



6.2 Termékadatlapok

A katalógus ipari gázainak **termékadatlapjain** minden esetben megtalálhatók a gáz azonosító jelölései, jellemző tulajdonságai, előállítási módszerei és felhasználási területei, a használatuk alkalmas szerkezeti anyagok, a részletes biztonságtechnikai és fizikai–kémiai adatok, mégpedig többnyire nemcsak normálállapotban, hanem néhány más jellemző hőmérsékleten és nyomáson is, és végül a **specifikációs minőségek** a minimális tisztasággal és a szennyező-komponensek maximális koncentrációjával, valamint a választható szállítási formák és az ezekhez tartozó szállítási adagok választéka.

A **szállítási formák** első soraiban megjelenő palackos szállítás **P** (illetve acetilén esetében **Pd**) jelei utáni szám a palack geometriai űrtartalmát jelenti, a **B** pedig palackköteget (Bündelt) jelöl. Ezek részletes adatai és a többi szállítási formára vonatkozó összes adat és információ a 3., 4. és 5. fejezetekben találhatóak meg.

A választható **szállítási adagok** általában 1 bar nyomásra és 15 °C hőmérsékletre vonatkoztatott gázköbméterben, vagy gázliterben (**m³, liter**) vannak megadva, akkor is, ha a szállítás

cseppfolyós állapotban történik. Ezt a mértékegységet technikai normálköbméternek, vagy gázipari vonatkozási köbméternek is nevezhetjük, de a normálköbméter (Nm³), mint mértékegység már nem használható.

A szállítási adag m³-ben megadott értéke – többnyire az egységtől való nagyobb eltérések esetében – a szóban forgó gáz kompresszibilitásának figyelembevételével van megállapítva, ezért az ideális gáztörvény szerint számítottól eltérhet. (Fentiekről bővebb magyarázatot az 1. fejezet „A gázok állapothatározói és ezek összefüggései” című részében olvashatunk.)

Kivételt képez katalógusunkban a szén-dioxid és az acetilén, amelyek szállítási adagjait kg-ban adjuk meg, mivel gázpalackban is folyadék-, illetve oldott állapotban vannak, így mennyiségük csak tömegméréssel (mérlegeléssel) állapítható meg.

A tartálykocsis szállítás adagjait a felhasználói tartály méretei szabják meg, a választék a 3.3 Mélyhűtött cseppfolyós állapotú gázok tárolása és szállítása című alfejezetben található.

Azonosító jelölések

CAS-szám: 74-86-2
 EK-szám: 200-816-9
 RID/ADR
 besorolás: UN 1001, acetilén, oldott, 2.1, 2. osztály, 4F
 Gázpalack
 színjelölése: palackváll: gesztenyebarna
 (RAL 3009, oxid-vörös)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Tűzveszélyes gázok 1
 Nyomás alatt lévő gázok

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, a szénatomok közötti hármaskötés eredményeképpen nagyon reakcióképes, gyúlékony, belélegezve erősen bódító (narkotikus) hatású, levegőnél könnyebb gáz. Teljesen tiszta állapotban enyhén éterszagú, majdnem szagtalan, szokásos szennyező-komponensei, mint a foszfin (PH₃), hidrogén-szulfid (H₂S), ammónia (NH₃) miatt azonban általában fokhagymára emlékeztető („karbid-szerű”) kellemetlen szaga van. Vízben is aránylag jól, de egyes szerves oldószerekben sokkal jobban oldódik, tiszta acetonban való oldhatósága például a vízdoldhatóság mintegy 20-szorosa.

Közönséges hőmérséklet és nyomásviszonyok mellett stabil, azonban 1,5 bar-nál nagyobb túlnyomáson iniciálás (elektromos szikra, izzó szál, stb.) hatására, vagy 130–160 °C feletti hőmérsékleten induló polimerizációs felmelegedés eredményeképpen már atmoszferikus nyomáson is láncreakciószerű önbomlás következhet be, amely heves robbanást idézhet elő. Vas-oxid, réz-oxid, alumínium-oxid a bomlást katalizálja. Sűrített gázként ezért biztonságosan nem palackozható, tárolható és szállítható, és az acetilénkompresszorok is speciális felépítésűek, mivel a jobb hőelvezetés érdekében minél kisebb keresztmetszeteket kell használni.

A palackozás nyomás alatt oldott gázként történik, ahol az oldószer általában aceton, amely a palackot kitöltő porózus masszában van felítatva. (A francia *dissous* = oldott szóból származik a disszugáz és disszupalack elnevezés). Az acetilénmolekulákat az aceton molekulái elválasztják egymástól, a porózus massa pedig a kritikus szabad térfogatokat megszünteti, így biztonságosan meggátolható a bomlási láncreakció kialakulása. A régi típusú, faszén tartalmú keverékmassa porozitása 75% körüli, az új típusú szilikátos homogén masszák pedig átlag 92%. Az új típusú masszákat tartalmazó palackokban így több acetilén tárolható, de a kisebb pórusméretek miatt a maximális gázelvételi sebesség kisebb. Ennél nagyobb elvételi sebesség esetén a palackból folyékony aceton is távozik, az acetiléngáz viszont mindenképpen telített acetongőzzel.

Az acetilénpalackokról és palackkötegekről részletesebb adatokat és információt tartalmaz még a 3.2.1 alfejezet (Palackos gáztárolás és ellátás).

Az aceton oldószer helyett újabban palackkötegekben dimetilformamidot is használnak, amelynek az acetonénál lényegesen kisebb a gőznyomása, ezért telítési gázkoncentrációja is kisebb, így kevesebb gőze távozik a palackból felhasznált acetilénnel, és ezért nem kell olyan gyakran pótolni.

Levegővel, oxigénnel, klórral és más oxidáló gázokkal robbanó elegyet képez. Egyes fémekkel, különösen rézzel és higannyal, illetve oxidjaikkal könnyen reakcióba lép, a képződő réz- és higany-acetilid rendkívül robbanékony, ezért 70%-nál több rezet tartalmazó ötvözeteket szerkezeti anyagként acetilén kezeléskor tilos használni. Ugyanakkor tiltott az acél szerszámok használata is a szikraképződés elkerülésére.

A cseppfolyós és szilárd acetilén rendkívül robbanékony, már a sűrűdési hőtől is robbanhat. Cseppfolyós acetilén csak 1,28 bar-nál nagyobb nyomáson létezhet, atmoszferikus nyomáson a szilárd állapotból közvetlenül gázállapotba megy át (szublimál).

A palackban lévő acetiléntöltet mennyiségét a nyomással nem lehet ellenőrizni, mivel az a hőmérséklettől is függ (az oldhatóság a hőmérséklet növekedésével csökken), ezért a töltettömeget (súlyt) mérjük kg-ban a taratómeghez viszonyítva. A mért és a névleges érték között bizonyos tűréshatárok között ± eltérés lehet, mivel a taratómegben az aceton oldószer tömege is benne van, amely a névlegestől kissé eltérhet. (Biztonságtechnikailag a névlegesnél kisebb acetontöltet a túlacetonozásnál kedvezőtlenebb). A mérhető nyomás különben +15 °C és +20 °C között szabályosan 15,5 és 21 bar között lehet, alacsonyabb hőmérsékleten kisebb, magasabb hőmérsékleten nagyobb.

Az oldhatóság hőmérséklet- és nyomásfüggését, valamint az acetontartalom névlegestől való megengedett ±5%-os eltérését figyelembe véve a palackban mérhető gáznyomás gyakorlati, átlagos értékei – szabályos töltet esetén – a következők:

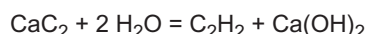
Hőmérséklet, °C	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
Oldhatóság (1 bar), l/l	46	41	37	32	28	24	22	20	17	16
Gáznyomás a palackban, bar										
-5% aceton esetén	8,2	9,2	10,2	11,8	13,5	15,8	17,2	18,9	22,3	23,7
Névleges aceton-tartalomnál	7,8	8,8	9,7	11,3	12,9	15,0	16,4	18,0	21,2	22,6
+5% aceton esetén	7,5	8,4	9,3	10,7	12,2	14,3	15,6	17,1	20,2	21,4

A palackból távozó acetilén tisztasága a felhasználás folyamán nő, mivel például a fő inert szennyezőnek számító nitrogén koncentrációja rossz oldhatósága folytán a kezdeti értékhez viszonyítva rohamosan csökken.

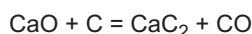
Előállítási módszerek és felhasználási területek

Acetilén a természetben nem fordul elő, előállítása ezért mindenképpen kémiai úton történik. Nagyiparilag főleg kétféle nyersanyag és módszer jön számításba. A hagyományos eljárás kalcium-karbidból indul ki, a ma már nagyobb méretekben elterjedt módszercsoport nyersanyaga pedig a szénhidrogének, és ezek közül is leginkább a természetes földgázokban előforduló metán.

A hagyományos eljárásban a kalcium-karbidot vízzel reagáltatják, amikor az acetilén mellett kalcium-hidroxid keletkezik:

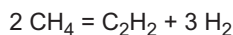


A melléktermékként kapott, általában vizes kalcium-hidroxid az úgynevezett karbidmész, amely többek között építőipari mézsként, talajjavításra és szennyvízkezelésre használható. A kalcium-karbid kiinduló nyersanyaga a mézskőből előállított égetett mész, amelyet koksszal reagáltatnak, általában ívke-mencében magas hőmérsékleten:



A nyers acetilént a foszfintól és egyéb káros szennyezőktől oxidációs úton tisztítják, majd adszorpciósan szárítják, és végül a masszázott és acetonozott palackokba komprimálják.

A metán hőbontásának egyszerűsített képlete:



A reakcióhoz magas hőmérséklet szükséges, amelyet elektromos íven való átvezetéssel vagy a parciális oxidáció belső égéshőjével érnek el. Egyik esetben sem kapnak tömény acetilént, de a melléktermékek jól hasznosíthatók. A földgáz-alapú acetiléngyártás ezért főleg ott terjedt el, ahol más vegyipari technológiákkal van összekapcsolva és általában az acetilént fel is használják a helyszínen.

Az acetilén fő felhasználási területei egyrészt magas láng hőmérsékletének, másrészt annak köszönhetőek, hogy hármaskötése folytán könnyen képes teljes és részleges addíciós reakciókra, vinilképződésre, ciklizációra, aromatiszálódásra és polimerizációra.

Az acetilén–oxigén láng hőmérséklete a 3200 °C-ot is elérheti, amely a legmagasabb az éghető gázokkal elérhető láng hőmér-

sékletek közül. Ezért a palackozott acetilén legfontosabb felhasználási területe az autogéntechnika, és ezen belül a hegesztés, vágás (a betonvágást is beleértve), lángtisztítás, lángszórás és lángpolírozás. 1 m³ acetilén teljes elégetéséhez 2,5 m³ oxigén szükséges.

A magas láng hőmérsékletből következik világítási célra való felhasználása is például bányákban, barlangokban (karbidlámpák), amelyet ma már az elektromos világítóeszközök gyakorlatilag teljesen felváltottak.

Vegyipari felhasználása főleg olyan intermedierek előállítására terjed ki, mint az etilén, acetaldehid, vinil-klorid, sztirol, akrilnitril, vagy a vinil-acetilén. Részleges elégetésével készül a nagyon finom, szénfekete acetilénkorom.

Narkotikus hatása miatt régebben altatásra is használták, de ma már felváltotta a veszélytelenebb dinitrogén-oxid.

Szerkezeti anyagok

Az acetilén nem korrozív, ezért a szokásos fémek használhatók, de az acetilidképződés lehetősége miatt réz, 70%-nál nagyobb réztartalmú ötvözetek, valamint ezüst kivételével, és hasonló okból el kell kerülni a higanyos manométerek használatát is.

Tömítőanyagként PTFE, PCTFE, PVDF, PA, PE és PP alkalmas.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 3: kengyeles

Biztonságtechnikai adatok

Robbanási határkoncentrációk

(20 °C-on, atmoszferikus nyomáson)

levegőben: 2,3–78%(V/V) (A felső határkoncentrációnál nagyobb töménységben önbomlásra hajlamos)

oxigénben: 2,8–93%(V/V)

Minimális öngyulladás hőmérséklet: 305 °C

A tiszta acetilén kis koncentrációban nem mérgező, így munkahelyi egészségügyi határérték-koncentrációja nincs; nagy töménységben narkotikus hatású.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: C₂H₂
Móltömeg: 26,03728 g/mol
Molekulaméret: 0,57 nm–0,35 nm

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós acetilén a hármasponton **556 m³** 15 °C hőmérsékletű,
 1 bar nyomású acetilén **gáznak** felel meg.
1 kg acetilén **0,913 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású acetilén **gáznak**
 felel meg.
1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású acetilén **0,932 m³** normálállapotú
 (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) acetilénnek felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 192,60 K = -80,55 °C
 nyomás: 1,282 bar
 olvadáshő/fagyáshő: 96,40 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 308,33 K = +35,18 °C
 nyomás: 61,91 bar

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,1747 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,095 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	0,905
Folyadékállapotban a hármasponton (-80,55 °C, 1,282 bar)	617 kg/m ³
Folyadékállapotban -63,15 °C-on (3,04 bar egyensúlyi nyomáson)	590 kg/m ³
Folyadékállapotban 0 °C-on (26,74 bar egyensúlyi nyomáson)	465 kg/m ³
Szilárd állapotban -90 °C hőmérsékleten	729 kg/m ³
A kritikus ponton (61,91 bar, +35,18 °C)	230,8 kg/m ³

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
1,282 bar nyomáson (hármaspont)	-80,55 °C	617 kg/m ³	2,16 kg/m ³	583,96 kJ/kg
3,04 bar nyomáson	-63,15 °C	590 kg/m ³	4,86 kg/m ³	557,89 kJ/kg
26,74 bar nyomáson	0,00 °C	465 kg/m ³	44,89 kg/m ³	382,42 kJ/kg

Szublímációs hőmérséklet, egyensúlyi szilárd- és gőzsűrűség és párolgáshő (szublímációs hő)

	Hőmérséklet	Szilárdanyag-sűrűség	Gőzsűrűség	Szublímációs hő
0,21 bar nyomáson	-103,15 °C		0,39 kg/m ³	820,40 kJ/kg
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-83,80 °C	729 kg/m ³ *	1,73 kg/m ³	801,36 kJ/kg
1,282 bar nyomáson (hármaspont)	-80,55 °C		2,16 kg/m ³	796,68 kJ/kg

* -84,02 °C hőmérsékleten

Gőznyomás

-103,15 °C = 170 K hőmérsékleten*	0,231 bar
-83,80 °C = 189,35 K hőmérsékleten**	1,01325 bar
-80,55 °C = 192,60 K hőmérsékleten***	1,282 bar
-63,15 °C = 210 K hőmérsékleten	3,042 bar
0 °C = 273,15 K hőmérsékleten	26,74 bar

* Szilárd fázis

** Szilárd fázis a normál szublímációs hőmérsékleten

*** Szilárd és folyékony fázis a hármasponton

Kompresszibilitási tényező

P	T (K és °C)						
	220 K	250 K	270 K	290 K	305 K	310 K	320 K
bar	-53,15 °C	-23,15 °C	-3,15 °C	16,85 °C	31,85 °C	36,85 °C	46,85 °C
1,0133	0,9816	0,9875	0,9907	0,9912	0,9934	0,9935	0,9941
2,0265	0,9619	0,9749	0,9803	0,9818	-	0,9877	0,9889
5,0663		0,9352	0,9495	0,9551	-	0,9678	0,9708
10,133		0,8626	0,8955	0,9078	0,9311	0,9345	0,9405
20,265			0,7707	0,8021	0,8560	0,8639	0,8781
30,398				0,6671	0,7725	0,7870	0,8115

Megjegyzések:

A narancsszínű mező a táblázatokban folyadékkállapotot jelent, ahol a robbanásveszély miatt nincs adat. Hasonló okokból nem közlünk adatokat nagy nyomáson és magas hőmérsékleten sem.

