

FƏRMAN QOCAYEV  
ferman.qocayev@gmail.com  
BİLLURƏ HACIYEVA  
billurehaciyeva76@gmail.com  
Naxçıvan Dövlət Universiteti

DOI: 10.30546/155244.2024.2.127.008

## MAYE HELİUM VƏ ONUN ƏSAS XASSƏLƏRİ

Məqalədə kriogen maye (soyuq maye) olan helium izotoplarının ( ${}^2\text{He}^4$  və  ${}^3\text{He}^3$ ) alınması və mühüm fiziki xassələri haqqında geniş məlumatlar verilir. İfrataxıcı maye He II-in kəşfi, onun istilik tutumunun temperaturdan asılılığı, ifrataxıcılıq xassələri, onun təzyiqinin temperaturdan asılılığını xarakterizə edən diaqram haqqında ətraflı məlumatlar şərh edilir. Aşağı temperaturların alınması üsulları geniş şəkildə izah edilir. He II-in ifratistilikkeçirmə xassəsinə malik olması izah edilir.  ${}^2\text{He}^4$  və  ${}^3\text{He}^3$ -ün özlülüyü haqqında konkret faktlar verilir. He II mayesinin praktik tətbiq sahələri göstərilir, ifrataşağı temperaturların dəqiq ölçülməsində ondan istifadə edərək kondensiyalı termometrlərin hazırlanması qaydası şərh edilir.

**Açar sözlər:** İfrataxıcılıq, aşağı temperatur, özlülük, ifratistilikkeçirmə, böhran temperaturu, hal diaqramı

Helium ( ${}^2\text{He}^4$ ) D.İ.Mendeleyevin tərtib etdiyi elementlərin dövrü sistem cədvəlində 2-ci kimyəvi element olub, təsirsiz qazlar qrupunda yerləşir. Təbii halda atmosfer tərkibində mövcud olan bu təsirsiz qaz, faiz etibarı ilə onun ümumi kütləsinin çox kiçik bir hissəsini (1%-dən az) təşkil edir. Helium üç aqreqat halında - qaz, maye və bərk halda ola bilər. Təbiətdə rast gəlinən ən soyuq maye heliumdur. Maye helium 1 atm. təzyiqdə 4,21 K temperaturda qaynayır. O, təbiətdə yeganə maddədir ki, adi təzyiqdə mütləq sıfır temperaturuna qədər (0 K) soyudulduqda belə bərk hala keçmir (kristallaşmır). Lakin, təzyiqi 25 atmosferə qədər qaldırdıqda 0 K oblastında kristallaşa bilər.  $T=60\text{K}$ -də  $P=10000$  atmosfer təzyiqdə helium rəngsiz və şəffaf olan bərk heliuma çevrilir. Maye heliumun sıxlığı  $0,12\text{ q\sm}^3$  olub, kifayət qədər sıxılabilmə xassəsinə malikdir.

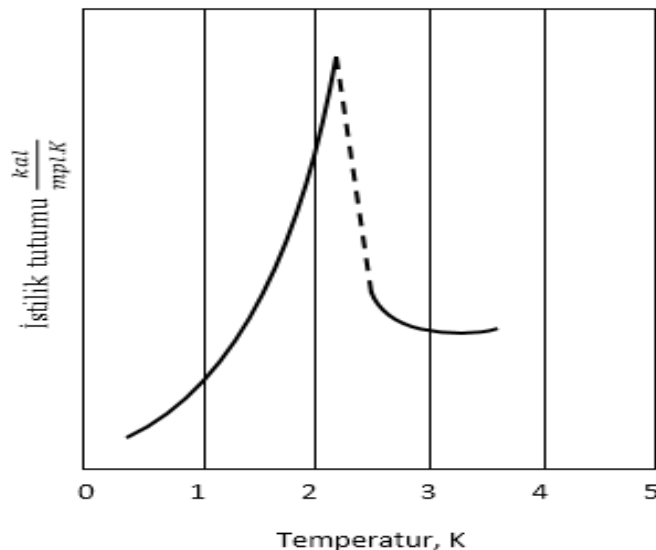
Maye helium dünyada ilk dəfə olaraq 1908-ci ildə Niderlandda, Leyden universitetinin fizika laboratoriyasında holland fiziki Komerlinq-Onnesin rəhbərliyi altında alınmışdır. Qeyd edək ki, məhz maye heliumun kəşfindən sonra 1911-ci ildə ilk dəfə olaraq Komerlinq-Onnes təmiz maye metal olan civədə (Hg) 4,21 K temperaturunda ifratkeçiricilik hadisəsini kəşf etdi.

