

Кафедра математики та інформатики
Matematika és Informatika Tanszék

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК / TANTÁRGYI JEGYZET
до курсу лекцій

**«ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ» / ÁLTALÁNOS FIZIKA ÉS
CSILLAGÁSZAT**

(для студентів 4-го курсу освітньої програми «014. Середня освіта. Математика») / a
„Középfokú oktatás. Matematika” képzési program
4. évfolyamos hallgatói részére)

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

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

Середня освіта (Математика) /
Középiskolai oktatás (Matematika)
(освітня програма / képzési program)



Навчальний посібник призначений для більш ефективної організації роботи на заняттях з дисципліни «Загальна фізика та астрономія» здобувачів першого (бакалаврський) рівня вищої освіти денної форми навчання, які навчаються на спеціальності (спеціалізації) «014 Середня освіта Математика». 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

Az „Általános fizika és csillagászat” 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. Az „Általános fizika és csillagászat” jegyzet a 014. Középfokú Oktatás (Matematika) 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.....	5
1. ALAPFOGALMAK.....	6
2. MECHANIKA.....	9
2.1. A testek kinematikája.....	9
2.2. Az egyenletesen változó körmozgás.....	11
2.3. Hajjtások.....	12
2.4. Az anyagi pont dinamikájának törvényei.....	14
2.5. A test mozgása külső terekben.....	16
3. AZ ANYAG MOLEKULÁRIS SZERKEZETE.....	19
3.1. A kinetikus gázelmélet alapfeltevései.....	17
3.2. Fontosabb alapmennyiségek és fogalmak.....	17
3.3. Ideális gáz.....	21
3.4. A kinetikus gázelmélet alapegyenlete.....	25
3.5. Az ideális gáz hőmérséklete és energiája	26
3.6. A gázcseppkének négyzetes közepesség.....	27
3.7. A Maxwell-féle sebességeloszlás és a Boltzmann-eloszlás.....	27
3.8. Reális gázok, szilárd anyagok és folyadékok tulajdonságai.....	31
4. TERMODINAMIKA.....	34
4.1. Termodinamikai folyamatok iránya.....	34
4.2. Tágulási munka.....	35
4.3. Gáztörvények.....	35
4.4. A termodinamika főtételei.....	39
4.5. Körfolyamatok.....	40
5. CSILLAGÁSZAT.....	44
6. FELADATOK ÖNELLENŐRZÉSRE.....	56
IRODALOMJEGYZÉK.....	136

ЗМІСТ

ВСТУП.....	72
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ.....	73
2. МЕХАНІКА.....	77
2.1. Кінематика тіла.....	77
2.2. Рівномірний рух по колу.....	78
2.3. Рух тіла кинутого під кутом до горизонту.....	79
2.4. Закони динаміки матеріальної точки.....	80
2.5. Рух у зовнішніх полях.....	82
3. МОЛЕКУЛЯРНА БУДОВА РЕЧОВИНИ.....	85
3.1. Основні положення теорії кінетичного газу.....	85
3.2. Основні величини та поняття.....	85
3.3. Ідеальний газ.....	86
3.4. Основне рівняння теорії кінетичного газу	90
3.5. Температура та енергія ідеального газу	90
3.6. Середньоквадратична швидкість частинок газу	91
3.7. Розподіл швидкості Максвелла, Розподіл Больцмана	91
3.8. Реальний газ, тверді речовини і рідини	95
4. ТЕРМОДИНАМІКА.....	98
4.1. Напрямок термодинамічних процесів	98
4.2. Робота розширення газу процеси.....	99
4.3. Газові закони.....	100
4.4. Основні закони термодинаміки.....	102
4.5. Термодинамічні цикли.....	104
5. АСТРОНОМІЯ.....	108
6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	136

ELŐSZÓ

A fizika és a csillagászat ismeretei egyre inkább szükségesek a modern világban. A fizika - természettudomány, a legősibb tudományok közé tartozik és a csillagászat magába foglalásával, talán a legrégebbi, amelyeket az emberek gyakorlati szükségletei, valamint a környezet megismerésének fontossága hozott létre. A fizika és a csillagászat tantárgy hozzájárul az általános műveltség, a tudományos világkép, valamint a Világegyetem fizikai természetéről, fejlődéséről szóló tudásrendszer kialakításához.

Ez a segédanyag elsődlegesen a II Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola hallgatói számára készült. A diákok számára elengedhetetlen a jól felépített természettudományos oktatás, ezen belül a fizikai világgal való alapos ismerkedés az általános képzés keretein belül. A fizika és csillagászat tanulása során nélkülözhetetlen a matematikai tudás (vektorok használata, differenciál-, és integrálszámítás) ezért szükséges a megfelelő matematikai apparátusok ismerete is. A fizika a legmatematizáltabb természettudomány, ami az előrejelzéseit, kiszámíthatóvá, pontosabbá teszi, és azt bizonyítja, hogy a természet matematikai törvények szerint működik.

1. ALAPFOGALMAK

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

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, Sèvresben 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).

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.

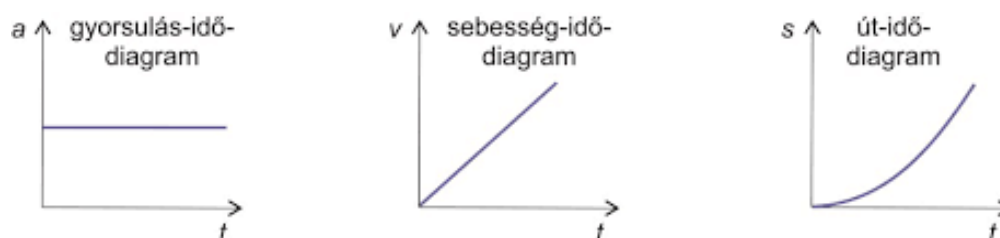
Bizonyos esetekben a testek mozgása során nem az a fontos, hogy az egyik pontból milyen alakú pályán és milyen hosszú út megtételével jutott egy másik pontba, hanem ezeknek a pontoknak az egymáshoz képesti helyzete. A kezdőpontból a végpontba mutató irányított szakaszt elmozdulásnak nevezzük. Az út hossza 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.

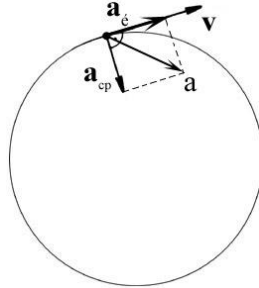
$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

2.2. 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

2.3. Hajítások

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.

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

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

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.

$$v_x = v_0 = \text{Const}$$

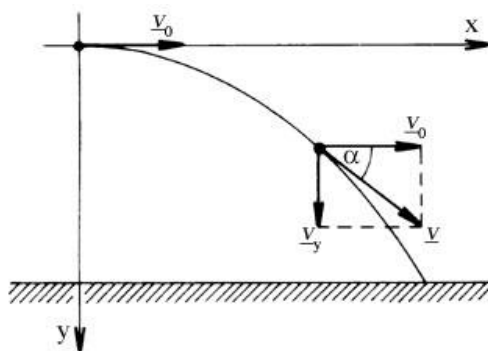
$$v_y = gt$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$S_x = v_0 \cdot t$$

$$S_y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$S^2 = S_x^2 + S_y^2$$



2.3. ábra. Vízszintes hajítás

Ferde hajítás

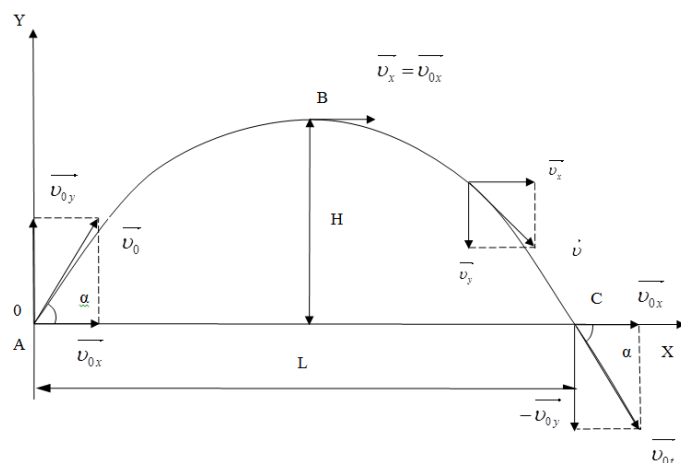
Ferde hajításnál a test kezdősebessége nem vízszintes és nem is függőleges. Ilyenkor a test vízszintesen egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, függőlegesen pedig egyenes vonalú egyenletesen változó mozgással esik lefelé. Ezen mozgások következtében a test egy függőleges síkban fekvő parabolapályán mozog, a parabola tengelye függőleges.

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

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

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

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



2.4. ábra. Ferde hajítás

2.4. Az anyagi pont dinamikájának törvényei

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.

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 ($\Delta x = x_i - x_0$), 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 más 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 $a = a_1 + a_2 + \dots + a_n$.

2.5. 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:

$$F = \sum F_{ij} = G \sum_i \sum_j \frac{\Delta m_1 \Delta m_2}{r_{ij}^3} r_{ij} \quad (2.7).$$

Δm_1 i Δm_2 – egységnyi tömeg, r_{ij} - távolság. A gravitációs erő nem függ attól a környezettől, amelyben a kölcsönhatásban lévő testek elhelyezkednek, és e 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.

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

3. AZ ANYAG MOLEKULÁRIS SZERKEZETE

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. A kinetikus gázelmélet alapfeltevései

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.

3.2. Fontosabb alapmennyiségek és fogalmak

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 . Mertekegysége: mol.

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

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

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 v anyagmennyiségének a hányadosa:

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

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.

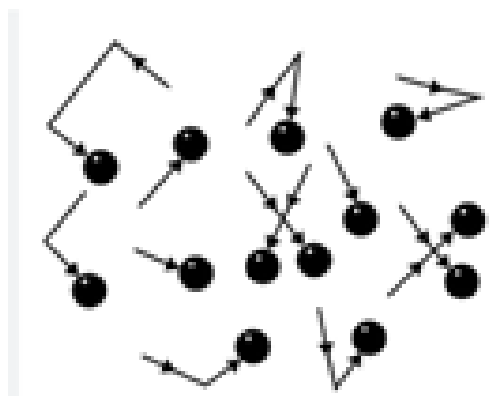
A részecske tömege - az anyag m tömegének és az anyagot felépítő részecskék N számnak a hányadosa:

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

3.3. Ideális gáz

Különböző gázok tulajdonságai nagyon hasonlóak. Ez lehetővé teszi a gázok viselkedésének egységes leírását.

Idealisnak 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:

$$pV = vRT, \quad (3.7.)$$

ahol állapotot leíró paraméterek: v - 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:

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

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:

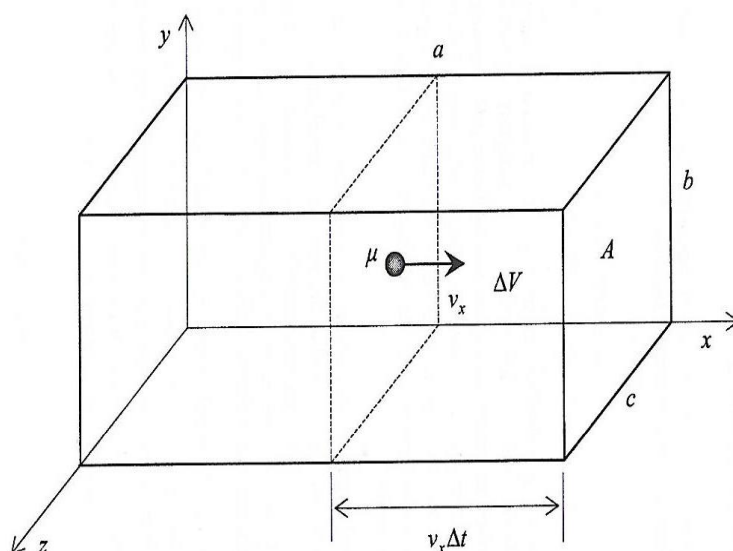
$$pV = NkT. \quad (3.10)$$

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.

3.4. 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.

3.5. Az ideális gáz hőmérséklete és energiája

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.

3.6. A gázrészecskék négyzetes középsebessége

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

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

Innen négyzetgyökvonással kapjuk meg a négyzetes középsebességet:

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

3.7. 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:

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

Innen:

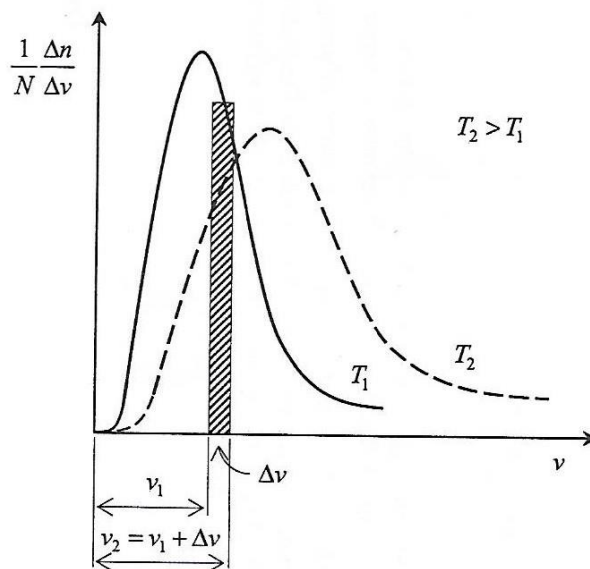
$$f(v) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dv} \quad (3.32)$$

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 gáZRészecskéKeknek 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 $\Delta v = v_2 - v_1$ alapra épített négySzög 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:

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

Az ábrából az is megállapítható, hogy a gázcsepscék 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 részecskékből álló rendszerekben is - még akkor is, ha az kaotikus mozgást végző gázcsepscék halmaza - a részecskéek 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 részecskéek, 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 részecskéek, illetve mozgásfajták egyedi energiájáról, ami állandóan változik, mert a részecskéek egymással állandóan energiát cserélnek. Ennek következtében a rendszer teljes energiája veszteség nélkül, folyamatosan újra eloszlódik nemcsak a részecskéek, hanem az egyes mozgásfajták között is. Ha a részecskéek 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.

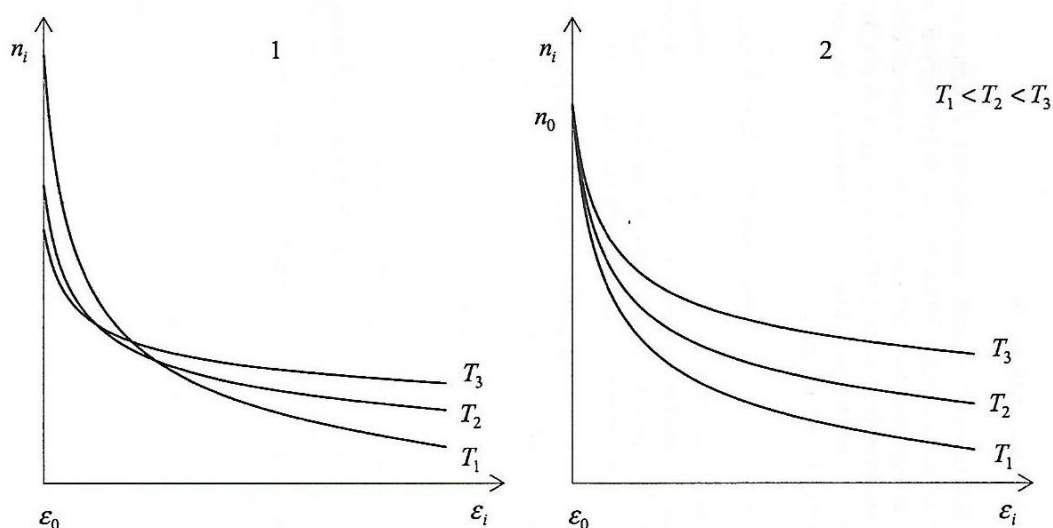
Ha a részecskék között az abszolút rugalmas összeütközéseken kívül nincs kölcsönhatás, akkor a rendszer teljes energiája mindig az egyedi részecskék energiájának összege.

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).

3.8. 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 térfogatból, 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 gázcsepscék 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.

4. TERMODINAMIKA

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.

4.1. Termodinamikai folyamatok iránya

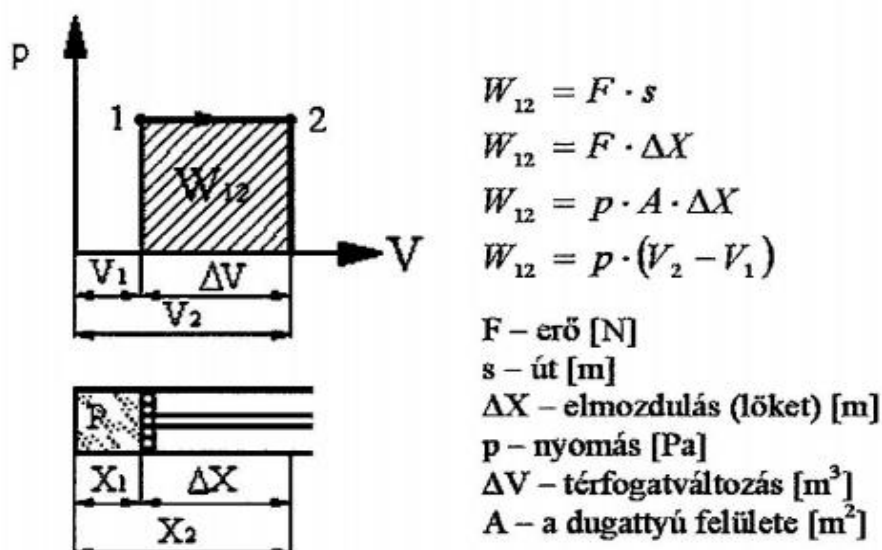
Reverzibilis (megfordítható) folyamatok azok az egyensúlyi állapotokon keresztül végbemenő folyamatok, amelyeket visszafelé végrehajtva a vizsgált test visszavihető eredeti állapotába, anélkül hogy a környezetben visszamaradó változás lépne fel.

Irreverzibilis (megfordíthatatlan) folyamatok, azok az egyensúlyi állapotokon keresztül végbemenő folyamatok, amelyeknél a kezdeti állapotra

valò visszajutás nem valòsulhat meg anélkül, hogy a rendszer környezetében ne maradna vissza valamilyen változás. Tehát a gyakorlatban a legtöbb folyamat visszafelé is lejátszòdhat, de csak a környezet maradandò változása árán.

4.2. Tágulási munka

A gáz térfogatváltozásakor történò munkavégzést tágulási munkának nevezzük (4.1. ábra).



