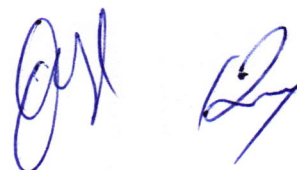


YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ YÜZEY ALANI & MİKRO GÖZENEK BOYUTU ANALİZ CİHAZI TEKNİK ŞARTNAMESİ

1. Cihaz, katalizörler, seramikler, mineral ve maden ürünleri, sinterlenmiş materyal, yapı malzemeleri, iyon değiştirici reçineler, adsorbanlar, aktif karbon, ilaç hammaddeleri, metalurjik tozlar, aşındırıcılar ve polimerler gibi katı ve toz maddelerin BET yüzey alanı, gözeneklilik (porozite) ve aktif metal yüzey alanı gibi yüzey özelliklerini çok düşük basınçlarda (yüksek vakumda) ve yüksek çözünürlükte, hızlandırılmış olarak belirlemek için kullanılma elverişli olmalıdır.
2. Sistem, tek bir cihaz olarak tek-noktalı (single-point) ve çok-noktalı (multi-point) BET yüzey alanı, Langmuir yüzey alanı, mikro-gözenek hacim ve alanları, mezo-gözenek hacim ve alan dağılımları, toplam gözenek hacmi, yoğunluk fonksiyonel teorisi (Density functional theory DFT Plus) analizi, non-linear yoğunluk fonksiyonel teorisi (NLDFT), full adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermeleri, gözenek boyutu ve gözenek hacim dağılım hesaplamalarını, kimyasal adsorpsiyon, aktif metal yüzey alanı, kristalit boyutu, kimyasal monotabaka kapasitesi gibi verileri tam otomatik olarak ölçebilmelidir.
3. Cihaz statik volumetrik metod tekniği ile çalışmalıdır.
4. Cihaz en az 3 (üç) portlu yüzey alanı ve mikro-mezo-makro gözenek boyutu ölçüm cihazı olmalı ve bu portların en az biri yüksek çözünürlüklü olarak mikro gözenek ve gözenek boyut dağılımı ölçümleri için kullanılabilirdir.
5. Cihazın her üç portunda birbirinden tamamen yapısal olarak farklı veya aynı üç numunenin analizi, her üç portta da aynı gaz veya her bir farklı portta farklı (aynı anda 3 farklı) adsorptive gaz kullanılarak eş zamanlı olarak yapılabilirdir. Sistemin manifold, vakum ve vana tasarımları bu çalışmayı yapacak şekilde tasarlanmış ve sağlanmış olmalıdır.
6. Cihaz en az $0,0005 \text{ m}^2/\text{g}$ 'a kadar yüzey alanı ölçümüne uygun olmalıdır. Bu hassasiyeti sağlamak üzere sistemin mikro gözenek ölçüm portunda net olarak 0,1, 10 ve 1000 mm Hg (torr) aralıklarını ölçebilen en az 3 adet basınç sensörü bulunmalıdır. Sistemde toplamda en az 8 adet basınç sensörü bulunmalıdır. İleride ihtiyaç duyulması durumunda, sistemin tüm portları mikro gözenek ölçümüne uygun olarak toplamda 12 adet basınç sensörü bulunacak şekilde opsiyonel olarak sonradan yükseltilebilirdir.
7. Cihaz, P_0 doygunluk basıncı portunda en az 1 adet 1000 torr'luk basınç ölçer-dönüştürücü sistemine sahip olmalıdır.
8. Sistem yüzey alanı analizlerinde P/P_0 'a karşı adsorplanan gaz miktarını belirleyerek çalıştığından analiz hassasiyeti ve tekrarlanabilirliğini sağlamak üzere analiz ünitesindeki manifold basıncı hassas bir şekilde doğru ve tekrarlanabilir olarak ölçülmelidir. Analiz sistemi, yüksek vakumun hassas bir şekilde doğru ve tekrarlanabilir ölçümü ve izlenmesi için pirani-cold katot 10 ve 1000 torr'luk en az 2 adet vakum basınç ölçer-dönüştürücü sistemine sahip olmalıdır.