İndi isə qazların mayeləşdirilməsi mexanizminin fiziki əsasını müəyyənləşdirərək. İlk baxışda adama elə gəlir ki, guya istənilən temperaturdakı qazı kifayət qədər böyük təzyiq altında sıxmaqla mayeləşdirmək olar. Əslində bu heç də belə deyildir. Qazı böyük təzyiq altında sıxmaqdan asılı olmayaraq, bir qaz molekuluna düşən orta kinetik enerji iki molekul arasındakı qarşılıqlı cazibəyə uyğun gələn potensial enerjiden böyükdürsə, bu temperaturda və bundan yüksək temperaturlarda qaz mayeləşməz. Deməli, qazın mayeləşməsi üçün bir molekulaya düşən orta kinetik enerjinin iki molekul arasındakı qarşılıqlı cazibənin potensial enerjisindən kiçik olmasına nail olmaq lazımdır. Bunun üçün isə qazın temperaturunu aşağı salmaq lazımdır. İstənilən qazı mayeləşdirmək üçün onu öz böhran temperaturuna, yaxud da ondan aşağı temperaturadək soyutmaqla sıxmaq lazımdır.

Aşağı temperaturlu mayeləri almaq üçün, əsasən, Coul-Tomson effektindən istifadə olunur. Bunun üçün, atmosfer havası xüsusi qurğuların (məsələn, P.T.Kapitsa qurğusunun) köməyi ilə sorulub, yüksək təzyiq altında sıxılır və sonra onu kiçik diametrlili dar mis borulardan keçməklə ona adiabatik genişlənmə verilir. Prosesi bir neçə dəfə təkrar etməklə, azot, oksigen, hidrogen və helium

qazlarını mayeləşdirmək olar. Heliumun ( ${}^2\text{He}^4$ ) üzərindəki təzyiqi çox aşağı salmaqla onun temperaturunu 1 K-ə qədər aşağı salmaq mümkündür. 1 K-dən aşağı temperaturu, yəni ifrataşağı temperaturu almaq üçün isə adiabatik maqnetsizləşdirmə metodlarından istifadə edilir. Bunun üçün maqnit duzlarından istifadə olunur.

Heliumun iki izotopu mövcuddur:  ${}^2\text{He}^4$  və  ${}^2\text{He}^3$ . Bu modifikasiyalar He I və He II adlanır. 1932-ci ildə Keezom və Klauzius heliumun istilik tutumunu müşahidə etmişlər. Bu hadisə  $\lambda$ -hadisə, uyğun temperatur isə  $\lambda$  temperatur və ya  $\lambda$  nöqtə adlanır (şəkil 1).



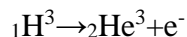
Şəkil 1.

He I adi mayedir. He II isə fiziki xassələrinin kəskin anomaliyası ilə fərqlənən mayedir. He II ifrataxıcı mayedir. Onun özlülüyü  $\eta \approx 10^{-11}$  puazdır. Bunu 1940-cı ildə akademik P.L.Kapitsa müəyyən etmişdir. He I-in özlülük əmsalı isə  $\eta \approx 2 \cdot 10^{-5}$  puazdır. İfrataxıcılığın nəzəriyyəsi 1941-ci ildə akademik L.D.Landan tərəfindən yaradılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, təbii heliumda ( ${}^2\text{He}^4$ ) yüngül izotop olan  ${}^2\text{He}^3$  izotopunun miqdarı çox azdır. Havadan alınan  ${}^2\text{He}^4$  izotopunda  ${}^2\text{He}^3$ -ün miqdarı ümumi qaz kütləsinin  $10^{-7}\%$ -i təşkil edir. Ona görə də bu izotopun alınması çətinidir.