P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P	T (K és °C)		
	293,15 K	333,15 K	373,15 K
bar	20 °C	60 °C	100 °C
1,0133	1,03	1,15	1,28
10,1325	1,05	1,19	1,29
20,265	1,14	1,25	1,33
30,3975	1,26	1,31	1,38

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P	T (K és °C)				
	220 K	240 K	273,15 K	290 K	380 K
bar	-53,15 °C	-33,15 °C	0 °C	16,85 °C	106,85 °C
1,01325	13,472	15,188	18,443	20,209	30,752

Oldhatóság vízben és tisztá acetónban (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α	
	vízben	acetónban
-20		53
-10		42,5
0	1,720	32
10	1,332	25,5
15	1,163	23
20	1,047	19,5
25	0,934	18,5
50	0,712	
75	0,640	

Megjegyzések:

A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

A szokásos acetilénpalackokban lévő technikai tisztaságú acetónban az oldhatósági értékek valamivel kisebbek a táblázati adatoknál (lásd e termék-adattal „Jellemző tulajdonságok” című részében).

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P	T (K és °C)					
	220 K	240 K	273,15 K	290 K	310 K	333,15 K
bar	-53,15 °C	-33,15 °C	0 °C	16,85 °C	36,85 °C	60 °C
1,0133	1,5104	1,5585	1,6355	1,6774	1,7255	1,7916
2,0265	1,5506	1,5874	1,6548	1,6933	1,7385	-
5,0663		1,6933	1,7113	1,7464	1,7803	-
10,133			1,8573	1,8493	1,8606	1,9924
20,265			2,3071	2,1435	2,0644	2,2171

A szilárd acetilén **fajhője** (c_p), a hármasponton, -80,55 °C-on: 1,464 kJ/kg·K (extrapolált érték)

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok	1.8	2.6	
Spec. minőség	ip		
Összetétel			
C ₂ H ₂ (acetongőzzel telített), min.	98,0	99,6	%(V/V)
Szennyezők, max.			
N ₂	2,0	0,4	%(V/V)
PH ₃	500	10	ppm(V/V)
H ₂ S	-	10	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag			
Pd 10	1,8	1,8	kg
Pd 14	2,0	2,0	kg
Pd 27	3,6 / 4,0	3,6 / 4,0	kg
Pd 40	6,0 / 7,5	6,0 / 7,5	kg
Pd 50	10,0	10,0	kg
B 12 x Pd 50	105,0	105,0	kg
B 12 x Pd 50 DMF*	112,0	-	kg

Megjegyzések:

A koncentrációadatok a felhasználható teljes acetiléntöltet átlagösszetételére vonatkoznak.

Minőségi okokból idegen palackba nem töltünk acetilént.

* Az oldószer acetón helyett dimetil-formamid.

A teljes specifikációs terméknevek:

1.8 ip Acetilén (disszugáz), ipari/MHg

2.6 Acetilén 2.6 (disszugáz, tisztított)

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7440-37-1

EK-szám: 231-147-0

RID/ADR

besorolás: **sűrített gázra:**

UN 1006, argon, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A
cseppfolyós állapotú szállításra:

UN 1951, argon, mélyhűtött, cseppfolyósított,
2.2, 2. osztály, 3A

Gázpalack

szinjelölése: palackváll: sötétzöld (RAL 6001)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz
Hűtött cseppfolyósított gáz

Jellemző tulajdonságok

Közönséges körülmények között színtelen, szagtalan, nem éghető, nem mérgező, levegőnél nehezebb egyatomos nemesgáz, az atmoszferikus levegő 0,934 térfogatszázalékát alkotja. Fizikailag és kémiailag teljesen stabil, vegyületeket nem alkot, más elemekkel, anyagokkal magas hőmérsékleten sem lép reakcióba. Zárt térben nagy tömegben kiáramolva kiszoríthatja a levegőt, és így fulladást okozhat, amely észrevétlenül következik be.

A cseppfolyós argon színtelen folyadék, hőmérséklete légköri nyomáson, forráspontjának megfelelően kb. -186 °C , ezért bőrrel érintkezve égési sebekhez hasonló fagyási sérüléseket okoz. Egyes szerkezeti anyagok, mint például a szénacélok, vagy olyan rugalmas anyagok, mint a gumi a cseppfolyós argon hőmérsékletén rideggé válnak. Olvadáspontja mindössze 3,5 fokkal van atmoszferikus forráspontja alatt.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

Az argon egyedüli nyersanyaga a levegő, amelyből iparilag a kriogén levegőszétválasztás melléktermékeként állítható elő (forráspontja az oxigén és nitrogén forráspontja között van). Napjainkban elterjedt egy másik gyártástechnológia is, amely az ammóniaszintézis „lefújt gázából” indul ki, és szintén kriogén frakcionált desztillációs szétválasztással működik. A nyersanyag itt közvetetten a levegő, ugyanis annak argontartalma a szintézishez használt nitrogénben van, amely a nitrogén-hidrogén reakció maradékgázában feldúsul.

A gyártástechnológiákról részletesebben olvashatunk még a 2. fejezetben.

Az argont változatos ipari és egyéb területeken használják önmagában és gázkeverékek főalkotórészeként, de gyakorlatilag

egyedül nemesgáz mivolta, vagyis teljes kémiai közömbössége jövöltából. A nitrogénhez képest még azzal az előnnyel is rendelkezik, hogy magas hőmérsékleten is alkalmas **inert védőatmoszféraként**, így például ívhegesztéskor sem lép reakcióba a fémekkel. Egyes területeken levegőnél nagyobb sűrűségének is szerepe van.

Főbb felhasználási területei ennek alapján:

Fémipar, gépipar, építőipar (ötvöztelen és rozsdamentes acélok, alumínium- és könnyűfém-ötvözetek, magnézium, titán védőgáz ívhegesztésének különböző módszerei – például WIG-, MIG-, MAG-hegesztés, plazmahegesztés és plazmavágás – során, valamint hőkezelési eljárásokban, védőgázkeverékek alkotórészeként is);

Metallurgia, vas és acélipar (védőatmoszféra szénacélok dekarbonizálásakor, fém- és fémötvözet-olvadékok oxidációtól való védelmére, gáztalanítására, kéntelenítésére, oxidmentesítésére, színesfémek finomítására, inertgázos porlasztásra, porkohászati tömörítésre);

Félfezetőipar (védőatmoszféra és például szilán vivőgázaként szilícium epitaxia során);

Világítástechnika (izzólámpák, fénycsövek, reklámcsövek, halogén fényoszóróizzók töltete);

Elektromos ipar (kábelgyártáskor például rézhuzalok védőatmoszférás hőkezelésekor);

Méréstechnika (vivőgázként, Geiger-Müller számlálócsövek töltetként metánnal keverve);

Élelmiszeripar (védőatmoszférás tárolás, borkezelés, stb.).

A radioaktív ^{41}Ar például gázvezetékek tömíttenségeinek felderítésére használható.

Szerkezeti anyagok

Gázalakú argonhoz minden szokásos fém használható, a cseppfolyós argon hőmérsékletén azonban a szénacélok ridegedése következik be, ezért csak nikkelacél, rozsdamentes acél, réz, sárgaréz és szilíciumbronz alkalmas.

Az argon gázhoz a szokásos tömítőanyagok (PTFE, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb.) szintén használhatók, de cseppfolyós argonhoz – a ridegedés elkerülésére – a Teflon® (PTFE) és Kel-F® használata ajánlatos.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14**

*A 4.8-nál kisebb tisztaságú argont tartalmazó palackok részben még a régi szabványnak megfelelő G 1/2 csatlakozó menetű szeleppel vannak ellátva (lásd még a 3.2.1 alfejezet: Palackos gáztárolás és el-látás, „Palackszelepek” című szakaszát).

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkabiztonsági adata nincs, cseppfolyós állapotban a nagyon alacsony hőmérséklet (légköri nyomáson kb. -186 °C) okoz veszélyforrást.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet:	Ar
Rendszám:	18
Móltömeg:	39,948 g/mol
Molekulaátmérő:	0,38 nm
Első ionizációs energia:	1521 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
³⁶ Ar	0,337	35,967546
³⁸ Ar	0,063	37,962732
⁴⁰ Ar	99,600	39,962383

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,7836 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,6682 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	1,379
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson	355,66 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-185,86 °C, 1,01325 bar)	1392,8 kg/m ³
Folyadékállapotban 3,25 bar nyomásnak megfelelő -173,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	1310,9 kg/m ³
Folyadékállapotban 20,23 bar nyomásnak megfelelő -143,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	1065,8 kg/m ³
Szilárd állapotban a hármasponton (0,687 bar, -189,37 °C)	1414,8 kg/m ³
A kritikus ponton (48,98 bar, -122,29 °C)	537,7 kg/m ³

Átszámítási tényezők

- 1 m³ **cseppfolyós** argon a normál forrásponton **835 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású argon **gáznak** felel meg.
- 1 kg argon **0,5992 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású argon **gáznak** felel meg.
- 1 kg argon **717,9 liter** -185,9 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** argonnak felel meg.
- 1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású argon **0,9353 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) argonnak felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 83,78 K = -189,37 °C
nyomás: 0,687 bar
olvadáshő/fagyáshő: 29,414 kJ/kg

Gőznyomás

-198,15 °C = 75 K hőmérsékleten	0,1869 bar*
-185,86 °C = 87,29 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-173,15 °C = 100 K hőmérsékleten	3,247 bar
-143,15 °C = 130 K hőmérsékleten	20,233 bar

* Szilárd fázis gőznyomása

Kritikus ponti hőmérséklet: 150,86 K = -122,29 °C
nyomás: 48,98 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-185,86 °C	1392,8 kg/m ³	5,85 kg/m ³	160,70 kJ/kg
3,25 bar nyomáson	-173,15 °C	1310,9 kg/m ³	17,02 kg/m ³	150,28 kJ/kg
20,23 bar nyomáson	-143,15 °C	1065,8 kg/m ³	103,95 kg/m ³	109,57 kJ/kg
0,19 bar (vákuum)nyomáson*	-198,15 °C	1623,9 kg/m ³	1,26 kg/m ³	197,04 kJ/kg

* Gőz/szilárd egyensúly (a folyadéksűrűség oszlopban lévő adat a szilárd fázis sűrűsége)

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)								
	90 K	100 K	120 K	150 K	200 K	270 K	290 K	400 K	600 K
	-183,15 °C	-173,15 °C	-153,15 °C	-123,15 °C	-73,15 °C	-3,15 °C	16,85 °C	126,85 °C	326,15 °C
1	0,9693	0,9775	0,9867	0,9932	0,9972	0,9990	0,9993	1,0000	1,0003
5	0,0194	0,0183	0,9302	0,9647	0,9857	0,9949	0,9965	0,9997	1,0014
10	0,0387	0,0366	0,8493	0,9273	0,9713	0,9905	0,9931	1,0000	1,0025
20	0,0772	0,0729	0,0687	0,8447	0,9419	0,9810	0,9862	1,0001	1,0046
50	0,1918	0,1807	0,1684	0,2107	0,8512	0,9550	0,9677	1,0006	1,0118
100	0,3797	0,3565	0,3282	0,3324	0,7117	0,9213	0,9455	1,0055	1,0249
200	0,7460	0,6972	0,6317	0,5934	0,6871	0,9046	0,9392	1,0279	1,0552

Megjegyzések:
A zöld mező a táblázatokban folyadékállapotot jelent.
P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	0,5523	0,5314	0,5230	0,5188	0,5188
10	1,0878	0,7196	0,5565	0,5314	0,5188
100	1,0544	1,1590	1,2343	0,6443	0,5439
200	1,0334	1,0753	1,3263	0,7531	0,6109

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	0,745	0,994	1,599	2,271	3,813
10	23,880	1,057	1,630	2,291	3,822
100	27,590	12,620	2,395	2,573	3,927
200	32,190	15,090	4,238	3,062	4,076

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10^{-3} szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	6,138	7,9370	12,514	17,682	30,506
10	123,445	8,958	13,025	18,012	30,665
100	129,742	93,349	23,288	22,142	32,305
200	136,039	102,056	41,802	28,397	34,443

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m^3 normálállapotú gáz/ m^3 víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,0537
20	0,0340
40	0,0251
60	0,0206
70	0,0194

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	4.5cs	5.0cs MHg	4.0	4.6	4.8 Spectro	5.0 MHg	
Összetétel							
Ar, min.	99,995	99,999	99,99	99,996	99,998	99,999	%(V/V)
Szennyezők, max.							
O ₂	5	2	10	5	2	2	ppm(V/V)
H ₂ O	-	-	30	10	2	3	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m$	0,5	0,1	-	-	0,2	0,2	ppm(V/V)
N ₂	40	3	20	20	-	5	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m + CO_2$	-	-	20	-	-	-	ppm(V/V)
CO ₂	-	-	-	0,5	-	0,5	ppm(V/V)
CO + CO ₂	-	-	-	-	0,2	-	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag							
P 5 alu 200 bar	-	-	-	1,1	-	1,1	m^3
P 10 150 bar	-	-	1,6	1,6	-	-	m^3
P 10 alu 150 bar	-	-	-	-	-	1,6	m^3
P 10 200 bar	-	-	2,1	2,1	2,1	2,1	m^3
P 20 200 bar	-	-	4,2	4,3	-	-	m^3
P 31,5 alu 150 bar	-	-	-	-	-	5,4	m^3
P 31,5 alu 200 bar	-	-	-	-	-	6,4	m^3
P 40 150 bar	-	-	6,4	6,4	-	6,4	m^3
P 50 200 bar	-	-	10,7	10,7	10,7	10,7	m^3
B 12 x P 50 200 bar	-	-	128,4	128,4	-	128,4	m^3
Tartálykocsival felhasználói tartályba*	Felhasználói tartály méret és igény szerint		-	-	-	-	m^3
Palettank-626 liter**	-	508	-	-	-	-	m^3

* Az egyes szennyező-komponensekre vonatkozó maximális koncentrációk a fenti specifikációs előírásoktól a felhasználó speciális igényei és az erre vonatkozó szerződés szerint eltérhetnek.

** Az elvételi gáznyomás és teljesítmény: 17, 24 vagy 37 bar; 10, 21 vagy 30 m^3/h Megjegyzés: m^3 alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

4.5cs Cseppfolyós argon 4.5

5.0cs, MHg Cseppfolyós argon 5.0/MHg

4.0 Argon 4.0 (Az MSZ EN ISO 14175 hegesztési védőgázokra vonatkozó követelményeinek is megfelel.)

4.6 Argon 4.6

4.8, Spectro Argon 4.8 spektrometriai célra

5.0, MHg Argon 5.0/MHg

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7440-59-7

EK-szám: 231-168-5

RID/ADR

besorolás: **sűrített gázra:**

UN 1046, hélium, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A

cseppfolyós állapotú szállításra:

UN 1963, hélium, mélyhűtött, cseppfolyósított,

2.2, 2. osztály, 3A

Gázpalack

szinjelölése: palackváll: barna (RAL 8008, olív-barna)



Veszélyszimbólum:

GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz
Hűtött cseppfolyósított gáz**Jellemző tulajdonságok**

Szintelen, szagtalan, nem éghető, nem mérgező, levegőnél sokkal könnyebb, jó hővezető képességű, egyatomos nemesgáz. Az inert gázok közül a legkönnyebb és a legjobb hővezető képességű. A természetes hélium két izotópból áll, a gáz fő tömegét kitevő ^4He -ből és a ^3He -ből, amelynek fizikai adatai eléggé eltérnek a ^4He adataitól, azonban csak $13 \cdot 10^{-5}$ mólszázalékban van jelen, így az alábbiakban a ^4He adatait adjuk meg.

Kémiaiilag teljesen közömbös, nemesgázvegyületei nincsenek. A legalacsonyabb forráspontú, így legnehezebben cseppfolyósítható gáz, az egyetlen anyag, amely atmoszferikus nyomáson az abszolút nullpont közelében is folyékony halmazállapotú. A cseppfolyós héliumnak két módosulatát különböztethetjük meg: a normális He I-et és a szuperfolyékony He II-t. Ennek megfelelően két hármaspontja is van: a λ -pont, ahol a folyékony fázis a szuperfolyékony és a gázfázissal van egyensúlyban, valamint a λ' -pont, ahol a folyékony és szuperfolyékony fázis a szilárd fázissal van egyensúlyban. A szilárd hélium, amely csak 30,13 bar-nál nagyobb nyomáson létezik, a leglágabb szilárdtest, a kvantumszilárdtest egyedül ismert példája. A hang terjedési sebességének változása folytán a hangfrekvenciát megnöveli, így belélegezve hangunk magasabbá válik.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

A hélium a világegyetemnek a hidrogén után a leggyakoribb eleme, a Földön viszont nagyon ritka. A földkéregben radioaktív ásványokból (például uránásványokból) α -sugárzás formájában keletkezik, de az atmoszferikus levegőben csak $5,2 \cdot 10^{-4}\%$ (V/V) koncentrációban fordul elő. Egyes földgázforrásokban (például az USA-ban, Kanadában, Észak-Afrikában, Oroszországban, Lengyelországban) azonban koncentrációja százalékos nagyságrendet is elérhet, így ezek a földgázok jó nyersanyagul szolgálnak az ipari méretű előállításához.