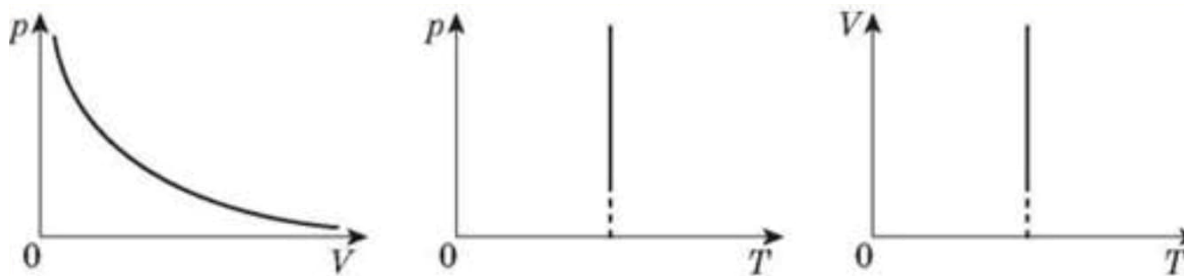
4.1. ábra. A tágulási munka p-V diagramban

4.3. 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.

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



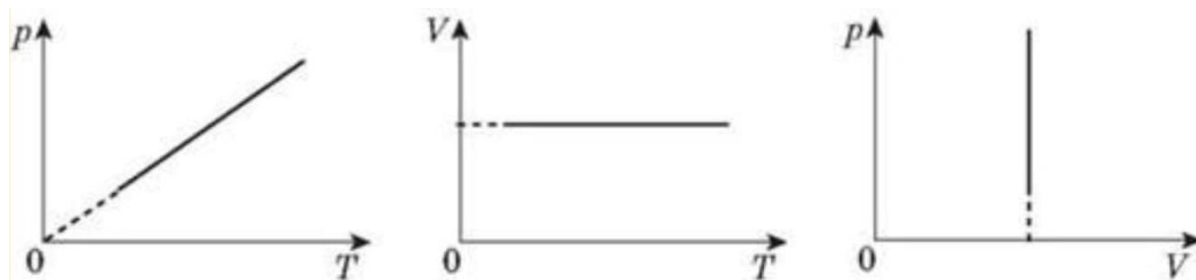
4.2. ábra. Izoterm állapotváltozás

Gay-Lussac I törvénye

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

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

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



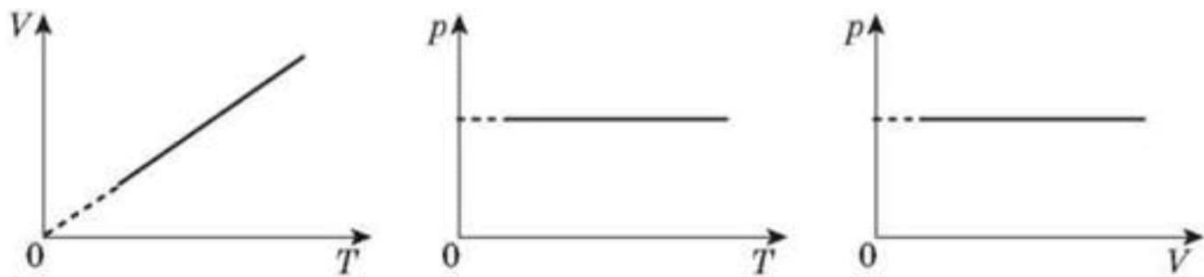
4.3. ábra. Izobár állapotváltozás

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 egyenlet, ahol p a nyomás, V a térfogat, n a politropikus kitevő, C pedig konstans.

A következő táblázatban megtalálhatóak a gázok különböző állapotváltozásait leíró összefüggések.

	p	V	T	ΔU	ΔQ	ΔW	ΔS
izochor	$p_1 = p_2 = p$ $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2}$	$V_1 = V_2 = V$	$T_1 = T_2 = T$ $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$m \cdot c_v \cdot \Delta T$	$m \cdot c_v \cdot \Delta T$	0	$m \cdot c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$
izoterm	$p_1 = p_2 = p$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_1}$	$V_1 = V_2 = V$ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$	$T_1 = T_2 = T$	0 ($U_1 = U_2$)	$m \cdot R_s \cdot T \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$	$m \cdot R_s \cdot T \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$	$m \cdot R_s \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$
izobár	$p_1 = p_2 = p$	$V_1 = V_2 = V$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$	$T_1 = T_2 = T$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$	$m \cdot c_v \cdot \Delta T$	$m \cdot c_p \cdot \Delta T$	$p \cdot (V_2 - V_1)$	$m \cdot c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$
adiabatikus (izentropikus)	$p_1 = p_2 = p$ $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\kappa = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^\kappa$	$V_1 = V_2 = V$ $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}$	$T_1 = T_2 = T$ $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\kappa-1}$	$m \cdot c_v \cdot \Delta T =$ $= m \cdot \frac{R_s}{\kappa-1} \cdot \Delta T$	0 ($Q_1 = Q_2$)	$m \cdot \frac{R_s}{\kappa-1} \cdot \Delta T$	0 ($S_1 = S_2$)
politrópus	$p_1 = p_2 = p$ $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\kappa = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^\kappa$	$V_1 = V_2 = V$ $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}$	$T_1 = T_2 = T$ $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\kappa-1}$	$m \cdot c_v \cdot \Delta T =$ $= m \cdot \frac{R_s}{\kappa-1} \cdot \Delta T$	$m \cdot c_p \cdot \Delta T =$ $= m \cdot \frac{R_s}{\kappa-1} \cdot \Delta T$	$m \cdot \frac{R_s}{\kappa-1} \cdot \Delta T$	$m \cdot c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} -$ $m \cdot c_v \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$

4.4. A termodinamika főtételei

A nulladik főtétel 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 állapothatározóik 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, ú.n. elsőfajú perpetuum mobile, mely hőfelvétel nélkül képes lenne munkát végezni.

A második főtétel 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.

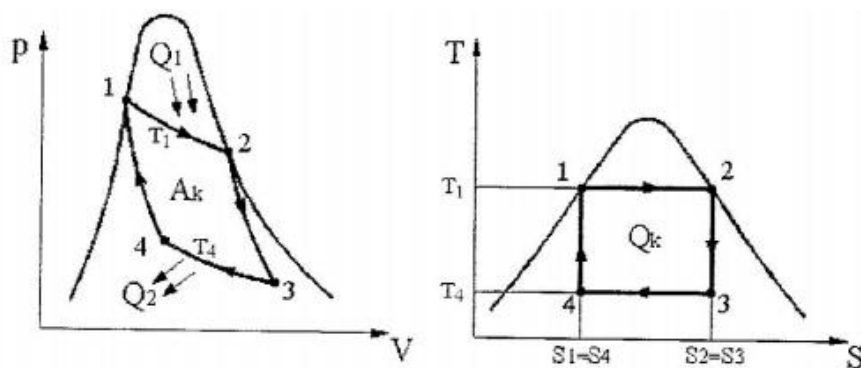
Nernst megfogalmazása szerint az abszolút tiszta kristályos anyagok entrópiája nulla kelvin hőmérsékleten zérus.

4.5. 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 hőmérsékletehatárai között.

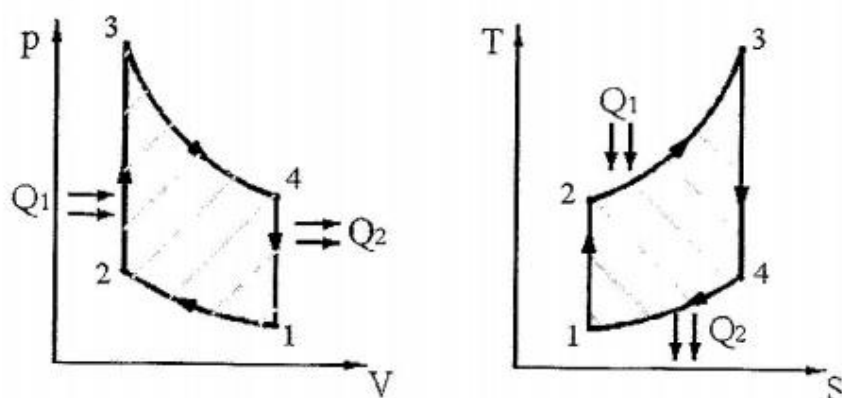
Otto-körfolyamat

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 nyomásesés



4.6. ábra. Otto-körfolyamat p-V valamint T-S diagramja

Belsőégésű motor:

Az Otto-motort Nicolaus August Otto szabadalmaztatta 1877-ben, •
üzemanyaga: benzin (gasoline),

- külső keverékképzésű karburátor (= porlasztó)
- elektromos szikragyújtású → gyújtógyertya + gyújtásvezérlés
- a megfelelő összetételű (14,7 kg/kg) benzin-levegő keverék mennyiségét kell szabályozni → mennyiségi szabályozás, az elméleti hatásfok $\approx 24\%$, energia visszanyeréssel is max. 50%, 2 ütemű kisméretű (= kézi) szerszámgépek hajtása, személygépjármű hajtására be van tiltva!

A kétütemű Otto-motor

- 2-2 ütem egyidejűleg zajlik a dugattyú felett/alatt
- AHP → → → FHP: szívás (alul) + sűrítés (felül)
- FHP: szívás vége (alul) + gyújtás (felül)
- FHP → AHP: elősűrítés, átöblítés (alul) + munka (felül)
- AHP: szívás előkészítés + átöblítés + kipufogás

A Diesel-motort Rudolph Diesel szabadalmaztatta 1913-ban, üzemanyaga: gázolaj (diesel, petrol), belső keverékképzésű, a beszívott levegőhöz változó mennyiségű gázolajat kell adagolni

- az elméleti hatásfok $\approx 32\%$, energia visszanyeréssel 55-60%
 - 2 ütemű □ lassú járású hajó/mozdony motorok
- személy/tehergépjárművek hajtására be van tiltva!
- 4 ütemű □ tehergépjárművek és erőgépek hajtása

A kétütemű Diesel-motor

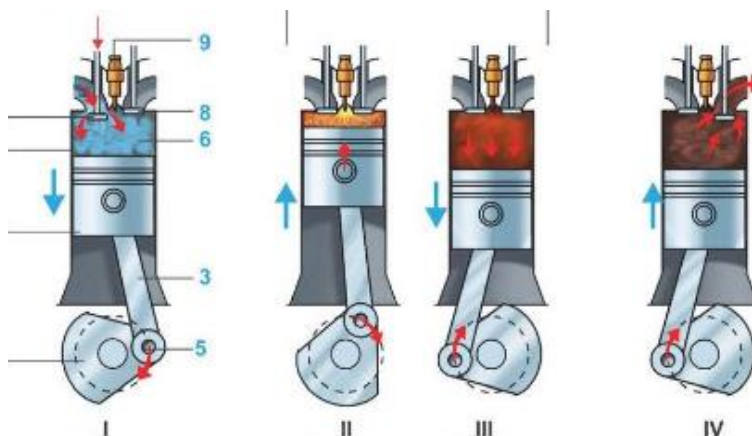
- 2 ütem zajlik a dugattyú felett, 2 ütem az alsó holtponton
- AHP □ FHP: kipufogás vége, sűrítés; FHP: öngyulladás

FHP AHP: munka; AHP: szívás + átöblítés + kipufogás

- fűvó + légszekrény, ill. van olajteknő
- a dugattyúfenék az égéstér kialakítás része
- a befecskendezés lehet közvetett, vagy közvetlen
- alacsony fordulatszámú, nagy fajlagos teljesítményű, egyszerű

A négyütemű Diesel-motor

- a 4 ütem a dugattyú felett zajlik 2 főtengely fordulat alatt
- van vezérmű, olajteknő
- tiszta levegőt szív, de az EGR szelep még egyszer visszavezeti a kipufogógázt
- induláskor és alacsony fordulatszámon „turbólyuk” üzemeltetési probléma
- környezetbarátabbá tétel:
- elő- + fő- + utófecskendezés állítása
- a légfelesleg tényező (l) állítása
- Pd, Te katalizátor a kipufogóban
- l-szonda a vezérlő elektronikában



4.6. ábra. Belsőégésű motor:

CSILLAGÁSZAT

A csillagászat a legrégebbi természettudomány. Sokszor elcsodálkozunk azon, hogy az ókori kultúrnépek milyen széles körű csillagászati ismeretekkel rendelkeztek abban a korban, amikor pl. a fizikáról jóformán fogalmuk sem volt. A csillagászat kifejlődése két fő okra vezethető vissza. Az ókori népeknek misztikus elképzeléseik voltak az „égi világról”. Az égitesteket vagy istenként tisztelték, vagy istenek jelének tekintették. Úgy hitték, hogy a túlvilági hatalmasságok a csillagok révén tudatják akaratukat az emberekkel. Azt gondolták, hogy a csillagok állásából kiolvasható a jövő. Az emberi eszmélkedés első megnyilvánulásai az első tévutakat is jelentették, így kialakult az asztrológia (csillagjóslás) áltudománya. Az embereket, és közöttük az uralkodókat annyira érdekelte a jövő, a csaták várható kimenetele, hogy udvari csillagászokat foglalkoztattak a csillagos ég rejtélyeinek kifürkészésére. Ezek a csillagászok a horoszkóp-készítés mellett empirikus úton a csillagvilág sok törvényszerűségét is feltárták, és egyes jelenségek előrejelzésére is képesek voltak. A csillagászat korai kifejlődésének másik, és az előbbinél lényegesebb oka a gyakorlat követelménye volt. A meginduló kereskedelem lebonyolításához tájékozódni kellett a sivatagban és a tengeren is. Mivel a helymeghatározás csillagászati alapokon nyugszik, a gyakorlati szükségszerűség magas fokú csillagászati ismereteket követelt meg. A mezőgazdasági termelés szükségessé tette a naptárkészítést, hiszen pl. a vetés csak akkor kecsegtetett a bő termés reményével, ha megfelelő időben történt. A naptárkészítés szintén csak jelentős csillagászati ismeretek birtokában volt lehetséges.

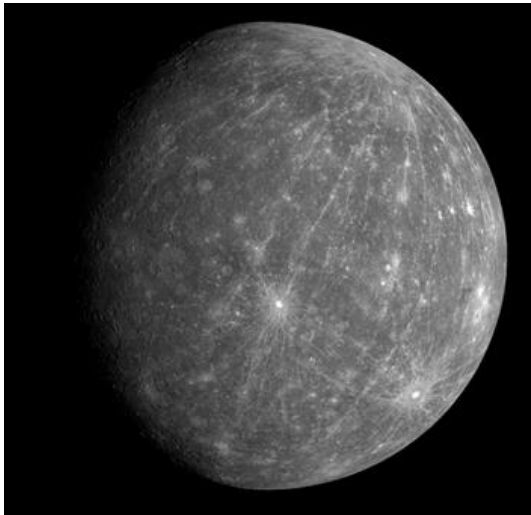
Bolygótípusok

A bolygók általános jellemzése során már eddig is említett tulajdonságok, valamint a továbbiakban még részletesebben kifejtésre kerülők egyaránt arra utalnak, hogy a bolygók két, világosan elkülönülő csoportot alkotnak: 1. A Föld típusú vagy belső bolygók - Merkúr, Vénusz, Föld, Mars - a Naphoz viszonylag közel vannak (< 2 CsE), ennek megfelelően a keringési idejük rövid. Közös vonásuk, hogy viszonylag kis tömegük relatíve nagy sűrűséggel ($> 3 \text{ g/cm}^3$) párosul. Felépítésükben a nehéz elemeknek van döntő szerepe. Holdszegénységük is említésre méltó (a jelenleg ismert 66 holdból csupán 3 tartozik hozzájuk).

A Jupiter típusú vagy óriás bolygókra a külső bolygó elnevezés is találó, mert naptávolságuk tekintélyes (> 5 CsE). Ennek következtében keringési idejük nagy, pálya menti sebességük pedig kicsi. Jóval nagyobb méretűek a Föld típusú bolygóknál. Bár sűrűségük a víz sűrűségével vethető össze ($0,7\text{-}1,9 \text{ g/cm}^3$), nagy átmérőjük következtében tömegük egy (a Jupiter és Szaturnusz esetében két) nagyságrenddel haladja meg a belső bolygókét. Megfigyelt és számított (modellezett) anyagi összetételük a könnyű elemek nagy gyakoriságára mutat. A Jupiter, Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz több mint 60 holddal rendelkezik, s körülöttük valóságos „kis naprendszer” alkotnak a különböző típusú holdak.

Merkúr

A Merkúr földi vizsgálatának nehézségei elsősorban a bolygó Napközelségéből adódnak, Földközelsége idején (alsó konjunkció) árnyékos, éjszakai oldalát fordítja felénk. Ma már elég jól ismerjük azon adatok többségét, amelyek a Merkúr általános jellemzőit elsősorban meghatározzák. A Mariner-10 útja óta biztosan tudjuk, hogy a Naprendszer egyik legkisebb tömegű bolygója a Föld után a legnagyobb sűrűséggel rendelkezik.



Keringési idő: 88 nap
Tömeg: $3,285 \times 10^{23}$ kg ($0,055 M_{\oplus}$)
Felszín területe: $74\,800\,000 \text{ km}^2$
Nap hossza: 59 n 0 ó 0 p
Sugár: 2 439,7 km
Gravitáció: $3,7 \text{ m/s}^2$
Sűrűség: $5,43 \text{ g/cm}^3$

Vénusz

A Vénusz a Nap és a Hold után a legfényesebb égitest az égbolton. Legközelebbi bolygószomszédunkról - amely alsó együttállások idején 40 millió km-re is megközelítheti a Földet - az űrkutatás kezdetéig mégis viszonylag kevés biztos ismeretünk volt. Az alkonyati, ill. a hajnali Vénuszt az ókorban egy ideig két külön bolygónak vélték. A Vénusz fényét közelségén kívül magas albedója is erősíti. Fényvisszaverése (76%) egyik legnagyobb a Naprendszer égitestjei között. Nagy albedóját a bolygót borító, átlátszatlan, fehér felhőzetnek köszönheti. Ez a vastag felhőréteg azonban megakadályozza a felszín távcsöves megfigyelését.