9. Cihazla en az iki portta makro, mezo ve mikro gözenekleri kapsayacak şekilde analiz yapılabilmesi, buna ilaveten ileri mikro gözeneklilik ölçümü en az $3,5 \text{ \AA} - 5000 \text{ \AA}$ aralığında çok hassas bir şekilde yapılabilmelidir. Sistem, mikro gözenek boyut dağılımlarının tam karakterizasyonu için düşük basınç adsorpsiyon izotermelerini ölçebilecek hassasiyette olmalıdır.
10. Cihazda hassas olarak ölçülebilecek gözenek hacmi değeri maksimum $0,00001 \text{ cc/g}$ 'dan başlamalıdır.
11. İleri mikrogözeneklilik analizlerini gerçekleştirmek üzere cihazın analiz manifoldu hassas gaz dozlama ve boşaltım kabiliyetine sahip olmalı, bunun için elektronik kontrollü servo vanalar kullanılmalıdır. Bu vanalar cihazın kullanıcı tarafından kontrol edilen elektronik şematığında görülebilir olmalıdır.
12. Cihazın tüm teknolojik ömrü boyunca kros-kontaminasyon riskinin sıfır olması için yüksek çözünürlüklü yüzey alanı ve mikro-mezo-makro gözenek boyut dağılımı analiz sisteminin analiz ve degaz birimleri birbirinden tamamen bağımsız 2 (iki) ayrı ünite olarak sunulmalıdır. Birbirinden ayrı olarak sağlanacak analiz ve degaz üniteleri kendi bağımsız vakum sistemlerine ve birbirinden tamamen bağımsız manifoldlara sahip olmalıdır. Analiz ve degaz üniteleri hiç bir şekilde aynı vakum kaynağını kullanmamalı, her bir ünite istenilen vakum şartlarına ulaşabilmek için sadece kendi portlarını besleyen kendi vakum sistemlerini kullanmalıdır. Sistemin analiz ünitesi yüksek vakumlama yeteneğine sahip turbomoleküler pompa ve yağsız destekleyici (backing) pompa sistemlerinden oluşmalıdır.
13. Çalışmalarda numune yüzeyinden kaldırılan safsızlıkların hiç bir şekilde analiz manifolduna karışmaması için ve hiçbir kirlenme (kros kontaminasyon) riski barındırmaması için birbirinden tamamen bağımsız olarak sağlanan analiz ve degaz ünitelerinin birbirinden tamamen ayrı manifoldlara ve ayrı vakum kaynaklarına sahip olmalıdır. Sayesinde hiçbir kirlenme (kros kontaminasyon) riski bulunmamalıdır.
14. Analizlerde kros-kontaminasyon riskini ortadan kaldırmak üzere cihaz en az 6 (altı) istasyonlu, analiz ünitesinden tamamen bağımsız, kendi üzerinden programlanabilir olan tam otomatik degaz sistemine sahip olmalıdır. Bu degaz sistemi sayesinde ister inert bir gaz kullanılarak belirlenen sıcaklık değerinde, ister vakumlama yaparak numune yüzeyindeki ve numune tüpündeki kontaminantlar ve kirlilikler uzaklaştırılabilir. Degaz sıcaklığı, gaz akışkan hızı, uygulama ve örneğin karakterine göre kullanıcı tarafından ayarlanabilmelidir. Cihazla sağlanacak en az 6 portlu, analiz ünitesinden tamamen bağımsız degaz ünitesi için gerekli ilave vakum pompası da cihaz paketi içinde ücretsiz olarak sağlanmalıdır. Analiz ve degaz ünitelerinin birbirinden tamamen bağımsız sağlanması sayesinde analiz ve degaz işlemleri eş-zamanlı olarak gerçekleştirilebilmelidir.
15. Cihazın harici degaz ünitesinin sıcaklığı oda sıcaklığından yüksek hassasiyetle artırım yapılarak en az $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ayarlanabilmelidir.
16. Sistem, tüp içerisindeki numunenin, numune hazırlama (degaz) portundan analiz portuna taşınırken kontaminasyona uğramaması için firitli tüp kilitleme sistemine sahip olmalıdır. Bu sistem sayesinde degaz işleminden sonra tüpün ağzı yüksek basınç

etkisiyle bilyalı sistemle kilitlenmeli ve kontaminasyon riski ortadan kaldırılmış olmalıdır.