A hélium kinyerés többnyire azon alapul, hogy a földgáz fő alkotórészeit (metán és egyéb szénhidrogének, nitrogén, széndioxid) és szennyeződéseit kriogén módszerrel cseppfolyósítják, ami után a hélium gázhalmazállapotban marad, és tovább tisztítható (lásd még a 2. fejezet vonatkozó szakaszát). A másik kinyerési módszer azt használja ki, hogy a hélium – például üvegfalon – sokkal jobban átdiffundál, mint a többi gázok. Alkalmas diffúziós cellákkal nagy tisztaságú hélium is előállítható.

A hélium felhasználási területein főleg három különleges tulajdonságát hasznosítják, mégpedig a hidrogén után a legkisebb sűrűségéből adódó nagy felhajtóerejét, teljes kémiai közömbösségét, valamint cseppfolyós halmazállapotának rendkívül alacsony hőmérsékletét. Egyes alkalmazásokban ezenkívül fontos szerepe van jó diffúzióképességének, hővezető képességének és kis oldhatóságának.

Ezen tulajdonságai szerint csoportosítva a jellemző alkalmazásokat:

Kémiai közömbössége, folyadékokban való kis oldhatósága vagy jó diffúzióképessége alapján:

Védőatmoszféraként, védőgázként és védőgázkeverékek alkotórészeként könnyűfémötvözetek és rozsdamentes ötvözetek hegesztésekor, elektronikai alkatrészek mikrohegesztésekor, a finomkohászatban és fémfeldolgozásban; nyomógázként kriogén rakétahajtóanyagokhoz az űrtechnikában, nehézvízhez atomreaktorokban és egyéb folyadékokhoz alacsony hőmérsékleteken is; mélytengeri búvárok és kutatók légzőgázkeverékének alkotórészeként a vérben sokkal jobban oldódó nitrogén helyett tüdőembólia megelőzésére; légzésfunkciós vizsgálatokra az orvosi diagnosztikában; szivárgásvizsgálatra a vákuumtechnikában és gáztechnikában; lézertechnikai rezonátorgázként.

Kis sűrűsége és éghetlensége alapján:

Léghajók, meteorológiai ballonok, távközlési és kutató léggömbök felhajtógázaként a gyúlékony hidrogén helyett; repülőgép, kerékpár és egyéb gumiabroncsok feltöltésére.

Cseppfolyós alakban, extrém alacsony hőmérséklete alapján:

Hűtőközegként szupravezetéssel működő berendezésekben, többek között nagy teljesítményű elektromágnesekhez, például orvosi diagnosztikai tomográfokban; extrém alacsony hőmérsékletek előállítására szilárdtestfizikai és egyéb kutatásokhoz, krioszivattyúkhoz; buborékkamrák töltésére.

Jó hővezető képessége alapján:

Uránium rudak hűtésére atomreaktorokban, vákuum megszakításra hőkezelő kemencékben, egyéb hűtőközegként való alkalmazásokra; vivőgázként a gázkromatográfiában és más mérés-technikai területeken.

Szerkezeti anyagok

Gázalakú héliumhoz minden szokásos fém használható, cseppfolyós héliumhoz a nagyon alacsony hőmérséklet miatt 304 és 304 L típusú, ausztenites rozsdamentes acélok és 5000-es szériájú alumínium ötvözetek alkalmasak. A szokásos tömítőanyagok, mint PTFE, PCTFE, PDVF, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb. használhatók, de cseppfolyós hélium esetén a ridegedés elkerülésére leginkább a Teflon® és Kel-F® használata ajánlatos.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14"

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs, cseppfolyós állapotban a nagyon alacsony hőmérséklet (légköri nyomáson kb. -269 °C) okoz veszélyforrást.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: He
Rendszám: 2
Móltömeg: 4,002602 g/mol
Első ionizációs energia: 2372 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
^3He	0,000137	3,016029
^4He	99,999863	4,002603

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	0,1785 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C , 1 bar)	0,1670 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C , 1 bar)	0,1380
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson	30,476 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton ($-268,9\text{ °C}$, 1,01325 bar)	124,96 kg/m ³
A kritikus ponton ($2,275\text{ bar}$, $-267,95\text{ °C}$)	69,64 kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós hélium a normál forrásponton **748,5 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hélium **gáznak** felel meg.

1 kg hélium **5,988 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hélium **gáznak** felel meg.

1 kg hélium **8,000 liter** $-268,9\text{ °C}$ hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** héliumnak felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hélium **0,9356 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) héliumnak felel meg.

λ -**ponti** hőmérséklet: $2,177\text{ K} = -270,973\text{ °C}$
nyomás: 0,050 bar

λ' -**ponti** hőmérséklet: $1,763\text{ K} = -271,387\text{ °C}$
nyomás: 30,13 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	$-268,926\text{ °C}$	124,96 kg/m ³	16,891 kg/m ³	20,41 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: $5,20\text{ K} = -267,95\text{ °C}$
nyomás: 2,275 bar

Gőznyomás

$-270,75\text{ °C} = 2,40\text{ K}$ hőmérsékleten	0,10 bar
$-268,926\text{ °C} = 4,224\text{ K}$ hőmérsékleten	1,01325 bar
$-268,15\text{ °C} = 5,00\text{ K}$ hőmérsékleten	1,95 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)	
	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C
1	1,0005	1,0004
10	1,0049	1,0043
50	1,0244	1,0125
100	1,0487	1,0429
200	1,0965	1,0851

Fajhő állandó nyomáson $c_p = 5,192 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ (25 °C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson)

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P	T (K és °C)			
	273,15 K	288,15 K	323,15 K	373,15 K
bar	0 °C	15 °C	50 °C	100 °C
1,01325	1,864	1,930	2,083	2,292

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P	T (K és °C)			
	273,15 K	288,15 K	323,15 K	373,15 K
bar	0 °C	15 °C	50 °C	100 °C
1,01325	142,55	148,11	161,13	178,91

Megjegyzés: **P** nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,0098
20	0,0086
30	0,0084

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok	4.6	5.0	LHe	
Spec. minőség				
Összetétel				
He, min.	99,996	99,999	99,5	%(V/V)
Szennyezők, max.				
O ₂	5	1	-	ppm(V/V)
H ₂ O	5	3	-	ppm(V/V)
N ₂	20	4	-	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m$	1	0,2	-	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag				
P 5 alu 200 bar	0,9	-	-	m ³
P 10 150 bar	1,5	-	-	m ³
P 10 200 bar	2,0	2,0	-	m ³
P 27 150 bar	4,2	-	-	m ³
P 40 150 bar	6,0	-	-	m ³
P 50 200 bar	10,0	10,0	-	m ³
B 12 x P 50 200 bar	120,0	120,0	-	m ³
Szuperszigetelt kriotartály	-	-	10...450	liter

Megjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

4.6 Héium 4.6

5.0 Héium 5.0

LHe Cseppfolyós héium

Azonosító jelölések

CAS-szám: 1333-74-0
 EK-szám: 215-605-7
 RID/ADR
 besorolás: UN 1049, hidrogén, sűrített, 2.1, 2. osztály, 1F
 Gázpalack
 színjelölése: palackváll: vörös (RAL 3000)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Tűzveszélyes gázok 1
 Nyomás alatt lévő gázok

Jellemző tulajdonságok

Közönséges körülmények között színtelen, szagtalan, nagyon gyúlékony és reakcióképes, erősen redukáló hatású, nem mérgező, a levegőnél sokkal könnyebb (a legkisebb sűrűségű), nagy hővezető képességű gáz. Levegőn alig látható, gyengén kékes lánggal vízgőzzé ég el, a gyulladás nagy kiáramlási sebesség esetén önmagától is bekövetkezhet, mivel fojtás hatására a gázok többségétől eltérően felmelegszik. Levegővel, oxigénnel, klórral robbanóképes elegyet képez, a hidrogén–oxigén keverékek neve durranógáz. Egyéb oxidáló anyagokkal is heves reakcióba lép.

Néhány fémbe, például palládiumban nagyon jól oldódik, a fémek közül főleg az alkáli- és földalkáli-fémekkel hidrideket, halogénnel savakat (például HCl: sósav) képez.

Az atmoszférának csak a legfelső rétegeiben fordul elő nagyobb koncentrációban, a Földön legnagyobb mennyiségben kötött állapotban, főleg a vízben található. A világegyetemnek viszont a leggyakoribb eleme.

Közönséges és magasabb hőmérsékleten a normál hidrogén két magspin-izomerből, az orto- és para-hidrogénből áll, amelyek aránya 75%–25%. A hőmérséklet csökkentésével a para-hidrogén egyensúlyi aránya megnő, a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén (20,38 K normál forrásponton és ez alatt) 50–50%, és a cseppfolyós hidrogén (20,38 K normál forrásponton és ez alatt) már gyakorlatilag tiszta para-hidrogénből áll. Az egyensúlyi arány beállítását katalizátorok (például palládium) meggyorsítják.

Forráspontja a hélium után a legalacsonyabb, ezért nagyon nehezen cseppfolyósítható színtelen, kis sűrűségű folyadékká, amely tovább hűtve fehér, kristályos tömeggé dermed.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

Napjainkban a leggyakoribb hidrogén-előállítási eljárások az **elektrolitikus vízbontás** nátrium-hidroxid vagy alkáli-klorid oldatból (a másik gáztermék az oxigén, illetve a klór) és a **földgázból kiinduló katalitikus reformálás**, amely a metán vízgőzzel való reakcióját használja a hidrogén mellett képződő szén-dioxid (és más szennyezők) adszorpció (és katalitikus) eltávolításán keresztül (lásd még a 2. fejezet vonatkozó szakaszát). A szén (koks) elgázosítását vízgőzzel (vízgáz: hidrogén–szén-monoxid keverék előállítás) inkább csak energiatermelésre és például az ammóniaszintézis előtechnológiájában használják.

A hidrogént főleg redukáló tulajdonsága alapján széleskörűen használják vegyipari szintézisekhez, hidrogénezési reakciókban és redukáló atmoszféraként, de használatos égőgázként is, és egyes területeken jó hővezető képességét használják.

Az ammóniaszintézishez és az abból kiinduló nitrogénműtrágya gyártáshoz a hidrogént többnyire a helyszíni vertikális technológiában állítják elő, az alábbi egyéb területeken viszont ma már főleg a gyártó és forgalmazó cég szállítja, vagy gyártja on-site berendezésével.

Fontosabb felhasználási területek:

Vegyipar (metanol-szintézis, oxoszintézis, sósav, dimetil-amin, metil-ciklohexán, gyógyszeripari, finomvegyeszer- és növényvédőszer-gyártási intermedierek előállítása, petrokémiai és egyéb hidrogénezési reakciók);

Elektrotechnikai, elektronikai és világítástechnikai ipar (redukáló védőatmoszféra, főleg formálógáz alkotórészeként, félvezetők, alkatrészek, termékek gyártásakor);

Élelmiszeripar (zsírok, olajok hidrogénezése, margaringyártás, stb.);

Energiaipar, közlekedés, rakétatechnika (égőgáz, tüzelőanyag-cellák, járművek üzemanyaga, magfúzió, a jövő környezetbarát energiahordozója, motorok, atomerőművek turbógenerátorainak hűtőgáza, léghajók felhajtógáza héliummal együtt);

Fém- és gépipar, metallurgia (égőgáz forrasztáshoz és plazmavágáshoz, hőkezelés, védőatmoszféra acélok, különleges és szinterezett fémek gyártásakor, víz alatti lángvágás);

Kőolajipar (hidrogénezés, kéntelenítés);

Méréstechnika (égőgáz és vivőgáz a gázkromatográfiában, fotometriában és spektrometriában);

Vízkezelés (nitrát-tartalom eltávolítása);

Üvegipar (égőgáz különleges üvegek előállításakor).

A cseppfolyós hidrogént rakétahajtóanyagként, a nukleáris iparban buborékkamrák töltésére, az elektrotechnikában mélyhűtésre (például a szupravezetéshez), ezenkívül a szilárdtest-kutatásban használják, a cseppfolyós állapotú szállításnak csak ezeken a különleges területeken van jelentősége.

Szerkezeti anyagok

Szobahőmérsékleten és kis nyomásokon a hidrogén nem korrózív, a szokásos nem reaktív fémek használhatók, de a normálított/nemesített acélok csak a megkívánt maximális szilárdsági

Hidrogén



értékek figyelembevételével. Nagy nyomásokon azonban a hidegen alakítható fémek, különösen például a hidegen megmunkált ferrites acélok ridegedése következhet be. Az alumíniumötvözetek korlátozás nélkül alkalmasak, a nikkelötvözetek viszont csak 250 °C hőmérsékletig jók. Az oxidmentes rezet és ötvözetait nem támadja meg, de ha réz-oxid van jelen, nagy nyomású víz képződhet, amely a fém törését idézheti elő.

A vörösszáz hőmérsékletén a hidrogén a platinán áthatol, a palládium pedig akár ezerszeres térfogatú hidrogént is képes adszorbeálni.

A cseppfolyós hidrogén hőmérsékletén a ridegedés elkerülésére ausztenites rozsdamentes acélok vagy alumíniumötvözetek alkalmasak.

Hidrogén gáznak szobahőmérsékleten a legtöbb szokásos tömítőanyag (PCTFE, PVDF, PA, PE, butil-kaucsuk és nitril-kaucsuk) kémiaiailag jól ellenáll, a permeabilitás (áteresztőképesség) szempontjából is jó például a butil-kaucsuk, a Neoprene® és az izoprén-akrilnitril copolimer. Szobahőmérséklet

felett például a PVC (60 °C-ig), a poli-etilén (60 °C-ig), a poli-kloroprén (100 °C-ig), a Viton®: PCTFE (180 °C-ig) és a PTFE: Teflon® (250 °C-ig) használható.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 1: W 21,8 x 1/14" LH (balmenet)
300 bar: CEN Nr. 4: W 30 x 2 LH (balmenet)

Biztonságtechnikai adatok

Robbanási határkoncentrációk

levegőben: 4–77%(V/V) (20 °C-on, atmoszferikus nyomáson)
oxigénben: 4–94%(V/V) (20 °C-on, atmoszferikus nyomáson)

Öngyulladás hőmérséklet: 560 °C

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet:	H ₂
Rendszám:	1
Móltömeg:	2,01588 g/mol
Molekulaátmérő:	0,31 nm–0,24 nm
Ionizációs energia:	1312 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
¹ H	99,9885	1,007825
² H	0,0115	2,014102
³ H	nyomokban	3,01605

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	0,08989 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	0,084096 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	0,0695
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson	14,9366 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-195,8 °C, 1,01325 bar)	70,973 kg/m ³
A kritikus ponton (12,98 bar, -239,91 °C)	30,09 kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós hidrogén a normál forrásponton 843,9 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hidrogén **gáznak** felel meg.

1 kg hidrogén **11,89 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hidrogén **gáznak** felel meg.

1 kg hidrogén **14,09 liter** -195,8 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** hidrogénnek felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású hidrogén **0,9355 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) hidrogénnek felel meg.

