgással esik lefelé. A két mozgás eredményeként a test egy függőleges síkban fekvő parabolapályán mozog. A parabola tengelypontja (csúcspontja) a test indulási helyénél van, a parabola tengelye függőleges.

$$\begin{array}{lll} v_x = v_0 = \text{Const} & v_y = gt & v^2 = v_x^2 + v_y^2 \\ S_x = v_0 \cdot t & S_y = \frac{1}{2} g t^2 & S^2 = S_x^2 + S_y^2 \end{array}$$



2.3. ábra. Vízszintes hajítás

Ferde hajítás

Ferde hajításnál a test kezdősebessége nem vízszintes és nem is függőleges. Ilyenkor a test vízszintesen egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, függőlegesen pedig egyenes vonalú egyenletesen változó mozgással esik lefelé.

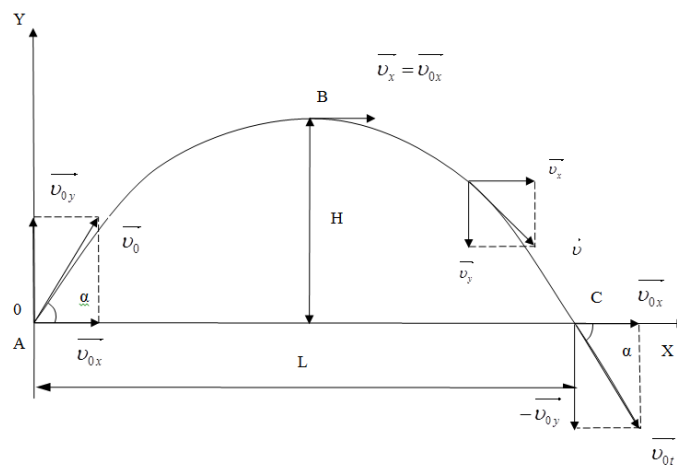
Ezen mozgások következtében a test egy függőleges síkban fekvő parabolapályán mozog, a parabola tengelye függőleges.

Ferde hajítás lefelé $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$S_x = v_0 t \cos \alpha$ $S_y = v_0 t \sin \alpha + \frac{1}{2} g t^2$ $S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$

Ferde hajítás felfelé $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$S_x = v_0 t \cos \alpha$ $S_y = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$ $S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$



2.4. ábra. Ferde hajítás

2.2. Az anyagi pont dinamikája

A dinamika - a mechanika azon ága, amely a testek mozgásának, sebességváltozásának okaival, a testek egymásra gyakorolt hatásaival, az erőkell foglalkozik. A dinamika törvényeit amely máig helytállóak Newton formázta meg elődei tudományos munkássága alapján a dinamika alaptörvényeit Newton törvényeinek is nevezzük.

Az erő - a testeknek egymásra gyakorolt hatása, melynek következtében mozgásánlapot, méret vagy alakváltozás következik be.

Az erő jellemzői:

1. nagyság
2. irány
3. értelem
4. támadáspont

Az erő átadása egyik testről a másikra többféle módon is megvalósulhat.

1. A testek érintkezése esetén egyetlen idealizált pontban, vonal mentén vagy felületen, az elsőt koncentrált, a két utóbbit megoszló erőknek, előrendszereknek nevezzük.

2. A testek érintkezése nélküli (például vonzás -taszítás útján) létrejövő erő hatásokat tömegezőknek nevezzük, a Földnek a testekre kifejtett tömegereje a súlyerő.

Az erő irányát a vektor hatásvonalának hajlásszögével, értelmét pedig a vektor megfelelő végére rajzolt nyíllal adjuk meg.

Több valamilyen szempontból összetartozó erőkből álló csoportot előrendszernek nevezünk, az erőket pedig az erő rendszer tagjainak, általában azokat az erőket foglaljuk közösen rendszerbe melyek ugyanarra a testre vagy szerkezetre hatnak. Általános esetben az erők a térben szétszórtan helyezkednek el, ekkor térbeli erőrendszeről beszélünk, más esetben valamennyi erő ugyanabban a síkban foglal helyet ekkor síkbeli erőrendszerről beszélünk, a legegyszerűbb eset az, ha valamennyi erő hatásvonala közös.

Ha egy merev testre két különböző erő rendszer minden tekintetben ugyanazt a hatást fejti ki a két erőrendszer egyenértékű, azon erőrendszereket, melyek hatására a test vagy a szerkezet nyugalomban van, egyensúlyi erőrendszernek nevezzük, az egyensúlyi erőrendszerek tehát egyenértékűek.

A két azonos nagyságú, ellentétes értelmű, párhuzamos erőkből álló erőrendszert erőpárnak nevezzük.

Alapvető kölcsönhatások az erős, elektromágneses, gyenge, gravitáció.

Az erők:

- 1) A nehézségi erő: $F = mg$, m - a test tömege, g – a szabadon eső testek gyorsulása ($g=9,8 \text{ m/s}^2$).
- 2) Rugalmassági erő: $F = -k\Delta x$, Δx - a megnyúlás ($\Delta x = x_i - x_o$), k - a rugó merevsége. A rugómerevség dimenziója erő/hossz, mértékegysége a newton/méter (N/m). A Hooke-törvény közelítő törvény, mely kimondja, hogy egy rugalmas test alakváltozása arányos azzal az erővel, mely az alakváltozást okozza.) Azért van a képletben mínusz, mert a megnyúlás ellentétes irányú a rugó erejével. Annak a rugónak nagyobb a rugó-állandója, amelyik erősebb, vagyis ugyanakkora erőhatásra kisebb a megnyúlása
- 3) Súrlódási erő (nyugalmi, csúszási, gördülő): $F_s = \mu N$, μ - csúszási súrlódási együttható; N - nyomóerő. A mozgó test, tárgy és a vele érintkező felület között a mozgással ellentétes irányú fékező erő lép fel: csúszási súrlódási erő. Ennek oka: a két felület érdes felületén levő kiemelkedések és mélyedések egymásba akadnak. A csúszási súrlódási erő nagysága egyenesen arányos a két felületet összenyomó erővel.
- 4) Ellenállási erő: $F = -av$, a - pozitív ellenállási együttható, v - a test sebessége a közeghez képest. Az F ellenállási erő a v sebesség vektorral ellentétes irányú.

A dinamika alapja Newton három törvénye.

Newton első törvénye

Léteznek olyan vonatkoztatási rendszerek melyekben a test megtartja a nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez és nem hatnak rá más testek vagy erők vagy ezeknek a testeknek vagy erőknek a hatása kiegyenlíti egymást.

Vagy

Minden test megtartja nyugalmi egyensúlyi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgás a t mindaddig amíg mást nem hat rá-

Newton második törvénye

A test impulzusának időderiváltja nagyságrendileg megegyezik a testre ható erővel, és megegyezik az irányuk:

$$\frac{dp}{dt} = F \quad (2.1)$$

ahol $p = \sum m_i v_i$ – az impulzusa az anyagi pontok m_i tömegű v_i sebességű rendszerének.

Az erőt felírhatjuk a következő képen:

$$F = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2 r}{dt^2} = ma \quad (2.2)$$

A sebességváltozások fordítottan arányosak a testek tömegével, ugyanazon két test pár kölcsönhatásakor a tömegek és a sebesség változások szorzata állandó. Ez a kifejezés a az anyagi pont dinamikájának alapvető egyenlete. Nem változik anyagi pontok rendszere esetén sem, amelynek teljes tömege a tömegközéppontban összpontosul, amelynek radiusvektorát a képlet határozza meg

$$r_c = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} \quad (2.3)$$

Abban az esetben, ha a tömeg folyamatosan és egyenletesen oszlik el:

$$r_c = \frac{\iiint \rho r dx dy dz}{M}, \quad M = \iiint \rho r dx dy dz \quad (2.4)$$

Newton harmadik törvénye.

Az erők mindig párosával lépnek fel. Két test kölcsönhatása során mindkét testre egyező nagyságú, azonos hatásvonalú és egymással ellentétes irányú erő hat:

$$F_{1,2} = -F_{2,1}. \quad (2.5)$$

Ha több erő hat a testre, akkor Newton egyenlete tartalmazza a vektorösszegüket: $F=F_1+F_2+\dots+F_n$, $ma=ma_1+ma_2+\dots+ma_n$, ahol $a=a_1+a_2+\dots+a_n$.

2.3. Test mozgása külső terekben

Ahhoz, hogy megtudjuk határozni a testek viselkedését külső erők jelenlétében, figyelembe vesszük a gravitációs és elektromágneses kölcsönhatásoknak megfelelő erők hatásait.

Gravitációs erő

Bármely két pontszerű, m_1 és m_2 tömegű, egymástól r távolságban lévő test kölcsönösen vonzza egymást olyan erővel, amelynek nagysága a testek tömegének szorzatával egyenesen és a távolságuk négyzetével fordítottan arányos.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.6)$$

G - a gravitációs állandó egy természeti állandó, mint például a fény terjedési sebessége vákuumban vagy az elemi töltés, azaz az elektron töltése. Nagyságának minél pontosabb meghatározása alapvető jelentőségű a tudomány számára. $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Ha a testek nem tekinthetők anyagi pontoknak:

$$F = \sum F_{ij} = G \sum_i \sum_j \frac{\Delta m_i \Delta m_j}{r_{ij}^3} r_{ij} \quad (2.7).$$

Δm_i i Δm_j – egységnyi tömeg, r_{ij} - távolság. A gravitációs erő nem függ attól a környezettől, amelyben a kölcsönhatásban lévő testek elhelyezkednek, és a testek természetétől, és a gravitációs mezőn keresztül továbbítódik.

A Coulomb-törvény a fizikában két pontszerű elektromos töltés közti elektromos kölcsönhatásból származó erő nagyságát és irányát adja meg.

Vákuumban két pontszerű elektromos töltés között ható erő nagysága egyenesen arányos a két töltés szorzatával és fordítottan arányos a közöttük lévő távolság négyzetével.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.8)$$

ahol $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$ (Coulomb-féle arányossági tényező vákuumban). q_1 és q_2 a töltések nagysága, r - a töltések közti távolság, F - a két töltés között fellépő erő.

A Lorentz-erő az elektromágneses térben egy elektromos töltésre ható erő. Ennek két komponense közül az elektromos F_e arányos és egyirányú az elektromos térerősséggel, a mágneses F_m arányos és merőleges a mágneses indukcióra és a töltés sebességére.

$$F = F_e + F_m = qE + q[vB], \quad (2.9),$$

ahol F - erő (N), E - elektromos térerősség (V/m), B - mágneses indukció (T), q a részecske elektromos töltése (C), v a részecske pillanatnyi sebessége (m/s).

A klasszikus fizikában a tér nem valós dolog, hanem csupán modell, melyet arra használnak, hogy leírassák a gravitáció hatását. A tér meghatározáshoz Newton törvényeit lehet alkalmazni. Így, egy M tömeg körüli g gravitációs tér vektortér, mely a test felé mutató vektor minden pontját tartalmazza. A tér bármely pontjában a tér nagysága általános törvények alapján számítható.