17. Sistem, analiz ünitesinin mikrogözenek ölçüm portlarında ultra-düşük yüzey alanlı numunelerin analizlerini kripton gazı kullanarak yapmayı olanaklı kılan düşük basınç ölçer-dönüştürücülere (0,1 ve 10 torr) sahip olmalı ve bu portlar yüksek vakumlama yeteneğine sahip turbomoleküler pompa ve destekleyici pompaya bağlı olmalıdır.
18. İleri mikrogözeneklilik analizlerini gerçekleştirmek üzere ihtiyaç duyulan en yüksek vakum kalitesine kolay ulaşmak ve bu vakum değerlerinde kararlılığı sağlamak üzere sistemde hiç bir koşulda kaçak yaşanmamalıdır. Kaçak ihtimalini ortadan kaldırmak üzere sistemin analiz ünitesindeki manifold bloğunda ve hatların tamamında VCR metal gaz kaçak koruma bileşenleri ve sert metal seal vanalar bulunmalıdır.
19. Sistemin sahip olduğu vanalar çok temiz ve kaçak ihtimalini tamamen ortadan kaldıracak şekilde pnömatik olarak kontrol edilebilen hard seal vanalar olmalıdır.
20. Cihazda kullanılacak toz malzemelerin tüp çeperlerine yapışmasını engellemek üzere 12 mm veya 9 mm iç çaplı, geniş boyunlu örnek tüpleri kullanılabilir. Sistem, geniş boyunlu numune tüpleri kullanıldığında, yüksek vakumda ölü hacim (free space) ölçümlerinde ve sorpsiyon analizlerinde hiçbir sıcaklık hatasına sebebiyet vermeyecek özellikte olmalıdır.
21. Cihaz ile birlikte en az 10 adet 12 mm veya 9 mm iç çaplı geniş boyunlu örnek tüpü verilmelidir.
22. Cihazın analiz portunda gerektiğinde $1,3 \times 10^{-9}$ mmHg'ya kadar vakum elde edilebilmelidir.
23. Cihaz, analiz portunda en az 10^{-9} torr P/P₀ basınç noktasından izoterm verisi almaya başlayabilmelidir. Sistemle sunulacak minimum P/P₀ basınç noktası değeri, çözünürlük değeri olarak değil, alınabilen minimum P/P₀ gerçek değerini tanımlayan (gösteren) performans değeri olarak broşürde veya spesifikasyon dokümanında sunulmalıdır.
24. Cihazda basınç ölçümleri 0-1000 torr aralığında yapılabilir. Cihazın mikro gözenek basınç ölçüm çözünürlüğü 0-1000 torr aralığında en fazla 0,0010 mm Hg; 0-10 torr aralığında en fazla 0,000010 mm Hg, 0-0,1 torr aralığında ise en fazla 0,00000010 mm Hg olmalıdır.
25. Cihazın analiz modülü üzerinde farklı gazlarla çalışabilmeyi, geri dolumu, ön hazırlığı ve analiz gazlarının otomatik seçimini olanaklı kılan en az 7 (yedi) adet gaz girişi bulunmalı, ihtiyaç olması halinde sistem en az 13 (onüç) adet gaz girişine sahip olacak şekilde yükseltilebilmelidir. Bu sayede her bir analiz esnasında veya analiz aralarında gaz hatlarının değiştirilmesi ve temizlenmesi işlemine gerek duyulmamalıdır.
26. Sistemle birlikte azot, argon, oksijen, kripton, hidrojen, karbonmonoksit, karbondioksit, metan veya numuneyle etkileşimi olmayan herhangi bir gaz kullanılabilir.
27. Cihaz, testi yapılan numunenin gereksinimine uygun bağlanan (adsorptive) gaz dozajını tam otomatik olarak tespit edip, ayarlayabilmelidir. Bu sayede doz aşımını engelleyerek hatalı porozite bilgisinin önüne geçilmiş olmalıdır.