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-252,766 °C	70,973 kg/m ³	1,312 kg/m ³	453,96 kJ/kg

Hármasponti hőmérséklet: 13,947 K = -259,203 °C

nyomás: 0,072 bar

olvadáshő/fagyáshő: 58,20 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 33,24 K = -239,91 °C

nyomás: 12,98 bar

Gőznyomás

-257,15 °C = 16 K hőmérsékleten	0,20 bar
-252,77 °C = 20,38 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-249,15 °C = 24 K hőmérsékleten	2,59 bar
-243,15 °C = 30 K hőmérsékleten	7,9 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)						
	98,15 K -175 °C	123,15 K -150 °C	198,15 K -75 °C	273,15 K 0 °C	298,15 K 25 °C	398,15 K 125 °C	423,15 K 150 °C
1,0133	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001	1,000	1,001
10,1325	0,9975	1,0034	1,0071	1,006	1,006	1,005	1,005
30,3975	0,9966	1,0128	1,0211	1,0190	1,0182	1,0150	1,0143
50,6625	1,0031	1,0256	1,0360	1,0319	1,0303	1,0247	1,0235
101,325	1,0498	1,0723	1,0763	1,0649	1,0613	1,0492	1,0467
202,650	1,2312	1,2099	1,1663	1,1338	1,1252	1,0987	1,0935

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P	T (K és °C)				
	98,15 K	123,15 K	198,15 K	298,15 K	423,15 K
bar	-175 °C	-150 °C	-75 °C	25 °C	150 °C
1,0133	11,17	11,88	13,51	14,31	14,48
10,1325	11,46	12,09	13,56	14,35	14,52
101,325	13,64	13,43	14,06	14,56	14,60
202,650	13,93	13,93	14,43	14,69	14,69

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁶ szorzóval)

P	T (K és °C)			
	288,15 K	298,15 K	373,15 K	523,15 K
bar	15 °C	25 °C	100 °C	250 °C
1,0133	0,866	0,886	1,030	1,295
10,1325	0,875	0,895	1,040	1,300
101,325	0,885	0,905	1,050	1,305
202,650	0,910	0,931	1,070	1,315

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P	T (K és °C)				
	80 K	120 K	200 K	300 K	600 K
bar	-193,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,85 °C
1	53,1	81,6	130,9	182,8	305,0
10	55,6	83,7	131,8	182,8	305,0
100	90,4	98,7	143,1	192,0	309,2
200		122,2	156,1	197,9	313,0

Megjegyzés: P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,0214
20	0,0178
40	0,0153
60	0,0129
80	0,0085

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	2.5 ip	3.8	4.5	5.0 MHg	
Összetétel					
H ₂ , min.	99,5	99,98	99,995*	99,999*	%(V/V)
Szennyezők, max.					
O ₂	1000	10	2	2	ppm(V/V)
H ₂ O	-	20	5	5	ppm(V/V)
N ₂	4000	-	50	-	ppm(V/V)
N ₂ + Ar	-	200	-	-	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m$	-	-	1	1	ppm(V/V)
CO + CO ₂	-	-	1	1	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag					
P 5 alu 150 bar	-	-	-	max. 1,0	m ³
P 10 alu 150 bar	-	-	-	1,5	m ³
P 10 150 bar	1,5	-	-	-	m ³
P 10 200 bar	-	-	-	2,0	m ³
P 27 125 bar	3,5	-	-	-	m ³
P 31,5 alu 200 bar	-	-	-	6,0	m ³
P 40 150 bar	6,0	6,0	6,0	-	m ³
P 50 200 bar	10,0	10,0	10,0	10,0	m ³
B 12 x P 50 200 bar	120,0	108,0	120,0	120,0	m ³
Battériás szállítás	-	-	3100-3700	-	m ³
	-	-	4700-4900	-	m ³
Nagynyomású tartályba töltve	-	-	2280	-	m ³
	-	-	4265	-	m ³
On-site üzem**	A felhasználó minőségi és mennyiségi igényei szerint				m ³ /h

* Inkl. nemesgázok + N₂

** Az egyes szennyező-komponensekre vonatkozó maximális koncentrációk a fenti specifikációs előírásoktól a felhasználó speciális igényei és az erre vonatkozó szerződés szerint eltérhetnek.

Megjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

2.5, ip Hidrogén 2.5, ipari

3.8 Hidrogén 3.8

4.5 Hidrogén 4.5

5.0, MHg Hidrogén 5.0/MHg (Az MHg on-site H₂ üzemeiből származó)

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7439-90-9
 EK-szám: 231-098-5
 RID/ADR
 besorolás: UN 1056, krypton, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A
 Gázpalack
 színjelölése: palackváll: élénkzöld (RAL 6018)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, szagtalan, nem éghető, nem mérgező, levegőnél sokkal nehezebb, egyatomos, kis hővezető képességű nemesgáz. Közös körülmények között más elemekkel nem lép reakcióba, de különleges eljárásokkal például krypton-fluoridok előállíthatók, amelyek alacsony hőmérsékleten stabilisak. Vízben viszonylag jól oldódik.

Nagy értékét tekintve, a palackba töltött mennyiséget a neonhoz hasonlóan nem gázköbméterben, hanem literben számolják el, de nagy sűrűsége és az egységtől erősen eltérő kompresszibilitási tényezője miatt nem a töltési nyomást, hanem a tömeget mérik pontos mérlegen.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

A földi légkörben mindössze 1,14·10⁻⁴%(V/V) koncentrációban fordul elő, azonban a kriogén levegőszétválasztás során a

kétrészes rektifikáló oszlop kondenzátorában, a cseppfolyós oxigénben feldúsul, amelyből melléktermékként további rektifikációs, vagy frakcionált adszorpciós/deszorpciós lépések segítségével előállítható. Magyarországon a múlt század végéig főtermékként is állítottak elő kryptont úgy, hogy nagy mennyiségű gázalakú levegőt érintkezett ellenáramban cseppfolyós levegővel, amelyben a „mosott” levegő krypton-tartalma oldódott, és rektifikációval tovább volt dúsítható.

Fő **felhasználási területe** a világítástechnika, legnagyobb részben a kryptontöltésű izzólámpákban. Az argonnál nagyobb sűrűsége és kisebb hővezető képessége folytán a kryptonlámpákban magasabb izzószál-hőmérséklet, és így nagyobb fényhatásfok érhető el. Használják még fénycsövek, villanólámpák, ködlámpák, jódlámpák töltetként, valamint a neurológiában az agy röntgenképének készítésekor.

A laboratóriumi mérés technikában tömegspektrometriai kalibrációs standardként és fajlagos adszorpciós felület meghatározására használható.

Szerkezeti anyagok

Minden szokásos fém és a szokásos tömítőanyagok, mint PTFE, PCTFE, PDVF, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb. használhatók.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14"

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égés technikai és munkaegészségügyi adata nincs.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: Kr
 Rendszám: 36
 Móltömeg: 83,80 g/mol
 Első ionizációs energia: 1351 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
⁷⁸ Kr	0,35	77,920388
⁸⁰ Kr	2,28	79,916378
⁸² Kr	11,58	81,913485
⁸³ Kr	11,49	82,914136
⁸⁴ Kr	57,00	83,911507
⁸⁶ Kr	17,30	85,910610

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	3,7491	kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	3,506	kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	2,8997	
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-153,35 °C, 1,01325 bar)	2413	kg/m ³
A kritikus ponton (55,02 bar, -63,75 °C)	919	kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós krypton a normál forrásponton **688 m³ 15 °C** hőmérsékletű, 1 bar nyomású krypton **gáznak** felel meg.

1 kg krypton **0,285 m³ 15 °C** hőmérsékletű, 1 bar nyomású krypton **gáznak** felel meg.

1 kg krypton **0,414 liter** -153,35 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** kriptonnak felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású krypton **0,9352 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) kriptonnak felel meg.

Háromsponti hőmérséklet: 1115,95 K = -157,20 °C

nyomás: 0,731 bar

olvadáshő/fagyáshő: 19, 50 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 209,4 K = -63,75 °C

nyomás: 55,02 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-153,35 °C	2413 kg/m ³	8,52 kg/m ³	107,74 kJ/kg

Gőznyomás

-153,35 °C = 119,8 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-133,15 °C = 140 K hőmérsékleten	2,6 bar
-193,15 °C = 80 K hőmérsékleten	35,0 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)	
	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C
1	0,9977	0,9985
10	0,9774	0,9847
50	0,8844	0,9249
100	0,7742	0,8591
150	0,7034	0,8143
200	0,6958	0,7997

Fajhő állandó nyomáson,

$c_p = 0,247$ kJ/kg·K

(25 °C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson)

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	2,330	2,440	2,695	3,060

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,099
20	0,059
30	0,049

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	8,83	9,58	10,59	11,88

Megjegyzés: **P** nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok	4.8	
Spec. minőség		
Összetétel		
Kr, min.	99,998	%(V/V)
Szennyezők, max.		
O ₂	0,5	ppm(V/V)
H ₂ O	1	ppm(V/V)
N ₂	5	ppm(V/V)
ΣC _n H _m	0,5	ppm(V/V)
Ar	5	ppm(V/V)
Xe	5	ppm(V/V)
CF ₄	1	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag		
P 02	200	liter
P 10	2000	liter
P 50	10000	liter

Megjegyzések: **liter** alatt gázállapotú liter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A töltési nyomás kb. 82 bar (P 2), illetve 144 bar (P 10 és P 50), a töltési adag ellenőrzése tömegméréssel (mérlegeléssel) történik.

(1 liter 3,506 g-nak felel meg).

A táblázatban megadott szállítási adagok a maximális töltetet mutatják. Lehetőség van ettől eltérő kisebb töltetmennyiségek palackozására is.

A teljes specifikációs terméknév:

4.8 Krypton 4.8

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7440-01-9
 EK-szám: 231-110-9
 RID/ADR
 besorolás: UN 1065, neon, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A
 Gázpalack
 színjelölése: palackváll: élénkzöld (RAL 6018)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, szagtalan, nem éghető, nem mérgező, levegőnél könnyebb, egyatomos nemesgáz, normális körülmények között nem alkot vegyületeket. Kisülési csőben skarlátvörös fényt ad. Forráspontja a hélium és hidrogén után a legalacsonyabb, a cseppfolyós neon hőmérséklete atmoszferikus nyomáson -246 °C . Viszonylag nagy sűrűsége jóvoltából térfogat-egységkénti hűtőképessége a cseppfolyós hidrogénének kb. háromszorosa, a cseppfolyós héliuménak pedig kb. 40-szerese.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

Földünkön a neon gyakorlatilag csak a légkörben fordul elő, mindössze $1,82 \cdot 10^{-3}\%$ (V/V) koncentrációban, a világegyetemben viszont a hidrogén és hélium után a harmadik leggyakoribb elem.

Előállítása leginkább a kriogén levegőszétválasztás melléktermékeként történhet, ugyanis a kétrészes levegőszétválasztó oszlop kondenzátorsapkájában, a héliummal és hidrogénnel együtt, nem kondenzálódó gázpárnaként feldúsul. Ha a nitrogén főkomponenst cseppfolyósítjuk, neon-hélium-hidrogén gáz-elegy marad vissza a neon nyersanyagaként. A héliumtól

cseppfolyósítással lehet elválasztani (a neon cseppfolyósodási hőmérsékletén a hélium gázállapotban marad), a hidrogént pedig általában kémiai úton távolítják el.

Fő **felhasználási területe** a világítástechnika, elektrotechnika, lézertechnika és híradástechnika, ahol tisztán vagy más nemesgázokkal (főleg héliummal és/vagy argonnal) együtt töltőgázként használják reklámcélú kisülési csövekben, ködfénylámpákban, szikrakamrákban, nátriumlámpákban, digitális kijelző csövekben, sztrobszkóp-fényforrásokban, tiratroncsövekben, valamint gázlézerekben.

Speciális gázanalitikai alkalmazásokra gázkromatográfiai vivőgázként is előnyös lehet.

A cseppfolyós neon nagy térfogati hűtőképessége következtében és biztonsági okokból jó hűtőközegnek bizonyul a 30 K körüli hőmérséklettartományban, használják még például ré-szezskeérezékelő buborékkamrákban is.

Szerkezeti anyagok

Neon gázhoz minden szokásos fém használható, cseppfolyós neonhoz viszont a nagyon alacsony hőmérséklet miatt 304 és 304 L típusú, ausztenites rozsdamentes acélok és 5000-es szériájú alumínium ötvözetek alkalmasak.

A szokásos tömítőanyagok, mint PTFE, PCTFE, PDVF, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb. használhatók, de cseppfolyós neon esetén a ridegedés elkerülésére leginkább a Teflon® és Kel-F® használata ajánlatos.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14"

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs, cseppfolyós állapotban a nagyon alacsony hőmérséklet (légköri nyomáson kb. -246 °C) okozhat veszélyforrást.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: Ne
 Rendszám: 10
 Móltömeg: 20,1797 g/mol
 Első ionizációs energia: 2081 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
²⁰ Ne	90,48	19,992442
²¹ Ne	0,27	20,993847
²² Ne	9,25	20,991386

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	0,9000	kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	0,8420	kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	0,6960	
Folyadékállapotban a normál forrásponton ($-246,05\text{ °C}$, 1,01325 bar)	1206	kg/m ³
A kritikus ponton (27,56 bar, $-228,75\text{ °C}$)	484	kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós neon a normál forrásponton **1432 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású neon **gáznak** felel meg.

1 kg neon **1,188 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású neon **gáznak** felel meg.

1 kg neon **0,829 liter** -246,05 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** neonnak felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású neon **0,9356 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) neonnak felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 24,55 K = -248,60 °C

nyomás: 0,433 bar

olvadáshő/fagyáshő: 16,61 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 44,40 K = -228,75 °C

nyomás: 27,56 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-246,05 °C	1206 kg/m ³	9,39 kg/m ³	85,81 kJ/kg

Gőznyomás

-246,05 °C = 27,10 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-241 °C = 32,15 K hőmérsékleten	3,99 bar
-231 °C = 42,15 K hőmérsékleten	20,6 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)	
	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C
1	1,0006	1,0004
10	1,0047	1,0044
50	1,0238	1,0223
100	1,0483	1,0452
200	1,0990	1,0920

Fajhő állandó nyomáson,

$c_p = 1,029$ kJ/kg·K

(25 °C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson)

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	2,975	3,076	3,310	3,646

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	45,77	47,61	51,59	57,11

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,014
20	0,010
30	0,0099

Megjegyzés: **P** nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok	5.0	
Spec. minőség		
Összetétel		
Ne, min.	99,999	%(V/V)
Szennyezők, max.		
O ₂	1	ppm(V/V)
H ₂ O	1	ppm(V/V)
N ₂	2	ppm(V/V)
He	6	
$\Sigma C_n H_m$	0,1	ppm(V/V)
CO ₂	0,5	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag		
P 02 200 bar	370	liter
P 10 200 bar	1851	liter
P 50 200 bar	9256	liter

Megjegyzések: liter alatt gázállapotú liter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A táblázatban megadott szállítási adagok a maximális töltetet mutatják. Lehetőség van ettől eltérő kisebb töltetmennyiségek palackozására is.

A teljes specifikációs terméknév:

5.0 Neon 5.0

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7727-37-9

EK-szám: 231-783-9

RID/ADR

besorolás: **sűrített gázra:**

UN 1066, nitrogén, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A
cseppfolyós állapotú szállításra:

UN 1977, nitrogén, mélyhűtött, cseppfolyósított, 2.2, 2. osztály, 3A

Gázpalack

szinjelölése: palackváll: fekete (RAL 9005)



(egészségügyi minőség esetében
a palackköpeny fehér: RAL 9010)

Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz
Hűtött cseppfolyósított gáz

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, szagtalan, közönséges körülmények között nem reakcióképes, nem éghető, inert gáz, az atmoszferikus levegő körülbelül 78%-át alkotja. A szokásos fémekkel vagy oxigénnel csak magas hőmérsékleten, vagy például elektromos kisülések hatására alkot vegyületeket. Nem mérgező, de ha zárt térben kiáramolva kiszorítja a levegőt – és ezzel annak oxigéntartalmát – fulladást okozhat, amely észrevétlenül következik be.