A gravitációs mezőt feszültség jellemzi:

$$g = \frac{F}{m_1} = -G \frac{m_2}{r^2} \quad (2.10)$$

A gravitációs és elektromos tér energia jellemzője a potenciál:

$$\varphi_g = - \int g dr = -G \frac{m}{r}, \quad \varphi_k = k \frac{q}{r} \quad (2.11)$$

Kepler-törvények néven nevezzük a bolygómozgások három törvényét, melyeket Johannes Kepler német csillagász állapított meg Tycho Brahe megfigyelési adatait is felhasználva. Isaac Newtonnak sikerült ezeket egy általánosabb elméletbe beleágyaznia, de a gravitációs erőtvényt ő a Kepler-törvények alapján vezette le.

A Kepler-törvények a Naprendszer bolygóinak mozgástörvényei:

1. A bolygók pályája ellipszis, és annak egyik gyújtópontjában van a Nap.
2. A bolygók vezérsugara (a bolygót a Nappal összekötő szakasz) azonos idő alatt azonos területet sűrol.
3. A bolygók keringési idejeinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint az ellipszispályák fél nagytengelyeinek köbei.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad , \quad \frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} \quad (2.12)$$

2.4. Feladatok önellenőrzésre

1. Vastag hórétegre egymás mellé helyezünk egy 1 kg és egy 1,5 kg tömegű testet. Lehetséges-e, hogy a 1 kg-os test alatt jobban összetömörödik a hó?

- A) Nem, mert a nagyobb tömegű test fejt ki nagyobb erőt.
- B) Igen, ha a kisebb tömegű test fejt ki nagyobb nyomást.
- C) Nem, mert a nagyobb tömegű test mindig nagyobb nyomást fejt ki

2. Milyen fizikai folyamatban szabadul fel a csillagok által kisugárzott energia?

- A) Maghasadás.
- B) Kémiai égés.
- C) Magfúzió.

3. A földön egy m tömegű test fekszik, melyet F erővel próbálunk felemelni. A csomag az emelés ellenére nem mozdul. Mekkora eközben a csomagra ható összes erők eredője?

- A) $mg - F$
- B) F
- C) 0

4. A testet függőlegesen felfelé dobták. Hogyan változik a test súlya mozgása során? (A légellenállás figyelmen kívül hagyjuk).

- A) A felső pontig növekszik, majd csökken
- B). Csökken a felső pontig, majd növekszik.
- C). Mozgás közben a test súlya nulla.

5. Az inerciális vonatkoztatási rendszer

- A) Egyenletesen és egyenes vonalban mozgó vonatkoztatási rendszer.
- B). Gyorsulással mozgó vonatkoztatási rendszer

6. A testet függőlegesen felfelé dobták. Hogyan változik a test súlya mozgása során? (A légellenállást figyelmen kívül hagyjuk).

- A) A felső pontig növekszik, majd csökken
- B) Csökken a felső pontig, majd növekszik
- C) Mozgás közben a test súlya nulla

7. A test $S(t)=2t+21$ törvény szerint mozog (S -méterben, t - másodpercben mérjük). Határozza meg a test pillanatnyi sebességét 3 másodperccel a mozgás megkezdése után!

- A) 2 m/s
- B) 22 m/s
- C) 222 m/s g^2

8. Milyen erőket nevezünk potenciális erőknek?

- A). Erők, amelyek munkája nem függ a pálya alakjától.
- B). Erők, amelyek munkája a pálya alakjától függ.

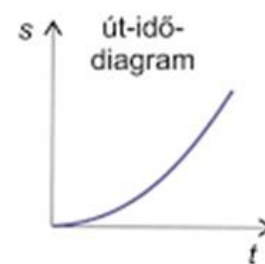
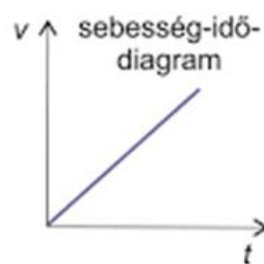
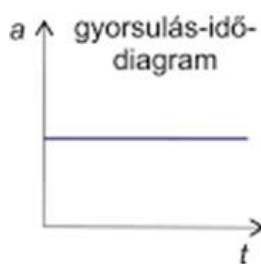
9. A test lendületét a következő mértékegységekben mérjük

- A) kg m/s
- B) kg m^2/s
- C) kg m/s^2

10. Egy anyagi pont mozgását az $S = Bt + Ct^2$ egyenlet adja meg. Mekkora az anyagi pont gyorsulása 10 s után, ha $B = 4m/s$, $C = 0,5 m/s$.

- A) 2,5 m/s^2
- B) 1 m/s^2
- C) 1 kg m/s^2

11.) Mik láthatóak az ábrán?



- A) Mozgási diagrammok
- B) Szabadesés diagrammok
- C) Gravitációs diagrammok

12. Az a test, amelyhez képest a test mozgását tanulmányozzuk

- A) anyagi pont
- B) vonatkoztatási test
- C) vonatkoztatási rendszer

13. A legnagyobb távolság, amellyel a test eltér az egyensúlyi helyzetétől...

- A) amplitúdó
- B) a rezgések gyakorisága
- C) rezgési periódus

14. A test az $S(t)=10t^2 - 11t +6$ törvény szerint mozog. Határozzuk meg a test sebességét a $t_0 = 1$ időpillanatban.

- A) 9 m/s
- B) 10 m/s
- C) 11 m/s

15. Egy anyagi pont mozgását az $S = Bt + Ct^2$ egyenlet adja meg. Mekkora az anyagi pont gyorsulása 10 s után, ha $B = 6$ m/s, $C = 1$ m/s.

- A) 2 m/s^2
- B) 10 m/s^2
- C) 20 kg m/s^2

16. Hogyan nevezzük azt a folytonos egyenest, amelyet mozgás közben egy anyagi pont ír le?

- A) Elmozdulás
- B) Mozgáspálya
- C) Út

17. Az elmozdulás lehet nulla?

- A) Igen
- B) Nem

18. Két test kölcsönhatása során mindkét testre egyező nagyságú, azonos hatásvonalú és egymással ellentétes irányú erő hat - azaz

- A) Newton első törvénye;
- B) Newton második törvénye;
- C) Newton harmadik törvénye

19. Egy 100 kg tömegű testet 4 m magasra emeltünk. Mivel egyenlő a potenciális energiája?

- A) 600 J
- B) 400 J
- C) 4000 J

20. Egy anyagi pont sebességének vetülete $v_x = 4 - 0,2t$. Határozza meg az anyagi pont gyorsulásának vetületét!

- A) - 0,2 m/s²
- B) 0,02 m/s²
- C) - 0,02 m/s²

3. AZ ANYAG MOLEKULÁRIS SZERKEZETE. TERMODINAMIKA

A fizikai testek nagyszámú részecskéből állnak. Ezek jellemzése nem oldható meg az egyes részecskék jellemző hely, impulzus, energia és a rájuk jellemző kölcsönhatás leírásával. Újabb alapmennyiségek bevezetésére van szükség.

3.1. Kinetikus gázelmélet. Alapmennyiségek és fogalmak

A kinetikus gázelmélet alapfeltevései, hogy a gázok legfontosabb tulajdonságaira magyarázatot adó kinetikus gázelmélet a következő feltevésekből indul ki:

- a molekulák össztérfogata elhanyagolható a rendelkezésükre álló térhez viszonyítva,
- a molekulák állandó rendezetlen mozgásban vannak,
- mozgás közben egymással és az edény falával rugalmasan, tehát mozgási energia-veszteség nélkül ütköznek,
- két ütközés között egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek,
- egyensúlyban egyenletesen töltik ki a rendelkezésre álló teret.

Normálállapot - egy fizikai rendszert akkor tekintünk normálállapotúnak, ha hőmérséklete $T_0 = 273,15\text{K}$, és nyomása megegyezik a normális légköri nyomással $p_0 = 101325\text{Pa}$.

Anyagmennyiség - annak az anyagnak a mennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van a 0,012 kg tömegű, 12-es tömegszámú szén izotópban. Jele: v . Mertekegysege: mol.

Avogadro-állandó - az anyagot felépítő részecskék számának és az anyagmennyiségnek a hányadosa:

$$N_A = \frac{N}{\nu} \quad (3.1)$$

Az Avogadro-állandó megmutatja az egységnyi anyagmennyiségű anyagban található részecskék számát.

Mértékegysége: $\frac{1}{mol}$. Értéke - a meghatározás szerint:

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \frac{1}{mol} \quad (3.2)$$

Moláris tömeg – az anyag m tömegének és a ν anyagmennyiségének a hányadosa:

$$M = \frac{m}{\nu} \quad (3.4.)$$

Koncentráció - az anyagot alkotó N részecskék számának és a rendelkezésre álló V térfogatnak a hányadosa:

$$n = \frac{N}{V}. \quad (3.5)$$

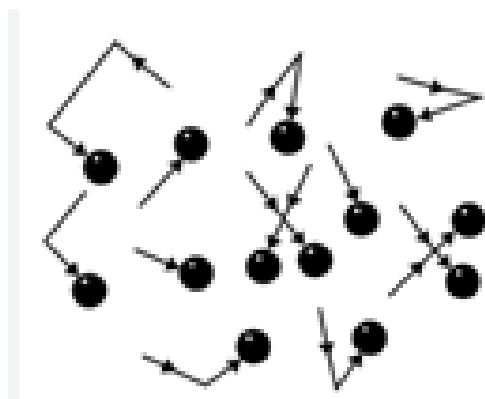
A koncentráció megmutatja az egységnyi térfogatban található részecskék számát.

A részecske tömege - az anyag m tömegének és az anyagot felépítő részecskék N számnak a hányadosa:

$$\mu = \frac{m}{N} \quad (3.6)$$

3.2. Ideális gáz

Különböző gázok tulajdonságai nagyon hasonlóak. Ez lehetővé teszi a gázok viselkedésének egységes leírását. Ideálisnak tekinthető a gáz, ha részecskéi - eltekintve az egymással való ütközéskor fellépő, nagyon rövid ideig ható erőktől - egymással nincsenek kölcsönhatásban, és térfogatuk a rendelkezésre álló edény térfogatához képest elhanyagolható (3.1. ábra.). Az ideális gázt úgy képzelhetjük el, hogy egy edényben a nagyszámú (N), azonos tömegű gömb alakú részecske rendszertelen mozgást végez, miközben egymással és az edény falával ütközik. Határesetben a részecskék térfogatát egyáltalán nem vesszük figyelembe, ilyenkor pontszerű részecskékről beszélünk, amelyek egymással már nem, csak az edény falával ütköznek. A környezettel termikus egyensúlyban levő rendszerben a részecskék egyenletesen töltik ki az edény térfogatát, és egymástól függetlenül (a tér minden irányába) haladó mozgást végeznek. A gáz teljes energiatartalmát a részecskék haladó mozgása kinetikus energiájának összege adja meg.



3.1. ábra. Az ideális gáz.

Azokat a gázokat, amelyek részecskéi egymással állandó kölcsönhatásban vannak, és a részecskék saját össztérfogata nem elhanyagolhatóan kicsi a rendelkezésükre álló edény térfogatához képest, reális gázoknak nevezzük.