28. Cihazın analiz sistemi, örnek tüpleri, manifoldu ve tüm hatları ölü hacim hatalarının oluşmasını engelleyecek şekilde dizayn edilmiş olmalı ve analiz esnasında veya sonrasında hesaplamaya ilişkin bir post-manipülasyona ihtiyaç duymamalıdır.
29. Cihaz detaylı mikro gözenek analizi için oluşturulan basınç tablosundaki, en düşük basınç noktasından önce toplanacak olan izoterm noktalarının, eşit miktarda adsorplanan gaz hacmi aralıklarıyla oluşturulmasını sağlayacak özelliğe sahip olmalıdır.
30. Sistem analiz esnasında örnek tüpünün ve P_0 (doygunluk basıncı) tüpünün kriyojenik koşullarda tüpün baştan aşağı tüm noktalarında sabit sıcaklıkta kalmasını sağlayan izotermal ceket sistemine veya sıvı azot sıcaklığını sürekli ölçen sensörlü sistemle koordineli çalışan asansör mekanizmasıyla tüpün sadece bulb kısmını içine alacak şekilde sıvı azota dalmasını sağlayan sıcaklık kontrol sisteme sahip olmalıdır. Her iki sistem kullanılarak, örnek tüplerinde gerçekleştirilen ölü hacim (free space) ölçümlerinde tüp içerisindeki tüm ortamın (sıcaklık ve vakum) sabit tutulması ve en doğru sonucun elde edilmesi sağlanmalıdır. Sıcaklık stabilitesini harcanabilir sarf malzemelerle (sensörlü sistem) sağlayan sistemler her bir port için en az 5 adet olmak üzere toplamda 15 adet asansör kontrol sensörünü ve 2 adet 3L'lik yedek dewarı cihazla birlikte ücretsiz olarak sağlamalıdır. Sıcaklık stabilitesini izotermal ceket malzemesiyle sağlayan sistemler port sayısı kadar izotermal ceketini ücretsiz olarak sağlamalıdır.
31. İleri mikrogözeneklilik analizlerinde analiz hassasiyetini sağlamak ve hiç bir kaçak riski barındırmamak üzere cihaza bağlanan gazların manifoldta bağlantı (cihaza verilmiş) basınçları, boşaltım hızları ve akış hızları tamamıyla elektronik kontrollü servo vanalarla kontrol edilmelidir. Cihazın manifolduna (gaz hatlarına) gaz bağlantısı veya cihaza gazın verilmesi (gaz girişi) için basınç ayarlama işleminde manuel kontrol edilen ve kaçak riski barındıran iğne vana sistemi olmamalıdır. Cihaz üzerinde kaçak riski barındıran hiçbir iğne vana sistemi bulunmamalıdır.
32. Cihazın dewar kabı en az 3,20 L lik sıvı azot yükleme hacmine sahip olmalıdır. Bu sayede en az 90 saat ve daha uzun sürebilecek analizleri sürdürebilecek kapasitede olmalıdır. Cihazın dewar kabı, sistemin sahip olduğu 3 analiz portunu içine alacak şekilde dizayn edilmiş olmalıdır.
33. Cihazın manifoldu üzerindeki tüm bileşenler 316 SS VCR bağlantı ile bağlı olmalıdır. Manifold üzerinde hiçbir plastik bileşen olmamalıdır. Bu sayede gaz kaçağı riski büyük oranda ortadan kaldırılmış olmalı, en düşük boşaltım ve vakumlama programları ayarlanabilir olmalı ve normal sorpsiyondan buhar sorpsiyonuna geçiş birkaç saniyede gerçekleştirilebilmelidir.
34. İleride ihtiyaç duyulması halinde solvent buharları ve su buharı ile adsorpsiyon çalışması yapabilmeyi sağlayan buhar adsorpsiyonu ünitesi cihaza sonradan opsiyonel olarak eklenebilmelidir. Opsiyonel buhar adsorpsiyon sistemi, buhar adsorpsiyonu çalışmalarında kullanılmak üzere buhar sağlayıcı sistemi ve sıcaklık kontrol ünitesini içermelidir.
35. İleride ihtiyaç olması halinde özellikle CO_2 , CH_4 gibi gazlarla yapılacak adsorpsiyon çalışmalarında $-5^{\circ}C$ ila $80^{\circ}C$ aralığında sabit sıcaklığın korunmasını peltier prensibine

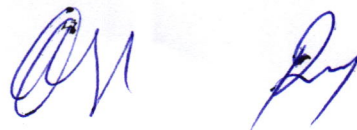


dayanan termoelektrik soğutma ile sağlayan ISO sıcaklık kontrol ünitesi cihaza sonradan opsiyonel olarak eklenebilmelidir.