A cseppfolyós nitrogén szintelen folyadék, amely olvadáspontjára hűtve fehér kristályos tömeggé szilárdul. Légköri nyomáson hőmérséklete, forráspontjának megfelelően körülbelül -196 °C , ezért bőrrel érintkezve égési sebekhez hasonló fagyási sérüléseket okoz. Egyes szerkezeti anyagok, mint például a szénacélok, vagy a rugalmas anyagok, mint a gumi a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén rideggé válnak. Szabadra kiömölve sűrű ködöt képez, mivel a vele érintkező levegőt erősen lehűtve, annak nedvességtartalma kicsapódik.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

A nitrogén gyakorlatilag egyedüli nyersanyaga a levegő, amelyből iparilag főleg cseppfolyósítás, majd frakcionált desztilláció útján (**kriogén levegőszétválasztás**) állítják elő a gyártó cégnél vagy a felhasználó helyszínén (on-site). Kisebb mértékű helyi felhasználás esetén a nyomáslengetéses adszorpciós módszer (**PSA-berendezés**) és a membrántechnológia is használható (lásd még a 2. fejezet vonatkozó részeit).

Az ammónia és nitrogén-műtrágya gyártás nyersanyagaként előállítható még szén levegővel való elégetése útján, amikor a képződő generátorgázból a szén-monoxidot és szén-dioxidot eltávolítják.

A nitrogént a legkülönbözőbb ipari és egyéb területeken használják, főleg két alapvető kémiai, illetve fizikai tulajdonsága jóvoltából. Gázalakban rendkívül csekély reakcióképességét hasznosítják inert védőatmoszféra létesítésére, amely a levegő oxigénjének kizárásával megvédi a közbenső és végtermékeket az oxidációtól. A cseppfolyós nitrogénnek, mint hűtőközegnek alacsony hőmérsékletét használják ki mélyhűtési és hidegtárolási területeken.

Kivételt képez a nitrogénvegyületek (ammónia, salétromsav, nitrogénműtrágyák) gyártása, ahol viszont nagyon magas hőmérséklet és katalizátorok alkalmazása szükséges.

A főbb felhasználási területek **védőgázként**:

Élelmiszeripar, gyógyszeripar (védőgázos gyártás az oxidáció kiküszöbölésére, csomagolás, tárolás, bor és más italok kezelése, ...);

Elektronikai és elektromos ipar (félvezetőgyártás, részegységek előállítása, védőgázos forrasztás, alkatrészek hőkezelése formálógázzal);

Vegyipar, petrokémia, üvegipar, műszálgártás, műanyagipar (inertizálás, reaktorok védelme, katalizátorok védelme, regenerálása, UV-sugaras bevonat-keményítés inert atmoszférában);

Biztonságtechnika (tűzoltás, tartályok, csővezetékek öblítése, siló-, raktár- és egyéb tüzek megelőzése, tárolási, szállítási, felhasználási, kezelési veszélyek csökkentése inert-atmoszférával);

Kohászat (ötvözetek előállítása, színesfémek finomítása inertgázos befúvatással, illetve öblítéssel, grafit olvasztótégelyek védelme, inertgázos porlasztás);

Fémipar (fémek, fém-alkatrészek, pénzermék hőkezelése, edzése, porkohászati termékek tömörítése, ...);

Méréstechnika (vivőgáz, nullázógáz, kalibráló- és egyéb mintagázok alapgáza);

Élelmiszeripar (tárolás, csomagolás, N₂ vagy N₂-CO₂ atmoszférában).

A cseppfolyós nitrogén egyes alkalmazási területei **hűtőközengként**:

Élelmiszeripar (gyorsfagyasztás fagyasztóalagútban, fagyasztva szállítás, hidegőrlés, ...);

Vegyipar, környezetvédelem (hulladék-újrahasznosítás hidegőrléssel majd szétválasztással, oldószergőzők, például halogénezett szénhidrogének visszanyerése hulladékgázokból, gáztisztítás);

Műanyag- és gumiiipar (sorjátlanítás, hidegőrlés, újrahasznosítás);

Kohászat, fémipar (inert atmoszférás hűtés, hidegzsugorítás, ausztenit-átalakítás kopásállóság javítására, ...);

Nukleáris ipar, kutatás (hidegcsapdák, krioszivattyúk, működtetése, alacsony hőmérsékletek előállítása);

Egészségügy, gyógyászat, biológia (krioterápia, kriosebészet, biológiai anyagok, készítmények, például sperma tárolása, gyorsfagyasztása, reumakezelés mélyhűtött száraz levegővel);

Építőipar (betonhűtés, talajfagyasztás);

Méréstechnika, vákuumtechnika, mélyhűtéstechnika (kriogén hőmérséklet előállítása);

Színpadtechnika (ködképzés).

Szerkezeti anyagok

Közönséges hőmérsékleten minden szokásos fém használható, a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén azonban a szénacélok ridegedése következik be, ezért csak nikkelacél, rozsdamentes acél, réz, sárgaréz és szilíciumbronz alkalmas.

A nitrogén gázhoz a szokásos tömítőanyagok (PTFE, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb.) szintén használhatók, de cseppfolyós nitrogénhez – szintén a ridegedés elkerülésére – a Teflon® (PTFE) és Kel-F® használata ajánlatos.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 10: W 24,32 x 1/14"

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs, cseppfolyós állapotban a nagyon alacsony hőmérséklet (légköri nyomáson kb. -196 °C) okoz veszélyforrást.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: N₂
Rendszám: 7
Móltömeg: 28,0134 g/mol
Molekulaméret: 0,3 nm–0,41 nm
Első ionizációs energia: 1402 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
¹⁴ N	99,632	14,003074
¹⁵ N	0,368	15,000109

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,25053 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,1697 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	0,9671
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson	223,71 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-195,8 °C, 1,01325 bar)	808,61 kg/m ³
Folyadékállapotban 3,03 bar nyomásnak megfelelő -185,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	756,53 kg/m ³
Folyadékállapotban 20,46 bar nyomásnak megfelelő -157,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	568,73 kg/m ³
Szilárd állapotban a hármasponton (0,1253 bar, -210,00 °C)	945,121 kg/m ³
A kritikus ponton (33,999 bar, -146,95 °C)	314,03 kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós nitrogén a normál forrásponton **691 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású nitrogén **gáznak** felel meg.

1 kg nitrogén **0,8549 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású nitrogén **gáznak** felel meg.

1 kg nitrogén **1,2367 liter** -195,8 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** nitrogénnek felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású nitrogén **0,9354 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) nitrogénnek felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 63,148 K = -210,002 °C
 nyomás: 0,1253 bar
 olvadáshő/fagyáshő: 25,73 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 126,20 K = -146,96 °C
 nyomás: 33,999 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-195,803 °C	808,61 kg/m ³	4,61 kg/m ³	198,57 kJ/kg
3,03 bar nyomáson	-185,15 °C	746,00 kg/m ³	15,09 kg/m ³	183,12 kJ/kg
20,46 bar nyomáson	-157,15 °C	568,73 kg/m ³	93,17 kg/m ³	112,54 kJ/kg
0,21 bar (vákuum)nyomáson	-207,15 °C	856,90 kg/m ³	1,07 kg/m ³	212,13 kJ/kg

Gőznyomás

-207,15 °C = 66 K hőmérsékleten	0,2064 bar
-195,803 °C = 77,347 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-185,15 °C = 88 K hőmérsékleten	3,0278 bar
-157,15 °C = 116 K hőmérsékleten	20,4575 bar

Kompresszibilitási tényező

P	T (K és °C)								
	90 K	100 K	120 K	150 K	200 K	280 K	300 K	400 K	600 K
bar	-183,15 °C	-173,15 °C	-153,15 °C	-123,15 °C	-73,15 °C	6,85 °C	26,85 °C	126,85 °C	326,15 °C
1	0,9732	0,9804	0,9886	0,9942	0,9978	0,9996	0,9998	1,0003	1,0004
5	0,0251	0,8938	0,9408	0,9708	0,9893	0,9982	0,9992	1,0014	1,0020
10	0,0500	0,0488	0,8752	0,9408	0,9787	0,99,66	0,9984	1,0029	1,0043
20	0,0995	0,0968	0,7077	0,8781	0,9581	0,9936	0,9973	1,0060	1,0086
50	0,2453	0,2365	0,2417	0,6652	0,9024	0,9880	0,9966	1,0164	1,0219
100	0,4810	0,4591	0,4442	0,5364	0,8450	0,9908	1,0052	1,0376	1,0451
200	0,9324	0,8794	0,8163	0,8000	0,9047	1,0403	1,0566	1,0928	1,0945

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
bar	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	1,0853	1,0565	1,0427	1,0401	1,0736
10	2,1217	1,2941	1,0837	1,0552	1,0765
100	1,9669	2,2092	1,6246	1,1933	1,1029
200	1,8744	1,9292	1,7786	1,2996	1,1272

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10^{-3} szorzóval)

P	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
bar	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,85 °C
1	8,726	11,385	18,302	25,839	44,210
10	114,150	12,534	18,882	26,209	44,390
100	124,345	82,134	29,337	30,956	46,280
200	134,141	96,458	45,280	37,903	48,808

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10^{-5} szorzóval)

P	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
bar	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	0,620	0,821	1,292	1,782	2,908
10	9,326	0,868	1,316	1,797	2,916
100	11,360	5,608	1,750	1,984	2,991
200	14,120	7,056	2,624	2,289	3,089

Megjegyzések:

A zöld mező a táblázatokban folyadékállapotot jelent.
P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Oldhatóság vízben és acetonban (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,02348
20	0,01557
40	0,01183
60	0,01022
80	0,00957

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	2.5cs	4.5cs él.ip	5.0cs Nitrocut	5.0cs med	2.5 ip	4.5 (él.ip)	5.0	4.5 eü	3.0sz	
Összetétel										
N ₂ , min.	99,5	99,995	99,999*	99,999*	99,5	99,995	99,999*	99,995	99,9	%(V/V)
Szennyezők, max.										
O ₂	5000	10	2	2	5000	10	2	10	1000	ppm(V/V)
H ₂ O	-	2	1	1	60	10	3	30	20	ppm(V/V)
ΣC _n H _m	-	-	0,1	0,1	-	-	0,1	-	-	ppm(V/V)
ΣC _n H _m + CO ₂	-	5	-	-	-	5	-	-	-	ppm(V/V)
CO	-	1	-	1	-	1	-	1	-	ppm(V/V)
CO ₂	-	-	-	1	-	-	-	10	-	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag										
P 10 125 bar	-	-	-	-	1,25	1,25	-	-	-	m ³
P 10 150 bar	-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	-	-	m ³
P 10 200 bar	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	m ³
P 20 200 bar	-	-	-	-	4,0	4,0	-	-	-	m ³
P 27 125 bar	-	-	-	-	3,5	3,5	-	-	-	m ³
P 31,5 alu 150 bar	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	m ³
P 40 150 bar	-	-	-	-	6,0	6,0	6,0	-	6,0	m ³
P 50 200 bar	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	10,0	-	m ³
B 12 x P 50 200 bar	-	-	-	-	120,0	120,0	120,0	-	-	m ³
Tartálykocsival felhasználói tartályba	A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint				-	-	-	-	-	m ³
Palettank-626 liter***	-	-	420	-	-	-	-	-	-	m ³
On-site üzem** (kriogén technológia)	A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint				A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint					m ³ /h
On-site PSA berendezés**	-				A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint					m ³ /h

* Inkl. nemesgázok

** Az egyes szennyező-komponensekre vonatkozó maximális koncentrációk a fenti specifikációs előírásoktól a felhasználó speciális igényei és az erre vonatkozó szerződés szerint eltérhetnek.

*** Az elvételi gáznomás és teljesítmény: 17, 24 vagy 37 bar; 10, 21 vagy 30 m³/hMegjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

2.5cs Cseppfolyós nitrogén 2.5

4.5cs, él.ip Gourmet N, cseppfolyós nitrogén 4.5, élelmiszeripari, E 941

5.0cs, Nitrocut Cseppfolyós nitrogén 5.0 / Nitrocut

5.0cs, med Cseppfolyós nitrogén 5.0med (egészségügyi célra) (Az érvényes Ph.Eur szerint)

2.5, ip Nitrogén 2.5, ipari

4.5, (él.ip) Nitrogén 4.5 (Gourmet N néven élelmiszeripari célra is. A JECFA [FAO/WHO] specifikáció szerint.

OÉTI engedélyszám: 1850/1995)

5.0 Nitrogén 5.0

4.5, eü Egészségügyi nitrogén 4.5 (Az érvényes Ph.Eur szerint)

3.0sz Nitrogén 3.0, száraz

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7782-44-7
 EK-szám: 231-956-9
 RID/ADR
 besorolás: **sűrített gázra:**
 UN 1072, oxigén, sűrített, 2.2 (5.1),
 2. osztály, 10
cseppfolyós állapotú szállításra:
 UN 1072, oxigén, mélyhűtött, cseppfolyósított
 2.2 (5.1), 2. osztály, 30

**Gázpalack
 színjelölése:** palackváll: fehér (RAL 9010);
 palackköpeny: kék (RAL 5010), illetve
 egészségügyi oxigén esetén fehér
 (RAL 9010)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Oxidáló gázok 1
 Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz
 Hűtött cseppfolyósított gáz

Jellemző tulajdonságok

Közönséges körülmények között színtelen, szagtalan, nagy reakcióképességű, égést tápláló, oxidáló gáz, az atmoszferikus levegő kb. 21 térfogatszázalékát alkotja, az ember és általában az élő szervezetek létfenntartásához a lélegzéssel fenntartott energiatermelő folyamatok útján nélkülözhetetlen. Életerünk – a levegőburok, víz és a felső szilárd földkéreg – leggyakoribb eleme, annak mintegy 50 tömegszázalékát alkotja, főleg kémiailag kötött formában, a vízben, valamint a kőzetekben és ásványokban. Ilyen úton szintén nélkülözhetetlen az élőlények számára, mivel azok szervezetének nagy részét víz alkotja.

Kriogén hőmérsékleten cseppfolyósítva világoskék folyadék, amely olvadáspontjára hűtve világoskék kristályokká szilárdul. Légköri nyomáson hőmérséklete, forráspontjának megfelelően körülbelül –183 °C, ezért bőrrel érintkezve égési sebekhez hasonló fagyási sérüléseket okoz. Egyes szerkezeti és tömítőanyagok ezen a hőmérsékleten rideggé válnak.

A legtöbb elemmel és anyaggal a gyulladási hőmérsékleten fény- és hőfejlődés (energia-felszabadulás) közben reagál, az ilyen oxidációs folyamatokat égésnek is nevezzük. Oxigéndús levegőben, és főleg tiszta oxigénben az égési folyamatok sokkal hevesebben, sőt robbanásszerűen mennek végbe, mint az atmoszferikus levegőben, és a levegőn nem meggyújtható anyagok, mint például az acél, is elégethetők. Ezért az oxigén – különösen cseppfolyós alakban, ahol sokkal nagyobb sűrűségben van jelen – erősen tűzveszélyes, az éghető anyagokat használatakor távol kell tartani, figyelemmel kell lenni a szerelvények zsír- és olajmentességére, a dohányzást és nyílt láng

használatát tiltani kell. Éghető gázokkal bizonyos koncentrációhatárok között robbanó elegyet képez.

A cseppfolyós oxigénnel átitatott porózus éghető anyagok (például fa, faszén, aszfalt) gyújtóforrás (hegesztési szikra, eldobott parázsló cigarettacsikk, stb.) hatására robbanóanyagként viselkednek.

A természetben közönséges hőmérsékleten is lejátszódnak tűzjelenség nélküli oxidációs folyamatok, mint a már említett, légzés útján fenntartott anyagcsere reakciók, a rothadás, korhadás és például a vas rozsdásodása, az úgynevezett lassú égések. Az oxigén légzéssegítő hatását a gyógyászat és más biológiai területek hasznosítják, azonban a tiszta oxigén atmoszferikusnál nagyobb nyomáson, vagy hosszú ideig belélegezve sejtkárosodást okozhat, nyálkahártya-gyulladás, tüdőgyulladás, tüdővízenyő léphet fel.

Vízben sokkal jobban oldódik, mint a nitrogén, ennek az élet szempontjából különös jelentősége van, mivel a szervezet közvetlenül vagy közvetve csak oldott állapotban tudja felvenni.