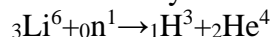
${}^2\text{He}^3$  izotopunun böhran temperaturu 3,35K-dir. O, 1 atm. təzyiqdə 3,195K-də qaynayır. He II ən kiçik diametrlili kapilyar borudan, deşiklərdən və yarıqlardan sərbəst axa bilir. Onun axma qanunu adi mayələrin hərəkət qanunlarından kəskin fərqlənir. Nazik kapilyar borularda ( $d \approx 10^{-4} - 10^{-5}$  sm) He II axma sürəti kapilyar borunun uzunluğundan və təzyiqlər fərqiindən asılı deyildir. Kapilyarın qalınlığı artdıqca onun axma sürəti artmır, əksinə azalır. Bu isə onu göstərir ki, He II belə kapilyar borularda tam özlülüyü olmayan maye kimi axır.

He II ən mühüm xüsusiyyətlərindən biri də onun ifrat istilikkeçirmə xassəsinə malik olmasıdır. Onun istilikkeçiriciliyi otaq temperaturunda götürülmüş misin (Cu) istilikkeçirməsindən 200 dəfə, He I istilikkeçirməsindən isə milyon dəfələrlə çoxdur.

${}^2\text{He}^3$  izotopunu süni yolla hidrogenin ağır izotopu olan tritiumun ( ${}^3\text{H}^3$ )  $\beta$ -parçalanması üsulu ilə almaq olar:

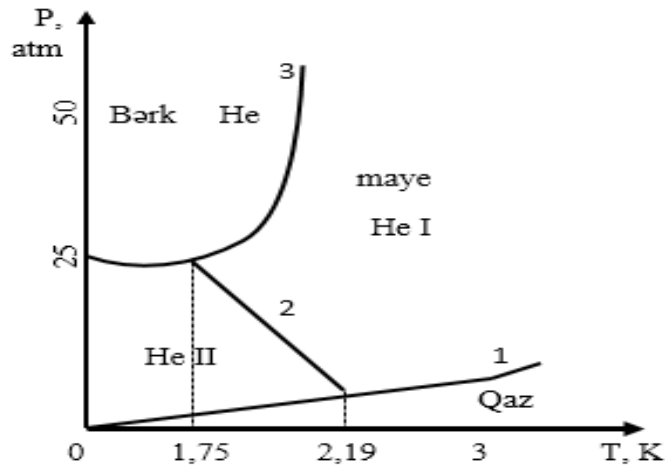


Qeyd edək ki,  ${}^3_1\text{H}^3$ -ün yarımparçalanma periodu 12,5 ilə bərabərdir.  ${}^3_1\text{H}^3$  izotopunu digər nüvə reaksiyaları vasitəsilə, məsələn Litiumun nüvəsini neytronla bombardman etməklə də almaq olar:



Maye  ${}^2\text{He}^3$ -dən kondensasiyalı termometrlerin düzəldilməsində istifadə olunur. Belə termometrlerin köməyi ilə 1K-dən aşağı temperaturları ölçmək mümkündür. Çünki,  ${}^2\text{He}^3$  mayesi 0K oblastına yaxın temperaturlarda belə donmayıb, maye halında qala bilir.

Heliumun qaz, maye və bərk hallarını xarakterizə edən diaqram şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. Helium I - Helium II keçidi

Şəkildən görüldüyü kimi diaqramda təzyiğin (P) temperaturdan (T) asılılığı xarakterizə olunmuşdur. Diaqramda 1-əyrisi heliumun qaz halından maye halına keçməsinə, 2-əyrisi  $\lambda$ -nöqtəsini (temperaturu) xarakterizə edir. Yəni He I və He II keçidini göstərir. 3-əyrisi isə yüksək təzyiqdə heliumun bərk halda keçməsinə yəni kristallaşmasını müəyyən edir.

Diaqramdan görüldüyü kimi bərk-qaz halının tarazlıq əyrisi-hal diaqramı mütləq sıfır ( $T=0K$ ) nöqtəsindən başlayır. Bu isə o deməkdir ki, üzərinə göstərilən təzyiğin qiymətindən asılı olmayaraq, maddə mütləq sıfır temperaturunda yalnız bərk halda olur. Müəyyən edilmişdir ki, təbiətdə yalnız bir maddə-helium bu qaydaya tabe olur. O, mütləq sıfır temperaturunadək maye halında qalmağa davam edir. Ona görə də, heliumu bəzən də “ən soyuq maye” adlandırırlar.