36. Cihaz Kütle spektrometresi ve Gaz Kromatografisi için çok önemli olan yağsız destek pompa (backing pump) sistemine sahip olmalıdır. Bu pompa sayesinde olası kros-kontaminasyon riski ortadan kaldırılmalıdır.
37. Sistemin yazılımı, isteğe göre ölçeklenebilen ve yakınlaştırma özelliğine sahip olan, fonksiyonel raporlama sağlayabilen bir yazılım olmalıdır. Bu oluşturulan raporlara kurum logoları yerleştirilebilmelidir. Yazılımda isteğe bağlı ölçeklendirilerek oluşturulan grafikler başka sunumlara kolaylıkla aktarılabilir. Bunlara ek olarak, cihazın yazılımı kullanıcıya aşağıdaki grafiksel verileri sağlamalıdır:
 - Tüm adsorbsiyon desorpsiyon izotermi
 - Tek noktalı ve çok noktalı BET yüzey alanı hesaplamaları
 - Toplam gözenek hacmi hesaplamaları
 - Langmuir Yüzey Alanı hesaplamaları
 - BJH adsorbsiyon ve desorbsiyon (Harkins & Jura ve Halsey kalınlık denklemleriyle)
 - BJH adsorbsiyon ve desorbsiyon gözenek boyut dağılımı hesaplamaları
 - Toplam gözenek hacmi ölçümü
 - MP metodu (Harkins & Jura ve Halsey kalınlık denklemleriyle)
 - T-Plot metodu (Harkins & Jura ve Halsey kalınlık denklemi, Carbon STSA)
 - MP-Metodu, Broekhoff-deBoer, Kruk-Jaroinc-Sayari t-plot çizim metotları
 - Dollimore-Heal Adsorpsiyon-Desorpsiyon Metotları
 - Horwath Kawazoe, Saito-Foley, Chang-Yang Mikro Gözenek Ölçümleri
 - DFT Gözenek Boyutu, DFT Yüzey Enerji, NLDFT Metotları
 - Referans izoterm kullanımı ve Özet Rapor bildirim
38. Sistemin yazılımı bilinen pek çok parametreye ilaveten, adsorpsiyon enerjisiyle ilgili bilgi sağlayan adsorpsiyon ısı, mikrogözenek hacminin belirlenmesini sağlayan t-plot metoduna ek olarak harici yüzey gözeneklerinin duvarlarına adsorplanmış gaz tabakasının kalınlığını ve mezogözenek mevcudiyetini tespit eden α_s - plot metodu, Freundlich ve Temkin izoterminden elde edilen deneysel verilerin kıyaslanmasını olanaklı kılan hesaplama metodu ve kristalit boyutu ile ilgili raporlama yapabilmelidir.
39. Sistem yazılımı tüm sıcaklık noktalarını (manifolt, portlar, ısıtıcı, ortam, sistem kabini, ısıtma ceketi), tüm basınç noktalarını (manifold basıncı, turbomoleküler pompa basıncını, tüm portların 1000 torr, 10 torr, 0,1 torr basınç ölçer-dönüştürücülerini, P_0 basınç ölçer-dönüştürücüsünü) ve elektronik bileşenlerin voltaj ve sıcaklık değerlerini tek bir pencere üzerinden kullanıcıya göstermelidir.
40. Cihaz, yoğunluk fonksiyonel teorisi (Density functional theory DFT Plus) analizi için farklı gaz adsorbent çiftleri içeren kütüphanesi ile Yüksek Çözünürlüklü NLDFT gözenek dağılımlarını verebilen program sunmalı ve bu yazılım farklı gözenek şekilleri için modeller sunabilmelidir. Yeni bir model oluşturulduğunda bu program yeniden yüklemeye gerek kalmadan firmanın web sitesinden kolaylıkla

güncellenebilmelidir veya firma yetkilisinden güncel yazılım ücretsiz şekilde istendiği zaman temin edilmelidir.

41. Cihazla birlikte kolay anlaşılır ve en az 5 off-line kullanıcı hesap erişimi olan data analiz ve işleme programı verilmelidir. Bu program, cihazdan elde edilecek izoterm verilerini ve ölçüm alınması istenen aralıklardaki verileri biraraya getirmeli ve etkin veri işlemi için hesaplama parametreleri üzerinde hiçbir manipülasyon yapmadan yüzey alanı ve makro, mezo ve mikro gözenekli malzemelerin en doğru ve verimli bir şekilde ölçülmesine imkan oluşturmalıdır. Yazılım en az aşağıdaki raporlamaları içermelidir:
- Full Adsorpsiyon – Desorpsiyon İzotermi
 - BET Surface Area
 - Langmuir surface area
 - T-Plot
 - Alfa-S Metodu
 - BJH Adsorpsiyon & Desorpsiyon
 - Dollimore-Heal Adsorpsiyon & Desorpsiyon
 - Temkin ve Freundlich
 - Horvath-Kawazoe
 - MP Metodu
 - DFT Plus Gözenk Boyutu ve Yüzey Enerjisi – NLDFT
 - Dubinin Raduskevich
 - Dubinin Astakhov
 - Kullanıcı Tanımlı Özel İzoterm
42. Sistem Windows altında çalışan bir yazılım ile kontrol edilmeli ve tüm analiz dosyalarının verileri (her bir analiz için tüm adsorpsiyon-desorpsiyon dosyası verileri) kolaylıkla Excel (xls), RPT, TXT veya ASCII dosyaları haline dönüştürülerek bilgisayara aktarılabilir. Bu sayede elde edilen verileri, değişik şekillerde işlemek, istatistik hesaplamaları yapmak ve grafiğe dökmek mümkün olmalıdır.
43. Cihazın sahip olduğu kontrol yazılımı sayesinde sadece tek bir mouse hareketiyle cihazın bakım durumu, mevcut analizin durumu, manifold vakum (boşaltım) değeri ve sıcaklığı ve doygunluk basıncı değeri sürekli ve analizden bağımsız olarak izlenebilmelidir.
44. Cihaz ile birlikte cihazın kontrol ve analiz yazılımlarını sürmek üzere bir PC sistemi, en az 22” monitör ve yazıcı sağlanmalıdır.
45. Cihazla birlikte analitik saflıkta (%99,999 saflıkta) Azot (N₂) ve Helyum (He) gazları dolu tüpleriyle birlikte ücretsiz olarak sağlanmalıdır.
46. Gaz dolu tüplerin sisteme bağlantısını sağlayan 2 (iki) adet çift kademeli, shut-off vanalı, paslanmaz çelik diyaframlı, 0-3 bar çıkış basıncı skalalı gaz regülatörü cihazla birlikte sağlanmalıdır.
47. Elektronik kontrollü servo vanaların hareketini sağlamak üzere bir kompresör cihazla birlikte sağlanmalıdır veya yüksek saflıkta kuru hava tüpü ve gaz bağlantısı çift