Jelenleg energiatermelésünk jelentős része és számos ipari folyamat égési reakciókon alapul, ezért az oxigén számos felhasználási területen is elengedhetetlen.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

Az oxigén legfontosabb nyersanyaga a levegő, amelyből ipariilag főleg cseppfolyósítás, majd frakcionált desztilláció útján (kriogén levegőszétválasztás) állítják elő a gyártó és forgalmazó cégnél, vagy a felhasználó területén. Kisebb mértékű helyi felhasználás esetén a nyomáslengetéses adszorpciós PSA-módszer is használatos, ilyen on-site berendezéseket a Messer Hungarogáz is működtet. Nyersanyagként használható még a víz, amelyben ugyan az oxigén sokkal nagyobb mennyiségben áll rendelkezésre, de kémiai kötésben, amelynek bontása nagyobb energia-befektetést igényel. Ezért az elektrolitikus vízbontást gyakorlatilag csak hidrogén előállítására használják, ahol az oxigén melléktermékként keletkezik. Ezekről a technológiákról bővebben 2. fejezetünkben olvashatunk.

Az oxigén gáz széleskörű felhasználási módszerei kizárólag oxidáló, „égést tápláló” tulajdonságán alapulnak, legyen szó gyors vagy lassú égésről, energiatermelésről, magas hőmérséklet előállításáról, szennyezőanyagok oxidációjáról, más oxidációs kémiai reakciókról, vagy emberek, élőlények légzésének elősegítéséről. A cseppfolyós oxigénnel csak a gazdaságosabb szállítás és tárolás érdekében találkozunk, maga a felhasználás csaknem kizárólag gázalakban történik.

A főbb felhasználási területek:

Fémipar (lánghegesztés és -vágás, lézer- és plazmavágás, forrasztás);

Kohászat, metallurgia (nagyolvasztók levegőjének oxigénnel való dúsítása, teljesítmény és finomítási hatékonyság növelése

acélgyártás során, káros anyag kibocsátás csökkentése, ércelőkészítés);

Üveg- és építőanyag-ipar (láng hőmérséklet növelése a teljesítmény, hatékonyság és minőség növelésére, a füstgáz-mennyiség csökkentésére az üvegolvasztás, -formálás és láng-polírozás során);

Energiaipar, vegyipar (szén elgázosításakor oxigén bekeverése a fűtőérték növelésére, illetve ammónia-szintézisgáz közvetlen előállítására, salétromsav, kénsav, ózon, metanol és ecetsav előállítás, olefinoxidáció, oxigéntermikus eljárások, földgáz parciális oxidációja és más oxidációs reakciók, tüzelőanyag-cellák üzemanyaga);

Papíripar (fehérítés);

Mezőgazdaság, élelmiszeripar (haltenyésztésben és -szállítás során a tápanyag-felhasználás hatékonyságának növelésére, illetve az élő állapot megőrzésére, friss hús csomagolásakor);

Környezetvédelem, hulladék- és vízkezelés (hulladékégetés kevesebb káros anyag kibocsátással, felszíni vizek frissítése, szennyvizek, ivóvizek hatékonyabb tisztítása, ózon előállítás vízkezelésre, biológiai talajtisztítás);

Egészségügy, gyógyászat, mentés, sport (lélegeztetés és anesztézia, asztmás betegek, gázmérgezések kezelése: szén-monoxid mérgezés kezelésekor a tiszta oxigén a szén-monoxid-hemoglobint megbontva újra oxigénhemoglobint képez a vérben; oxigénes belégző, illetve önmentő készülékek tűzoltók, bányamentők, búvárok, repülők, űrhajósok, hegymászók részére);

Rakétatechnika (űrhajók üzemanyaga cseppfolyós alakban tárolva);

Építőipar (köztfűrés hulladékolaj oxigénnel való elégetésével, betonvágás).

Szerkezeti anyagok

Közönséges hőmérsékleten és kis nyomáson a száraz oxigén-gáz nem korrozív, ezért a szokásos acélok, de inkább a rozsdamentes (ausztenites) acélok, réz, rézötvözetek (például sárgaréz és bronz), nikkal és nikkalötvözetek használhatók, az alumíniumötvözetekkel viszont vigyázni kell.

Nagy nyomáson (főleg 200 bar felett), vagy magasabb hőmérsékleten az alumíniumötvözeteken kívül a rozsdamentes acélok használata sem javasolt, réz és nikkal, valamint ötvözetek és szilíciumötvözetek használhatók.

A szelepeket, szerelvényeket oxigénre való alkalmassági, égéstechnikai típusvizsgálatnak kell alávetni.

Cseppfolyós oxigénhez a ridegedési veszély miatt szénacélok és gyengén ötvözött acélok nem használhatók.

Tömítőanyagként csak az oxigénre való alkalmassági típusvizsgálatnak alávetett – például a **BAM** jegyzékben szereplő – gyártmányok, mint a PTFE (teflon) és más teljesen halogénezett polimerek használhatók tisztán vagy például grafit, bronz kombinálva, ezenkívül a tisztán fémes réz, ólom, ón, nikkal és ezüst tartalmú tömítések. Bizonyítvánnyal nem rendelkező gyártmányok esetén ajánlatos egyedi vizsgálatot is végezni.

Cseppfolyós oxigénhez az ólomtartalmú tömítések ridegedés miatt nem használhatók, leginkább ajánlott a Teflon[®], Kel-F[®] és Viton A[®].

Nagy nyomás esetén különösen vigyázni kell a nyomáslökés okozta adiabatikus kompresszióra, valamint sűrűlódásra, amely pl. hirtelen szelepnnyitás következtében a szerelvény gyulladási hőmérséklet fölé való melegedéséhez vezethet.

Zsír és olaj, valamint közönséges gumi és fíber tömítések használata mindenképpen tilos! Kenőanyagként víz és teljesen halogénezett (klór-fluorozott) szénhidrogének (Fluorolube[®], Halocarbon[®], Kel-F[®] olaj) használhatók.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 9: G 3/4*

* Az oxigénpalackok jelentős része (a 4.5 vagy ennél nagyobb tisztaságúak kivételével) egyelőre a régi magyar szabványnak megfelelően W 21,8 x 1/14" jobbmennetes kimeneti csatlakozású szeleppel van ellátva (lásd még a 3.2.1 alfejezet: Palackos gáztárolás és ellátás, „Palackszelepek” című szakaszt).

300 bar esetén CEN Nr. 7: W 30 x 2

Biztonságtechnikai adatok

Nem éghető és nem mérgező, tehát égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs, viszont éghető anyagok jelenlétében tűz- és robbanásveszélyes, mivel az égést táplálja, intenzívebbé, sőt robbanásszerűvé teszi. Éghető gázokkal robbanó elegyet képez a megfelelő koncentrációhatárok között. Cseppfolyós állapotban a nagyon alacsony hőmérséklet (légtérnyomáson kb. -183 °C) okoz veszélyforrást.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet:	O ₂
Rendszám:	8
Móltömeg:	31,9988 g/mol
Molekulaméret:	0,42–0,28 nm
Első ionizációs energia:	1314 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
16O	99,757	15,994915
17O	0,038	16,999132
18O	0,205	17,999160

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,4289 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,3368 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	1,1052
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson	284,83 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-185,86 °C, 1,01325 bar)	1141,0 kg/m ³
Folyadékállapotban 3,51 bar nyomásnak megfelelő -169,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	1069,1 kg/m ³
Folyadékállapotban 21,22 bar nyomásnak megfelelő -139,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	869,8 kg/m ³
Szilárd állapotban a hármasponton (0,00152 bar, -218,799 °C)	1306,6 kg/m ³
A kritikus ponton (50,43 bar, -118,574 °C)	436,1 kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós oxigén a normál forrásponton **854 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású oxigén **gáznak** felel meg.

1 kg oxigén **0,7479 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású oxigén **gáznak** felel meg.

1 kg oxigén **876,4 liter** -182,97 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** oxigénnek felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású oxigén **0,9355 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) oxigénnek felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 54,351 K = -218,799 °C

nyomás: 0,00152 bar

olvadáshő/fagyáshő: 13,899 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 154,576 K = -118,574 °C

nyomás: 50,43 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-182,97 °C	1141,0 kg/m ³	4,475 kg/m ³	212,84 kJ/kg
3,51 bar nyomáson	-169,15 °C	1069,1 kg/m ³	14,13 kg/m ³	197,32 kJ/kg
21,22 bar nyomáson	-139,15 °C	869,77 kg/m ³	84,74 kg/m ³	142,80 kJ/kg
0,124 bar (vákuum)nyomáson	-199,15 °C	1218,5 kg/m ³	0,647 kg/m ³	227,21 kJ/kg

Gőznyomás

-199,15 °C = 74 K hőmérsékleten	0,1236 bar
-182,97 °C = 90,18 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-169,15 °C = 104 K hőmérsékleten	3,5079 bar
-139,15 °C = 134 K hőmérsékleten	21,2195 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)							
	100 K	120 K	150 K	200 K	270 K	290 K	400 K	600 K
	-173,15 °C	-153,15 °C	-123,15 °C	-73,15 °C	-3,15 °C	16,85 °C	126,85 °C	326,15 °C
1	0,9757	0,9859	0,9927	0,9970	0,9991	0,9994	0,9998	1,0000
5	0,0176	0,9247	0,9627	0,9853	0,9950	0,9967	0,9999	1,0013
10	0,0352	0,8368	0,9229	0,9704	0,9904	0,9931	1,0001	1,0029
20	0,0702	0,0655	0,8344	0,9399	0,9810	0,9861	1,0002	1,0052
50	0,1744	0,1613	0,1787	0,8455	0,9536	0,9668	1,0007	1,0129
100	0,3448	0,3160	0,3148	0,6997	0,9200	0,9445	1,0045	1,0263
200	0,6763	0,6115	0,5727	0,6720	0,9052	0,9415	1,0305	1,0581

Megjegyzések:

A zöld mező a táblázatokban folyadékállapotot jelent.

P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	1,6949	0,9276	0,9146	0,9196	1,0025
10	1,6903	1,1853	0,9615	0,9326	1,0054
100	1,6531	1,7385	1,9410	1,0786	1,0314
200	1,6242	1,6456	2,0941	1,2234	1,0544

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	18,820	0,926	1,475	2,072	3,437
10	19,030	0,979	1,501	2,088	3,445
100	21,210	11,230	2,128	2,316	3,531
200	23,860	12,730	3,735	2,702	3,650

Hővezetési képesség (λ), W/m·K (10^{-3} szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	151,676	11,353	18,497	26,236	48,629
10	152,229	13,495	19,684	26,958	48,798
100	157,549	120,129	37,436	34,171	50,867
200	162,787	128,832	58,886	42,344	53,876

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,0489
20	0,0310
40	0,0231
60	0,0195
80	0,0176

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	2.5cs	2.6cs orvosi	3.5cs Oxycut	3.0cs él.ip	2.5 ip	2.5 orvosi	3.5	3.0 él.ip	4.5	5.0	
Összetétel											
O ₂ , min.	99,5	99,6	99,95	99,9	99,5	99,5	99,95	99,9	99,995	99,999	%(V/V)
Szennyezők, max.											
N ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20	ppm(V/V)
N ₂ + Ar	5000	-	400	-	5000	-	400	-	-	-	ppm(V/V)
H ₂ O	-	-	3	3	60	60	10	60	5	5	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m$	-	-	-	30	-	-	-	100	0,5	0,5	ppm(V/V)
CH ₄	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ppm(V/V)
CO	-	1	-	1	-	5	-	10	-	-	ppm(V/V)
CO ₂	-	1	-	1	-	300	-	300	-	-	ppm(V/V)
CO + CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag											
P 02 200 bar	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	-	-	m ³
P 05 200 bar	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	m ³
P 10 150 bar	-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	-	1,5	-	m ³
P 10 200 bar	-	-	-	-	2,0	2,0	2,0	-	2,0	2,0	m ³
P 14 125 bar	-	-	-	-	1,75	1,75	-	-	-	-	m ³
P 20 150 bar	-	-	-	-	3,0	3,0	-	-	-	-	m ³
P 20 200 bar	-	-	-	-	4,0	4,0***	4,0	-	-	-	m ³
P 27 125 bar	-	-	-	-	3,5	3,5	-	-	-	-	m ³
P 40 150 bar	-	-	-	-	6,0	6,0	6,0	6,0	-	-	m ³
P 50 200 bar	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	m ³
B 16 x P 40 150 bar	-	-	-	-	96,0	-	-	-	-	-	m ³
B 20 x P 40 150 bar	-	-	-	-	160,0	-	-	-	-	-	m ³
B 12 x P 50 200 bar	-	-	-	-	120,0	120,0	120,0	120,0	-	-	m ³
Tartálykocsival felhasználói tartályba	A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint				-	-	-	-	-	-	m ³
Palettank-626 liter**	-	-	520	-	-	-	-	-	-	-	m ³
Home-care ellátás (Freelox / Helios tartály, ill. gázpalack)	-	27,0 / 30,4	-	-	-	4,0	-	-	-	-	m ³
On-site berendezés (főleg PSA)*					A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint				-	-	m ³ /h

* Az egyes szennyező-komponensekre vonatkozó maximális koncentrációk a fenti specifikációs előírásoktól a felhasználó speciális igényei és az erre vonatkozó szerződés szerint eltérhetnek.

** Az elvételi gáznymás és teljesítmény: 17, 24 vagy 37 bar; 10, 21 vagy 30 m³/h

*** Home-care ellátásban is.

Megjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

2.5cs	Cseppfolyós oxigén 2.5
2.6cs, orvosi	Oxigén Messer mélyhűtött orvosi gáz 2.6 (az érvényes Ph.Eur szerint)
3.5cs, Oxycut	Cseppfolyós oxigén 3.5 / Oxycut
3.0cs, él.ip	Gourmet O cseppfolyós oxigén 3.0 élelmiszeripari, E 948
2.5, ip	Oxigén 2.5, ipari
2.5, orvosi	Oxigén Messer túlnyomásos orvosi gáz (az érvényes Ph.Eur szerint)
3.5	Oxigén 3.5 (egyéb szennyezők tekintetében az érvényes Ph.Eur szerint)
3.0, él.ip	Gourmet O oxigén 3.0, élelmiszeripari, E 948
4.5	Oxigén 4.5
5.0	Oxigén 5.0

Sűrített levegő

N₂/O₂

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7727-37-9 (N₂)7782-44-7 (O₂)EK-szám: 231-783-9 (N₂)231-956-9 (O₂)

RID/ADR

besorolás: UN 1002, levegő, sűrített, 2.2, 2. osztály, 1A

Gázpalack

színelölése: palackváll: élénkzöld (RAL 6018)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, szagtalan, a földi légkörből származó gázelegy, alkotórészeinek koncentrációja a szén-dioxid és a nedvességtartalom kivételével viszonylag állandó. Az alábbiakban az atmoszferikus **száraz levegő** adatait adjuk meg, amelynek átlagos összetétele a földfelszín közelében a levegőszennyezőktől eltekintve a következő:

Komponens	Kémiai képlet	Koncentráció, %(V/V)
Nitrogén	N ₂	78,08
Oxigén	O ₂	20,95
Argon	Ar	0,93
Szén-dioxid	CO ₂	0,035
Neon	Ne	18,18 · 10 ⁻⁴
Hélium	He	5,239 · 10 ⁻⁴
Kripton	Kr	1,139 · 10 ⁻⁴
Hidrogén	H ₂	0,5 · 10 ⁻⁴
Xenon	Xe	8,7 · 10 ⁻⁶
Radon	Rn	6 · 10 ⁻¹⁸

Gyakorlatilag állandó alkotórésznek tekinthetjük ezenkívül a levegőszennyezők közül a metánt (CH₄) és a dinitrogén-oxidot (N₂O), mintegy 1,5 · 10⁻⁴%(V/V) és 0,3 · 10⁻⁴%(V/V) közepes koncentrációval.

Fizikai–kémiai adatok

Egyenértékű (átlagos) móltömeg: 28,959 g/mol

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,2928 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,2100 kg/m ³
Gázpalackban 15 °C hőmérsékleten, 125 bar nyomáson	152,97 kg/m ³
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-194,35 °C, 1,01325 bar)	876,21 kg/m ³
Folyadékállapotban 6,62 bar nyomásnak megfelelő -173,15 °C egyensúlyi hőmérsékleten	762,8 kg/m ³

A levegő, tulajdonságait tekintve gyakorlatilag nitrogénnel hígított oxigén, tehát nem éghető és nem mérgező, az égést a tiszta oxigénnél kevésbé táplálja, és nedves állapotban kissé korrozív, így az ötvözetlen acélok rozsdásodást idéz elő. Az egészségügyi minőség lélegeztetésre használható.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

A sűrített levegő palackozása, illetve nagynyomású levegő folyamatos előállítása a környezeti atmoszférából történik olajmentes kompresszorok segítségével, porszűrés, vízleválasztás és szükség szerinti egyéb tisztítás útján.