Normál állapotban a legtöbb gáz jó közelítéssel ideálisnak tekinthető.

Az állandó anyagmennyiségű ideális gáz állapotát a p nyomás, a V térfogat, a T hőmérséklet és a v anyagmennyiség jellemzi. Ezeket a gáz állapotát egyértelműen meghatározó mennyiségeket állapothatározóknak/ állapotjelzőknek/ termodinamikai paramétereknek nevezzük.

Az ideális gázban - a rugalmas ütközéseken kívül - minden kölcsönhatás elhanyagolható, ezért az ilyen rendszerek a legrendezetlenebbek.

Az ideálisnak tekinthető gáz állapotát jellemző paraméterek között az ideális gázok termikus állapotegyenlete teremt összefüggést:

$$pV = \nu RT, \quad (3.7.)$$

ahol állapotot leíró paraméterek: ν - részecskeszám, V - térfogat, P - nyomás és T hőmérséklet; R - moláris gázállandó.

A moláris gázállandó értéke független a gáz minőségétől, ezért univerzális gázállandónak is szokták nevezni. Értéke annak alapján számítható ki, hogy normál állapotban ($p = p_0 = 101325\text{Pa}$, $T = T_0 = 273,15\text{K}$) az 1 mol ideálisnak tekinthető gáz térfogata $V = V_0 = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Ekkor a termikus állapotegyenlet alapján:

$$R = \frac{p_0 V_0}{\nu T_0} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \quad (3.8)$$

Ez azt mutatja meg, hogy 1 mol ideálisnak tekinthető gáz 1 K hőmérséklet-változásához 8,31 J energia szükséges.

A fizikai összefüggésekben gyakran használt Boltzmann-állandó az R moláris gázállandó és az N_A Avogadro-szám hányadosa:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (3.9)$$

Ennek ismeretében az ideális gázok termikus állapotegyenlete más alakban is felírható:

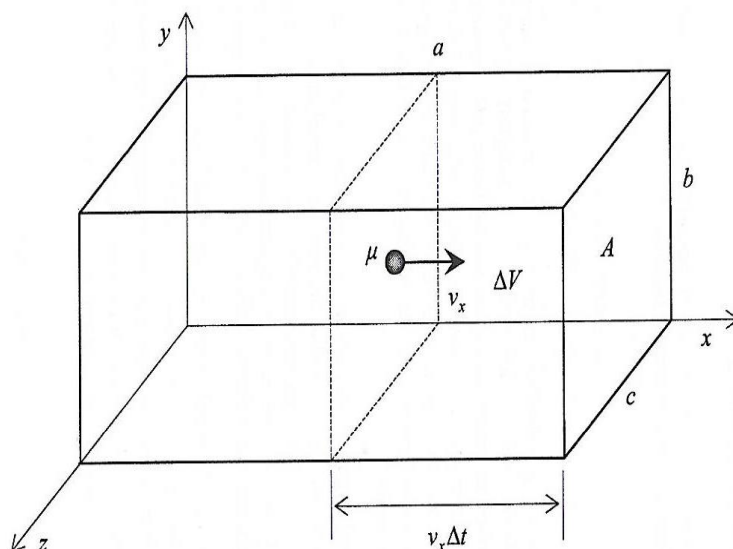
$$pV = NkT. \quad (3.10)$$

Figyelembe véve az (3.5.) és (3.10) összefüggést egy másik fontos összefüggést kaphatunk a nyomás számára:

$$p = nkT \quad (3.11)$$

A kinetikus gázelmélet szerint a gáz nyomása a részecskéknek az edény falával való ütközései során kifejtett erő lökésekből származik. Tehát a nyomást az egységnyi felületre jutó, egységnyi idő alatt bekövetkező impulzusváltozások átlaga adja meg. Tekintettel a részecskék nagy mennyiségére, az ütközések száma szinten igen nagy, ezért egy adott hőmérsékleten az edény falára kifejtett nyomás gyakorlatilag állandó.

Az ideális gáz nyomásának kiszámítása céljából tekintsünk egy derékszögű a , b , c oldalú edényt, amelyben N számú gázcsepeke van. A gázcsepekek egyenként μ tömeggel rendelkeznek. Ezek a gázcsepekek rugalmasan ütköznek az edény A falába (3.2. ábra), így nyomást gyakorolnak rá.



3.2. ábra. Az ideális gáz nyomásának kiszámításához

Ha egy v_x sebesség komponenssel rendelkező gázcsepe az edény A falába ütközik, a rugalmas ütközés folytan a falról ugyanakkora, de ellentétes irányú $-v_x$ sebességgel pattan vissza, az y és z irányú komponense viszont változatlan marad. Az ütközés folytan a gáz részecske impulzusának x irányú megváltozása a következő:

$$\mu v_x - (-\mu v_x) = 2\mu v_x \quad (3.12)$$

Közben az impulzus-megmaradás törvényének megfelelően ugyanakkora lesz a falnak átadott mozgásmennyiség.

Δt idő alatt csak azok a gázcsepek ütköznek az A felületű oldallal, amelyek jobbra haladnak, vagyis a $\Delta V = A v_x \Delta t$ térfogatú hasámban találhatók. Ha a V térfogatú edényben összesen N gázcsepe található, a ΔV térfogatelemben

$$n \Delta V = n A v_x \Delta t \quad (3.13)$$

számú részecske található.

Mivel ezeknek csak a fele mozog jobbra (az $x > 0$ irányába), a másik fele pedig balra, ezért a Δt idő alatt az A falba ütköző részecskék száma a ΔV térfogatban levő részecskék számának csak a fele lesz. Mozgásmennyiségük x komponensének megváltozása:

$$\Delta I_x = \frac{1}{2} n A v_x \Delta t \cdot 2\mu A v_x^2 \Delta t \quad (3.14)$$

Ennek figyelembevételével Newton második törvénye szerint a falra ható erő:

$$F_x \frac{\Delta I_x}{\Delta t} = n \mu A v_x^2 \quad (3.15)$$

Innen az oldalfalra ható nyomás:

$$p = \frac{F_x}{A} = n\mu v_x^2 \quad (3.16)$$

A gyakorlatban nem minden részecske sebessége azonos, ezért v_x^2 helyett a sebesség négyzetének átlagával kell a nyomást számítani:

Mivel a gáZRészecskék véletlenszerűen mozognak, a v_x^2 , v_y^2 , v_z^2 sebességkomponensek négyzeteinek átlagos értékei is egyenlők

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \quad (3.17)$$

Ebből következik, hogy az ideális gáz nyomása:

$$p = \mu n \frac{v^2}{3} \quad (3.18)$$

Számításba véve, hogy egyetlen részecske kinetikus energiája

$$E_k = \frac{1}{2} \mu v^2 \quad (3.19)$$

$$p = \frac{2}{3} n E_k \quad (3.20)$$

Az ideális gáz nyomása egyenesen arányos a gáZRészecskék koncentrációjával és a gáZRészecske átlagos haladó mozgási energiájával.

3.3. A kinetikus gázelmélet alapegyenlete

Számításba véve, hogy $n = \frac{N}{V}$, a (3.20) átrendezésével megkapjuk a kinetikus gázelmélet alapegyenletét:

$$pV = \frac{2}{3} E_k \quad (3.21)$$

Eszerint az ideális gáz p nyomásának és V térfogatának szorzata egyenesen arányos a gáZRészecskék N számával, és a gáZRészecske E_k átlagos haladó mozgási energiájával.

Az ideális gáz termikus állapotegyenlete (3.10) és a kinetikus gázelmélet alapegyenlete (3.21) alapján felírható:

$$NkT = \frac{2}{3}NE_k, \quad (3.22)$$

Ebből az ideális gáz hőmérséklete:

$$T = \frac{2}{3k}E_k \quad (3.23)$$

Tehát az ideális gáz hőmérséklete egyenesen arányos a gáZRészecske átlagos haladó mozgási energiájával és független a gáz minőségétől. A (3.22) és (3.10) figyelembevételével egyetlen részecske átlagos haladó mozgási energiája:

$$\frac{1}{2}\mu v^2 = \frac{3}{2}kT \quad (3.24)$$

vagyis:

$$E_k = \frac{2}{3}kT \quad (3.25)$$

Ez a kinetikus gázelmélet egyik legfontosabb összefüggése, és azt fejezi ki, hogy egy gáZRészecske $\frac{3}{2}kT$ átlagos haladó mozgási energiája csak a T hőmérséklettől függ, és független bármilyen más paramétertől vagy a gáZRészecske minőségétől.

Ebből kiindulva az N egyatomos részecskéből álló ideális gáz $E_{\text{belső}}$ belső energiája:

$$E_{\text{belső}} = \frac{3}{2}NkT \quad (3.26)$$

figyelembe véve: $N = \nu N_A$, és $k = R/N_A$ kapjuk:

$$E_{\text{belső}} = \frac{3}{2}\nu RT \quad (3.27)$$

Ha az ideális gáz két- vagy többatomos részecskékből áll, a belső energiája kiszámításánál figyelembe kell venni a gázrészecskék rezgő és forgó mozgásából adódó átlag energiákat is.

Figyelembe véve, hogy egy gázrészecske átlagos haladó mozgási energiája $E_k = \frac{1}{2} \mu v^2$ és azt, hogy $N = v \cdot N_A$ kapjuk:

$$v^2 = \frac{3RT}{\mu N_A} = \frac{3RT}{M} \quad (3.28)$$

Innen négyzetgyökvonással kapjuk meg a **gázrészecskék négyzetes középsebességét**:

$$v_k = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (3.29)$$

A Maxwell-féle sebességeloszlás és a Boltzmann-eloszlás.

A (3.29) összefüggés által meghatározott négyzetes középsebesség egy átlagos (statisztikai) érték. Hogy a gázrészecskék mozgásáról teljes képet kapjunk, meg kell állapítanunk, hogy az összes gázrészecskének mekkora hányada mozog az egyik vagy másik sebességgel. Vagyis meg kell állapítanunk a gázrészecskék sebességeloszlását. Ezt a feladatot először James Clerk Maxwell oldotta meg.