kademeli, shut-off vanalı, paslanmaz çelik diyaframalı, 0-3 bar çıkış basıncı skalalı gaz regülatörü ile birlikte ücretsiz olarak verilmelidir.

48. Sistemle birlikte cihazda kullanılacak sıvı azotun muhafaza edilebilmesi için en az 26 Litrelik sıvı azot muhafaza dewar tankı sağlanmalıdır. Sağlanan dewar tankının otomatik sıvı azot aktarma aparatı da tankla birlikte ücretsiz verilmelidir. Analiz ünitesi üzerinde sıvı azot beslemeli cold trap (soğuk kapan) bulunduran sistemleri teklif eden katılımcılar, cihazda daha fazla sıvı azot tüketimi olacağından sıvı azotun muhafaza edilebilmesi için en az 60 Litrelik, dolu sıvı azot muhafaza dewar tankı, tekerlekli hareket ünitesi ve otomatik sıvı azot aktarım birimi sağlamalıdır.
49. İleride gerekli olması durumunda kimyasal adsorpsiyon (Kemisorpsiyon) analizlerini gerçekleştirebilmek için gerekli 1 derece hassasiyetle arttırım yapılarak 1100 °C ye çıkan fırın ünitesi ve kontrol yazılımı opsiyonel olarak sisteme sonradan eklenebilmelidir. Opsiyonel kemisorpsiyon ünitesi kütle spektrometresi veya gaz kromatografi ile birlikte kullanımı sağlayan bağlantı portuna sahip olmalıdır.
50. Opsiyonel kemisorpsiyon opsiyonu cihaz üzerine kolaylıkla eklenebilmeli ve aktif metal yüzey alanı, metal dispersiyonu, tersinir ve tersinmez sorpsiyon analizleri, monotabaka kapasitesi ve kristalit boyutu gibi analizleri yapmak mümkün olmalıdır.
51. Cihazın opsiyonel kemisorpsiyon ünitesinde analizler esnasında gaz akışları sistem içindeki dahili Kütleli Debi Kontrolcü (MFC) ile yapılmalıdır. Bu sayede basınç ayarı için rotametre kullanımına gerek duyulmamalıdır.
52. İleride gerekli olması durumunda cihazla normal oda sıcaklığının altında ve genişletilmiş olarak -50°C ila 200°C arasında çalışmayı olanak kılan, sirkülatörlü sıvı banyosu bağlantılı chiller dewar opsiyonel olarak sonradan sisteme eklenebilmelidir. Opsiyonel chiller dewarın cihaz ile bağlantısı kolay yapılabilmelidir. Opsiyonel chiller dewar su ve yağ banyoları için hem giriş-çıkış bağlantılarına hem de dahili sirkülasyon kanallarına sahip olmalıdır.
53. Cihaz ile birlikte özellikleri aşağıda tanımlı yoğunluk ölçüm modülü verilmelidir:
 - 53.1. Yoğunluk modülü katı, toz ve granüler haldeki numunelerin gerçek hacim ve gerçek yoğunluk ölçümlerinin gerçekleştirilebilmesine uygun olmalıdır.
 - 53.2. Yoğunluk modülü, gaz yerdeğişimi prensibine bağlı olarak ölçüm yapan gaz piknometre sistemi olmalıdır.
 - 53.3. Yoğunluk modülü, farmasötik dolgu ve aktif maddelerde, kaplamalarda, pigmentlerde, yakma ürünlerinde, ahşap malzemelerde, döküm ve sinterleme ürünlerinde, plastik filmlerde, sulu çamurlarda, seramiklerde, maden ve muhtelif inorganik malzemelerde, köpüklü malzemelerde, organik kimyasallarda, polimerlerde ve benzeri katı, pellet ve toz örneklerde ölçüm yapmaya elverişli olmalıdır
 - 53.4. Yoğunluk modülü dokunmatik ekran arayüzü sayesinde tek başına çalışabilmelidir. Numune ölçümü, geçmiş sonuçların incelenmesi, ölçüm raporlarının yazdırılması ya da LIMS'e gönderilmesi cihazın dahili arayüzü üzerinden gerçekleştirilebilmelidir veya LIMS bağlantısı cihaza bağlanacak