Felhasználása főleg tartályok, berendezések, gumitömítők és egyéb eszközök nyomás alá helyezésére, kifúvatásra, homok- és festékszórásra, felülettisztításra, víz levegőztetésére és egyéb hasonló célokra történik, olyan esetekben, ha az inert vagy oxigéndús feltételek nem szükségesek.

Szerkezeti anyagok

A száraz levegő nem korrozív, ezért a szokásos fémek, tömítőanyagok használhatók, nedvesség jelenlétében viszont a könnyen oxidálódó fémek, mint például az ötvözetlen acélok használatát kerülni kell.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 13: G 5/8 belsőmenet

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs.

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-194,35 °C	876,2 kg/m ³	3,271 kg/m ³	204,0 kJ/kg
6,62 bar nyomáson	-173,15 °C	762,8 kg/m ³	22,39 kg/m ³	175,1 kJ/kg
0,32 bar (vákuum)nyomáson	-203,15 °C	917,4 kg/m ³	1,033 kg/m ³	212,4 kJ/kg

Kondenzációs pont, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-191,41 °C	861,9 kg/m ³	4,485 kg/m ³	201,0 kJ/kg

Gőznyomás

-203,15 °C = 70 K hőmérsékleten	0,3234 bar
-194,35 °C = 78,8 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-173,15 °C = 100 K hőmérsékleten	6,621 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)							
	90 K	100 K	120 K	160 K	200 K	290 K	400 K	600 K
	-183,15 °C	-173,15 °C	-153,15 °C	-113,15 °C	-73,15 °C	16,85 °C	126,85 °C	326,15 °C
1	0,9721	0,9795	0,9876	0,9949	0,9974	0,9992	0,9996	1,000
5	0,0235	0,8869	0,9371	0,9746	0,9882	0,9979	1,001	1,002
10	0,0469	0,0453	0,8659	0,9485	0,9767	0,9959	1,002	1,004
20	0,0935	0,0900	0,6728	0,8951	0,9537	0,9930	1,004	1,008
50	0,2315	0,2216	0,2188	0,7199	0,8891	0,9861	1,013	1,020
100	0,4560	0,4336	0,4131	0,5488	0,8142	0,9853	1,031	1,043
125	0,5661	0,5368	0,5057	0,5807	0,8012	0,9897	1,042	1,055

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	400 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1,0133	1,0519	1,0364	1,0142	1,0054	1,0109
10,1325	-	1,2774	1,0560	1,0196	1,0184
101,325	-	2,7100	1,6464	1,1715	1,0920
202,650	-	2,3718	1,7916	1,2983	-

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,15 °C
1	0,641	0,845	1,325	1,846	3,058
10	11,770	0,888	1,346	1,859	3,064
100	14,400	6,314	1,812	2,050	3,136
200	17,830	7,821	2,791	2,373	3,237

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	90 K	120 K	200 K	300 K	600 K
	-183,15 °C	-153,15 °C	-73,15 °C	26,85 °C	326,85 °C
1	8,410	11,150	18,092	26,309	46,610
10	137,198	12,631	18,861	26,811	46,861
100	137,398	93,638	29,949	32,041	49,120
200	146,097	107,400	47,614	38,949	51,756

Megjegyzések:

A zöld mező a táblázatokban folyadékállapotot jelent.
P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,0286
20	0,0183
40	0,0131
60	0,0098
80	0,0060

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok	S.L.	S.L.	
Spec. minőség		eü	
Összetétel			
O ₂	-	20,9±0,5	%(V/V)
Szennyezők, max.			
CO	-	5	ppm(V/V)
CO ₂	-	500	ppm(V/V)
SO ₂	-	1	ppm(V/V)
NO+NO ₂	-	2	ppm(V/V)
Olaj	0,1	0,1	mg/m ³
Szállítási forma és adag			
P2 125 bar	0,5	0,5	m ³
P 14 125 bar	1,75	1,75	m ³
P 27 125 bar	3,5	3,5	m ³
P 40 125 bar	5,0	5,0	m ³
On-site üzem*	A felhasználó minőségi és mennyiségi igényei szerint		m ³ /h

* Az egyes szennyező-komponensekre vonatkozó maximális koncentrációk a fenti specifikációs előírásoktól a felhasználó speciális igényei és az erre vonatkozó szerződés szerint eltérhetnek. Felhasználási nyomás igény szerint.

Megjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

S.L. Sűrített levegő

S.L.eü Egészségügyi sűrített levegő (az érvényes Ph.Eur szerint)

Azonosító jelölések

CAS-szám: 124-38-9

EK-szám: 204-696-9

RID/ADR

besorolás: **nyomás alatt cseppfolyósított gázra:**
UN 1013, szén-dioxid, nyomás alatt cseppfolyósított, 2.2., 2. osztály, 2A
mélyhűtött folyadék állapotú szállításra:
UN 2187, szén-dioxid, mélyhűtött, cseppfolyósított, 2.2., 2. osztály, 2A
szilárd állapotban (szárazjég):
UN 1845, nem ADR köteles

Gázpalack

szinjelölése: palackváll: szürke (RAL 7037)



Veszélyszimbólum:



GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: Sűrített gáz ill. Nyomás alatt cseppfolyósított gáz
Hűtött cseppfolyósított gáz

Jellemző tulajdonságok

Szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomáson színtelen, szagtalan (esetleg enyhén savanykás szagú), kissé savanykás ízű, levegőnél kereken másfélszer nehezebb, nem éghető, kis reakcióképességű gáz, amely csak nagy koncentrációban mérgező. Már környezeti hőmérsékleten (kritikus hőmérséklete, azaz +31,06 °C alatt) nyomás alatt könnyen cseppfolyósítható kis sűrűségű, könnyen mozgó színtelen folyadékká, amely hirtelen nyomáscsökkenéskor (fojtáskor) – a levegőhöz viszonyítva sokkal nagyobb mértékű Joule-Thomson lehűlés folytán – szilárd hőszerű anyagot, szénsavhavat képez, amelyből préseléssel nyerhetjük az úgynevezett szárazjeget. Mivel hármasponti nyomása 5,185 bar, ennél kisebb nyomáson folyadékállapotban nem létezik, így a szilárd szén-dioxid nem olvad, hanem közvetlenül gázállapotba megy át, azaz szublimál. Nagy párolgáshője, illetve szublimációs hője jóvoltából a cseppfolyós és szilárd szén-dioxid nagyon jó hűtőközeg.

A cseppfolyós szén-dioxid csak kevés anyagot old, és rossz áramvezető.

Vízben nagyon jól oldódik, az oldat kissé savanyú kémhatású, mivel az oldott gáz kis része kémiailag is reagál a vízzel, szén-savat (H₂CO₃) képezve. Alkáli-lúgokkal, vagy például mésszel (CaO, illetve Ca(OH)₂) könnyen karbonátokat képez, egyébként kémiai reakciókra főleg magas hőmérsékleten hajlamos, például az izzó szén egyensúlyi reakcióban részben szén-monoxidá redukálja.

A zöld növényekben napfény hatására, klorofil katalizátorral a levegő szén-dioxidjából és vízből szerves molekulák képződnek. Ez az asszimiláció a mai földi élet nélkülözhetetlen kémiai folyamata.

A szén-dioxid tárolása és szállítása túlnyomórészt folyadékállapotban történik, környezeti hőmérsékleten, nagyobb nyomáson palackozva, vagy alacsonyabb hőmérsékleten, kisebb nyomáson, hőszigetelt tároló-, illetve szállítótartályokban (tartálykocsikkal). Az utóbbi esetben szokás a terméket cseppfolyós szén-dioxidnak nevezni.

A folyékony szén-dioxid sűrűsége kritikus hőmérséklete közelében, tehát éppen a szokásos környezeti hőmérsékleti tartományban erősen csökken a hőmérséklet növekedésével, aminek palackozott termék esetében van biztonságtechnikai jelentősége, ugyanis a palack túltöltése esetén több száz bar folyadéknyomás alakulhat ki, ami robbanáshoz vezethet. A töltési tényező előírt biztonságos határértéke ezért 225 bar-nál kisebb próbanyomás esetén 0,66 kg/liter, nagyobb próbanyomású palackokban pedig 0,75 kg/liter (lásd még a 3.2.1 alfejezet: Palackos gáztárolás és ellátás, szén-dioxid palackokra vonatkozó részét).

A szárazjeget polietilén zacskóban is lehet szállítani, de hosszabb idejű tároláshoz mindenképpen hőszigetelt konténerek (ládák) szükségesek.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

Az atmoszferikus levegő átlagos szén-dioxid tartalma korábbi adatok szerint 0,033%(V/V), napjainkban azonban ez az érték az ipari tevékenység és közlekedés hatására növekvőben van, ami a globális felmelegedésnek kedvez. Nyersanyaga azonban nem a levegő szén-dioxidja, hanem egyrészt olyan természetes földgázforrások, amelyekben a főalkotórész nem a metán, hanem a szén-dioxid, másrészt különféle vegyipari folyamatok (például hidrogén-előállítás földgázbontással) melléktermékként keletkező hulladékgázai. Régebben közvetlenül a szén (kocsz) elégetésével is nyertek szén-dioxidot.

Magyarországon ma kizárólag természetes forrásokból állítanak elő szén-dioxidot, és a Messer Hungarogáz Kft. csak ilyen terméket forgalmaz. A gyártástechnológia itt egymás utáni tisztítási fázisokból áll, amelyek során előny, hogy a káros ipari szennyezők nem fordulnak elő a nyersgázban. Az első lépés a nagymolekulájú szénhidrogének és a víz kondenzációs eltávolítása után általában a katalitikus kéntelenítés, majd a desztillációs metántalanítás és szárítás következik. A végső tisztítás a maradék szénhidrogén és szerves szénvegyület katalitikus oxidációja, amelynek során minden szennyező szén-dioxiddá és vízzé ég el. Így a végső szárítással és cseppfolyósítással legalább 99,999% tisztaságú terméket nyerünk (lásd még a 2. fejezet vonatkozó részét).

A szén-dioxid felhasználási területei főleg három tulajdonságán alapulnak. Az egyik csekély kémiai reakciókészsége (közömbössége), a másik a vízben való jó oldhatósága, a harmadik pedig hűtőközeggént való alkalmassága mintegy –80 °C hőmérsékletig, mélyhűtött cseppfolyós alakban vagy szilárd formában. A főbb területek ezek szerint:

Élelmiszeripar, mezőgazdaság (üdítőitalok, ásványvizek dúsí-

tása, szódavíz készítés, sörcsapolási hajtógáz, élelmiszerek védőgázos csomagolása, tárolása, hűtveszállítás, repülőtéri, iskolai, üzemi, kórházi ételek frissen-tartása, hidegőrlés, zsír- és olajpor előállítása hűtve porlasztással, fűszer-, kávé- és komló kivonatok, illóolajok, természetes színezékek készítése nagy nyomású, szuperkritikus extrakcióval, koffein kinyerés kávéból és teából, hűtés, fagyasztás szárazjéggel, bor és más italok konzerválása, frissítése, gomba-spórák konzerválása, mészkicsapás cukorgyártáskor, melegházak trágyázása gázzal, fertőtlenítés, rovarirtás etilén-oxiddal keverten);

Vegyipar, gyógyszeripar (karbonátok, hidrogénkarbonátok, porfestékek előállítása, semlegesítés, különféle szerves vegyületek előállítása, penicillin dehidralása);

Fémipar (védőgázos hegesztés, főleg argontartalmú gázkeverékek alkotórészeként, hőkezelés, szárazjégszórásos felület-tisztítás);

Reaktortechnika (hűtőköri inert atmoszféra);

Víz- és szennyvízkezelés (ivóvíz előkezelése, keménységszabályozása, nitrát-, klorid- és szulfátmentesítése, pH szabályozása, például úszómedencékben is, környezetbarát módon, szennyvíz semlegesítése);

Egészségügy, gyógyászat (minimálisan invazív sebészet, fürdőkezelés, védőgáz endoszkópos beavatkozások során, orvostechnikai és operációs gázkeverékek alkotórésze);

Műanyag és gumiipar, papíripar (műanyagok habosítása, extrudálás, hideg polírozás, környezetkímélő papír-újrahasznosítás);

Biztonságtechnika (inertizálás, tűzoltó-berendezések oltó-, illetve hajtógáza, füstkiszorítás ipari tüzelőberendezéseknél, szóróflakonok hajtógáza);

Autóipari és egyéb klímaberendezések (munkagáz halogénezett szénhidrogének helyett);

Labortechnika (szárazjég-aceton vagy -alkohol keverék hűtőfürdő).

Szerkezeti anyagok, szerelvények

Száraz szén-dioxidhoz közönséges hőmérsékleten a szokásos fémek, mint acélok, alumínium, réz és rézötvözetek, nikkel és ötvözetek használhatók, a nedves szén-dioxid viszont korrozív, ezért csak 316, 309 és 310 típusú rozsdamentes acél, Hastelloy® és monelfém használata ajánlatos.

Magas hőmérsékleten alumínium használható, az acél és nikkelötvözetek oxidálódnak.

Tömítésként a szokásos anyagok, mint PTFE, PCTFE, PVDF, PA, PP használhatók.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14"

Folyadékélvétel palackból: merülőcsöves szeleppel

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető, égéstechnikai adata nincs.

Munkaegészségügyi adatok:

ÁK-érték: 9000 mg/m³ = 5000 ppm(V/V)

Szárazjég és expandáló cseppfolyós szén-dioxid esetében az alacsony hőmérséklet (-78,5 °C) okoz veszélyforrást.

Fizikai-kémiai adatok

Kémiai képlet:	CO ₂
Móltömeg:	44,0095 g/mol
Molekulaméret:	0,51 nm – 0,35 nm

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	1,9767	kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	1,8474	kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	1,5289	
Folyadékállapotban a hármasponton (-56,57 °C, 5,185 bar)	1178,4	kg/m ³
Folyadékállapotban -19,15 °C-on (20,22 bar egyensúlyi nyomáson)	1028,3	kg/m ³
Folyadékállapotban +0,85 °C-on (35,64 bar egyensúlyi nyomáson)	922,87	kg/m ³
Folyadékállapotban +14,85 °C-on (50,66 bar egyensúlyi nyomáson)	823,21	kg/m ³
Folyadékállapotban +24,85 °C-on (64,09 bar egyensúlyi nyomáson)	713,73	kg/m ³
Szilárd állapotban a normál szublimációs ponton (-78,5 °C, 1,01325 bar)	1562	kg/m ³
A kritikus ponton (73,825 bar, +31,06 °C)	466,01	kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós szén-dioxid a hármasponton **637 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású szén-dioxid **gáznak** felel meg.