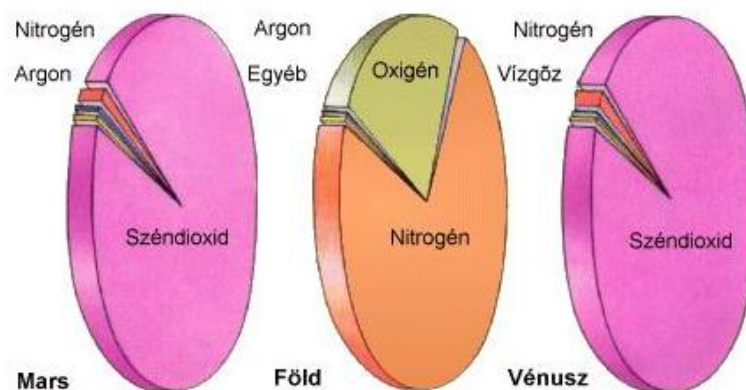


Keringési idő: 225 nap
Tömeg: $4,867 \times 10^{24}$ kg ($0,815 M_{\oplus}$)
Felszín területe: $460\,200\,000 \text{ km}^2$
Gravitáció: $8,87 \text{ m/s}^2$
Abszolút fényesség: -4,47
Sugár: $6\,051,8 \text{ km}$
Sűrűség: $5,204 \text{ g/cm}^3$

Föld

Földünk felszínét két jól elkülöníthető egységre oszthatjuk, a hatalmas óceáni medencékre, és az ebből hirtelen kiemelkedő kontinensekre, amelyekhez a jelenleg víz alatt álló selfterületek is hozzá tartoznak. A Föld kialakulása után az összeállási folyamat és a radioaktív anyagok keltette hő miatt megolvadt, belseje differenciálódott, vagyis a nehezebb elemek a mélybe süllyedtek. 3500 km sugarú magjában főként fémek, az ezt körülvevő köpenyben inkább szilikátok vannak, akárcsak a felső, átlagosan 30-35 km vastag kéregben. Átlagos felszíni hőmérséklete +15 °C, poláris tartományait jégsapka borítja, ami a Föld életének egészét figyelembe véve ritka jelenség. Alakja nem gömb, hanem forgási ellipszoid, ugyanis a forgás miatt egyenlítője kidudorodik.

A Föld 23 óra 56 perc 4,3 másodperc alatt tesz meg egy fordulatot a tengelye körül, ám mivel ezalatt a Nap körül is kering, a Nap két delelése között pontosan 24 óra telik el. A forgási sebesség a Hold által okozott dagálysúrlódás miatt százévente 2 ezred másodperccel hosszabbodik, miközben a Hold évente 4 cm-rel távolabb kerül bolygónktól.



Földünk légkörének összetétele jelentősen különbözik két szomszédunk légkörétől

<https://www.csillagaszat.hu/tudastar/a-naprendszer-felepitesi-kialakulasa/a-fold-es-a-hold/03-a-fold-mint-bolygo/>

Hold

A Hold bolygónk egyetlen nagyméretű, természetes kísérője. Átmérője közel negyede a Földének, így a Naprendszer hatodik legnagyobb holdja. Tömege 1,2%-a bolygónkének. Átlagosan 27 földátmérőnyire kering bolygónk körül, 1 km/s-os sebességgel direkt irányban. 27,3 nap alatt tesz meg egy fordulatot, ezt nevezik sziderikus keringési időnek. Tengelyforgási 13 periódusa ugyancsak 27,3 nap, aminek következtében mindig ugyanazt az oldalt fordítja bolygónk felé - ezt nevezik kötött tengelyforgásnak. A valóságban felületének valamivel több mint felét tudjuk megfigyelni. Ennek egyik oka, hogy a Hold pályasíkja 5 fokos szöget zár be az ekliptikával, a Föld pályasíkjával, így időnként északi, időnként pedig déli pólusára látunk rá jobban - ez a szélességi libráció. A Hold tengelyforgása egyenletes, de földközelen gyorsabban, földtávolban pedig lassabban halad pályáján. Így néha előresiet, máskor pedig kicsit lemarad, ezért néha keleti, néha nyugati oldalára látunk rá jobban - ez a hosszúsági libráció. A Hold felszínének mintegy 59%-a figyelhető meg a Földről. Kötött tengelyforgása csak a Földre vonatkoztatva áll fenn, a nappalok és éjszakák természetesen a Holdon is váltakoznak. Egy holdi nap a 27,3 napos tengelyforgási időnél valamivel hosszabb, mivel a Hold a Földdel együtt a Nap körüli pályán halad - azaz a Nap elmozdulni látszik a háttércsillagokhoz képest. Így ahhoz, hogy a Nap ismét deleljen a Hold egy adott helyéről nézve, még 2,2 napnak kell eltelnie - ez a Hold szinodikus keringési ideje. A Holdnak nincs saját fénye, a bolygókhoz hasonlóan a róla visszaverődő napfény teszi láthatóvá.

Mars

A **Mars** a legjobban ismert bolygó, a Hold után a legalaposabban megvizsgált égitest. Már a klasszikus csillagászati eszközökkel is viszonylag bőséges ismeretanyagot sikerült szerezni róla, és a kapott megfigyelési eredmények jelentős része a Földdel való hasonlóságra utalt. A Marson sikerült először olyan jelenségeket, változásokat észlelni, amelyek a földi természetben végbemenő folyamatokra emlékeztettek, s ezek a tények folyamatosan ébren tartották a „vörös bolygó” iránti érdeklődést nemcsak a tudományos körökben, hanem - olykor nem eléggé megalapozott általánosítások miatt - a széles közvéleményben is.

A Mars körül két hold kering: a Phobos és a Deimos. Mindkettő kicsi, szabálytalan égitest, amelyek a bolygó egyenlítői síkjában, direkt irányban kötötten keringenek. Lehetséges, hogy a két kis égitestet a Mars az aszteroidaövből fogta be és tette holdjaivá - erre azonban egyelőre nincs bizonyíték.



Keringési idő: 687 nap
Tömeg: $6,39 \times 10^{23}$ kg ($0,107 M_{\oplus}$)
Felszín területe: $144\,400\,000 \text{ km}^2$
Gravitáció: $3,71 \text{ m/s}^2$
Abszolút fényesség: -4,47
Sugár: 3 389,5 km
Sűrűség: $3,92 \text{ g/cm}^3$
Holdak: Phobos, Deimos

A Jupiter

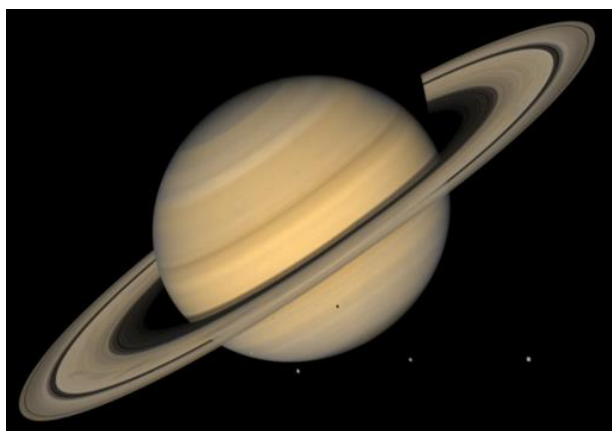
A Naprendszer legnagyobb bolygója. Tömege két és félszer nagyobb az összes többi bolygó együttes tömegénél, ezért a naprendszeri mozgásokat általában a Jupiter perturbáló hatása zavarja legerősebben. Nagy méretei és viszonylagos földközelsége miatt elég jól megfigyelhető. Fényessége az égbolton a Vénuszé után következik, s már kisebb távcsövekben is korong alakúnak látszik. Közel 12 éves keringési ideje miatt évente látszólag kb. egy csillagképpel hátrál az állatövi csillagképek között. A Jupiter vastag és sűrű légkörének összetétele a Galileo űrszonda vizsgálatai (1995) szerint is hasonlít a Napéhoz, bár a felhőzónában héliumból mintegy 13-14%-kal kevesebb van, mint a Napon. A légkör összetétele arra utal, hogy a Jupiter ugyanabból az anyagból alakult ki, mint a Nap. Mivel a bolygó átlagos sűrűsége kicsi ($1,34 \text{ g/cm}^3$), ebből arra lehet következtetni, hogy az égitest belsejében is a könnyű anyagok vannak túlsúlyban.



Keringési idő: közel 12 év
Felszín területe $6,14 \times 10^{10} \text{ km}^2$
(a földi 120,5-szerese)
Térfogat $1,431 \times 10^{15} \text{ km}^3$
(a földi 1321,3-szerese)
Tömeg $1,899 \times 10^{27} \text{ kg}$
(a földi 317,9-szerese)
Felszíni gravitáció $23,1 \text{ m/s}^2$
Forgási sebesség $12,6 \text{ km/s}$
Látszólagos fényesség -1,6 -2,94
Sugár: 71 492 km
Sűrűség: $1,34 \text{ g/cm}^3$
Ismert holdjainak száma: 92

A Szaturnusz

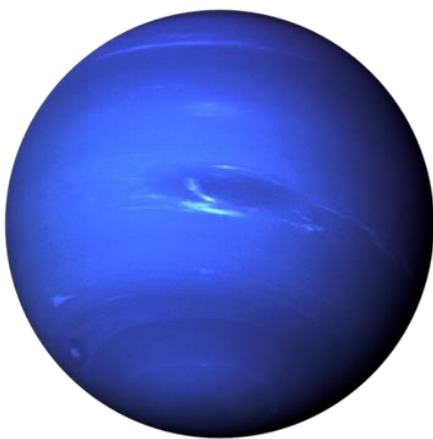
Méretei és Naptávolsága alapján is a Jupiter után következik. A Földről még szabad szemmel is jól látható bolygók között az utolsó, ezért a távcső feltalálása előtti időkben ez zárta az ismert bolygók sorát. A távcső alkalmazása után a Szaturnusszal kapcsolatos első felfedezés (Galilei, 1610) a gyűrű megpillantása volt, s a bolygó azóta is elsősorban nagyszerű gyűrűrendszeréről nevezetes. Gyűrűje révén a Szaturnusz az égbolt „leglátványosabb” objektuma, minden távcsöves bemutató elmaradhatatlan programpontja Bár a Szaturnusz egészében véve csak a Naprendszer „második bolygója”, néhány vonatkozásban mégis rekorder. A Jupiterénél alig lassúbb tengelyforgá. A Szaturnusz és gyűrűrendszerének képe földi távcsőben a leglapultabb bolygó. Ehhez az is hozzájárul, hogy anyaga $0,71 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűségével valamennyi között a legritkább.



Átmérője: 120 536 km (a Földének 9,45-szorosa)
Térfogat $8,27 \times 10^{14} \text{ km}^3$
(a földi 763,59-szerese)
Tömege: $5,6846 \times 10^{26} \text{ kg}$ (a Földének 95,2-szerese)
Átlagos sűrűsége: $0,69 \text{ g/cm}^3$
Felszíni gravitációja: 0,914 földi g
Forgási sebesség 9,87 km/s,
felszíni hőmérséklete: $-180 \text{ }^\circ\text{C}$
a Nap körüli keringési idő: 29,46 év
Ismert holdjainak száma: 82

Az Uránusz

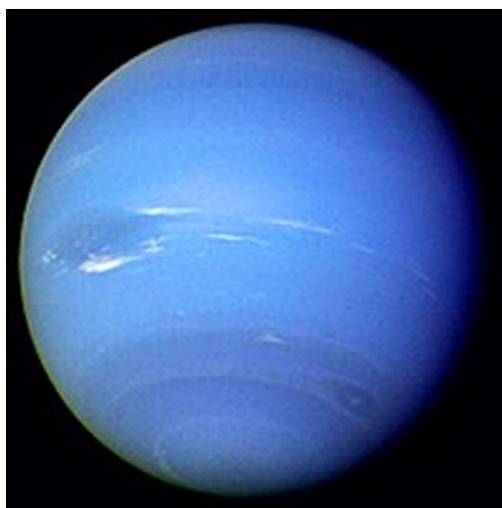
Bár ez a bolygó oppozíció idején halványan még szabad szemmel is észrevehető, csak a XVIII. század végén vált ismertté. Felfedezője W. Herschel, aki 1781-ben véletlenül pillantotta meg. Az Uránusz az óriásbolygók tipikus képviselője. A Naptól viszonylag távoli pályáján kis sebességgel mozog. Különlegessége, hogy forgástengelye csaknem a pálya síkjában fekszik, azzal mindössze 8° -os szöget zár be. A nagy távolság miatt eddig kevésbé ismert bolygóról a közelmúltban sikerült nagy mennyiségű új adatot szerezni a Voyager-2 űrszonda 1986. januári mérései révén. Az óriásbolygókat jellemző kis átlagos sűrűség az Uránusz esetén is fennáll, bár valamivel nagyobb, mint belső szomszédai esetében. A felszínt elfedő sűrű felhőréteg tetején (a hőmérséklet itt 59 K) főleg hidrogént azonosítottak, de a nagyobb átlagsűrűség a mélyebb rétegekben nehezebb anyagokat (metán, ammónia, fagyott víz) valószínűsít. Mivel közülük a metán fagy meg a legalacsonyabb hőmérsékleten, így ez jelenik meg a felső felhőrétegben, és elfedheti a mélyebb szintben húzódó ammónia- és vízfelhőket. A légkörben a forgásiránnyal megegyezően fújó szeleket észlelték.



Átérője: 51 118 km (a Földének 4,01-szorosa)
Tömege: $8,68 \cdot 10^{25}$ kg (a Földének 14,5-szerese)
A Nap körüli keringési idő: 84,01 év
Átlagos sűrűsége: 1,32 g/cm³
Felszíni gravitációja: 0,886 földi g
Felszíni hőmérséklete: -210 °C
Ismert holdjainak száma: 27

A Neptunusz

A legkülső Jupiter típusú bolygó. Nagy távolsága miatt még kevésbé és nem is túlságosan régóta ismerjük. A felfedezésétől eltelt több mint 150 év alatt még egyszer sem futotta végig hosszú pályáját. Felfedezésének különleges körülményei az egyetemes tudománytörténet egyik legtanulságosabb fejezetét jelentik. A még frissen felfedezett Uránusz pályaháborgásai alapján Bessel feltételezte, hogy léteznie kell egy, még az Uránuszon is túl keringő bolygónak. A feltételezett bolygó pályájának adatait többen is kiszámították. Közülük a francia V. J. Leverrier eredményeit alapul véve először Galle pillantotta meg az új bolygót (1846). A Neptunusz felfedezése a newtoni fizika alapjaira helyezett heliocentrikus szemlélet egyik gyakorlati bizonyítéka volt. Méreteit tekintve a Neptunusz az Uránuszhoz áll legközelebb, légkörének összetétele is hasonló. Sűrűsége valamelyest meghaladja belső szomszédját.



Felszín területe	$7,619 \times 10^9 \text{ km}^2$ (a földi 14,94-szerese)
Térfogat	$6,254 \times 10^{13} \text{ km}^3$ (a földi 57,74-szerese)
Tömeg	$1,0243 \times 10^{26} \text{ kg}$ (a földi 17,147-szerese)
Átlagos sűrűség	$1,638 \text{ g/cm}^3$
Felszíni gravitáció	$11,15 \text{ m/s}^2$ (1,14 g) (1 baron)
Forgási sebesség	$2,71 \text{ km/s}$
14 ismert holdja van	

Plútó-Charon

A nagybolygók sorából a Plútó, a kilencedik bolygó kilóg. Nagy naptávolsága alapján az óriásbolygók közé kellene sorolnunk, átmérője azonban mindössze 2280 km, tömege 0,0025 földtömeg. Pályája ugyancsak rendhagyó: az összes bolygónál elnyúltabb. A Plútó holdját 1978-ban fedezték fel, és a Charon elnevezést kapta - a későbbi vizsgálatok azonban rámutattak, hogy valójában nem is bolygóról és holdjáról van szó, hanem egy **kettős bolygóról**. A Charon átmérője mintegy fele, tömege pedig egytizede a Plútóénak, melytől átlagosan 19600 km távolságban kering. A két objektum mozgása egymáshoz viszonyítva kötött. A Plútó 6,39 nap alatt fordul meg a tengelye körül, a Charon pedig ugyanennyi idő alatt kerüli meg őt, így a Charon a Plútó egének mindig ugyanazon a pontján látszik. (Valószínűleg a Charon tengelyforgása is kötött, így a két égitest abszolút mértékben farkasszemet néz egymással.) Belső szerkezet és légkör: A Plútót sűrűsége alapján 60-70%-ban szilikát alkotja, amelyet egy fagyott vízburok övez egyéb fagyott gázokkal egyetemben. Felszínének nagyrészt valószínűleg nitrogénjég borítja. A Charon sűrűsége még kisebb, így ennek az égitestnek a nagyrésze vízjégből állhat. A Plútónál sikerült légkört is kimutatni, ám ez az atmoszféra évszakos jellegű. Amikor a bolygó napközelségben tartózkodik, a felszínét érő napsugárzás intenzitása megnő, és az ott található anyagok szublimálni, párologni kezdenek. Fokozatosan kialakul ritka és nagykiterjedésű légköre, melynek fő összetevője nitrogén, ezenkívül metán és szénmonoxid is található benne. A felszíni légnyomás 3 mikrobár körüli, ami megfelel a Föld légkörében 80 km-es magasságban uralkodónak. A Charon felszíne szürkés színű, légkörrel valószínűleg nem rendelkezik. A Plútó vöröses, poláris területeit sapkaszerű képződmények fedik, sok tekintetben a Neptunusz Triton nevű holdjára hasonlít. Valószínűleg a Kuipre-öv egyik legnagyobb objektuma, amely bizonyos szempontból az üstökösök és a nagybolygók közötti átmeneti égitestnek is tekinthető.

6. FELADATOK ÖNELLENŐRZÉSRE

1. Feladatsor

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. Milyen állapotváltozás látható az ábrán?



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

4. Milyen erőket nevezünk potenciális erőknek?

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

5. A test lendületét a következő mértékegységekben mérjük

- A) kg m/s
- B) kg m²/s
- C) kg m/s²

6. Azokat a folyamatokat amelyekben hő formájában energia szabadul fel endotermnek nevezzük

A) igaz

B) hamis

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

A) $2,5\text{ m/s}^2$

B) 1 m/s^2

C) 1 kg m/s^2

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

A) 110 J

B) 220 kJ

C) 110 kJ

2. Feladatsor

1. 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

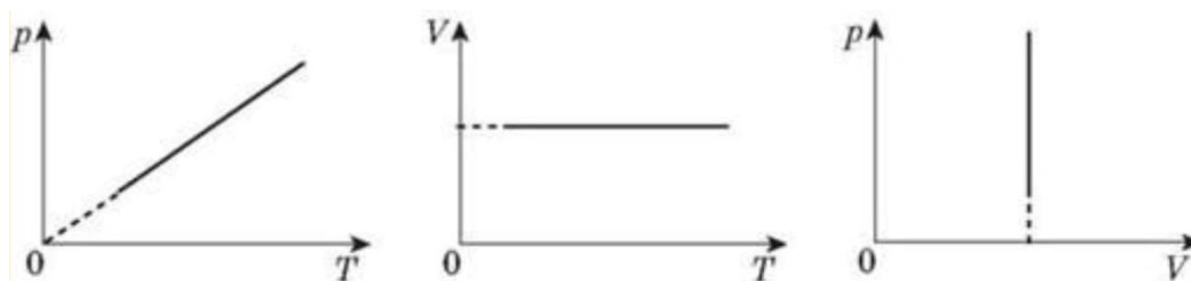
2. A testet függőlegesen felfelé dobták. Hogyan változik a test súlya mozgása során? (A légellenállás figyelmen kívül hagyjuk).