Maxwell kiszámította, hogy ha az N számú részecskéből álló, a környezetétől elszigetelt gáz sebességeloszlása azonos minden gáz számára, bár a sebességek értéke függ a gáz minőségétől és a külső tényezőktől (hőmérséklettől stb.). Az $f(v)$ eloszlásfüggvény megmutatja az egységnyi sebességintervallumban található gázrészecskék $\frac{\Delta N}{N}$ relatív számát. Eszerint a $v_1=v$ és $v_2=v+\Delta v$ közötti sebességintervallumba eső v pillanatnyi sebességgel rendelkező ΔN részecske számát a következő összefüggés határozza meg:

$$\frac{\Delta N}{N} = f(v) \Delta v \quad (3.30)$$

Vagy differenciális alakban:

$$\frac{dN}{N} = f(v) \Delta v \quad (3.31)$$

Innen:

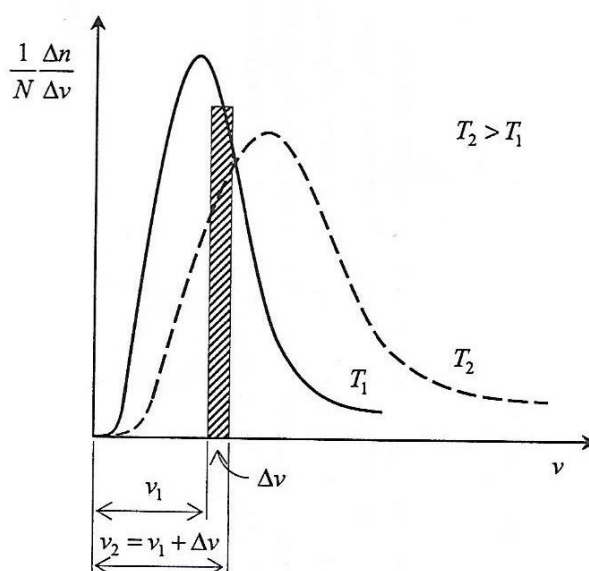
$$f(v) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dv} \quad (3.32)$$

Az eloszlásfüggvényt a következő összefüggés írja le:

$$f(v) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dv} = A v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (3.33)$$

ahol A - a gáz minőségétől és a hőmérséklettől függő állandó.

Azoknak a gáZRészecskéknek a relatív száma, melyeknek a v pillanatnyi sebessége a $v_1=v$ és $v_2=v + \Delta v$ közötti sebességintervallumba esik, az $f(v)$ eloszlásfüggvény grafikonja által határolt és a $\Delta v = v_2 - v$, alapa épített négyzet területével egyenlő (3.3. ábra).



3.3. ábra. A Maxwell-féle sebességeloszlás

A függvény maximumát, ami a v_{val} legvalószínűbb sebesség értékét adja meg, a következő összefüggés adja:

$$v_{val} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (3.34)$$

Az ábrából az is megállapítható, hogy a gázrészecskék mintegy 70%-ának pillanatnyi sebessége eléri a legvalószínűbb sebesség felét-másfélszeresét. Növekvő hőmérsékletnél a sebességeloszlási görbe elnyúlik, maximuma a nagyobb sebességek felé tolódik el.

A átlag sebességet $v_{\text{átl}}$ a következő összefüggés adja meg:

$$v_{\text{átl}} = \sqrt{\frac{8RT}{M}} \quad (3.35)$$

A rendezetlenség még az ideális gázban sem jelent teljes „káoszt”, mert bizonyos szabályok itt is érvényre jutnak. Ahogy az atomok meghatározott általános szabályok szerint, az energiaminimumra való törekvés elve, illetve Pauli-elv és Hund-szabály alapján épülnek fel, úgy a nagyszámú részecskéből álló rendszerekben is - még akkor is, ha az kaotikus mozgást végző gázrészecskék halmaza - a részecskék állapotát egyfajta rend jellemzi, ami a Boltzmann-eloszlásnak nevezett univerzális rendező elv érvényesülésének az eredménye.

Az ekvipartíció-tétel szerint, a termikus egyensúlyban (hőmérséklete állandó) lévő rendszer teljes energiája (E) úgy oszlik el a rendszert alkotó részecskék, pontosabban azokon belül is az egyes mozgásfajták, szabadsági fokok között, hogy átlagosan minden szabadsági fokra $(kT)/2$ energia jut. De ennek alapján semmit nem mondhatunk az egyes részecskék, illetve mozgásfajták egyedi energiájáról, ami állandóan változik, mert a részecskék egymással állandóan energiát cserélnek. Ennek következtében a rendszer teljes energiája veszteség nélkül, folyamatosan újra eloszlódik nemcsak a részecskék, hanem az egyes mozgásfajták között is. Ha a részecskék közötti energiacsere például ütközéssel valósul meg, akkor minél nagyobb egy részecske energiája, annál valószínűbb, hogy veszít energiájából a következő ütközésnél; illetve minél kisebb, annál valószínűbb, hogy nyer. Az egyes részecskék állapota tehát

még termikus egyensúly esetén is folyamatosan változik. Közben a rendszer belső energiája (és ennek megfelelően a hőmérséklete) az energia-megmaradás törvényének megfelelően állandó marad. Tehát makroszkopikusan a rendszeren nem észlelünk változást.

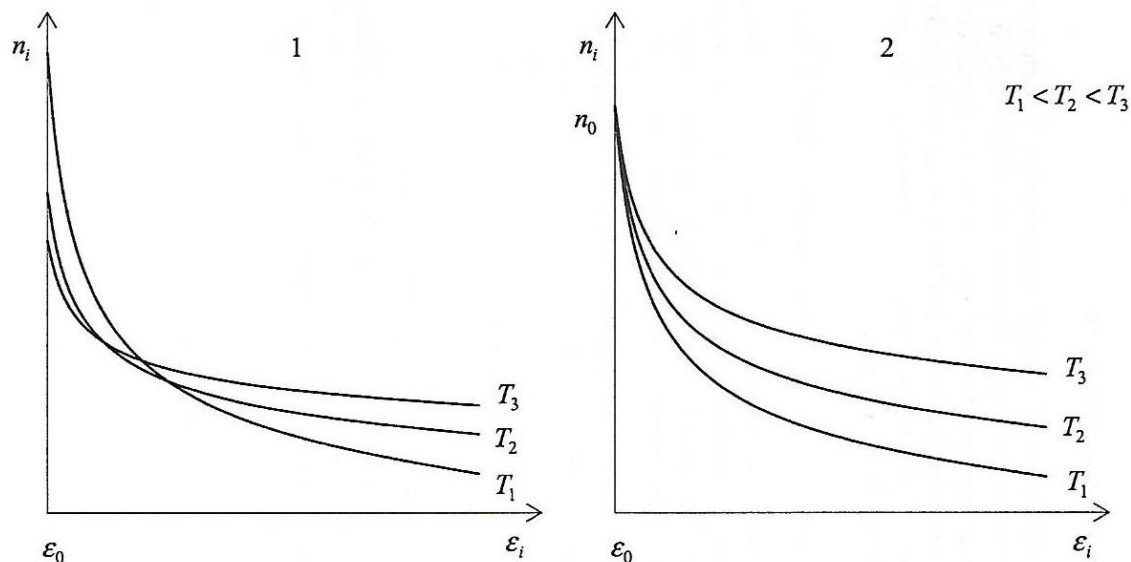
A nagyszámú részecskéből álló rendszer energiaállapotát kétféle módon jellemezhetjük. Egyrészt úgy, hogy megadjuk az összes egyedi részecske pillanatnyi energiáját, ezt nevezzük a rendszer mikroállapotának. Másrészt pedig úgy, hogy megadjuk az energia eloszlását, azaz csak azt, hogy egy adott időpillanatban hány darab részecske $n_0, n_1, n_2, \dots$ rendelkezik $e_0, e_1, e_2, \dots$ energiával. Az n_i betöltési számok egy sorozata, $\{n_0, n_1, \dots\} = \{n_i\}$ definiálja a rendszer makroállapotát. Egy makroállapotot általában nagyon sok mikroállapot képes megvalósítani, egy n_i betöltési szám, akár hosszabb ideig is, nagyjából változatlan maradhat, miközben maguk a részecskék állandóan cserélődhetnek. Bár természetesen a rendszer pillanatnyi makroállapota is változhat az időben, termikus egyensúly esetén van egy legvalószínűbb $\{n_i\}$ sorozat, amely azt jelenti, hogy a rendszer szinte mindig ebben a makroállapotban található. Ha a részecskék között az abszolút rugalmas összeütközéseken kívül nincs kölcsönhatás, akkor a rendszer teljes energiája mindig az egyedi részecskék energiájának összege.

Mivel a rendszer makroállapotaival kapcsolatosan nem támasztottunk semmiféle megkötést, feltételezhetjük azok egyenlő valószínűségét.

$$n_i = n_0 e^{\frac{e_i - e_0}{kT}} \quad (3.36)$$

A (3.36) összefüggést nevezik Boltzmann-eloszlásnak. ahol n_0 a legalacsonyabb, energiájú állapot betöltöttsége.

Ha a hőmérséklet alacsony (T_1), akkor csak a legalacsonyabb energiájú állapotok vannak számottevően betöltve (3.4. ábra). Magas hőmérsékleten (T_3) viszont a nagy energiájú állapotok is jelentősen betöltöttek.



3.4. ábra. A Boltzmann-eloszlás grafikus ábrázolása: 1. alacsony hőmérsékleten (T_1), 2. magas hőmérsékleten (T_3).

3.4. Reális gázok, szilárd anyagok és folyadékok tulajdonságai

A gázból folyadékká történő átalakulást a részecskék között ható vonzóerők idézik elő, a folyadék térfogatát pedig elsősorban az összenyomhatatlannak feltételezett, térfogattal rendelkező (nem pontszerű) részecskék térkitöltése jelenti. Mivel az ideális gáz modelljében éppen ettől a két tulajdonságtól tekintettünk el. Nagy nyomáson, alacsony hőmérsékleten, de különösen a cseppfolyósodáshoz közeli állapotban a gáz biztosan nem ideális, és viselkedését nem a $pV = NkT$ állapotegyenlet írja le.

Egy realisabb leírás érdekében tehát abból a térfogattól, amelyben a részecskék szabadon mozoghatnak (azaz az edény térfogatából, V -ből), le kell vonni a részecskék saját térfogatát.

Ha egyetlen molekula saját térfogata b , akkor a gázrészecskék mozgására az edényben csak a $V - Nb$ térfogat áll rendelkezésre. Ezt a korrekciót figyelembe véve a nyomásra a következő összefüggést kapjuk:

$$p = \frac{NkT}{V - Nb} \quad (3.37)$$

Amikor egy részecske a falhoz, vagyis a részecskehalmoz széléhez közeledik, a többiek vonzása kissé lefékezi. Ezért a reális gáz az ideális gáznál valamivel kisebb nyomást fejt ki a falakra. A csökkenés mértéke - a falhoz közeledő egyetlen molekula számára - a többi részecske által kifejtett vonzóerőtől és az időegység alatt a falnak ütköző molekulák számától függ. A falra gyakorolt nyomás:

$$p = \frac{NkT}{V - Nb} - an^2 \quad (3.38)$$

ahol a -a gáz anyagi minőségtől függő állandó, ami a részecskék között ható erők nagyságát jellemzi. Ebből az összefüggésből kapjuk a reális gázokra vonatkozó (3.39), van der Waals-féle állapotegyenletet:

$$\left(p + a \frac{N^2}{V^2}\right)(V - Nb) = NkT \quad (3.39)$$

A szilárd halmazállapot az anyag olyan állapota, melyben makroszkopikus méreteit tekintve - állandó formájú, és a benne lévő atomok egymáshoz viszonyított helyzete viszonylag állandó (stabil).