1 kg szilárd vagy folyékony szén-dioxid **0,541 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású szén-dioxid **gáznak** felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású szén-dioxid **0,9345 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) szén-dioxidnak felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 216,58 K = -56,57 °C

nyomás: 5,185 bar

olvadáshő/fagyáshő: 196,5 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 304,21 K = +31,06 °C

nyomás: 73,825 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
5,18 bar nyomáson (hármaspont)	-56,57 °C	1178,4 kg/m ³	14,04 kg/m ³	352,25 kJ/kg
20,93 bar nyomáson	-18,00 °C	1022,7 kg/m ³	55,10 kg/m ³	277,44 kJ/kg
52,09 bar nyomáson	+16,00 °C	815,1 kg/m ³	165,71 kg/m ³	173,09 kJ/kg
65,85 bar nyomáson	+26,00 °C	696,6 kg/m ³	255,72 kg/m ³	112,09 kJ/kg

Szublimációs hőmérséklet, egyensúlyi szilárd- és gőzsűrűség és párolgáshő (szublimációs hő)

	Hőmérséklet	Szilárdanyag-sűrűség	Gőzsűrűség	Szublimációs hő
0,23 bar nyomáson	-95,00 °C	1589 kg/m ³	0,69 kg/m ³	582,10 kJ/kg
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-78,50 °C	1562 kg/m ³	2,81 kg/m ³	570,86 kJ/kg
1,98 bar nyomáson	-70,00 °C	1545 kg/m ³	5,36 kg/m ³	563,75 kJ/kg
5,18 bar nyomáson (hármaspont)	-56,57 °C	1513 kg/m ³	13,76 kg/m ³	547,36 kJ/kg

Gőznyomás

-95 °C = 178,15 K hőmérsékleten*	0,231 bar
-78,5 °C = 194,65 K hőmérsékleten*	1,01325 bar
-56,57 °C = 216,58 K hőmérsékleten**	5,185 bar
-18 °C = 255,15 K hőmérsékleten	20,930 bar
0 °C = 273,15 K hőmérsékleten	34,816 bar
+16 °C = 289,15 K hőmérsékleten	52,090 bar
+26 °C = 299,15 K hőmérsékleten	65,849 bar

* Szilárd fázis a normál szublimációs hőmérsékleten

** Szilárd és folyékony fázis a hármasponton

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)									
	223,15 K -50 °C	253,15 K -20 °C	273,15 K 0 °C	293,15 20 °C	303,15 K 30 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C	573,15 K 300 °C	873,15 K 600 °C	
1	0,9869	0,9914	0,9933	0,9947	0,9952	0,9961	0,9976	0,9996	1,0001	
5	0,9310	0,9555	0,9657	0,9720	0,9758	0,9805	0,9882	0,9982	1,0007	
10	0,0205	0,9073	0,9294	0,9449	0,9509	0,9607	0,9763	0,9964	1,0014	
20	0,0400	0,0405	0,8490	0,8850	0,8985	0,9197	0,9525	0,9929	1,0029	
50	0,1018	0,1000	0,1029	0,6424	0,7041	0,7815	0,8796	0,9838	1,0078	
100	0,2017	0,1965	0,1988	0,2107	0,2264	0,4201	0,7540	0,9723	1,0169	
300	0,5870	0,5601	0,5511	0,5498	0,5522	0,5643	0,6427	0,9741	1,0649	

Megjegyzések:

A zöld mező a táblázatokban folyadékállapotot jelent.

P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Fajhő állandó nyomáson (c_p), kJ/kg·K

P bar	T (K és °C)				
	223,15 K -50 °C	253,15 K -20 °C	293,15 K 20 °C	373,15 K 100 °C	573,15 K 300 °C
1	0,7799	0,8063	0,8447	0,9188	1,0627
5	0,8753	0,8606	0,8753	0,9322	1,0665
10	2,0979	0,9481	0,9188	0,9493	1,0711
50	2,0702	2,0832	2,1426	1,1297	1,1079
100	2,0418	2,0012	2,6096	1,5301	1,1548
300	1,9677	1,8338	1,8744	2,0556	1,3230

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	223,15 K -50 °C	253,15 K -20 °C	293,15 K 20 °C	373,15 K 100 °C	573,15 K 300 °C
1	1,123	1,275	1,472	1,857	2,706
10	22,720	1,300	1,486	1,866	2,716
50	23,660	14,450	1,704	1,980	2,780
100	24,690	15,350	8,300	2,244	2,875
300		18,500	11,740	5,240	3,460

A szilárd szén-dioxid **fajhője** (c_p), a normál szublimációs hőmérsékleten, -78,5 °C-on: 1,238 kJ/kg · K

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10^{-3} szorzóval)

P bar	T (K és °C)				
	223,15 K -50 °C	253,15 K -20 °C	293,15 K 20 °C	373,15 K 100 °C	573,15 K 300 °C
1	11,263	13,263	16,066	22,230	38,392
10	156,879	13,757	16,765	22,652	38,698
50	159,327	145,093	24,958	25,472	40,116
100	162,122	149,373	99,780	32,125	42,037
300	170,787	163,440	124,340	73,739	51,451

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m^3 normálállapotú gáz/ m^3 víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α	g CO ₂ /liter vizes oldat
0	1,7163	3,3932
10	1,1887	2,3501
20	0,8704	1,7208
30	0,6678	1,3203
50	0,3719	0,7352
85	0,1844	0,3646

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	2.5cs ip	3.5cs med	4.5cs	3.8cs él.ip CC/H	2.5 ip	3.5 él.ip	3.5 eü	4.5	4.8	2.5 szárazjég	
Összetétel											
CO ₂ , min.	99,5	99,95	99,995	99,98	99,5	99,95	99,95	99,995	99,998*	99,5	%(V/V)
Szennyezők, max.											
O ₂	-	-	15	-	-	-	-	25	15	-	ppm(V/V)
N ₂	-	-	25	-	1000	-	-	25	-	-	ppm(V/V)
H ₂ O	20	20	5	-	60	-	60	5	3	-	ppm(V/V)
$\Sigma C_n H_m$	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	ppm(V/V)
NO + NO ₂	-	1	-	2	-	2	1	-	-	-	ppm(V/V)
CO	-	1	1	5	-	5	1	1	1	-	ppm(V/V)
H ₂ S	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	ppm(V/V)
SO ₂	-	-	-	1*	-	1	-	-	-	-	ppm(V/V)
H ₂ S + SO ₂	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	ppm(V/V)
ΣS -vegyület	-	0,1	-	0,1**	-	-	-	-	-	-	ppm(V/V)
Olaj	-	-	-	3	-	3	-	-	-	-	mg/m ³
Párolgási maradék	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	mg/kg
Szállítási forma és adag											
P 3	-	-	-	-	2,0	2,0	2,0	2,0	-	-	kg
P 5	-	-	-	-	-	3,75	-	-	-	-	kg
P 7	-	-	-	-	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	kg
P 14	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	10,0	-	-	kg
P 27	-	-	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0	-	-	kg
P 40	-	-	-	-	30,0	30,0	30,0	30,0	-	-	kg
P 50	-	-	-	-	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	-	kg
B 12 x P 50	-	-	-	-	450,0	450,0	450,0	450,0	-	-	kg
Tartálykocsival felhasználói tartályba	A felhasználó mennyiségi és minőségi igényei szerint				-	-	-	-	-	-	kg
Palettank-628 liter***	-	-	-	691	-	-	-	-	-	-	kg
Zacskó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	kg
Láda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50, 100, 200, 350, 500	kg

* Inkl. N₂** Ha a $\Sigma S \leq 0,1$ ppm(V/V), akkor az egyes kénvegyületeket nem kell vizsgálni, ha viszont $\geq 0,1$ ppm(V/V), akkor ezen belül a külön meghatározott SO₂ koncentrációja max. 1 ppm(V/V), a többi kénvegyület összes koncentrációja pedig max. 0,1 ppm(V/V) lehet*** Az elvételi gáznyomás és teljesítmény: 17, 24 vagy 37 bar; 10, 21 vagy 30 m³/hMegjegyzés: m³ alatt minden esetben gázköbméter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A teljes specifikációs terméknevek:

2.5cs, ip Cseppfolyós szén-dioxid 2.5, ipari (Az MSZ EN ISO 14175 hegesztési védőgázokra vonatkozó követelményeinek is megfelel.)

3.5cs, med Egészségügyi cseppfolyós szén-dioxid 3.5med (Az érvényes Ph.Eur szerint)

4.5cs Cseppfolyós szén-dioxid 4.5

3.8, él.ip, CC/H Élelmiszeripari cseppfolyós szén-dioxid 3.8CC/H (Az érvényes JECFA (FAO/WHO), ISBT/Coca-Cola Company és Heineken specifikációs követelményeknek megfelelően. Olajmentes, idegen íztől és szagtól mentes. OÉTI engedélyszám: 1702/1998)

2.5, ip Szén-dioxid, ipari (Az MSZ EN ISO 14175 hegesztési védőgázokra vonatkozó követelményeinek is megfelel)

3.5, él.ip Gourmet C szén-dioxid 3.5, élelmiszeripari, E 290 (Megfelel a JECFA [FAO/WHO] specifikáció követelményeinek. OÉTI engedélyszám: 1702/1998.)

4.5 Szén-dioxid 4.5

3.5, eü Egészségügyi szén-dioxid 3.5 (Az érvényes Ph.Eur szerint)

4.8 Szén-dioxid 4.8 (N₂ párnával)

2.5 szárazjég Szárazjég (szárazjégőh, szárazjég szemcse 3 és 16 mm Ø, szárazjég tömb)

Azonosító jelölések

CAS-szám: 7440-63-3
 EU-szám: 231-172-7
 RID/ADR
 besorolás: UN 2036, xenon, 2.2, 2. osztály, 2A
 Gázpalack
 színjelölése: palackváll: élénkzöld (RAL 6018)



Veszélyszimbólum:

GHS besorolás: Nyomás alatt lévő gázok: sűrített gáz

Jellemző tulajdonságok

Szintelen, szagtalan, nem éghető, a kriptonnál is nehezebb és kisebb hővezető képességű, egyatomos nemesgáz, narkotizáló, de nem toxikus hatású. Közöséges körülmények között kémiailag közömbös, de fluorral és oxigénnel képzett nemesgázvegyületei előállíthatók. Vízben a kriptonnál is jobban oldódik.

Nagy értékét tekintve, a palackba töltött mennyiséget a kriptonhoz hasonlóan nem gázköbméterben, hanem literben számolják el, de a mérés a töltött tömeg alapján történik, mivel a kritikus, +16,6 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten, a megfelelő gőznyomáson cseppfolyós halmazállapotú.

Előállítási módszerek és felhasználási területek

A földi légkörben a kriptonnál is egy nagyságrenddel kisebb, 8,7·10⁻⁶%(V/V) koncentrációban fordul elő, viszont a levegőből történő kriogén kriptongyártáskor a kripton termékbe kerül, és

az így nyert kripton-xenon elegy további rektifikációval szétválasztható.

Fő felhasználási területe a kriptonhoz hasonlóan a világítástechnika. A kriptonnál is kisebb hővezető képessége folytán a xenontöltésű izzólámpákban még nagyobb izzószál hőmérséklet, és így még nagyobb fényhatásfok érhető el. Használják ezenkívül jódlámpákban, villanólámpákban és más ívlámpákban például filmforgatáskor, vagy sportpályák megvilágításakor.

Egyéb felhasználásai: lézerekben gerjesztésre, röntgen- és gamma-sugár mérőkben metánnal keverve, neutron számlálóknál ¹⁰B_F₃-dal együtt, tömegspektrométerek kalibrálására, buborékkamrákban (cseppfolyós állapotban), valamint speciális orvosi diagnosztikai célokra. A xenon-oxigén keverék operációk alatt narkotikumként alkalmazható.

Fluorral és oxigénnel alkotott vegyületei speciális fluorozási, illetve oxidálási reakciókra használhatók.

Szerkezeti anyagok

Minden szokásos fém és a szokásos tömítőanyagok, mint PTFE, PCTFE, PDVF, PA, PP, nitril- és egyéb műkaucsukok, stb. használhatók.

Palackszelep csatlakozás: DIN 477 Nr. 6: W 21,8 x 1/14"

Biztonságtechnikai adatok

Mivel nem éghető és nem mérgező, égéstechnikai és munkaegészségügyi adata nincs.

Fizikai–kémiai adatok

Kémiai képlet: Xe
 Rendszám: 54
 Móltómege: 131,293 g/mol
 Első ionizációs energia: 1170 kJ/mol

Természetes izotópok:

Izotóp	Előfordulási gyakoriság, %(n/n)	Relatív atomtömeg
¹²⁴ Xe	0,09	123,905896
¹²⁶ Xe	0,09	125,904269
¹²⁸ Xe	1,92	127,903530
¹²⁹ Xe	26,44	128,904779
¹³⁰ Xe	4,08	129,903508
¹³¹ Xe	21,18	130,905082
¹³² Xe	26,89	131,904154
¹³⁴ Xe	10,44	133,905394
¹³⁶ Xe	8,87	135,907220

Sűrűség:

Normálállapotban (0 °C hőmérsékleten, 1,01325 bar nyomáson)	5,8982 kg/m ³
Gázipari vonatkozási állapotban (15 °C, 1 bar)	5,514 kg/m ³
Száraz levegőre vonatkoztatott relatív sűrűség (15 °C, 1 bar)	4,562
Folyadékállapotban a normál forrásponton (-108,10 °C, 1,01325 bar)	3057 kg/m ³
A kritikus ponton (27,56 bar, -228,75 °C)	1110 kg/m ³

Átszámítási tényezők

1 m³ cseppfolyós xenon a normál forrásponton **534 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású xenon **gáznak** felel meg.

1 kg xenon **0,181 m³** 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású xenon **gáznak** felel meg.

1 kg xenon **0,340 liter** -108,10 °C hőmérsékletű (atmoszferikus nyomáson forrásban lévő) **cseppfolyós** xenonnak felel meg.

1 m³ 15 °C hőmérsékletű, 1 bar nyomású xenon **0,9349 m³** normálállapotú (0 °C hőmérsékletű, 1,01325 bar nyomású) xenonnak felel meg.

Hármasponti hőmérséklet: 161,35 K = -111,8 °C

nyomás: 0,816 bar

olvadáshő/fagyáshő: 17,48 kJ/kg

Kritikus ponti hőmérséklet: 289,733 K = +16,583 °C

nyomás: 58,40 bar

Forrásponti hőmérséklet, egyensúlyi folyadék- és gőzsűrűség, párolgáshő

	Hőmérséklet	Folyadéksűrűség	Gőzsűrűség	Párolgáshő
Atmoszferikus nyomáson (1,01325 bar)	-108,10 °C	2945 kg/m ³	9,86 kg/m ³	96,23 kJ/kg

Gőznyomás

-108,10 °C = 165,05 K hőmérsékleten	1,01325 bar
-90 °C = 183,15 K hőmérsékleten	2,6 bar
0 °C = 273,15 K hőmérsékleten	45 bar

Kompresszibilitási tényező

P bar	T (K és °C)	
	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C
1	0,9941	0,9959
10	0,9391	0,9576
50	0,5806	0,7589
100		0,4376
150		0,4334
200		0,5207

Megjegyzés: A zöld mező folyadékállapotot jelent, itt nincs adat.

Fajhő állandó nyomáson, $c_p = 0,159$ kJ/kg·K (25 °C hőmérsékleten és 1,01325 bar nyomáson)

Dinamikai viszkozitás (η), N·s/m² (10⁻⁵ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	2,110	2,218	2,470	2,820

Hővezető képesség (λ), W/m·K (10⁻³ szorzóval)

P bar	T (K és °C)			
	273,15 K 0 °C	288,15 K 15 °C	323,15 K 50 °C	373,15 K 100 °C
1,01325	5,19	5,56	6,19	6,99

Megjegyzés:

P nyomás alatt mindig abszolút nyomás értendő!

Specifikációk és szállítási formák

Tisztasági fok Spec. minőség	4.8	
Spec. minőség		
Összetétel		
Xe, min.	99,998	%(V/V)
Szennyezők, max.		
O ₂	0,5	ppm(V/V)
H ₂ O	1	ppm(V/V)
N ₂	5	ppm(V/V)
ΣC _n H _m	0,1	ppm(V/V)
Ar	5	ppm(V/V)
Kr	8	ppm(V/V)
CF ₄	1	ppm(V/V)
Szállítási forma és adag		
P 01	100	liter
P 02	200	liter
P 10	2000	liter
P 50	10000	liter

Megjegyzések:

A táblázatban megadott szállítási adagok a maximális töltetet mutatják.

Lehetőség van ettől eltérő, kisebb töltetmennyiségek palackozására is.

liter alatt gázállapotú liter értendő 1 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten.

A nyomás a palackban +16,6 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten a folyadék

gőznyomásának megfelelően <58,4 bar, egyébként kb. 60 bar;

a töltési adag ellenőrzése tömegméréssel (mérlegeléssel) történik.

(1 liter 5,514 g-nak felel meg).

Oldhatóság vízben (α Bunsen koefficiens, m³ normálállapotú gáz/ m³ víz, 1 atm = 1,0325 bar nyomáson)

Hőmérséklet, °C	Bunsen koefficiens, α
0	0,203
20	0,108
30	0,085

Megjegyzés: A nyomás növelésével az oldhatóság arányosan nő.

A teljes specifikációs terméknév:

4.8 Xenon 4.8