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

3. Az inerciális vonatkoztatási rendszer

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

4. Milyen állapotváltozás látható az ábrán?



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

5. Exoterm reakciónak nevezzük a hőfelszabadulással járó reakciókat.

- A) igaz
- B) hamis

6. 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.

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

A) 2 m/s^2

B) 10 m/s^2

C) 20 kg m/s^2

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

A) 410 J

B) 2200 kJ

C) 46600 J

3. Feladatsor

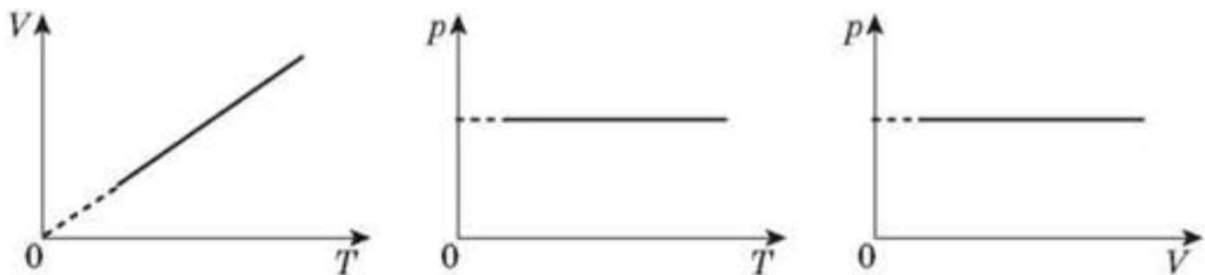
1. A testet függőlegesen felfelé dobták. Hogyan változik a test súlya mozgása során? (A légellenállást figyelmen kívül hagyjuk).

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

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

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

3. Milyen állapotváltozás látható az ábrán?



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

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

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

5. Az elmozdulás lehet nulla?

A) Igen

B) Nem

6. 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.

7. 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

8. 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!

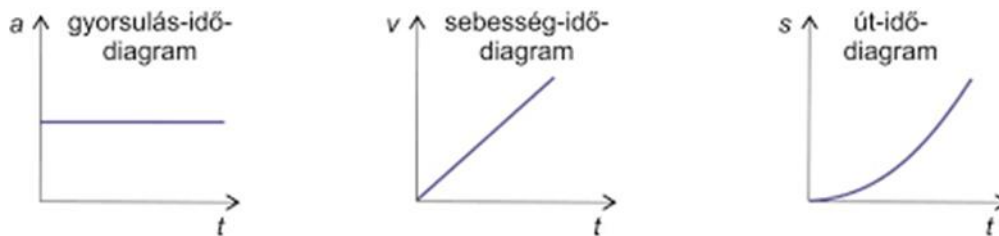
A) 2 m/s

B) 22 m/s

C) 222 m/s g^2

4. Feladatsor

1.) Mik láthatóak az ábrán?



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

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

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

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

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

4. Izobár állapotváltozás során

- A) a gáz térfogata állandó ($V=\text{állandó}$)
- B) a gáz nyomása állandó ($P=\text{állandó}$)
- C) a gáz hőmérséklete ($T=\text{állandó}$)

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

A) igaz

B) hamis

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

A) kondenzáció

B) párolgás

C) szublimáció

7. 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

8. 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

5. Feladatsor

1. 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

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

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

3. Fizikai jelenség, amely 20-20 000 Hz frekvenciájú mechanikai hullám.

- A) Ultrahanghullámok
- B) Hang
- C) Infrahanghullámok

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

- A) igaz
- B) hamis

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

- A) Adhéziós erőknek.
- B) Kohéziós erőknek

6. Mit jellemez az entrópia?

A) egy rendszer rendezetlenségi fokát

B) a töltések mennyiségét

C) a felületi feszültséget

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

A) 92 J

B) 920 J

C) 920 kJ

8. 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

6. Feladatsor

1. Melyik űrszonda végezte a Merkúron a legjelentősebb kutatást?

- A) Voyager
- B) Manier
- C) Hubble
- D) Messenger

2. Milyen típusú bolygó a Merkúr?

- A) gázbolygó
- B) szilárd-bolygó
- C) közetbolygó
- D) hidrobolygó

3. Hogyan fedezték fel a Merkúrt?

- A) Voyager űrszondával
- B) Hubble űrtávcsővel
- C) szabad szemmel
- D) csak feltételezzük létezését

4. Hányadik bolygó a Vénusz a Naptól?

- A) 6 B) 3 C) 2 D) 4

5. Hogyan nevezzük a Vénusz tengelyforgását?

- A) retrográd
- B) forgó
- C) egyenletes
- D) direkt

6. Hány nap alatt fordul meg a Vénusz a tengelye körül?

A) 109 nap

B) 354 nap

C) 412 nap

D) 243 nap

7. Mennyi a Föld tengelyének ferdesége?

A) $23,4^\circ$

B) 22°

C) 2°

D) $21,4^\circ$

8. Miből áll a Föld belső szerkezete?

A) légkör, földköpeny, földmag

B) földkéreg, földköpeny, földmag

C) földkéreg és földmag

D) földkéreg és földköpeny

7. Feladatsor

1. A Szaturnusz belső szerkezetének a felépítése:

- A) mag, hidrogénréteg, légkör
- B) mag, kéreg, köpeny, légkör
- C) mag, fémes hidrogénréteg, folyékony hidrogén, légkör

2. A Szaturnusz alakját legjobban egy ... tudjuk hasonlítani.

- A) teljes gömbhöz
- B) lapított gömbhöz
- C) tojáshoz
- D) térbeli kockához

3. Érdekessége, hogy a Szaturnusz a Naprendszer egyetlen olyan bolygója, amely:

- A) tömege, majdnem megegyezik a Nappal
- B) lehetne élet
- C) 5000 km/h szelek süvítenek
- D) sűrűsége kisebb a víznél

4. Az Uránusz légkörének hány százaléka metán?

- | | |
|---------|---------|
| A) 2 % | B) 83 % |
| C) 15 % | D) 0 % |

5. Mennyi az Uránusz tengelyhajlása?

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| A) 23° | B) 90° | C) 97° | D) 177° |
|--------|--------|--------|---------|

6. Az Uránusz légköre hány százaléka hidrogén?

- A) 2 %
- B) 83 %
- C) 15 %
- D) 0 %

16. Mi miatt kékes színű a Neptunusz?

- A) légkörében lévő metán
- B) légkörében lévő hélium
- C) messze van
- D) légkörében lévő Hidrogén

17. Megfigyelhető-e a Neptunusz a Földről?

- A) igen, akár szabad szemmel is
- B) nem soha nem látták még
- C) igen, de csak nyáron
- D) nem

8. Feladatsor

1. Hány jelenleg ismert holdja van a Jupiternek?

- A) 67 B) 56 C) 2 D) 0

2. Mennyi idő alatt kerüli meg a Jupiter a Napot?

- A) 7,23 év
B) 9,72 év
C) 11,86 év
D) 17,12 év

3. Hány holdja van a Földnek?

- A) 1 b) 2 c) 3 d) nincs holdja

4. A Voyager szondák sugaras alakzatokat találtak az egyik Szaturnusz gyűrűben. Hogyan nevezzük ezeket az alakzatokat?

- A) küllők B) vonalak
C) sugarak D) gyűrűrészek

5. Melyik az Uránusz legnagyobb holdja?

- A) Titánia B) Miranda
C) Ariel D) Umbriel

6. A Jupiterre egyedülként igaz, hogy:

- A) forgása retrográd irányú
B) Nappal való tömegközéppontja a bolygón kívül helyezkedik el
C) körülötte gyűrűrendszer figyelhető meg
D) nem biztos, hogy minden holdját felfedezték már

7. A Jupiter felhői és viharai:

- A) állandóak, stabilak
- B) folyamatosan változnak, instabilak
- C) ciklikusan változnak
- D) nincs egyértelmű megállapítás a kérdésben

8. Hány nap a Neptunusz keringési ideje? (azaz, egy év hossza)

- | | |
|--------------------|--------------------|
| A) 842,3 földi nap | B) 224,7 földi nap |
| C) 164,79 földi év | D) 314,3 földi év |

ВСТУП

Знання фізики та астрономії стають дедалі необхіднішими у сучасному світі. Даний навчальний посібник призначений насамперед для студентів Закарпатського угорського інституту імені Ференца Ракоці II. Добре структурована наукова освіта, включаючи глибокі знання з фізики та астрономії у рамках загальної освіти, є важливою. Математичні знання (використання векторів, диференціального та інтегрального числення) є важливими для вивчення фізики, тому для ефективного вивчення фізики потрібні знання з математики. Мета даного посібника - сприяти самостійній роботі студентів при вивченні фізики та астрономії, у підготовці до складання відповідних тестів та іспитів, допомогти підростаючому поколінню, здобути сучасну освіту, яку можна добре використовувати у повсякденному житті.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Фізика (від грец. φυσικός природний, φύσις природа) — природнича наука, яка досліджує загальні властивості матерії та явищ у ній, а також виявляє загальні закони, які керують цими явищами. Це наука про закономірності природи та використання цих законів у науці і техніці.

Використання Системи СІ

Система СІ є найуживанішою системою одиниць при проведенні вимірювань та розрахунків в різних галузях науки, техніки, торгівлі тощо. У 1960 році 11-ю Генеральною конференцією з мір та ваг Міжнародна система одиниць СІ була рекомендована як практична система одиниць для вимірювань фізичних величин. Головна мета впровадження такої системи — об'єднання великої кількості систем одиниць (СГС, МКГСС, МКС, тощо) з різних галузей науки й техніки та усунення труднощів, пов'язаних з використанням значної кількості коефіцієнтів при перерахунках між ними і створенням великої кількості еталонів для забезпечення необхідної точності. Переваги СІ забезпечують підвищення продуктивності праці, виробників, науковців; спрощують та полегшують навчальний процес, а також практику міжнародних контактів між державами.

У наш час в СІ визначено сім основних фізичних величин — довжина, маса, час, електричний струм, термодинамічна температура, кількість речовини та сила світла — які, за домовленістю, вважаються незалежними. Відповідними до них основними одиницями вимірювання є метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, моль та кандела. У системі СІ розмірності основних одиниць вимірювання, на базі яких будуються похідні одиниці, також вважаються незалежними. Але треба зазначити, що визначення основних одиниць пов'язані між собою.

Табл.1.1. Фізичні величини система СІ

Назва		Позначення		Фізична величина
українська	міжнародна	українське	міжнародне	
метр	metre (meter)	м	m	довжина
кілограм	kilogram	кг	kg	маса
секунда	second	с	s	час
ампер	ampere	А	A	сила електричного струму
кельвін	kelvin	К	K	термодинамічна температура
моль	mole	моль	mol	кількість речовини
кандела	candela	кд	cd	сила світла

Префікси одиниць вимірювання — префікси, призначені для формування та скороченого написання кратних та частинних одиниць вимірювання Міжнародної системи одиниць (SI) (Табл.1.2.). Всі затверджені префікси позначають тільки степені десяти і не повинні використовуватись для позначення степенів інших чисел.

Еталон (одиниці фізичної величини)— технічний засіб або комплекс технічних засобів, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини та передавання її розміру відповідним засобам вимірювальної техніки, що стоять нижче в ланцюгу передавання розміру одиниці фізичної величини, офіційно затверджений як еталон.

Усі основні одиниці фізичних величин відтворюються з найвищою точністю за допомогою міжнародних еталонів відповідних одиниць і зберігаються у Міжнародному бюро мір та ваги у спеціальних лабораторіях у місті Севр поблизу Парижа. Програмою діяльності цього

бюро передбачені систематичні зіставлення національних еталонів провідних метрологічних лабораторій різних держав з міжнародними еталонами та між собою.

Табл.1.2. Префікси одиниць вимірювання

Префікс	Префікс (укр)	Позначення	Кратність/частка
exa-	екса-	E	10^{18}
peta-	пета-	P	10^{15}
tera-	тера-	T	10^{12}
giga-	гіга-	G	10^9
mega-	мега-	M	10^6
kilo-	кіло-	k	10^3
hekto-	гекто-	h	10^2
deka-	дека-	da (dk)	10^1
—		—	10^0
deci-	деци-	d	10^{-1}
centi-	санти-	c	10^{-2}
milli-	мілі-	m	10^{-3}
mikro-	мікро-	μ	10^{-6}
nano-	нано-	n	10^{-9}
piko-	піко-	p	10^{-12}

Основне призначення еталонів — бути матеріальною базою для відтворення та збереження одиниць фізичних величин.

Одиниця вимірювання (англ. measuring unit, unit of measure) — фізична величина певного розміру, прийнята для кількісного відображення однорідних з нею величин. Значення цієї величини приймають рівним одиниці.

Розрізняють основні одиниці вимірювання, які визначаються за допомогою еталонів, і похідні одиниці, що визначаються за допомогою основних. Вибір величини і кількості основних одиниць вимірювання може бути довільним і визначається тільки традиціями або угодами. Існує велика кількість різних систем одиниць вимірювання, які розрізняються вибором основних одиниць вимірювання.

2. МЕХАНІКА

Механіка – наука про механічний рух і механічні взаємодії тіл. Об'єктами вивчення механіки є не самі реальні тіла, а ідеалізовані об'єкти (матеріальна точка, ідеальна рідина, тощо).

2.1. Кінематика тіла

Траєкторією руху точки називається уявна лінія, яку описує тіло під час руху. Траєкторії бувають прямолінійні і криволінійні. Довжину траєкторії, якою рухається тіло, називають пройденим шляхом.

Відрізок прямої, який з'єднує початкову точку траєкторії тіла з її кінцевою точкою, називають **переміщенням тіла**. Переміщення — мінімальна відстань, яка з'єднує дві обрані точки траєкторії руху. Пройдений шлях і переміщення рівні тільки при прямолінійному русі.

Рівномірний прямолінійний рух – рух, під час якого тіло за будь-які однакові проміжки часу здійснює однакові переміщення $S=v \cdot t$.

Миттєва швидкість – швидкість тіла в певний момент часу в певній точці траєкторії $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, де ΔS – шлях, Δt – малий інтервал часу, миттєва швидкість визначається, як і для прямолінійного рівномірного руху, переміщенням, поділеним на час. На рис.2.1 представлені графіки руху матеріальної точки в різних координатах.

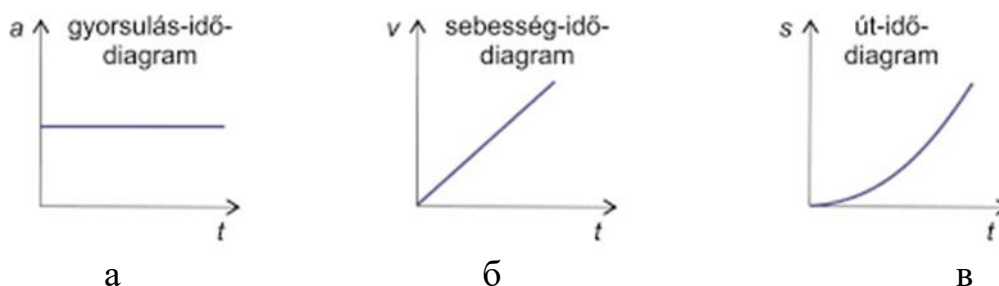


Рис.2.1. Графіки руху матеріальної точки в різних координатах, залежності від часу: а) прискорення; б) швидкість в) переміщення.

Рівноприскорений прямолінійний рух – рух, під час якого за будь-які однакові проміжки часу швидкість тіла змінюється на однакові величини. Прискорення рівноприскореного прямолінійного руху – векторна величина, яка дорівнює відношенню зміни швидкості тіла до проміжку часу, за який ця зміна відбулася: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Коли на тіло діє лише єдина сила - сила земного тяжіння, то тіло знаходиться у стані вільного падіння. Це такий стан, коли тіло, незалежно від його маси та висоти над Землею має прискорення, спрямоване вертикально вниз і рівне $9,8 \text{ м/с}^2$.

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

2.2. Рівномірний рух по колу

Якщо швидкість тіла, що рухається по круговій траєкторії, то ми говоримо про змінний рух по колу. У цьому випадку тіло також прискорюється. Якщо величина прискорення тіла, що рухається по круговій траєкторії є постійною то це рівномірний рух по колу. Прискорення називається доцентровим прискоренням $a_{cp} = \frac{v^2}{R}$. Отримане прискорення є сумою векторів цих двох прискорень (рис 2.2).

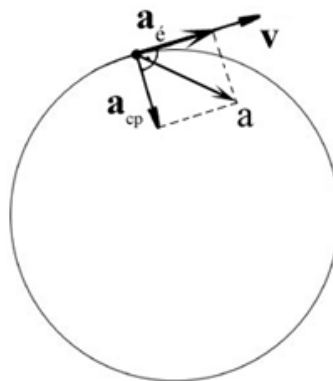


Рис. 2.2. Прискорення при рівномірному русі по колу

2.3. Рух кинутого тіла

Рух тіла кинутого вертикально

Рух тіла кинутого вниз

$$v = v_0 + gt,$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Рух тіла кинутого вверх

$$v = v_0 - gt,$$

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Рух тіла кинутого горизонтально (рис.2.3).

$$v_x = v_0 = \text{Const}$$

$$v_y = gt$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$S_x = v_0 \cdot t$$

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

$$S^2 = S_x^2 + S_y^2$$

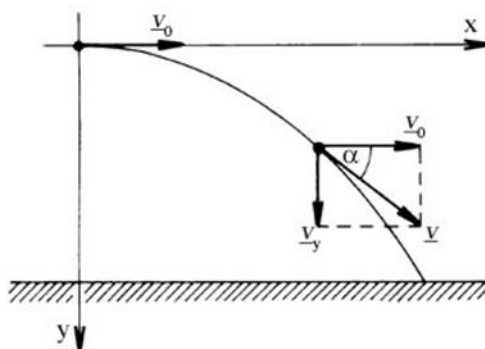


Рис.2.3. Рух тіла кинутого горизонтально

Рух тіла кинутого під кутом до горизонту(рис.2.4).