A halmazállapotokat alapvetően az anyag kémiai tulajdonságai (az anyagot alkotó atomok vagy molekulák fajtája és az ezek között kialakult kötések típusa), valamint az anyag és környezetének termodinamikai tulajdonságai (hőmérséklet, nyomás) határozzák meg. A szilárd halmazállapot jellemzői általánosságban a viszonylag nagy potenciális kötőerővel rendelkező atomok vagy molekulák, közepes nyomás, alacsony hőmérséklet. A jelenleg

ismert összes anyagnak (a csak extrém körülmények között előállítható anyagok kivételek) létezik szilárd halmazállapota, vagyis van olyan nyomás-hőmérséklet kombináció, amely mellett az adott anyag szilárd halmazállapotú (beleértve az összes folyadékot és az összes gázt is).

Szilárd halmazállapot esetében az anyag szerkezetét adó atomok vagy molekulák közötti kölcsönhatás (kötési erő) elegendően nagy ahhoz, hogy az atomokat vagy molekulákat egymáshoz képest elmozdítani próbáló erőhatásoknak ellenálljon, illetve legfeljebb olyan mértékben engedjen, amely lehetővé teszi az erőhatás megszűnte után az eredeti helyzetbe való visszatérést (rugalmas alakváltozás).

A szilárd halmazállapotnak két fajtáját ismerjük: a kristályos az amorf állapotot.

A kristályos anyagok legfontosabb tulajdonsága a periodikus hosszú távú rendezettség. A tökéletes kristály azonos szerkezeti elemek - térben - szabályosan ismétlődő végtelen sorozata. A kristály geometriai tulajdonságán illetve szimmetriáját a térrács jellemzi. A kristályszerkezetet akkor kapjuk meg, ha elhelyezzük a megfelelő „építőelemeket” a térrács minden pontjába.

Az amorf, üvegszerű szilárd anyagok inkább igen nehezen folyó, nagyon viszkózus folyadékoknak tekinthetők.

A folyadék (ideális folyadéknak tekintve) az anyagnak azon halmazállapota, amelyben az anyag felveszi a tárolásra szolgáló edény alakját, megtartja a térfogatát. Gyakorlatilag összenyomhatatlan, részecskéi állandóan, tetszőleges módon helyet változtatnak. A részecskék – sok szilárd anyagtól eltérően – rendezetlenül helyezkednek el.

A folyékonyság oka: a részecskék súrlódásmentes elcsúszhatnak egymáson. A nyugvó folyadék szabad felszíne merőleges a nehézségi erőre azaz vízszintes.

A részecske közötti kölcsönhatás rövid hatótávolságú.

Két folyadék csepp csak akkor tapad össze ha nagyon közel kerülnek egymáshoz, szinte összeérnek.

A részecskék nem töltik ki hézagmentesen a rendelkezésükre álló teret, két folyadék keverékének térfogata kisebb, mint az egyes folyadékok térfogatának összege.

A folyadékok képesek diffúziója, ez szintén a részecskék rendezetlen mozgásával magyarázható.

3.5. Termodinamika. A termodinamika főtételei

A termodinamika vagy magyar nevén hőtan az energiaátalakulások vizsgálatának tudományterülete. Vizsgálja az anyagok tulajdonságait és azoknak az energiaátalakulások során bekövetkező változásait.

Egy magára hagyott termodinamikai rendszerben az intenzív állapotjelzők eloszlása homogénné válik, vagyis a rendszer egyensúlyi állapotba kerül.

Reverzibilis (megfordítható) folyamatok azok az egyensúlyi állapotokon keresztül végbemenő folyamatok, amelyeket visszafelé végrehajtva a vizsgált test visszavihető eredeti állapotába, anélkül hogy a környezetben visszamaradó változás lépne fel.

Irreverzibilis (megfordíthatatlan) folyamatok, azok az egyensúlyi állapotokon keresztül végbemenő folyamatok, amelyeknél a kezdeti állapotra való visszajutás nem valósulhat meg anélkül, hogy a rendszer környezetében ne maradna vissza valamilyen változás. Tehát a gyakorlatban a legtöbb folyamat visszafelé is lejátszódhat, de csak a környezet maradandó változása árán.

A termodinamika főtételei

A nulladik főtétele tulajdonképpen nem egyetlen „törvényt”, hanem több jelent, amelyek a termodinamikai rendszer egyensúlyával kapcsolatosak. Ezek:

bármely magára hagyott termodinamikai rendszer egy idő után egyensúlyi állapotba kerül, amelyből önmagától nem mozdulhat ki;

egy egyensúlyban levő termodinamikai rendszer szabadságfokainak száma a környezetével megvalósítható kölcsönhatások számával egyenlő;

a két testből álló magára hagyott termodinamikai rendszer egyensúlyban van, ha a testek között fellépő kölcsönhatásokat jellemző intenzív állapotjelzőik egyenlők.

A termodinamika első főtétele mennyiségi összefüggést állapít meg a mechanikai munka, a cserélt hő és a belső energia változása között.

A hőtan első főtétele kimondja, hogy a termodinamikai rendszer belső energiájának megváltozása egyenlő a rendszerrel közölt hő és a rendszeren végzett munka összegével.

$$\Delta U_b = Q + A$$

Következménye: Nincs olyan periodikusan működő gép, ún. elsőfajú perpetuum mobile, mely hőfelvétel nélkül képes lenne munkát végezni.

A második főtétele a spontán folyamatok irányát szabja meg. Több, látszólag lényegesen különböző megfogalmazása van.

Clausius-féle megfogalmazás (1850): A természetben nincs olyan folyamat, amelyben a hő önként, külső munkavégzés nélkül hidegebb testről melegebbre menne át. Csakis fordított irányú folyamatok lehetségesek.

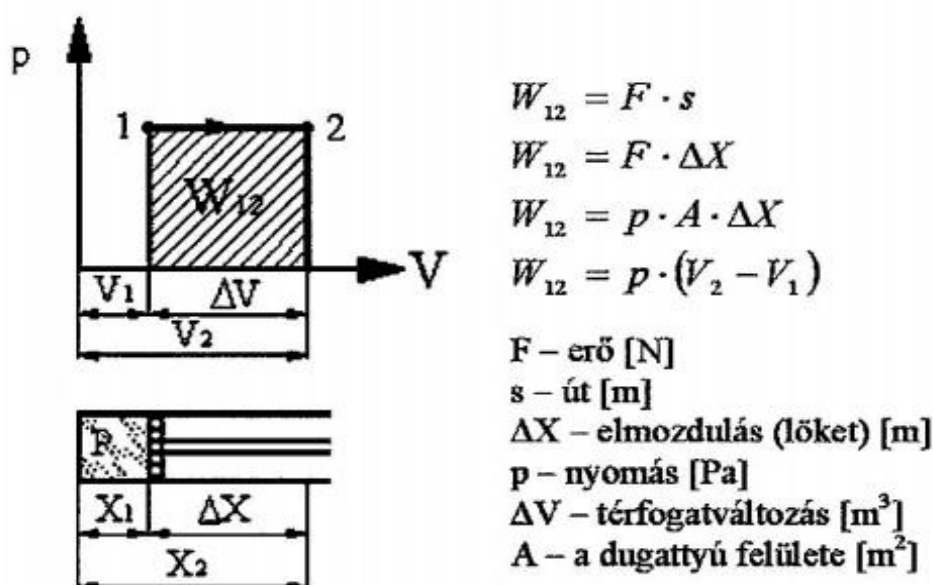
Kelvin-Planck-féle megfogalmazás (1851, 1903): A természetben nincs olyan folyamat, amelynek során egy test hőt veszít, és ez a hő munkává alakulna át. állítás szerint nem létezik másodfajú perpetuum mobile.

Egy jobb megfogalmazás végett egy új fogalom került bevezetésre: az entrópia. A termodinamika második alaptörvénye az entrópia felhasználásával a következőképpen fogalmazható meg: a magukra hagyott rendszerek entrópiája spontán folyamatokkal nem csökkenhet.

A termodinamika harmadik főtétele kimondja, hogy tökéletes kristályos anyag entrópiája abszolút nulla fok hőmérsékleten zérus. A tétel egyik legfontosabb következménye, hogy az abszolút zérus hőmérséklet (0 K) véges sok lépésben nem érhető el.

Nernst megfogalmazása szerint az abszolút tiszta kristályos anyagok entrópiája nulla kelvin hőmérsékleten zérus.

Tágulási munka. A gáz térfogatváltozásakor történő munkavégzést tágulási munkának nevezzük (4.1. ábra).



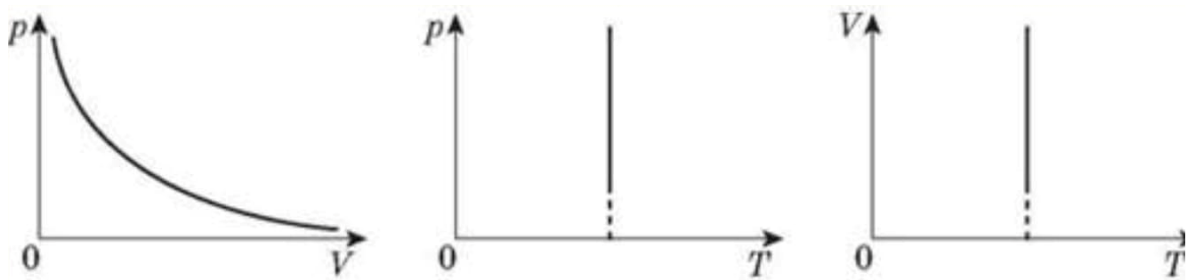
4.1. ábra. A tágulási munka p-V diagramban

3.6. A Gáztörvények

A gáztörvények az ideális gáz abszolút hőmérséklete (T), nyomása (p) és térfogata (V) – ún. állapotjelzők – közötti matematikai összefüggések.

Boyle–Mariotte-törvény: Állandó hőmérsékleten a zárt gáz tömeg p nyomásának és V térfogatának a szorzata állandó.

$$p \cdot V = \text{Const}, T = \text{Const}$$



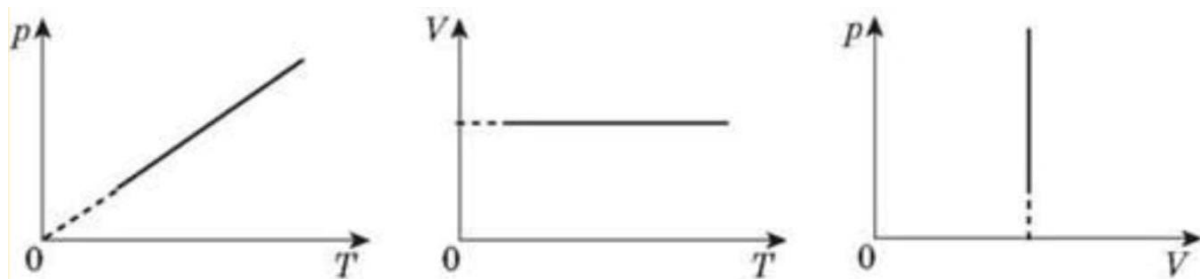
4.2. ábra. Izoterm állapotváltozás

Gay-Lussac I törvénye

A gázok térfogatváltozása állandó nyomáson egyenesen arányosan a 0°C hőmérséklethez tartozó térfogattal és a hőmérséklet – változással.