bilgisayarda kurulu olan özel bir yazılım sayesinde sağlanmalıdır. Araştırmacıların ihtiyacı duyduğu halde bu fonksiyonlar bilgisayar üzerinden de kullanılabilir.

53.5. Analiz hizmeti veren laboratuvarlarda aynı kalitede analiz hizmetinin sunulması ve operatör kolaylığı sağlamak amacıyla farklı numune tiplerine ilişkin protokollerin oluşturulması ve saklanması mümkün olmalıdır. Yoğunluk modülünün sahip olduğu dahili arayüzü en az 10 adet ölçüm protokolünün saklanması ve ihtiyacı duyulduğunda seçilip çalıştırılmasına imkan sunmalıdır. Ölçüm protokolü, temizleme koşulları, ölçüm döngüleri, dengeleme kriterleri, gaz akış yönü ve ölçüm sıcaklığı dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere tüm temel ölçüm parametrelerini içermelidir.

53.6. Yoğunluk modülü ethernet ya da WiFi üzerinden iletişim kurabilmelidir.

53.7. Yoğunluk modülü geçmiş ölçüm sonuçlarını harici bir PC veya sürücüye ihtiyacı duymadan dahili hafızada saklayabilmelidir. Cihazın sahip olduğu dahili depolama kapasitesi, önceki çalışmalara dair veri kaybını önlemek üzere en az 300 ölçüm sonucunun saklanması desteklemelidir.

53.8. Operatörün numune hazırlama veya stabilizasyonla ilgili sorunları hızlıca çözmesine imkan sağlamak üzere cihaz, ölçüm döngüsünün bir fonksiyonu olarak yoğunluk veya hacim grafiği ölçüm sonuçlarını grafiksel formatta gösterebilmelidir.

53.9. Yoğunluk modülünün doğruluğu tüm aralıktaki hacmin en fazla $\pm 0,02\%$ 'si dahilinde olmalıdır.

53.10. Yoğunluk modülünün hacim ölçümü, virgülden sonra en az 4 haneli (0,0001 cc) hassasiyette olmalıdır.

53.11. Yoğunluk modülünün tekrarlanabilirliği tüm aralıktaki hacmin en fazla $\pm 0,01\%$ 'i dahilinde olmalıdır.

53.12. Yoğunluk analizlerinde yüksek termal stabilite sağlamak amacıyla modülün sahip olduğu analiz hücresi ve referans hacim bölümlerini içeren analiz bloğu monolitik, yekpare, paslanmaz çelik tek bir birimden oluşmalı ve ilave bağlantı elemanları içermemelidir.

53.13. Yoğunluk modülü hassas ve tekrarlanabilir analizler için yüksek sıcaklık kararlılığına sahip olmalıdır. Sistem $\pm 0,025^{\circ}\text{C}$ veya daha iyi bir kararlılıkla sıcaklık kontrolü sağlamalıdır. Böylece analizde ölçüm değişkenliğine önemli ölçüde sebep olabilecek bir hata kaynağı ortadan kaldırılmalıdır. Hassas sıcaklık kararlılığını sağlamak üzere cihaz, kapalı bir kontrol döngüsünde ısıtılabilen veya soğutılabilen bir termoelektrik sistem ile aktif olarak sıcaklık stabilizasyonu sağlamalıdır.