вниз $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

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

вверх $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

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

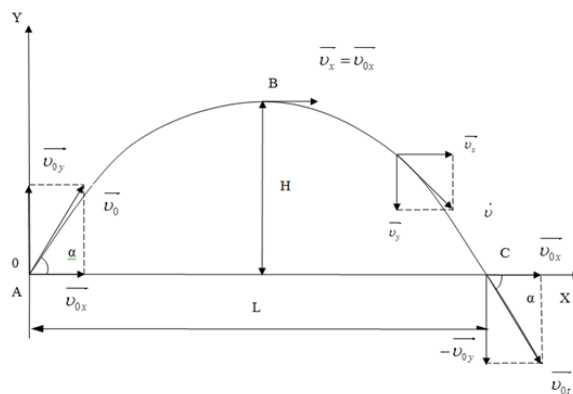


Рис.2.4. Рух тіла кинутого під кутом до горизонту

2.4. Закони динаміки матеріальної точки

Динаміка - це розділ механіки, в якому вивчається рух тіл у зв'язку з тими діями з боку інших тіл, які приводять до зміни положення тіл або їх частин. Дія одного тіла на інше характеризується фізичною величиною - силою. На сучасному етапі розвитку науки відомі чотири фундаментальні сили (взаємодії): гравітаційні, слабкі, електромагнітні, сильні або ядерні. Фундаментальні сили, які лежать в основі механічних явищ, -це сили гравітаційного та електричного походження. Всі інші сили в механіці, в принципі, одержують із цих двох фундаментальних сил.

Вводять такі наближені закони сил:

- 1) Сила тяжіння: $F = mg$, де m - маса тіла (міра його інертності), g - прискорення сили тяжіння ($g=9,8 \text{ м/с}^2$).
- 2) Сила пружності: $F = -k\Delta x$, де Δx - величина пружної деформації ($\Delta x = x_i - x_0$), k -додатний коефіцієнт, який залежить від "пружних" властивостей тієї або іншої конкретної сили. Сила пружної деформації пружини або стержня при розтягу (стиску) визначається за законом Гука.
- 3) Сили тертя (спокою, ковзання, кочення): $F_t = \mu N$, де μ - коефіцієнт тертя ковзання, який залежить від природи і стану поверхонь, що дотикаються; N - сила нормального тиску, яка притискає поверхні одна до одної. Сила тертя F_t направлена в бік, протилежний напрямку руху даного тіла відносно іншого.
- 4) Сила опору: $F = -av$, де a - позитивний коефіцієнт опору, характерний для цього тіла і даного середовища (залежить від швидкості при її зростанні), v - швидкість тіла відносно середовища. Сила опору F направлена протилежно векторові, швидкості v .

Основою динаміки є три закони Ньютона.

Перший закон Ньютона

Існують такі системи відліку, відносно яких тіло знаходиться у стані спокою або рухається прямолінійно рівномірно і при цьому на нього не діють інші тіла(сили) або дія цих тіл (сил) зкомпенсована.

Або інше формулювання:

Будь-яке тіло перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху, доки прикладені сили не викличуть зміни цього стану.

Другий закон Ньютона.

Похідна від імпульсу тіла (системи тіл) за часом дорівнює за величиною силі, яка діє на тіло, і збігається з нею за напрямом:

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

де $p = \sum m_i v_i$ - імпульс системи матеріальних точок маси m_i , які мають швидкість v_i .

Враховуючи те, що маса тіл є адитивна величина $m = \sum m_i$ і не змінюється з часом в межах класичної механіки (за винятком руху тіл змінної маси), вираз для сили представляється у вигляді:

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

де a - вектор прискорення тіла. Цей вираз є основним рівнянням динаміки матеріальної точки, яка рухається поступально. Його вид не змінюється і для системи матеріальних точок, вся маса яких зосереджена в центрі мас, радіус-вектор якого визначається за формулою:

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

У випадку, коли маса розподілена неперервно і однорідно, сума по частинках, з яких складається тіло, замінюється інтегруванням за об'ємом тіла:

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

Третій закон Ньютона.

Сили, з якими два тіла діють одне на одне, рівні за величиною і протилежно напрямлені вздовж лінії, що з'єднує їх центри мас: $F_{1,2} = -F_{2,1}$.

Ці сили прикладені до різних тіл. Якщо на тіло діє декілька сил, то в рівняння Ньютона входить їх векторна сума: $F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$. За принципом незалежності дії, кожна з цих сил, діючи на тіло, викликає відповідне прискорення. Отже: $ma = ma_1 + ma_2 + \dots + ma_n$, де $a = a_1 + a_2 + \dots + a_n$.

2.5. Рух у зовнішніх полях

Для з'ясування поведінки тіл при наявності зовнішніх сил розглянемо дію сил яким відповідають гравітаційні та електромагнітні взаємодії.

Взаємне притягання тіл у природі, гравітаційна взаємодія описується законом всесвітнього тяжіння: два точкові тіла масою m_1 і m_2 знаходяться на відстані r притягуються з силою F , яка прямо пропорційна добутку їхніх мас і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.

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

Стала G , яку називають гравітаційною сталою, однакова для всіх тіл, тобто є фундаментальною фізичною константою. $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$.

Для несферичних тіл, які не можна вважати матеріальними точками, формула (2.6) записується у вигляді

$$F = \sum F_{ij} = G \sum_i \sum_j \frac{\Delta m_1 \Delta m_2}{r_{ij}^2} r_{ij} \quad (2.7).$$

де Δm_1 і Δm_2 – елементи мас r_{ij} відстань між ними. Сили тяжіння не залежить від середовища, в якому знаходяться взаємодіючі тіла, та природи цих, тіл, і передаються через гравітаційне поле.

електромагнітні взаємодії їх виникають між нерухомими або рухомих їх носієм є електричні і магнітні поля. Взаємодія між нерухомими зарядами описується законом Кулона

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

де $k=9 \times 10^9$ Н м² /Кл² (у вакуумі). q_1 і q_2 електричні точкові заряди, r - відстань між зарядами. Значення коефіцієнта k , а отже, і сили F залежить від середовища, в якому знаходяться заряди (від його діелектричної проникності).

На заряд який рухається із швидкістю v діє сила Лоренца:

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

де E - напруженість електричного поля, F_e - сила яка діє з боку електричного поля, B - індукція магнітного поля, F_m - сила яка діє з боку магнітного поля.

Гравітаційне поле характеризується напруженістю. Напруженість гравітаційного поля збігається з прискоренням вільного падіння.

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

Де m_1 - маса тіла яке створює поле, m_2 - маса тіла, на яке діє сила F , g - силова характеристика гравітаційного поля, її фізичний зміст - це сила, яка діє на одиничну масу тіла в даній точці поля. Як видно з (2.10 та 2.6) напруженість поля тяжіння дорівнює прискоренню вільного падіння-

Енергетичною характеристикою гравітаційного і електричного поля є потенціал:

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

Гравітаційне і електричне поля є центральними, оскільки вектори напруженості цих полів напрямлені вздовж радіуса, що проведений із центра поля.

Закон всесвітнього тяжіння Ньютон встановив, аналізуючи закони руху планет сформульовані Кеплером:

- 1) орбіта кожної планети — еліпс, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце;
- 2) кожна планета обертається навколо Сонця так, що радіус-вектор, який з'єднує її з Сонцем, описує за рівні проміжки часу однакові площі;
- 3) відношення квадратів періодів обертання планет навколо Сонця пропорційні відношенню кубів довжини великих півосей їх орбіт.

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

3. МОЛЕКУЛЯРНА БУДОВА РЕЧОВИНИ

Фізичні тіла складаються з великої кількості частинок – молекул, розміщених не щільно, а на деякій відстані одна від одної. Розміри проміжків між молекулами можуть змінюватися внаслідок зовнішніх впливів, зміни температури або змішування речовини. Випаровування на основі цього припущення пояснюється вилітанням молекул з рідини або твердого тіла, а зміна об'ємів тіл – зміною розмірів проміжків між його частинками тощо.

3.1. Основні положення теорії кінетичного газу

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини зводяться до таких:

1. Усі тіла складаються з дрібненьких частинок – молекул чи атомів.
2. Атоми і молекули в тілах перебувають у безперервному хаотичному русі.
3. Між атомами і молекулами діють сили притягання і відштовхування.

3.2. Основні основні величини та поняття

Нормальний стан - фізична система вважається в нормальному стані, якщо її температура $T_0 = 273,15\text{K}$, а тиск дорівнює нормальному атмосферному тиску $p_0 = 101325\text{Pa}$.

Кількість речовини — це фізична величина, що визначається числом структурних частинок (атомів, молекул, йонів тощо), які містяться в даній порції речовини.

Моль — це така кількість речовини, яка містить стільки частинок (атомів, молекул, йонів та ін.), скільки міститься атомів у нукліді Карбону -12 масою 0,012 кг (12 г).

Число Авогадро($6,02 \cdot 10^{23}$) показує число частинок, які містяться в 1 моль будь-якої речовини незалежно від її агрегатного стану.

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

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

Молярна маса — маса 1 моль речовини.

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

Густина частинок або концентрація частинок — кількість частинок в одиничному об'ємі. Позначається зазвичай малою латинською літерою n :

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

Маса частинок - відношення маси m речовини до числа N частинок, що складають речовину:

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

3.3. Ідеальний газ

Ідеальний газ — це модель реального газу в якому: відсутня взаємодія між молекулами; молекули — матеріальні точки певної маси (займають безмежно малий об'єм в порівнянні з об'ємом посудини); при зіткненні між собою та зі стінками посудини ведуть себе як пружні кульки; молекули рівномірно розподілені по об'єму.

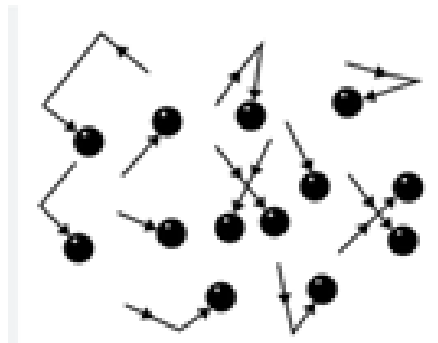


Рис. 3.1. Ідеальний газ

Рівняння теплового стану ідеальних газів створює зв'язок між параметрами, що характеризують стан ідеального газу:

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

де параметри, що описують стан: ν - кількість частинок, V - об'єм, P - тиск, T - температура; R - універсальна газова стала.

Універсальна газова стала — константа, що дорівнює роботі розширення одного моля ідеального газу в ізобаричному процесі при збільшенні температури на 1 К. Позначається латинською буквою R .

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

Стала Больцмана - фізична стала, відношення універсальної газової сталої до числа Авогадро.

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

Таким чином рівняння теплового стану ідеального газу:

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

Виходячи з формул (3.5) та (3.10) отримаємо:

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

Згідно молекулярно-кінетичних уявлень тиск газу це наслідок зіткнень зі стінками посудини. Через велику кількість частинок кількість зіткнень теж дуже велика, тому тиск, що чиниться на стінку посудини при даній температурі, практично постійний.

Для розрахунку тиску ідеального газу розглянемо прямокутну посудину зі сторонами a, b, c , що містить N частинок газу. Частинки газу мають масу μ . Ці частинки газу пружно ударяються об стінку A посудини (рис. 3.2), створюючи на неї тиск.

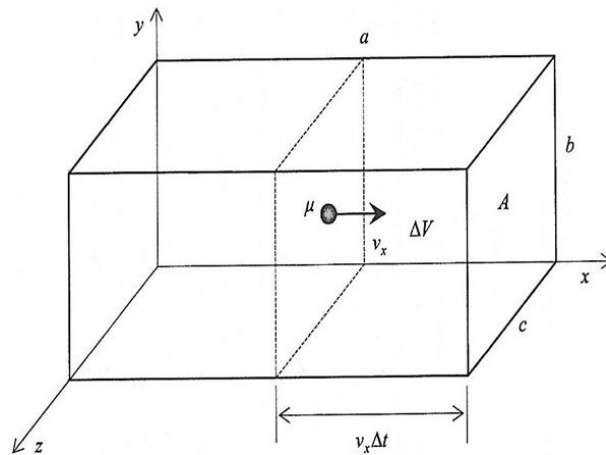


Рис. 3.2. Визначення тиску ідеального газу

Зміна імпульсу частинки у напрямку x наступна:

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

За проміжок часу Δt об стінку a удуряються лише ті частинки які рухаються вправо, тобто ті, що в об'ємі $\Delta V = Av_x \Delta t$.

Якщо у об'ємі V всього N частинок, то у ΔV кількість частинок

$$n\Delta V \quad n\Delta V = nAv_x \Delta t \quad (3.13)$$

Візьмемо до уваги, що вправо рухається приблизно половина частинок, а отже інша половина рухається вліво.

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

Згідно з другим законом Ньютона сила, що діє на стіну:

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

Тиск, що діє на стіну:

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

На практиці не всі частинки мають однакову швидкість, тому замість v_x^2 слід в розрахунках використовувати середнє квадратичне значення швидкості:

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

Тиск ідеального газу:

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

Якщо врахувати, що кінетична енергія однієї частинки:

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

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

Az ideális gáz nyomása egyenesen arányos a gázcseppkének koncentrációjával és a gázcseppké átlagos haladó mozgási energiájával

Тиск ідеального газу прямо пропорційний концентрації частинок газу та середній кінетичній енергії частинки газу

3.4. Основне рівняння теорії кінетичного газу

Оскільки $p = \frac{N}{V}$, то за допомогою (3.20) отримуємо основне рівняння теорії кінетичного газу:

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

Відповідно, добуток тиску ідеального газу p та його об'єму V прямо пропорційний числу частинок газу N , та кінетичній енергії E_k .

3.5. Температура та енергія ідеального газу

На основі термічного рівняння ідеального газу (3.10) та основного рівняння кінетичної теорії (3.21) можемо записати рівняння (3.22):

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

Звідси можна визначити температуру ідеального газу:

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

Таким чином, температура ідеального газу прямо пропорційна кінетичній енергії газової частинки і не залежить від якості газу. Враховуючи (3.22) та (3.10), кінетична енергія однієї частинки дорівнює:

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

тобто:

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

Це одне з найважливіших рівнянь теорії кінетичного газу, його зміст у тому, що енергія руху однієї газової частинки $\frac{3}{2} kT$ залежить тільки від

температури T , і не залежить від будь-яких інших параметрів або якості газової частинки.

Звідси впливає внутрішня енергія одноатомного газу $E_{\text{вн}}$:

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

оскільки: $N = \nu N_A$, та $k = R/N_A$ отримаємо:

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

Якщо ідеальний газ складається з двоатомних або багатоатомних частинок, то при розрахунку його внутрішньої енергії також слід враховувати енергії, що виникають внаслідок коливного та обертового руху частинок газу.

3.6. Середньоквадратична швидкість руху частинок газу

Враховуючи кінетичну енергію газової частинки $E_k = \frac{1}{2} \mu v^2$ та рівняння $N = \nu \cdot N_A$ отримаємо:

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

Звідси отримаємо середньоквадратичну швидкість руху частинок газу:

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

3.7. Розподіл швидкості Максвелла, Розподіл Больцмана

Середньоквадратична швидкість, визначена рівнянням (3.29), є середнім (статистичним) значенням. Щоб отримати повне уявлення про рух частинок газу, нам потрібно визначити, яка частка всіх частинок газу

рухається з тією чи іншою швидкістю. Тобто нам потрібно визначити розподіл швидкостей частинок газу. Це завдання вперше вирішив Джеймс Клерк Максвелл.

Максвелл визначив, що якщо розподіл швидкості газу, що складається з N частинок, ізольованих від навколишнього середовища, однаковий для всіх газів, хоча значення швидкостей залежить від якості газу та зовнішніх факторів (температури тощо). Функція розподілу $f(v)$ показує відносну кількість частинок газу $\frac{\Delta N}{N}$ в інтервалі одиничної швидкості. Відповідно, кількість частинок ΔN з миттєвою швидкістю v в інтервалі швидкості $v_1=v$ та $v_2 = v + \Delta v$ визначається наступним співвідношенням:

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

або:

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

звідси:

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

Функція розподілу описується таким співвідношенням:

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

де A - константа, що залежить від якості газу та температури.

Відносна кількість частинок газу, миттєва швидкість v яких знаходиться в інтервалі швидкості між $v_1 = v$ та $v_2 = v + \Delta v$, дорівнює площі прямокутника, обмеженого графіком функції розподілу $f(v)$ та $\Delta v = v_2 - v$. Рис. 3.3).

Максимум функції дає значення найбільш ймовірної швидкості та описується наступним співвідношенням:

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

Середня швидкість визначається таким співвідношенням:

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

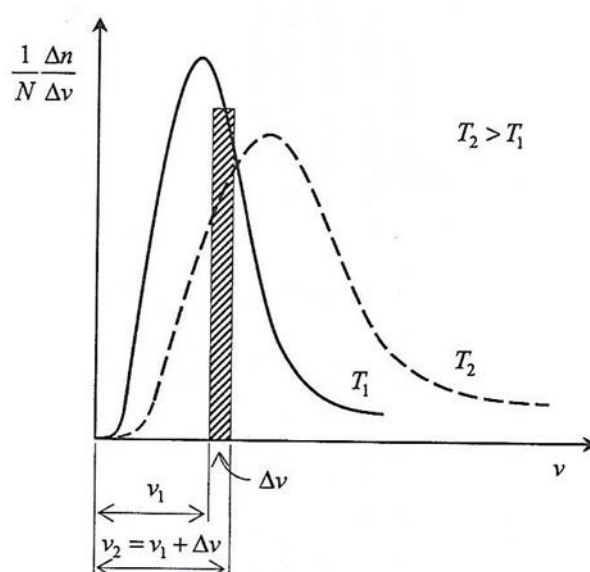


Рис. 3.3. Розподіл Максвела по швидкостях

Повний безлад, яким характеризується тепловий рух молекул, все ж таки має свої закони. Не дивлячись на те, що кожна молекула постійно змінює свою швидкість, макроскопічний стан газу в системі не змінюється (саме такі роздуми призвели до встановлення Максвелом у 1859 році розподілу молекул газу по швидкостях).

Рівноважний стан газу характеризується не тільки розподілом молекул по швидкостях, але і по координатах. При відсутності зовнішніх силових полів цей розподіл буде однорідним: газ рівномірно розподіляється по всьому об'єму посудини.

Енергетичний стан системи з великою кількістю частинок можна охарактеризувати двома способами. З одного боку, подаючи миттєву енергію всіх окремих частинок, це називається мікро-станом системи. З іншого боку, подаючи розподіл енергії, тобто лише скільки частинок $n_0, n_1, n_2, \dots$ мають енергії e_0, e_1, e_2 , у певний момент часу. Ряд $n_i, \{n_0, n_1, \dots\} = \{n_i\}$ визначає макростан системи. Якщо між частинками немає ніякої взаємодії, крім абсолютно пружних зіткнень, то загальна енергія системи завжди є сумою енергій окремих частинок. Оскільки ми не накладали жодних обмежень на макростани системи, можна вважати, що вони однаково ймовірні.