Izobár állapotváltozás során a gáz nyomása állandó ($p = \text{állandó}$).

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const}$$



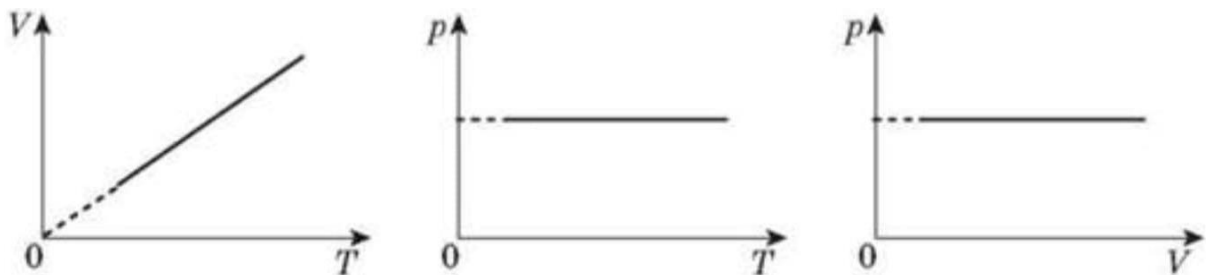
4.3. ábra. Izobár állapotváltozás

Gay-Lussac II törvénye

Ha a gázt állandó térfogaton melegítjük, akkor nő a nyomása. Ez a nyomásváltozás egyenesen arányos a t_0 -on mért nyomással és a hőmérsékletváltozással.

Izobár állapotváltozás során a gáz térfogata állandó ($V=\text{állandó}$).

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{const}$$



4.4 . ábra. Izochor állapotváltozás

Az adiabatikus folyamat definíció szerint azt jelenti, hogy a rendszer nem cserél hőt a környezetével, pl. mert el van szigetelve.

A politropikus folyamat olyan állapotváltozás, amely során a termodinamikai rendszerre igaz a $pV^n = \text{const}$ egyenlet, ahol p a nyomás, V a térfogat, a politropikus kitevő, apedig konstans.

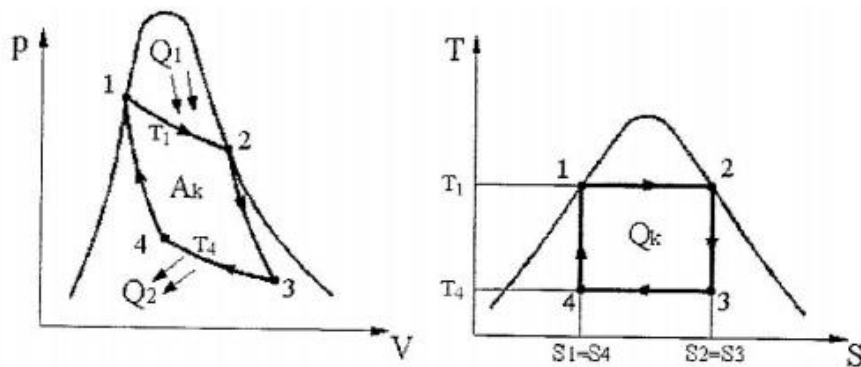
A következő táblázatban megtalálhatóak a gázok különböző állapotváltozásait leíró összefüggések.

Körfolyamatok

Bármely (reverzibilis) körfolyamat végére a rendszer visszakerül abba az állapotba, ahonnan elindult. A részfolyamatok során változhat a hőmérséklete, belső energiája, stb., de az egész körfolyamatra nézve a változás nulla. Ebből nem következik, hogy a rendszeren végzett összes munka, ill. a rendszerrel közölt összes hő nulla, csak az, hogy az összegük nulla. Végeredményben két eset van:

1. hőt vesz fel a rendszer és ezt munka formájában leadja,
2. munkát végez rajta a környezete és ezt hő formájában adja le.

Carnot-körfolyamat



4.5. ábra. Carnot-körfolyamat p-V valamint T-S diagramja

1→2 –es szakaszon hőenergiát közlünk a rendszerrel állandó hőmérséklet mellett, miközben a közeg térfogata V_1 -ről V_2 -re növekszik és munkát végez a környezetén.

2→3 szakasz során a 2-es állapotú közeget adiabatikusan kiterjesztjük a 3-as pontig és mivel itt a belső energia rovására történik a munkavégzés a hőmérséklet csökken.

3→4-es szakasz során állandó hőmérsékletű kompresszióval hőenergiát vonunk el a rendszertől, ezért a közeg térfogata V_3 -ről V_4 -re csökken

4→1 –es szakaszon a közeg nyomását P_4 –ről P_1 -re növeljük, miközben a hőmérséklet T_4 –ről T_1 –re emelkedik

A Carnot körfolyamat a lehetséges legjobb termikus hatásfokot adja a folyamat hőmérséklethatárai között.

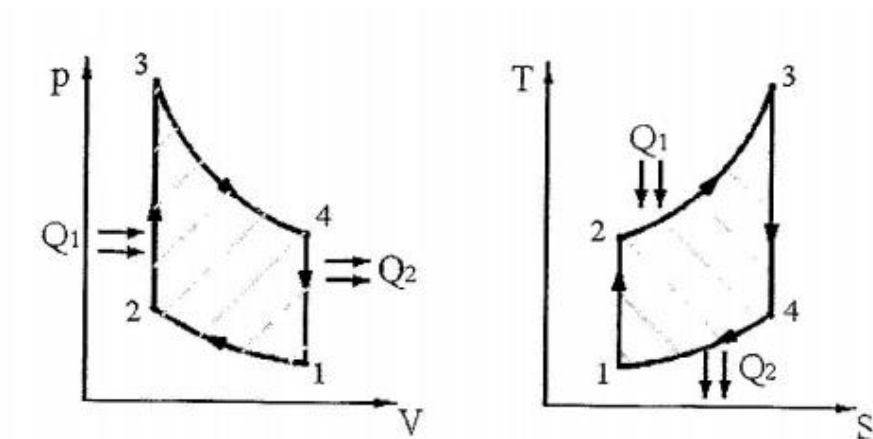
Otto-körfolyamat

1→2 adiabata mentén a térfogat csökkenése

2→3 állandó térfogatnál energia bevezetés, aminek hatására a nyomás emelkedik

3→4 adiabata mentén térfogat növekedése

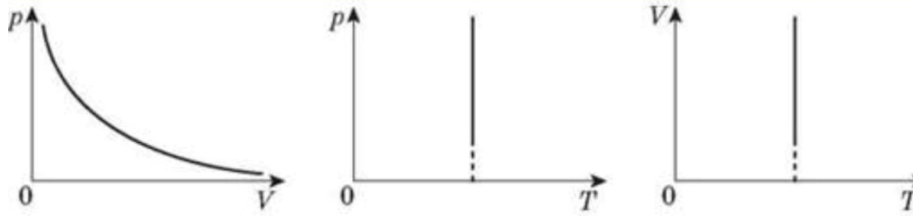
4→1 állandó térfogat mentén megvalósuló nyomáscsökkenés



4.6. ábra. Otto-körfolyamat

3.7. Feladatok önellenőrzésre

1. Milyen állapotváltozás látható az ábrán?

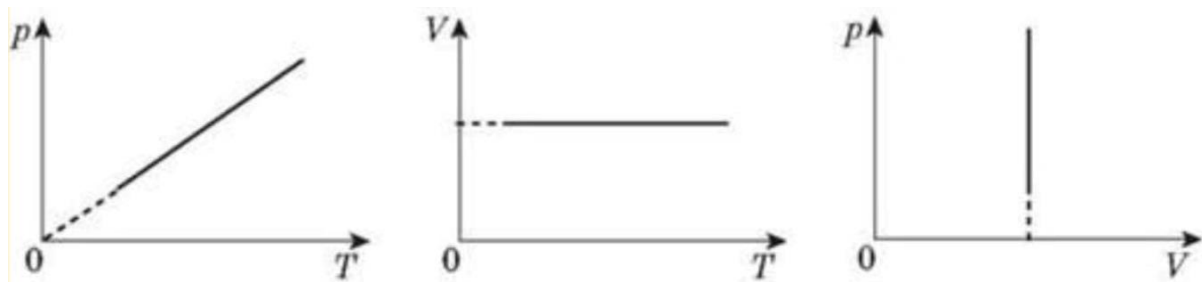


- A) Izoterm állapotváltozás
- B) Izobár állapotváltozás
- C) Izochor állapotváltozás

2. Mennyi hő szükséges egy 200 g tömegű acél alkatrész 35°C -ról 1235°C -ra való felmelegítéséhez? ($c = 460 \text{ J / kg }^{\circ}\text{C}$)

- A) 110 J
- B) 220 kJ
- C) 110 kJ

3. . Milyen állapotváltozás látható az ábrán?



- A) Izoterm állapotváltozás
- B) Izobár állapotváltozás
- C) Izochor állapotváltozás

4. Exoterm reakciónak nevezzük a hőfelszabadulással járó reakciókat.

- A) igaz
- B) hamis

5. Mekkora a test abszorpciós képessége?

- A). A test által visszavert energia és a rá eső energia aránya.
- B). A test által elnyelt energia és a rá eső energia aránya.
- C). Az egységnyi testfelület által időegység alatt elnyelt energia mennyisége.

6. Egy 1 kg tömegű alumínium alkatrészt 1 °C-kal lehűtünk. Mennyi hő szabadul fel az alkatrész hűtésekor? ($c = 920 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$)

- A) 92 J
- B) 920 J
- C) 920 kJ

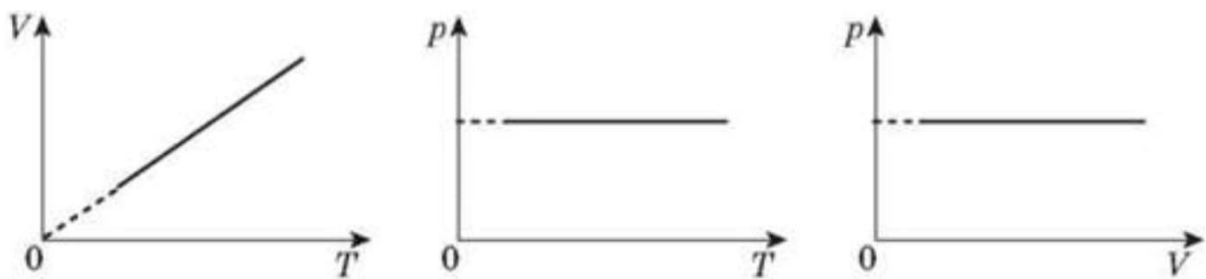
7. Mennyi hő szükséges egy 100 g tömegű réz alkatrész 35°C-ról 1200°C-ra való felmelegítéséhez? ($c = 400 \text{ J} / \text{kg } ^\circ\text{C}$)

- A) 410 J
- B) 2200 kJ
- C) 46600 J

8. A mennyiségek közül melyik állandó Boyle-Marriott, Gay-Lussac és Charles törvényeiben?

- A) Nyomás
- B) Molekulák tömege.
- C) Térfogat

9. Milyen állapotváltozás látható az ábrán?



- A) Izoterm állapotváltozás
- B) Izobár állapotváltozás
- C) Izochor állapotváltozás

10. Az adiabatikus állapotváltozás olyan állapotváltozás.....

A) Amely során a termodinamikai rendszer és környezete között nem jön létre hőátadás.