Heliumun hal diaqramına nəzər salsaq deyə bilərik:

1. Kristallaşma əyrisi mütləq sıfır temperaturunda təzyiq əyrisini 25 atmosferdə kəsir. Bu isə o deməkdir ki, təzyiğin 25 atmosferdən kiçik qiymətlərində helium maye halında olur. Mütləq sıfırda heliumu bərk hala gətirmək üçün ona 25 atmosferdən böyük təzyiq tətbiq etmək lazımdır.

2. Diaqramdan görüldüyü kimi bərk-maye və maye-qaz hal diaqramları, yəni ərimə və mayeləşmə əyriləri bir-biri ilə kəsişmir. Deməli, heliumun 3 aqreqat halı (bərk, maye və qaz) heç zaman birlikdə tarazlıq halında olmur, yəni heliumun üçqat nöqtəsi yoxdur.

3. Maye helium 2,19K-də ikinci növ faza keçidinə uğrayır-helium I helium II-yə çevrilir.

Helium II mütləq sıfır temperaturunda maye halında qalma səbəbi, yalnız kvant mexanikası ilə izah olunduğuna görə, onu “kvant mayesi” də adlandırırlar.

Helium II mayesinin qəribə “sərgüzəştləri” də mövcuddur. İçərisində helium II mayesi olan geniş qaba helium II tökülmüş sınaq borusu yerləşdirsək, görərik ki, bu halda helium II mayesi borunun divarı boyunca yuxarı qalxaraq geniş qaba tökülür və proses hər iki qabda mayələrin səviyyələri bərabərləşənədək davam edir.

Ölçmələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, şüşə borunun divarı boyunca qalxan maye təbəqəsinin qalınlığı  $2 \cdot 10^{-6}$  santimetrdir, yəni təxminən 100 atomdan ibarətdir. Bu proses yalnız temperaturu 2,2K olan nöqtələrə qədər mümkündür. 2,2 Kelvindən böyük olan temperaturlarda helium II mayesi helium I mayesinə çevrildiyindən və helium I adi maye olduğundan, heç bir qeyri-adi hadisə baş vermir.

Məsələ ondadır ki, helium II mayesi digər növ mayələr kimi islatma qabiliyyətinə malikdir, konkret desək, şüşəni isladır. O, həmçinin ifratıxıcı olduğundan, bu iki əlamətin birlikdə mövcudluğu qabın divarı boyunca yuxarıya doğru hərəkət edən nazik maye təbəqəsinin meydana gəlməsinə səbəb olur.

He I və He II mühüm xassələrinin istər nəzəri və istərsə də təcrübi öyrənilməsi nəinki, aşağı temperaturlar fizikasının, eyni zamanda astrofizikanın bu günə qədər öyrənilməmiş məsələlərinin öyrənilməsində mühüm rol oynaya bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Qocayev F.R., Tağıyev E.B. Aşağı temperaturların alınması üsulları. İfratkeçiricilik effekti və onun praktik tətbiq sahələri. NDU, Elmi əsərlər, 2022, №4 (117),<sup>S.6-9</sup>.
2. Кресин В.З. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. Москва:1978 г.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. Москва: 1976 г.
4. Халатников И.М. Введение в теорию сверхтекучести. Москва: 1965 г.

SUMMARY

**Farman Gocayev, Billura Hajiyeva**

**LIQUID HELIUM AND ITS MAIN PROPERTIES**

The article provides extensive information on the production of cryogenic liquid (cold liquid) helium isotopes ( $^2\text{He}_4$  and  $^2\text{He}_3$ ) and their important physical properties. Detailed information about the discovery of the superconducting liquid He II, the dependence of its heat capacity on temperature, the properties of superconductivity, and the diagram characterizing the dependence of its pressure on temperature are explained. Methods of obtaining low temperatures are explained in detail. It is explained that He II has an antifreeze property. Specific facts about the viscosity of  $^2\text{He}_4$  and  $^2\text{He}_3$  are given. Fields of practical application of the He II liquid are shown, and the procedure for making condensation thermometers using it for accurate measurement of ultralow temperatures is explained.

**Key words:** *Extreme viscosity, low temperature, viscosity, extreme viscosity, crisis temperature, state diagram*