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

Рівняння (3.36) називають розподілом Больцмана

При низькій температурі (T_1) значно заселені стани з найменшою енергією (рис. 3.4). Однак при високих температурах (T_3) стани з високими енергіями також значно заселені.

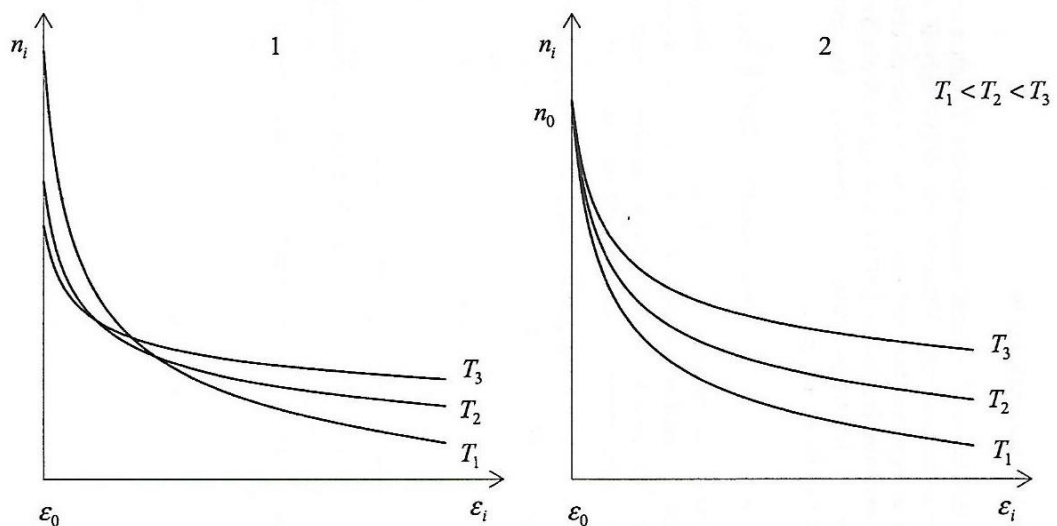


Рис.3.4. Розподіл Больцмана: 1. при низьких температурах (T_1), 2. при високих температурах (T_3).

3.8. Реальний газ, тверді речовини і рідини

Досліди показують, що реальні гази значно відрізняються за своїми властивостями від ідеальних газів. Для ідеального газу нехтуємо силами взаємодії між молекулами, це допустимо коли середня відстань між молекулами значно перевищувала розміри молекул. Молекули ідеального газу зазнають дії сил притягання, досить великих при значних густинах, сили відштовхування діють тільки в процесі зіткнення коли молекули газу наближаються одна до одної.

Реальні гази при певних умовах перетворюється у рідину. кількість реального газу пари, що міститься в деякому об'ємі при певній температурі на відміну від ідеального газу не може бути завгодно великою.

Для обчислення параметрів такого газу треба враховувати як потенціальну, так і кінетичну енергію його молекул. На формі залежностей між його параметрами відбивається те, що молекули його взаємодіють між собою та займають певний об'єм.

Якщо об'єм однієї молекули b , тоді для руху газових часточок у посудині залишається лише $V - Nb$ об'єм. Взявши до уваги таку поправку для визначення тиску реального газу можемо записати наступне рівняння:

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

Тиск, що діє на стінку посудини:

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

де a - залежить від якості газу.

Одна з класичних моделей опису реального газу — рівняння Ван дер Ваальса:

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

Тверде тіло - агрегатний стан речовини, що відрізняється від інших агрегатних станів (рідини, газів, плазми)) стабільністю форми і характером теплового руху атомів, що здійснюють малі коливання біля положень рівноваги.

За типом упорядкування атомів розрізняють кристалічний і аморфний стани речовини. Кристали характеризуються просторовою періодичністю в розташуванні рівноважних положень атомів. У кристалах середні положення атомів чи молекул строго впорядковані. Кристалічні тіла зберігають не тільки ближній, а й дальній порядок. Природна форма кристалів — правильні багатогранники. Більшість речовин у твердому стані має кристалічну структуру. У цьому легко переконатися якщо розколоти шматок речовини і розглянути злам. На зламі кристалічних речовин (наприклад, у цукру, солі, сірки, металів) добре помітні розташовані під різними кутами дрібні грані кристалів, що поблискують внаслідок різного відбиття ними світла. При розколюванні аморфних твердих речовин, наприклад, звичайного скла, пластмаси, шматків смоли, парафіну, і так далі, злам виявляється гладким і, на відміну від зламів кристалів, обмежений не плоскими, а овальними поверхнями

Аморфні речовини — це тверді речовини, які не мають дального порядку в розташуванні частинок (атомів, молекул, іонів) і не утворюють кристалічних ґраток. Деякі речовини можуть перебувати як в аморфному, так і в кристалічному стані, наприклад, сірка. Аморфні речовини утворюються за швидкого охолодження розплавів, під час якого атоми не встигають сформувати дальній порядок, чи за конденсації з газу. Аморфні речовини не мають чітко визначеної температури плавлення. За нагрівання вони розм'якають, перетворюючись на в'язку рідину

У рідинах сили взаємодії між молекулами слабкіші, ніж у твердих тілах і значно сильніші, ніж у газах. Молекула рідини, коливаючись біля

певного положення рівноваги, змінює з часом це положення, перескакуючи до інших молекул. Молекули рідини здійснюють коливальний, поступальний і обертальний рухи. У рідинах відстані між молекулами співмірні з їх ефективним діаметром, тому сили взаємодії молекул є значними. У цілому кінетична енергія молекул рідин приблизно дорівнює їх потенціальній енергії. Кожна молекула в рідині, як і в твердому тілі, «затиснута» зі всіх боків сусідніми молекулами і здійснює теплові коливання навколо положення рівноваги. Однак, час від часу молекула може перескочити в сусіднє вакантне місце. Такі переміщення в рідині відбуваються доволі часто; тому рідина зберігає свій об'єм, але не зберігає форми (легко набуває форми, яку має посудина). Це пояснює текучість рідини. Молекули рідини можуть утворювати локальні (нестійкі) впорядковані групи, які складаються з декількох молекул. Це явище називають ближнім порядком.

4. ТЕРМОДИНАМІКА

Термодина́міка — розділ класичної фізики, що вивчає найбільш загальні властивості макроскопічних систем і способи передачі і перетворення енергії в таких системах.

4.1. Напрямок термодинамічних процесів

Закон збереження і перетворення енергії стверджує, що кількість енергії за будь-яких її перетворень незмінна, але нічого не говорить про те, які енергетичні перетворення можливі. Однак багато процесів, цілком допустимих з погляду закону збереження енергії, ніколи не відбуваються насправді. Наприклад, нагріте тіло, поступово охолоджуючись, передає свою енергію холоднішим тілам, які його оточують, а зворотний процес передавання теплоти від холодного тіла до гарячого самовільно відбуватися не може.

Спрямованість процесів

Поняття оборотного й необоротного процесів стосується винятково процесів, які відбуваються в ізольованій системі. Якщо ізольована система переходить зі деякого початкового стану в деякий інший стан, а потім знову повертається у початковий стан, то при цьому слід розрізняти два випадки:

1) Система може повернутися зі деякого стану у початковий стан в результаті процесу, що не залишає ніяких змін у навколишньому середовищі; у цьому разі ми називаємо процес оборотним.

2) Повернення системи в початковий стан неможливе без того, щоб у навколишньому середовищі не відбулося якихось змін; тоді процес називають необоротним.

Можна дати ще й таке визначення оборотного процесу: оборотним процесом називається процес, який допускає можливість такого повернення системи у вихідний стан, але при цьому система проходить через ті самі проміжні стани, що й у прямому процесі. Це можливо лише тоді, коли система проходить через рівноважні стани, тобто оборотний процес має бути рівноважним. Строго кажучи, рівноважними можуть бути лише ті процеси, які відбуваються нескінченно повільно.

4.2. Робота розширення газу

Робота розширення газу – це робота що виконується газом при зміні його об'єму. Нехай газ поміщений в циліндричну посудину під поршнем, що може легко рухатися (рис. 4.1). З боку газу на поршень діє сила тиску $F=pS$, де p – тиск, S – площа основи поршня. Якщо газ, розширюючись, перемістить поршень на відстань Δx , то він виконає елементарну роботу.

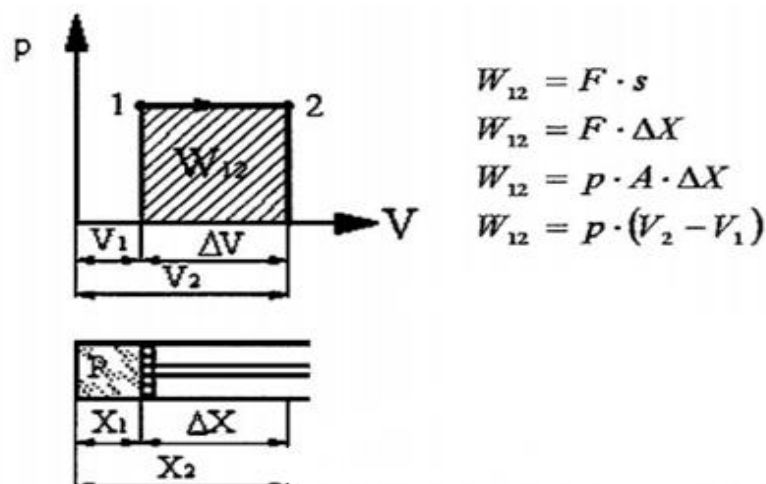


Рис. 4.1. Робота розширення газу

4.3. Газові закони

Газові закони — низка фізичних законів, які дозволяють визначити термодинамічні параметри ідеального газу в термодинамічних процесах систем з постійною кількістю речовини та одним із термодинамічних параметрів.

Ізотерма — графік залежності між параметрами даної маси газу при постійній температурі (рис.4.2.).

Закон Бойля—Маріотта. При постійній температурі й масі газу добуток тиску газу на його об'єм постійний.

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

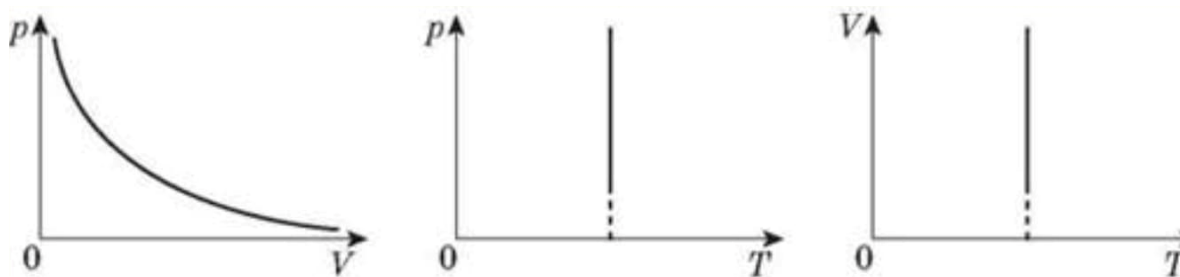


Рис.4.2. Ізотермічний процес

Ізобарний процес описується законом Гей-Люссака: для даної маси газу відношення об'єму до температури є сталим, якщо тиск газу не змінюється:

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

Ізобара — графік залежності між параметрами стану даної маси газу при сталому тиску (рис.4.3.).

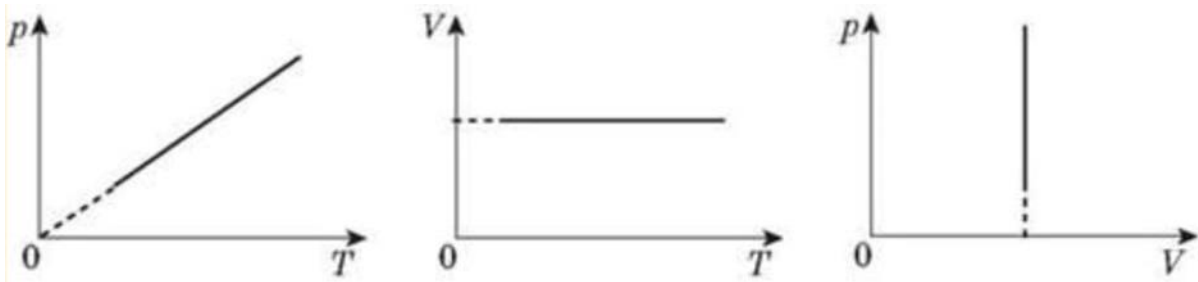


Рис.4.3. Ізобарний процес

Ізохорний процес або ізохоричний процес описується законом Шарля: для даної маси газу відношення тиску до температури є сталим, якщо об'єм не змінюється:

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

Ізохора — графік залежності між параметрами стану даної маси газу при сталому об'ємі (рис.4.4.).

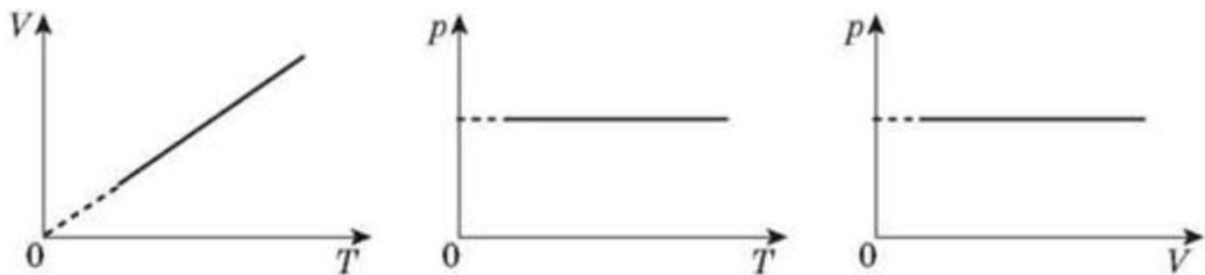


Рис. 4.4. Ізохоричний процес

Адіабатний процес (грец. αδιαβατος — неперехідний) — в термодинаміці зміна стану тіла без обміну теплом з навколишнім середовищем. Його можна здійснити, проводячи стискання чи розширення тіла (наприклад, газу) дуже швидко.

Політропний процес (англ. polytropic process) — термодинамічний процес у фізичній системі, під час якого її теплоємність є залишається незмінною. Графічно політропний процес зображується кривою, яка називається політропою. Крива описується рівнянням $pV^n = \text{const}$.

4.4. Основні закони термодинаміки

Перший закон термодинаміки

Зміна внутрішньої енергії тіла або системи тіл дорівнює алгебраїчній сумі кількості тепла і роботи:

$$\Delta U = Q + A$$

$A > 0$ — виконання робочим тілом позитивної роботи;

$Q > 0$ — підведення тепла робочому тілу.

Вирази першого закону класичної термодинаміки дійсні лише для зворотних процесів.

Другий закон термодинаміки

Другий закон термодинаміки безпосередньо пов'язано з поняттям ентропія. Ентропія є термодинамічною функцією стану, що характеризує стан термодинамічної системи.

Принцип зростання ентропії є твердження другого закону класичної термодинаміки про незмінне зростання ентропії ізольованих систем в усіх реальних (незворотних) процесах зміни стану цих систем. (У зворотних процесах зміни стану ізольованих систем ентропія останніх не змінюється).

Постулат Клаузіуса:

Теплота не може переходити сама собою (без компенсації) від більш холодного тіла до більш теплого.

Постулат В.Томсона у формулюванні М.Планка:

Неможливо побудувати періодично діячу машину, уся діяльність якої зводиться до підняття тяжкості (виконувannya роботи) і охолодженню резервуара. (1897 р.)

Постулат Планка (1926 р.):

Утворення тепла шляхом тертя необоротно.

Слід зауважити, що аналіз методів заснування принципу існування ентропії показав, що усі побудови принципу існування ентропії в рамках другого закону класичної термодинаміки на основі постулатів незворотності помилкові і містять ряд неявних, абсолютно нестрогих припущень. Відомо також, що принципи існування і зростання ентропії нерівноцінні. Принцип існування ентропії характеризує властивості речовини, на ньому побудована система найважливіших диференціальних рівнянь термодинаміки, наукову і практичну важливість яких трудно переоцінити.

Принцип зростання ентропії ізольованих систем є принцип статистичний. Він характеризує найбільш ймовірні напрямки процесів зміну стану ізольованих систем і використовується для визначення напрямків течії деяких фізичних процесів і хімічних реакцій. На цьому принципі побудована система нерівностей термодинаміки.

Постулат другого закону термодинаміки є основою принципу зростання ентропії ізольованих систем і тому повинен містити вказівку про певний напрям спостережуваних в природі реальних процесів, а не заперечення можливості їх протилежної течії. Тому постулат другого закону термодинаміки для нашого світу позитивних абсолютних температур формулюється таким чином:

Робота може бути повністю перетворена у тепло шляхом тертя або електронагріву.

Важливе слідство постулату:

Тепло не може бути повністю перетворено в роботу. (Принцип неможливості існування вічного двигуна другого роду).

Третій закон термодинаміки

Теорема Нерста стверджує, що ентропія будь-якої рівноважної системи у міру наближення до абсолютного нуля перестає залежати від

будь-яких параметрів стану і прагне до певної межі. Фактично зміст теореми Нернсту включає два положення.

Перше з них постулювало існування межі ентропії при прагненні температури до абсолютного нуля. Чисельне значення цієї межі прийнято вважати рівним нулю, тому в літературі іноді говорять про те, що ентропія системи прагне до нуля при прагненні температури до 0 К.

Друге положення теореми Нернста стверджує, що усі процеси поблизу абсолютного нуля, що переводять систему з одного рівноважного стану в інший, відбуваються без зміни ентропії. Третій закон термодинаміки передбачає виродження ідеального газу при дуже низьких температурах. Це означає, що ідеальний газ перестає вести себе згідно рівнянню Клапейрона, а підкоряється більш складному рівнянню, який враховує квантові ефекти. Таким чином, ентропія всіх кристалічних тіл перетворюється в нуль при абсолютному нулі, і отже, вона має додатне значення.

4.5. Термодинамічні цикли

Термодинамічний цикл (англ. thermodynamic cycle) — замкнений круговий процес, який здійснює термодинамічна система, тобто такий процес, у якому початкові й кінцеві параметри, що визначають стан робочого тіла системи (тиск, об'єм, температура, ентропія), збігаються.

Термодинамічні цикли є моделями процесів, що відбуваються в реальних теплових машинах для перетворення тепла на механічну роботу або навпаки, перенесення теплової енергії від менш нагрітого тіла до нагрітого більше за рахунок виконання роботи.