B) Amely során a termodinamikai rendszer és környezete között létre jön hőátadás.

11. Mekkora az acél alkatrész tömege, ha 35°C -ról 1235°C -ra felmelegítéséhez 110 J hő szükséges? ($s = 460\text{ J / kg }^{\circ}\text{C}$)

A) 110 kg

B) 220 kJ

C) 200 g

12. Izobár állapotváltozás során

A) a gáz térfogata állandó ($V=\text{állandó}$)

B) a gáz nyomása állandó ($P=\text{állandó}$)

C) a gáz hőmérséklete ($T=\text{állandó}$)

13. Állandó nyomáson hevített rendszer belső energiájának megváltozása a rendszerrel közölt hővel egyezik meg

A) igaz

B) hamis

14. Egy anyag átmenete szilárd halmazállapotból gáz halmazállapotúvá, a folyékony fázis megkerülésével-

A) kondenzáció

B) párolgás

C) szublimáció

15. Mekkora a réz alkatrész tömege, ha 35°C -ról 1200°C -ra való felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség 46600 J ? ($c = 400\text{ J / kg }^{\circ}\text{C}$).

A) 410 J

B) 2200 kJ

C) 100 g

16. A tökéletes gázok izotermikus expanziója nem jár a belső energia megváltozásával

A) igaz

B) hamis

17. A folyadék és a vele érintkező szilárd test részecskéi között fellépő kölcsönhatási erőket nevezzük

A) Adhéziós erőknek.

B) Kohéziós erőknek

18. Mit jellemez az entrópia?

A) egy rendszer rendezetlenségi fokát

B) a töltések mennyiségét

C) a felületi feszültséget

19. Mekkora nyomás terheli a tengeralattjárót 250 m mélyen ha a tengervíz sűrűsége 1080 kg/m^3 ?

A) $2,7\text{ MPa}$

B) 220 Pa

C) 100 atm

20. Milyen nem lehet a hidrosztatikus nyomás?

A) felfelé ható

B) oldalnyomás

C) fenéknnyomás

D) keresztmetszeti

4. VILLAMOS ALAPISMERETEK

4.1. Elektrosztatika

Az elektrosztatika a villamosságtan nyugvó töltésekkel foglalkozó része. Az atomot felépítő elemi részecskék közül a proton és az elektron elektromos kölcsönhatásra képes, és ez általában erőként nyilvánul meg. Az elektron töltését negatívnak, míg a protonét pozitívnak tekintjük. Normál körülmények között az anyagok többsége elektromos szempontból semleges, vagyis az elektronok és a protonok száma megegyezik. Bizonyos körülmények között, energia hatására az anyag részecskéiből elektronok szakadhatnak ki és pozitív töltésűvé, míg egy másik negatív töltésűvé válhat azáltal, hogy elektronokat vett fel. Az elektromosan feltöltött részecskék között kölcsönhatás lép fel. Az azonos töltésűek taszítják, míg a különböző töltésűek vonzzák egymást. Az elektromos töltés jele Q , mértékegysége a Coulomb, jele C , vagy ampersecundum, jele As . $1 C = 1 As$.

Az elektron, mint a legkisebb elemi részecske töltése: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$.

4.2. Coulomb törvénye

Az elektromosan feltöltött részecskék között kölcsönhatás lép fel. Az azonos töltésűek taszítják, míg a különböző töltésűek vonzzák egymást. A kölcsönhatáskor fellépő erő nagyságát Charles Augustin de Coulomb francia fizikus határozta meg. Az általa meghatározott törvény alapján (4.1) az erő nagysága egyenesen arányos a töltések nagyságával és fordítottan arányos a köztük levő távolság négyzetével, és függ a közeg tulajdonságaitól.

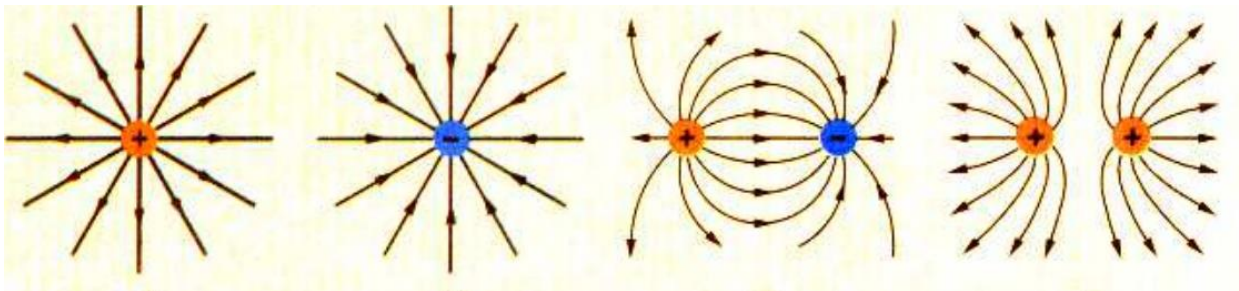
$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (4.1)$$

ahol: Q_1, Q_2 – a töltések nagysága, r a töltések közötti távolság, k pedig a közegtől függő arányossági tényező: függ az elektromos permittivitástól ϵ_0 és a

közeg relatív permittivitásától (amely megmutatja, hogy az adott közeg elektromos permittivitása hányszor nagyobb vagy kisebb, mint vákuumé), mértékegysége nincs. Vákuum esetében: $\epsilon_r = 1$.

4.3. Elektromos térerősség

A töltések közötti Coulomb-féle kölcsönhatás, a töltések körül fellépő elektromos térerősség (elektromos mező) energiájának köszönhető. Minden töltés maga körül erőteret hoz létre. A térerősséget erővonalakkal szemléltetjük és egyezményesen a „+” töltés erővonalai a töltés felől, míg a „-” töltésé a töltés felé (irányába) mutatnak (4.1. ábra). 1.1. ábra. A töltések erővonalai (forrás: tudasbazis.sulinet.hu).



4.1. ábra. A töltések erővonalai

Adott q töltés térerősségének meghatározásához r távolságra feltételezünk egy Q töltést. A térerősség nagysága felírható úgy, mint a Coulomb-féle erő és az r távolságra lévő Q töltés hányadosa.

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{k \cdot q \cdot Q}{Q \cdot r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad (4.2)$$

A térerősség vektormennyiség, iránya megegyezik a pozitív töltésre ható erő irányával.

Az elektromos térerősség erővonalai olyan görbék, amelyek bármely pontjában húzott érintő megadja a térerősség vektor irányát. Eredőjét a vektorok összeadási szabálya szerint határozzuk meg.

4.4. Elektromos potenciál. Elektromos feszültség

Az elektromos potenciál az elektromos tér munkavégző képességét fejezi ki. A meghatározás szerint megegyezik azzal a munkával, amelyet a villamos tér végez, amikor az egységnyi töltést egy adott pontból a végtelenbe, azaz olyan távolságra szállítja, ahol az adott töltés télerőssége már nulla.

$$V = \frac{W}{Q} = \int_r^{r_0} E \cdot dr = \int_r^{r_0} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) \quad (4.3)$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} \quad (4.4)$$

Mértékegysége a volt (V).

$$1V = 1J/1C$$

Ha egy felület minden pontja azonos potenciálon van, akkor ekvipotenciális felületről beszélünk.

Két tetszőleges töltésű részecske közötti potenciálkülönbséget elektromos feszültségnek nevezzük. Kifejezi az egységnyi töltés munkáját a tér két pontja között:

$$U_{AB} = V_A - V_B = \int_A^r E \cdot dr - \int_r^B E \cdot dr = \int_A^B E \cdot dr \quad (4.5)$$

A feszültség iránya egyezményesen mindig a nagyobb potenciálú pont felől mutat a kisebb potenciálú pont felé. Ebből következik, hogy:

$$U_{AB} = V_A - V_B = -U_{BA} \quad (4.6)$$

A töltéshordozók által végzett munka a feszültség és a töltésmennyiség szorzatával fejezhető ki.

$$W = Q (V_A - V_B) \quad (4.7)$$

Ahhoz, hogy a villamos áram huzamosabb ideig fenntartható legyen feszültségforrásra vagy más néven feszültséggenerátorra van szükség, amely

pólusain állandó feszültséget biztosít és belső ellenállása ideális esetben nulla, a valóságban nagyon kicsi.

Feszültség források az elektromos feszültség időbeli lefolyása szerint

1. egyenfeszültség, a feszültség forrás polaritása időben állandó (galvánelem, akkumulátor, napelem, termoelem).
2. változófeszültség, a feszültség nagysága időben változó (generátor, dinamó, transzformátor).

4.5. Kondenzátorok és kapacitás

Két elektromosan ellentétes potenciálra feltöltött vezető felület kondenzátort alkot. A felületek között potenciálkülönbség (feszültség) jön létre. A felületeket fegyverzetnek nevezzük. A kondenzátor képes elektromos töltéseket tárolni. Legfontosabb jellemzője a kapacitás vagyis, hogy mekkora töltésmennyiséget képes tárolni. A kondenzátor kapacitása arányos a töltésmennyiséggel és függ a fegyverzetek közötti feszültségtől:

A kondenzátor kapacitása arányos a töltésmennyiséggel és függ a fegyverzetek közötti feszültségtől:

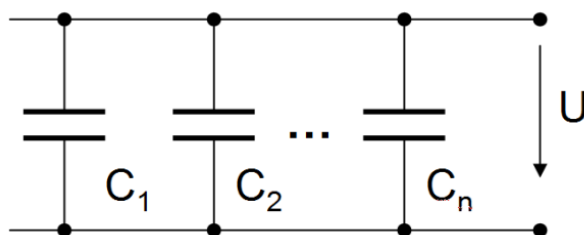
$$C = \frac{Q}{U} \quad (4.8)$$

Mértékegysége a Farad (Coulomb/Volt):

Az 1 F igen nagy kapacitást jelent, ezért a gyakorlatban csak kisebb (μF , nF , pF) értékeket használjuk. Kivitelezése legegyszerűbben síkkondenzátorok formájában valósítható meg. Két sík fémlemez (fegyverzet) közé szigetelőanyagot (dielektrikumot) helyeznek el. A fegyverzeteket kivezetésekkel látják el.

A kondenzátorokat egymással kétféleképpen kapcsolhatjuk össze: párhuzamosan vagy soros módon. Párhuzamos kapcsoláskor a kondenzátorok

kapacitása összeadódik (4.2. ábra), mert elvileg növeljük a fegyverzetek felületét. A feszültség változatlan marad.