Компонентами будь-якої теплової машини є робоче тіло, а також, нагрівник та холодильник (за допомогою яких змінюється стан робочого тіла).

У термодинамічних циклах можуть відбуватись такі термодинамічні процеси:

Адіабатичний процес: Відсутня передача енергії у вигляді тепла на певній ділянці циклу, що розглядається ($\delta Q = 0$). Це не виключає передачу енергії у вигляді роботи.

Ізотермічний процес: Відбувається при постійній температурі на певній ділянці циклу ($T = \text{constant}$, $\delta T = 0$). Це не виключає перенесення енергії у вигляді тепла чи роботи.

Ізобаричний процес: На певній ділянці циклу тиск не змінюється ($p = \text{constant}$, $\delta p = 0$). Це не виключає перенесення енергії у вигляді тепла або роботи.

Ізохоричний процес: Процес відбувається за сталого об'єму ($V = \text{constant}$, $\delta V = 0$). Це не виключає перенесення енергії у вигляді тепла або роботи.

Ізоентропійний процес: Процес, що відбувається при незмінній ентропії ($S = \text{constant}$, $\delta S = 0$). Це не виключає перенесення енергії у вигляді тепла або роботи.

Цикл Карно (рис.4.5.) передбачає виконання таких фаз:

Фаза 1. Робоче тіло з температурою, що дорівнює температурі нагрівника, уводиться в контакт з нагрівником. Нагрівник надає робочому тілу тепла в ізотермічному процесі (при постійній температурі), при цьому об'єм робочого тіла зростає.

Фаза 2. Робоче тіло від'єднується від нагрівника і продовжує розширюватись адіабатично (без теплообміну з навколишнім

середовищем). При цьому його температура зменшується до температури холодильника.

Фаза 3. Робоче тіло приводиться в контакт з холодильником і передає йому тепла в ізотермічному процесі. При цьому об'єм робочого тіла зменшується.

Фаза 4. Робоче тіло адіабатично стискається до вихідного розміру, і його температура збільшується до температури нагрівника.

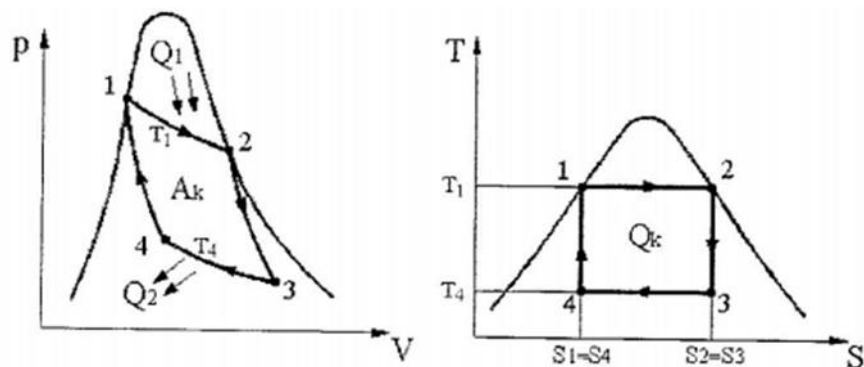


Рис.4.5. Цикл Карно

Цикл Отто (рис.4.6.) (англ. Otto cycle) — ідеалізований термодинамічний цикл, на якому ґрунтується робота чотиритактного двигуна внутрішнього згорання поршневого типу. Цикл складається із двох адіабатичних та двох ізохоричних процесів.

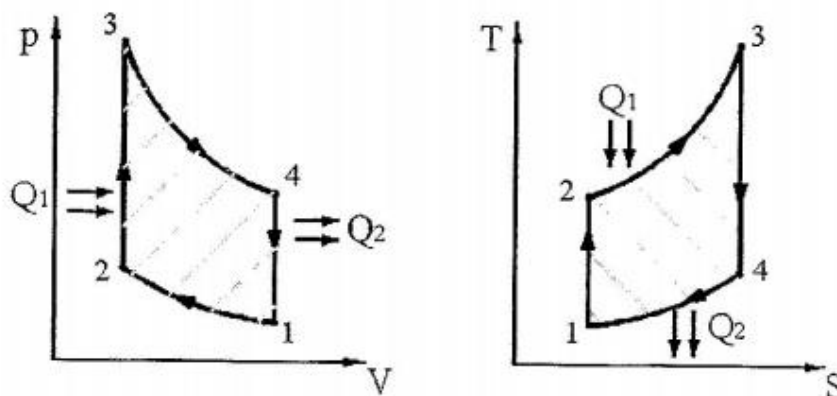


Рис.4.6. Цикл Отто

Двигун внутрішнього згоряння — різновид теплового двигуна, в якому паливна суміш згорає безпосередньо в робочій камері (всередині) двигуна (Рис.4.7).

Майже всі види палива для ДВЗ — невідновлювані ресурси (природний газ і нафтопродукти). Винятки (етиловий спирт, біогаз, генераторний газ) використовуються рідше, зважаючи на зниження вихідних характеристик двигуна (крутного моменту, потужності, швидкості обертання). Водень застосовується через дорожнечу та труднощі зберігання в рідкому вигляді здебільшого для двигунів космічних кораблів, застосування в наземному транспорті поширення не отримало.

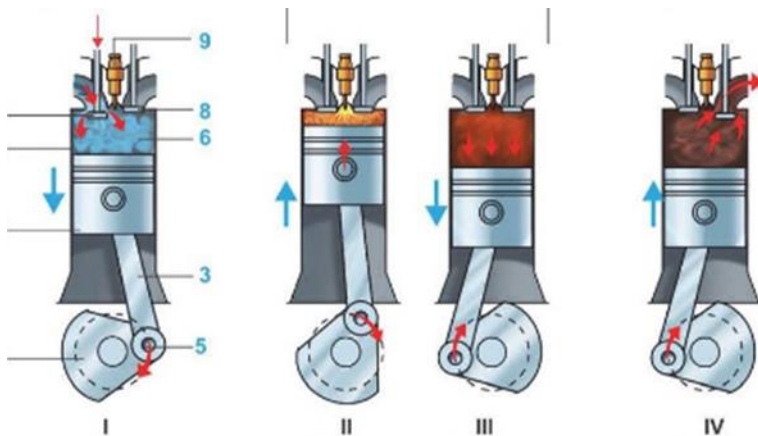


Рис.4.7. Двигун внутрішнього згоряння.

АСТРОНОМІЯ

Астрономія — фундаментальна наука, яка вивчає об'єкти Всесвіту та Всесвіт в цілому. Астрономія (грец. *αστρον* — зоря і *νόμος* — закон) — наука, що вивчає будову, рух, походження та розвиток небесних тіл, їх систем й усього Всесвіту. Вона виникла кілька тисячоліть тому, коли в людства з'явилася потреба у вимірюванні часу, визначенні суходільних та морських шляхів, у передбаченні сезонних явищ (дощів, посух, снігопадів). Відтоді знання про космос набули постійного розвитку й спонукали людину на пошук, оскільки кожне нове відкриття породжувало й нові питання. Важливими завданнями астрономії стали пояснення і прогнозування астрономічних явищ, таких як сонячні й місячні затемнення, поява комет, проходження повз Землю астероїдів та великих метеорних тіл. Щоб краще пізнати еволюцію Землі, астрономія займається вивченням фізичних процесів, що відбуваються в надрах та атмосферах відомих нам планет. Дослідження небесних тіл дозволяє відповісти на питання щодо стійкості Сонячної системи, вірогідності небезпеки зіткнення нашої планети з космічними тілами.

Планетна система

Планети земної групи. Планети Сонячної системи за розмірами і будовою поділяють на дві групи — планети земної групи (Меркурій, Венера, Земля, Марс) та планети-гіганти (Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун). Планети земної групи мають тверду поверхню та значну густину, тому що складаються переважно з важких хімічних елементів. Планети-гіганти утворилися здебільшого з Гідрогену та Гелію, тому їхня середня густина невелика, а між атмосферою і поверхнею немає чіткої межі.

Планети-гіганти на відміну від планет земної групи не мають твердої поверхні, адже за хімічним складом (99 % Гідрогену і Гелію) і густиною ($\approx 1 \text{ г/см}^3$) вони нагадують зорі, а їхня велика маса спричиняє нагрівання ядер до температури понад $+10\,000\text{ }^\circ\text{C}$. Крім того, планети-гіганти досить швидко обертаються навколо осі та мають велику кількість супутників.

Меркурій

Меркурій є найменшою із планет земної групи, яку рідко кому випадало спостерігати неозброєним оком, тому що вона розташована близько до Сонця. Меркурій дуже повільно обертається навколо своєї осі в тому самому напрямку як і Земля. Сонячна доба на планеті вдвічі довша, ніж період її обертання навколо Сонця. Отже, протягом майже трьох місяців там світить Сонце і стільки ж триває ніч. Світлини поверхні Меркурія, які були зроблені 2008 р. за допомогою АМС «Мессенджер» з відстані 27 тис. км, вражають схожістю його рельєфу з поверхнею Місяця — така сама величезна кількість кратерів, що свідчить про однакову природу цих космічних тіл, один із великих кратерів на Меркурії названий на честь Тараса Шевченка. На поверхні Меркурія були виявлені також величезні рівнини, які заповнені застиглою базальтовою лавою. Це свідчить, що планета була колись розігріта, внаслідок чого в той час відбувалася інтенсивна вулканічна діяльність.

Параметри Меркурія

Зоряна величина (максимальна)	−2,2
Середня відстань до Сонця	57,9 млн км
	0,387 а. о.
Період обертання навколо Сонця	88 земних діб
Період обертання навколо осі	58,6 земних діб
Діаметр по екватору	4880 км
Маса (Земля = 1)	0,055
Середня густина	$5,4 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	Від −170°C до +430°C

Венера

Венера — найгарячіша планета Сонячної системи. У неї, немає природних супутників. Планета привертає увагу людей тим, що на нашому небі її яскравість у десятки разів перевищує блиск зір першої зоряної величини. За яскравістю Венера посідає третє місце в Сонячній системі після Сонця й Місяця. Українська назва цієї планети — Вечірня, або Вранішня, зоря, адже вона першою з'являється на вечірньому небосхилі й останньою гасне на світанку. Тривалий час Венеру називали планетою загадок, тому що густі хмари приховують її поверхню. Тільки нещодавно радіоспостереження виявили, що Венера повільно обертається навколо своєї осі у зворотному напрямку (порівняно з обертанням Землі). Атмосфера Венери складається в основному з вуглецю, який створює на планеті потужний парниковий ефект. В атмосфері часто можна спостерігати спалахи блискавок. Хмари Венери мають шарову структуру, окрім водяної пари у них утворюються краплини сірчаної кислоти, але до поверхні ці кислотні дощі не долітають, оскільки під хмарами температура різко підвищується (на поверхні $+480\text{ }^{\circ}\text{C}$), і краплі випаровуються.

Параметри Венери

Зоряна величина (максимальна)	−4,7
Середня відстань до Сонця	108,2 млн км
	0,723 а. о.
Період обертання навколо Сонця	224,7 земних діб
Період обертання навколо осі (зворотне обертання)	243 земні доби
Діаметр по екватору	12 104 км
Маса (Земля = 1)	0,815
Середня густина	$5,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Температура поверхні	$480\text{ }^{\circ}\text{C}$

Земля

Наша планета — третя за порядком планета Сонячної системи. Вона має форму сфероїда (кулі, слабко сплюснутої біля полюсів, Вісь обертання Землі нахилена під кутом $66,5^\circ$ до площини її орбіти (до площини екліптики). Земля рухається по своїй орбіті навколо Сонця із середньою швидкістю близько 30 км/с. Крім того, обертаючись навколо власної осі, вона робить один оберт за добу. Земля оточена атмосферою, яка простягається в космос більш ніж на 1000 км, що створює на її поверхні сприятливі умови для існування життя (температуру, склад атмосфери, величезну кількість води). Хімічний склад атмосфери є неоднорідним. Найбільшою складовою атмосфери біля поверхні Землі (за об'ємом 78 %) є азот N_2 , який відіграє важливу роль у житті рослин. Кисень O_2 є необхідним елементом для дихання всіх живих істот і складає 21 % об'єму атмосфери.

Місяць — єдиний природний супутник Землі. Це космічне тіло кулеподібної форми. Через малу силу тяжіння й високу температуру на Місяці відсутня атмосфера. Слідів життя на ньому також поки що не виявлено.

Параметри Землі

Кут нахилу екватора до площини орбіти	23,4°
Середня відстань до Сонця	149,6 млн км
	1 а. о.
Період обертання навколо Сонця	365,26 земних діб
Період обертання навколо осі	23,93 год
Діаметр по екватору	12 756 км
Маса	$5,97 \cdot 10^{24}$ кг
Середня густина	$5,5 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	Від -83°C до $+52^\circ\text{C}$

Марс

Марс — четверта планета Сонячної системи а відстанню від Сонця. Відома з давніх часів, оскільки є одним із найяскравіших об'єктів на небі та видима неозброєним оком. Названа на честь Марса — давньоримського бога війни. Іноді Марс називають «червоною планетою» через червонуватий колір поверхні, який є наслідком наявності великої кількості мінералу магнетиту — γ -оксиду заліза(III). Це кам'яниста планета земного типу з розрідженою атмосферою. Марс невеликий відносно інших планет Сонячної системи, є сьомим за розміром і масою, перевершуючи за цими показниками тільки Меркурій (на приблизно 40 % за розмірами і майже вдвічі — за масою). Водночас, Земля перевершує Марс за розмірами в приблизно 2 рази, а за масою — у майже 10 разів. Загальна площа поверхні Марса приблизно дорівнює всій площі земної суші (тобто, близько 30 % загальної площі поверхні Землі). Поверхнева гравітація менша за земну майже втричі, прискорення вільно падіння на поверхні складає приблизно $3,72 \text{ м/с}^2$. У планети є два супутники, Фобос і Деймос.

Параметри Марса

Зоряна величина (максимальна)	−2,0
Середня відстань до Сонця	228,0 млн км
	1,524 а. о.
Період обертання навколо Сонця	1,88 земного року
Період обертання навколо осі	24,62 год
Діаметр по екватору	6794 км
Маса (Земля = 1)	0,107
Середня густина	$3,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Температура поверхні	Від -130°C до $+15^\circ\text{C}$

Юпітер

Юпітер виявився найбільшою планетою Сонячної системи Навколо цієї планети обертається численна родина супутників, чотири з яких — Іо, Європа, Ганімед та Каллісто (так звані Галілеєві супутники) — найбільші, які можна порівняти за розміром із Місяцем. Маса Юпітера майже в 2,5 рази перевищує сумарну масу решти планет і в 318 разів більша за масу Землі. Основними компонентами атмосфери Юпітера є водень — 74 % та гелій — 20 %, а у хмарах помічена присутність метану, аміаку та водяної пари. Верхній шар світлих хмар, де атмосферний тиск сягає 1 атм, складається з кристаликів аміаку. Шар хмар з домішками сірки, що розташований нижче, має червоний колір. Найнижче розташовані хмари з водяної пари, які утворюються на глибині 80 км від верхніх світлих хмар. Температура і атмосферний тиск із глибиною поступово зростають. Нещодавно з'явилися гіпотези щодо можливості існування життя у хмарах Юпітера, адже його атмосфера має всі компоненти, які були необхідні для появи життя на Землі. Деякі шари хмар теплі та відносно комфортні для існування навіть земних мікроорганізмів.

Параметри Юпітера

Зоряна величина (максимальна)	−2,7
Середня відстань до Сонця	778,6 млн км
	5,204 а. о.
Період обертання навколо Сонця	11,87 земного року
Період обертання навколо осі	9,92 год
Діаметр по екватору	142980 км
Маса (Земля = 1)	318
Середня густина	$1,9 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	−133 °C

Сатурн

Сатурн — друга за розміром планета-гігант, оточена кільцями. Світлини, «Вояджер-2», продемонстрували, що систему кілець утворюють тисячі тонких кілець. Кожне з них складається з численних уламків льоду. Товщина кілець становить не більше 2 км. Сатурн не має того розмаїття кольорів, який ми спостерігаємо в атмосфері Юпітера, але структура атмосфери цих планет дуже схожа. Жовтуватого кольору верхнім шарам атмосфери Сатурна надають снігові хмари з аміаку. На глибині 300 км від верхніх шарів хмар розташовуються хмари води, у яких при підвищенні температури сніг перетворюється в дощ. Середня густина Сатурна менша, ніж води, що свідчить про невелику кількість важких хімічних елементів у ядрі планети. Сатурн, як і Юпітер, має магнітне поле, радіаційні пояси та є джерелом випромінювання. У Сатурна виявлено багато супутників. Поверхні великих супутників вкриті багатьма кратерами різних розмірів. Найбільшим супутником планети є Титан. Він майже у півтора рази більший за Місяць, оточений щільною азотною атмосферою.

Параметри Сатурна

Зоряна величина (максимальна)	0,7
Середня відстань до Сонця	1434 млн км
	9,56 а. о.
Період обертання навколо Сонця	29,67 земного року
Період обертання навколо осі	10,66 год
Діаметр по екватору	120536 км
Маса (Земля = 1)	95,2
Середня густина	$0,7 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	-170 °C
Сила тяжіння на екваторі (Земля = 1)	1,1

Уран

Уран — третя за розміром планета-гігант — має зеленувато-блакитний колір, тому що 1/7 його атмосфери складає метан. Він добре поглинає червоні промені й відбиває блакитні та зелені. Вісь обертання Урана нахилена під кутом усього лише 8° до площини орбіти. Існує одна особливість, яка виділяє Уран з усіх планет Сонячної системи: його екватор нахилений до площини орбіти під кутом 98° . Такий великий кут нахилу призводить до унікальної у Сонячній системі зміни пір року — полярні кола розташовуються майже на екваторі, а тропіки — біля полюсів. Тривалість сезонів на Урані 21 земний рік. Осьове обертання Урана, як і Венери, відбувається у напрямку, протилежному напрямку обертання інших планет Сонячної систем. Планета оточена 11 вузькими кільцями, які розташовані в площині екватора на відстані близько 50 тис. км від центра планети. Товщина кілець не перевищує 1 км. Також Уран оточений великою кількістю супутників.

Параметри Урана

Зоряна величина (максимальна)	5,5
Середня відстань до Сонця	2870 млн км
	19,18 а. о.
Період обертання навколо Сонця	84,0 земного року
Період обертання навколо осі	17,24 год
Діаметр по екватору	51120 км
Маса (Земля = 1)	14,5
Середня густина	$1,3 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	-217°C
Сила тяжіння на екваторі (Земля = 1)	0,9

Нептун

Нептун — найменший серед планет-гігантів. Він розташований на межі Сонячної системи. Планета має внутрішнє джерело енергії, оскільки випромінює у космос тепла майже втричі більше, ніж отримує його від Сонця. Від часу свого відкриття у 1846 р. Нептун зробив повний оберт навколо Сонця тільки у 2011 р. Реальною є гіпотеза про водяні хмари з розчином аміаку, густина яких може перевищувати густину рідкої води в кілька разів. Швидкість вітрів у хмарах сягає фантастичної величини — 600 м/с. Чому виникають сильні вітри на такій холодній планеті — це ще одна нерозгадана таємниця планети. Навколо Нептуна обертаються вісім супутників, найбільший з них — Тритон, який кружляє навколо планети у зворотному напрямку. На світлинах, отриманих 1989 р. космічним кораблем «Вояджер-2», можна побачити, що планету оперізують три замкнені й одне незамкнене кільця. Вони розташовані на відстані від 1,7 до 2,5 радіуси Нептуна.

Параметри Нептуна

Зоряна величина (максимальна)	7,8
Середня відстань до Сонця	4491 млн км
	30,0 а. о.
Період обертання навколо Сонця	164,6 земного року
Період обертання навколо осі	16,11 год
Діаметр по екватору	49528 км
Маса (Земля = 1)	17,2
Середня густина	$1,8 \cdot 10^3$ кг/м ³
Температура поверхні	-214 °C
Сила тяжіння на екваторі (Земля = 1)	1,1

Плутон

У 1930 р. в Ловеллській обсерваторії (США) Клайд Томбо відкрив невідому планету, що обертається навколо осі в зворотному напрямку. Вона отримала назву Плутон. У 1978 р. астрономи звернули увагу на те, що на світлині Плутона видно невеликий виступ на його дискові. Продовжуючи спостереження, учені виявили у Плутона супутник, який отримав назву Харон. Деякі астрономи вважають Харон супутником, інші називають Плутон і Харон **подвійною планетою** (адже у них періоди обертання навколо осі й відносно один одного є однакові). Пізніше у Плутона були виявлені ще 4 супутники. Аналізуючи орбіти комет, у 1951 р. астроном Дж. Койпер передбачив існування за Нептуном поясу астероїдів, який назвали поясом Койпера. Астрономічні спостереження за допомогою сучасних телескопів підтвердили цю гіпотезу у 1990 р., коли за Плутоном почали відкривати нові об'єкти. З наукової точки зору стало очевидним, що Плутон більше схожий на них, ніж на решту планет Сонячної системи, причому один із виявлених об'єктів (Ерида) є навіть більшим за Плутон. З дня його відкриття 1930 року й до 2006 року Плутон вважали дев'ятою планетою.

Завдання для самоперевірки

Тест 1

1. На товстий шар снігу поруч кладуть тіла масою 1 кг і 1,5 кг.

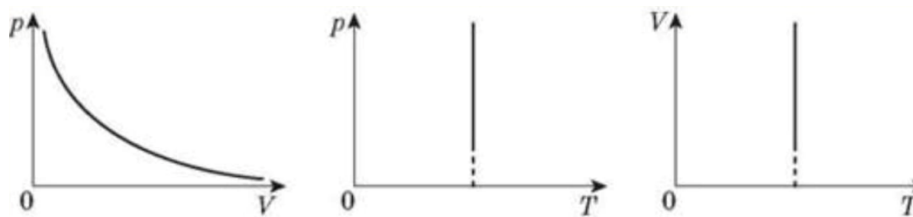
Чи можливо, що під тілом вагою 1 кг сніг більш ущільнений?

- А) Ні, тому що тіло з більшою масою чинить більшу силу.
- Б) Так, якщо тіло з меншою масою чинить більший тиск.
- В) Ні, тому що тіло з більшою масою завжди чинить більший тиск

2. У якому фізичному процесі виділяється енергія, яку випромінюють зірки?

- А) Поділ ядра.
- Б) Хімічне горіння.
- В) Ядерний синтез.

3. Який процес представлений на рисунку?



- А) Ізотермічний
- Б) Ізобаричний
- В) Ізохоричний

4. Які сили називаються потенціальними?

- А).Сили, робота яких не залежить від форми траєкторії.
- Б) Сили, робота яких залежить від форми траєкторії.

5. Імпульс тіла вимірюється в наступних одиницях

- А) кг м/с
- Б) кг м²/с
- В) кг м/с²

6. Процеси, при яких енергія виділяється у вигляді тепла, називають ендотермічними

А) так

Б) ні

7. Рух матеріальної точки заданий рівнянням $S = Vt + Ct^2$. Яке прискорення матеріальної точки через 10 с., якщо $V = 4 \text{ м/с}$, $C = 0,5 \text{ м/с}$.

А) $2,5 \text{ м/с}^2$

Б) 1 м/с^2

В) 1 кг м/с^2

8. Яка кількість теплоти потрібна для нагрівання сталеві деталі масою 200 г від 35°C до 1235°C ? ($c = 460 \text{ Дж / кг }^\circ\text{C}$)

А) 110 Дж

Б) 220 к Дж

В) 110 к Дж

Тест 2

1. На землі лежить тіло масою m , яке намагаємося підняти силою F . Тіло не рухається, незважаючи на спробу підняття. Чому дорівнює рівнодійна сил, що діють на тіло?

- А) $mg - F$
- Б) F
- В) 0

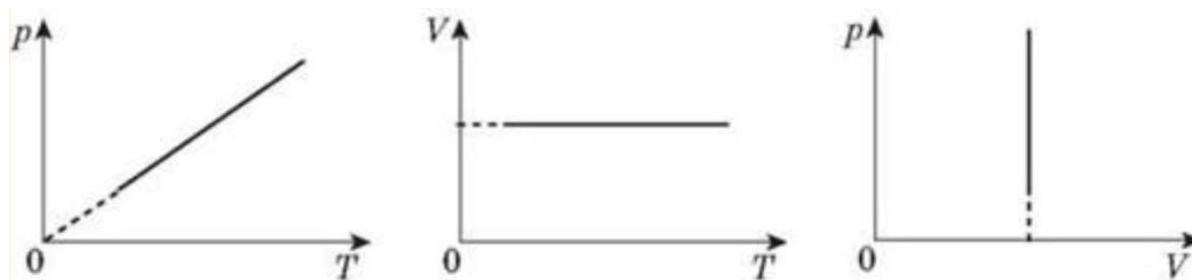
2. Тіло кинули вертикально вгору. Як змінюється вага тіла під час його руху? (Опором повітря нехтувати).

- А) Збільшується до верхньої точки, потім зменшується
- Б) Зменшується до верхньої точки, потім збільшується.
- В) Під час руху вага тіла дорівнює нулю

3. Що таке інерціальна система відліку?

- А) Система відліку, що рухається відносно основної рівномірно і прямолінійно.
- Б) Система відліку, що рухається відносно основної з прискоренням

4. Який процес представлений на рисунку?



- А) Ізотермічний
- Б) Ізобаричний
- В) Ізохоричний

5. Реакції з виділенням теплоти називають екзотермічними?

- А) так
- Б) ні

6. Що таке поглинальна здатність тіла?

- А) Відношення енергії, відбитої тілом, до енергії, яка падає на нього.
- Б) Відношення енергії, поглинутої тілом, до енергії, яка падає на нього.
- В) Величина енергії, що поглинається одиницею поверхні тіла за одиницю часу.

7. Рух матеріальної точки заданий рівнянням $S = Vt + Ct^2$. Яке прискорення матеріальної точки через 10 с., якщо $V = 6 \text{ м/с}$, $C = 1 \text{ м/с}$.

- А) 2 м/с^2
- Б) 10 м/с^2
- В) 20 кг м/с^2

8. Яка кількість теплоти потрібна для нагрівання мідної деталі масою 100 г від 35°C до 1200°C ? ($c = 400 \text{ Дж / кг } ^\circ\text{C}$).

- А) 410 Дж
- Б) 2200 к Дж
- В) 46600 Дж

Тест 3

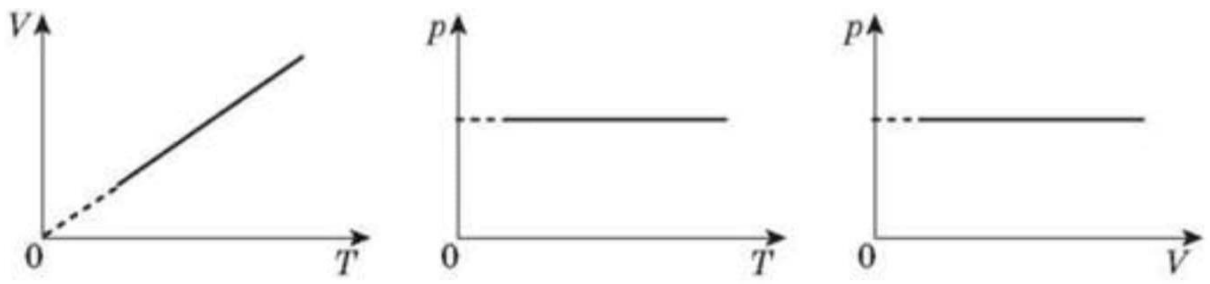
1. Тіло кинули вертикально вгору. Як змінюється вага тіла під час його руху? (Опором повітря нехтувати).

- А) Збільшується до верхньої точки, потім зменшується
- Б) Зменшується до верхньої точки, потім збільшується
- В) Під час руху вага тіла дорівнює нулю.

2. Яка з величин є сталою у законах Бойля-Маріотта, Гей-Люсака і Шарля одночасно?

- А) Тиск
- Б) Маса молекул
- В) Об'єм

3. Який процес представлений на рисунку?



- А) Ізотермічний
- Б) Ізобаричний
- В) Ізохоричний

4. Як називається неперервна лінія, яку описує матеріальна точка під час руху?

- А) Переміщення
- Б) Траєкторія
- В) Шлях

5. Переміщення може бути нульовим?

- А) так
- Б) ні

6. Адіабатична зміна стану - це зміна стану...

А) Під час якого не відбувається теплопередачі між термодинамічною системою та середовищем.

Б) Під час якого відбувається теплообмін між термодинамічною системою та середовищем.

7. Яка маса сталеві деталі, якщо для її нагрівання від 35°C до 1235°C потрібна кількість теплоти 110 Дж ? ($c = 460\text{ Дж / кг }^{\circ}\text{C}$)

А) 110 кг

Б) 220 к Дж

В) 200 г

8. Тіло рухається за законом $S(t) = 2t + 21$ (S вимірюється у метрах, t - у секундах). Знайдіть миттєву швидкість руху тіла через 3 с після початку руху.

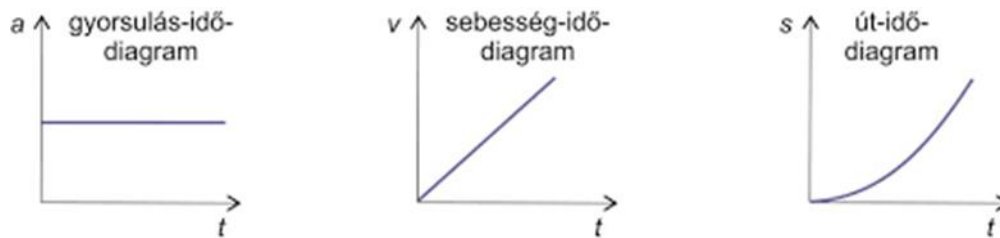
А) 2 м/с

Б) 22 м/с

В) $222\text{ м/с } \text{г}^2$

Тест 4

1. Що показано на рисунку?



- A) Діаграми руху
- Б) Діаграми вільного падіння
- В) Гравітаційні діаграми

2. Тіло, відносно якого фіксується положення тіла, що рухається це

- A) матеріальна точка
- Б) система відліку
- В) тіло відліку

3. Найбільша відстань, на яку відхиляється тіло від положення рівноваги...

- A) амплітуда коливань
- Б) частота коливань
- В) період коливань

4. При ізобарному процесі

- A) об'єм газу постійний ($V = \text{Const}$)
- Б) тиск газу постійний ($P = \text{Const}$)
- В) температура газу ($T = \text{Const}$)

5. Зміна внутрішньої енергії системи, що нагрівається при постійному тиску, дорівнює теплоті, що підводиться до системи

- A) так
- Б) ні

6. Перехід речовини із твердого стану в газоподібний, оминаючи рідку фазу

А) конденсація

Б) випаровування

В) сублімація

7. Тіло рухається за законом $S(t)=10t^2 - 11t + 6$. Знайти швидкість тіла в момент часу $t_0 = 1$ с

А) 9 м/с

Б) 10 м/с

В) 11 м/с

8. Яка маса мідної деталі, якщо кількість теплоти, потрібна для нагрівання деталі від 35°C до 1200°C , 46600 Дж? ($c = 400$ Дж / кг $^{\circ}\text{C}$).

А) 410 Дж

Б) 2200 к Дж

В) 100 г

Тест 5

1. Тіла взаємодіють із силами, напрямлені вздовж однієї прямої, рівні за модулем і протилежні за напрямом - це...

- А) I закон Ньютона;
- Б) II закон Ньютона;
- В) III закон Ньютона

2. Тіло масою 100 кг підняли на висоту 4 м. Чому рівна його потенціальна енергія?

- А) 600 Дж
- Б) 400 Дж
- В) 4000 Дж

3. Фізичне явище, що являє собою механічну хвилю частотою від 20 до 20000 Гц.

- А) Ультразвукові хвилі
- Б) Звук
- В) Інфразвукові хвилі

4. Ізотермічне розширення ідеальних газів не передбачає зміни внутрішньої енергії

- А) Так
- Б) Ні

5. Зчеплення приведених в контакт різнорідних твердих або рідких фаз; комплекс явищ, які здатні утворити зв'язки між матеріалами, що склеюються.

- А) Адгезія
- Б) Когезія

6. Що таке ентропія?

- А) ступінь неупорядкованості системи (міра хаосу)
- Б) сума зарядів
- В) поверхневий натяг

7. Алюмінієва деталь масою 1 кг охолоджується на 1 °С. Яка кількість теплоти виділяється при охолодженні деталі? ($c = 920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$)

А) 92 Дж

Б) 920 Дж

В) 920 кДж

8. Проекція швидкості матеріальної точки залежить від часу за законом $v_x = 4 - 0,2t$. Визначити проекцію прискорення матеріальної точки.

А) - 0,2 м/с²

Б) 0,02 м/с²

В) - 0,02 м/с²

Тест 6

1. Який космічний апарат виконав найбільш значні дослідження Меркурія?

- А) Voyager
- Б) Manier
- В) Hubble
- Г) Messenger

2. До якого типу планет відноситься Меркурій?

- А) газова планета
- Б) планета земної групи
- В) супутник
- Г) гідропланета

3. Як було відкрито Меркурій?

- А) За допомогою космічного корабля «Вояджер».
- Б) За допомогою космічного телескопа Хаббл
- В) неозброєним оком
- Г) ми лише припускаємо його існування

4. Яка по рахунку планета Венера від Сонця?

- А) 6
- Б) 3
- В) 2
- Г) 4

5. Як називається обертання осі Венери?

А) ретроградне

Б) обертове

В) рівномірне

Г) пряме

6. За скільки днів Венера обертається навколо своєї осі?

А) 109 днів Б) 354 дні

В) 412 днів Г) 243 дні

7. Який нахил земної осі?

А) $23,4^{\circ}$ Б) 22°

В) 2° Г) $21,4^{\circ}$

8. Яка внутрішня будова Землі?

А) атмосфера, земна мантія, земне ядро

Б) земна кора, земна мантія, земне ядро

В) земна кора і ядро

Г) земна кора і мантія

Тест 7

1. Яка внутрішня будова Сатурна:

А) ядро, водневий шар, атмосфера

Б) ядро, кора, мантія, атмосфера

В) ядро, шар металевого водню, рідкий водень, атмосфера

2. Форму Сатурна найбільш подібна до ...

А) повної сфери

Б) до сплющеної кулі

В) до яйця

Г) до куба

3. Цікаво, що Сатурн – єдина планета Сонячної системи, яка:

А) маса, майже така ж, як у Сонця

Б) може бути наявність життя

В) Дме вітер зі швидкістю 5000 км/год

Г) має меншу щільність, ніж вода

4. Який відсоток атмосфери Урану становить метан?

А) 2%

Б) 83%

С) 15%

Д) 0%

5. Який нахил осі Урана?

- A) 23° Б) 90° В) 97° Г) 177°

6. Який відсоток атмосфери Урану займає водень?

- A) 2% Б) 83%
C) 15% D) 0%

16. Чому Нептун блакитний?

- A) наявний метан в атмосфері
Б) наявний гелій в атмосфері
В) знаходиться далеко
Г) наявний водень в атмосфері

17. Чи можна спостерігати Нептун із Землі?

- A) так, навіть неозброєним оком
Б) так, періодично
В) так, але тільки влітку
Г) ні

Тест 8

1. Скільки супутників Юпітера відомо на даний момент?

- А) 67 Б) 56 В) 2 Г) 0

2. За який час Юпітер обертається навколо Сонця?

- А) 7,23 року
Б) 9,72 року
В) 11,86 років
Г) 17,12 років

3. Скільки супутників має Земля?

- А) 1 б) 2 в) 3 г) не має місяця

4. Зонди «Вояджер» знайшли радіальні фігури одному з кілець Сатурнаб як вони називаються?

- А) брили Б) лінії
В) промені Г) кільцеві частинки

5. Який супутник Урана є найбільшим?

- А) Титанія Б) Міранда
В) Аріель Г) Умбріель

6. Юпітер єдиний, хто:

А) має зворотне обертання

Б) його центр мас із Сонцем розташований поза планетою

В) навколо нього можна спостерігати систему кілець

Г) немає супутників

7. Хмари Юпітера і бурі:

А) вони постійні, стійкі

Б) постійно змінюються, непостійні

В) змінюються циклічно

Г) немає чіткого формулювання питання

8. Скільки днів становить орбітальний період Нептуна? (тобто тривалість року)

А) 842,3 земних діб

Б) 224,7 земних діб

В) 164,79 земних років

Г) 314,3 земних років

IRODALOMJEGYZÉK

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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, 448с.

Gábris Gyula, Marik Miklós, Szabó Józse f. Csillagászati földrajz: Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest. 1998.333.

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

Csillagászati tankönyv kezdőknek és haladóknak Szerkesztették: Kereszturi Ákos és Tepliczky István (elektronikus változat) Magyar Csillagászati Egyesület. 70. URL: <http://mek.oszk.hu/00500/00556>

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.

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

Пришляк М. П. Астрономія. Харків: Вид-во «Ранок», 2019.—144 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.