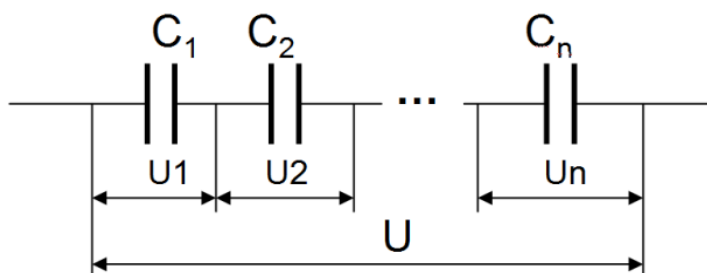
4.2. ábra. Kondenzátorok párhuzamos kapcsolása

Az eredő kapacitást a következő összefüggéssel számíthatjuk ki:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum C_n \quad (4.9)$$

A párhuzamos kapcsolást tehát akkor használjuk, amikor növelni szeretnénk a kapacitást.

Soros kapcsolásban (4.3. ábra) a kondenzátorok feszültsége adódik össze, az eredő kapacitás reciproka pedig a kapacitások reciprokának összege lesz.



4.3. ábra. Kondenzátorok soros kapcsolása

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum \frac{1}{C_n} \quad (4.10)$$

Soros kapcsoláskor az eredő kapacitás kisebb lesz, mint bármelyik a kapcsolásban résztvevő kondenzátor kapacitása, de a rákapcsolható feszültség megnövekszik. Vagyis akkor használunk soros kapcsolást, amikor a kondenzátorokat a gyártó által megadott névleges feszültségnél nagyobb értéken szeretnénk használni.

4.6. Az elektromos áram

A szabad töltéshordozók (rendszerint elektronok) egyirányú rendezett mozgását elektromos áramnak nevezzük. Ha feltételezzük, hogy a $+Q$ és $-Q$ töltésmennyiséggel feltöltött felületeket vezetővel összekötjük, akkor a negatív felületről elektronok vándorolnak át a pozitív felületre, mindaddig, míg a két felület elektromosan semlegessé válik.

Az elektromos áram legfontosabb jellemzője az áramerősség

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (4.11)$$

Vagyis az áramerősség arányos a töltéshordozók sebességével. Mértékegysége az amper, amely alapegység a Nemzetközi Rendszerben (SI). Jele: A. Egy amper az áramerősség, ha egy másodperc alatt egy coulomb töltésmennyiség halad át.

4.7. Ohm törvénye

Egyenáramú áramkörök esetében a feszültségforrás polaritása állandó, vagyis az áram csak egy irányban folyik. Az egyszerű egyenáramú áramkörök legfontosabb elemei a feszültséggenerátor vagy áramgenerátor, a vezető és a fogyasztó. Ezek természetesen egyéb kiegészítő egységekkel egészülnek ki.

Ohm törvénye

Zárt áramkörben lévő fogyasztó ellenállását Ohm törvénye fejezi, amely kimondja, hogy a fogyasztó ellenállása állandó, amelyet a rákapcsolt feszültség és rajta áthaladó áram hányadosa határoz meg

$$R = \frac{U}{I} \quad U = R \cdot I; \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} \quad (4.12)$$

Valóságos áramkörben (1.19. ábra) a feszültséggenerátor r belső ellenállása miatt fogyasztóra jutó feszültség az 1.23 szerint alakul.

$$U = I \cdot R = \frac{U_g}{r + R} \cdot R = U_g \frac{R}{r + R} \quad (4.13)$$

a feszültséggenerátor belső ellenállása miatt a fogyasztóra kevesebb feszültség jut, mint a generátor kapocsfeszültsége. Ez a feszültség még tovább csökkenhet, ha figyelembe vesszük, hogy a fogyasztó és a feszültséggenerátor közötti vezetéknek is van ellenállásuk. Hosszabb vezeték esetében ez akár jelentős is lehet. Ezért ilyen esetben érdemes a vezeték ellenállását is meghatározni. A vezető huzal ellenállása a következő képlettel számítható ki: ·

$$R_v = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (4.14)$$

Ahol: ρ a vezető fajlagos ellenállása, l a vezető hossza, S pedig a vezető keresztmetszete.

4.8. Feladatok önellenőrzésre

1. Két azonos töltésű, azonos átmérőjű golyót, amelyek közül az egyik tömör, a másik üreges, érintkezésbe hoznak. Hogyan oszlik el a töltet a labdák között?

- A). Egy üres golyó töltése nagyobb lesz.
- B) Egy tömör labda töltése nagyobb lesz.
- C) Mindkét golyó töltése azonos lesz.

2.. Az elemi elektromos töltést hordozó porszem szabadon mozog a pozitív ponttöltés mezőjében az erővonal mentén. Milyen ez a mozgás?

- A). Egyenlőtlenül gyorsított.
- B). Egyenletesen gyorsított.
- C). Egyenletesen lassított.
- D). Egyenetlen.

3. Két $R_1 < R_2$ sugarú golyó potenciála azonos ($\phi_1 = \phi_2$). Melyik golyónak nagyobb a töltése q ?

- A) $q_1 > q_2$
- B). $q_1 < q_2$
- C). $q_1 = q_2$

4. Hogyan változik az elektrosztatikus térerősség vonalainak száma dielektrikumról vákuumra való átmenet során?

- A). Növekszik
- B). Csökken
- C). Nem változik.

5. Hogyan változott egy lapos kondenzátor kapacitása, ha a lemezeinek területe kétszeresére nőtt, és a köztük lévő távolság felére csökkent?

- A). 4-szeresére nőtt.
- B). felére csökkent.
- C). Nem változott.
- D) negyedére csökkent.

6. Mekkora töltés taszítja a vele egyenlő nagyságú töltést 60 dm távolságból $2,5 \times 10^{-4}$ N erővel ?

- A) 10^{-6} C B) 10000 C
C) $2,5 \times 10^{-4}$ D) 6×10^{-4} K

7. Hogyan kell megváltoztatni két ponttöltés távolságát, hogy a köztük lévő kölcsönhatási erők negyedére csökkenjenek?

- A). Növelje 4-szeresére. B).. Növelje 2-szeresére.
C). Csökkentse 4-szer. D). Csökkentse 2-szer.

8. Egy feszültségforrásra kötött síkkondenzátor lemezeit lassan eltávolítjuk egymástól. Hogyan változik a kondenzátor kapacitása?

- A) A kondenzátor kapacitása nem változik.
B) A kondenzátor kapacitása csökken.
C) A kondenzátor kapacitása nő.
D) A kondenzátor kapacitása háromszorosára nő.

9. Hogyan tér ki a pozitív töltésű elektroszkóp mutatója, ha fegyverzetéhez negatív töltésű testet közelítünk?

- A) Még jobban kitér.
B) Kevésbé tér ki.
C) Meg sem mozdul.

10. A sorosan kapcsolt 150 nF és 250 nF kondenzátor rendszer mekkora töltéstől töltődik fel 160 V- ra ?

- A). $1,5 \mu\text{C}$ B). 1,5 mkC.
C). 2,5 C D). 3 C

11. Egy szigeteletlen homogén drótdarab ellenállása R . Hogyan változik az ellenállása, ha a drótot három egyenlő részre vágjuk, s a darabokat párhuzamosan összefogjuk?

- A) Kilenced részére csökken.
- B) Harmad részére csökken.
- C) Háromszorosára nő.
- D) Kilencszeresére nő.

12. Hány elektron halad át a vezető keresztmetszetén öt perc alatt, ha az áramerősség 90 mA ?

- A). $16,87 \times 10^{19}$ db
- B). $116,87 \times 10^{19}$ db
- C). $23,54 \times 10^{19}$ db
- D). $16,87 \times 10^4$ db

13. Mekkora az áramerősség ha 20 perc alatt 240-s halad áruhávezető valamely keresztmetszetén

- A) 200 mA
- B) 20 mA
- C) 2 mA
- D) 400 mA

14. Mennyi töltést kell vinni a 25 nF kondenzátorra, hogy a fegyverzetk között 420 V potenciálkülönbség alakuljon ki ?

- A) $10,5\text{ }\mu\text{C}$
- B) $10,5\text{ mC}$
- C) $10,5\text{ pC}$
- D) $30,5\text{ }\mu\text{C}$

15. Mekkora az egymástól 30 cm távolságban lévő töltő lemezek között a homogén térerősség, ha a lemezek között a feszültség $7,8\text{ kV}$?

- A) $2,6 \times 10^4\text{ N/C}$
- B) 8 C
- C) $5,6 \times 10\text{ N/C}$
- D) 10 C

16. Mennyi idő alatt halad át a vezető keresztmetszetén 480 nC töltés 12 μA áramerősség esetén?

- A). 0,04 s B). 1,5 s
C). 0,04 t D). 1,2 s

17. Egy szigetelő állványon álló, összességében semleges fémgömbhöz egy kis kiterjedésű, elektromosan töltött fémgolyóval közelítünk. Milyen típusú elektromos erőhatást tapasztalunk?

- A) Vonzó erőhatást.
B) Nem tapasztalunk erőhatást.
C) Taszító erőhatást.

18. Ha zárt áramkörben fokozatosan növeljük a feszültséget, akkor az ampermérő...

- A).....egyre nagyobb értéket mutat
B)....nullát mutat
C)....egyre kisebb értéket mutat
D)...mutatója nem mozdul

19. Mekkora legkisebb elemi részecske töltése?

- A). $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ B). $1,5 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
C). 9,8 m/s D). $-1,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

20. Az összes ismert közeg közül melyikben a legerősebb az elektromos tér ?

- A). üveg B). vákuum
C). viasz D). víz

IRODALOMJEGYZÉK

Barkáts Jenő. A fizika és geofizika alapjai. Jegyzet. Beregszász. 2008. 198.

Bércecs György, Skrapits Lajos, Dr. Tasnádi Péter: Mechanika I. - Általános fizika, Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó Nonpr.Kft., 2013, 448c.

Farkas István, Nagy Ferenc Csaba, Takacs Gábor. Elektrotechnika. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1993. 122.

dr. Hodossi László. Elektrotechnika I. 2012. A kiadásért felel az Edutus Főiskola. 112.

Nagy Sándor, Sinóros - Szabó Botond. A bio- és környezetfizika alapjai. Egyetemi jegyzet. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kara. Budapest.2023.

Villamos alapismeretek és elektronika Szerkesztette: Dr. Ferenczi István . Nyíregyházi egyetem. 2019. 99.

Дудик М.В. Електродинаміка (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей / М.В. Дудик, Ю.В. Діхтяренко. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 120 с.

Жихарєв В.М., Ковач Є.Т., Різак В.М., Різак І.М. Механіка у прикладах і задачах. Навчальний посібник. – Ужгород. Мистецька лінія. – 2004. – 267 с.

Клим М., Якібчук П. Задачі з молекулярної фізики. (навчальний посібник). Львів – 2007. 227 С.

Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Часть 1 // Теоретическая физика. — М. : Физматлит, 2005. — Т. 5. — 616 с.

Сивухин Д. В. Общий курс физики. В 5 т. Том I. Механика. 4-е изд. М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2005. — 560 с.

Сивухин Д. В. Общий курс физики. — 5-е изд. — М. : Физматлит, 2005. — Т. II. — 544 с. — ISBN 5-9221-0601-5.

Яворский Б. М., Детлаф А. А. Физика для школьников старших классов и поступающих в вузы: учебное пособие. М.: Дрофа, 2002. 800 с.