53.14. Yoğunluk modülü, kullanıcı hatasını en aza indirmek üzere USB bağlantısı üzerinden hassas terazi ile doğrudan bağlantı kurarak numune ağırlığının otomatik olarak alınmasını olanaklı kılmalıdır.

53.15. Yoğunluk modülü, en fazla 100 cm^3 (cc) veya 135 cm^3 ana örnek kabı hacmine sahip olmalıdır.

- 53.16. İleride ihtiyaç olması halinde ana hücre hacminin dışında farklı hacimlerde örneklerle de çalışmayı olanaklı kılan opsiyonel adaptör parçalar (multivolume opsiyon kiti) cihaza sonradan opsiyonel olarak eklenebilmelidir. Bu opsiyonel hacim kiti ile birlikte 3,5 cc, 10 cc ve 35 cc veya 135 cc, 50 cc ve 10cc'lik hücre hacimleri oluşturmak mümkün olmalıdır.
- 53.17. Yoğunluk modülü hassas ölçümler almak üzere her bir ölçüm hücresi için hacmi bilinen kalibre edilmiş tek bir veya iki referans hacim ünitesi bulunmalıdır. Cihazda kullanılacak her bir ölçüm hücresi için farklı referans hacimlere ihtiyaç duyulmamalıdır.
- 53.18. Yoğunluk modülünde dönüştürücü sıfırlaması, kalibrasyon ve operasyon dahili bilgisayar veya dokunmatik ekran yardımı ile cihazda bulunan dahili bilgisayar ile tarafından kontrol edilmelidir.
- 53.19. Yoğunluk analizlerinin tekrarlanabilirliğinin sağlanması için cihazın kapağı her seferinde aynı hacimi oluşturmak üzere kapanan kilitlemeli bayonet tipinde olmalıdır. Analiz hücresinde hacim farklılıklarına sebebiyet verecek vida adımı olarak hareket eden bir kapak olmamalıdır, her bir analizde sabit hücre hacmi temin edilmelidir.
- 53.20. Yoğunluk modülü, kullanıcı tarafından belirlenen tolerans limitlerinde veri alınması için otomatik tekrarlı deneylerin programlanmasına imkan vermelidir.
- 53.21. Gözenekli malzemelerde açık hücre oranını tespit etmek üzere FoamPyc özel köpük analiz metodu cihazın sahip olduğu metod kütüphanesinden kolaylıkla ulaşılabilmelidir.
- 53.22. Özel köpük metodları PVC, polistiren ve poliüretan gibi kimyasal ve mekanik olarak oluşturulmuş hücresel polimerlerle açık ve kapalı hücre içeriğini, sıkıştırılabilirliği ve hücre kırılmasını belirlemek için ASTM ve ISO metodolojilerine uyumlu çalışmalıdır.
- 53.23. Köpük metodları ASTM D 6226, ASTM D2856 ve ISO 4590 standart test metodlarına uyumlu olmalıdır.
- 53.24. Analiz hizmeti veren laboratuvarında operatörün zamanını verimli kullanabilmesine imkan sağlamak adına yoğunluk ölçüm cihazına, uzaktan operasyon kontrolü ve izlemesi ya da veri erişimi gibi ihtiyaçları karşılamak üzere fiziksel mesafeye bakılmaksızın konumlandırılan iş istasyonlarından uzaktan erişime imkan sağlamalıdır.
- 53.25. Analiz öncesi temizleme sayısı kullanıcı tarafından programlanabilmelidir.
- 53.26. Yoğunluk modülü istendiğinde, eldivenli kabin (glove-box) ünitesi içinde çalışabilmeli ve glove-box ünitesinde çalışabilecek özellikteki piknometre sistemi üretici firmadan temin edilebilmelidir.
- 53.27. Yoğunluk modülü ile birlikte, sulu çamur ya da su bazlı sıvı (boya gibi) örneklerde hacim ve yoğunluk ölçümü mümkün olmalıdır.



- 53.28. Yoğunluk modülünde analiz gazı olarak yüksek saflıkta helyum gazı kullanılmalıdır. Bunun yanı sıra, azot ve numune ile etkileşim vermeyen diğer gazlar da özel uygulamalar için kullanılabilir.
- 53.29. Farklı numune tiplerine uygun çalışmayı sağlamak amacıyla cihazda gazın numuneye verilme hızı ve yönü ayarlanabilir olmalıdır. Gaz besleme ve basınçlandırma numuneden referans hücresine ya da referanstan numune hücresine olacak şekilde iki yönlü şekilde ayarlanabilir. Gaz besleme yönünün seçimi, metod tanımlama adımlarında yer almalıdır.
- 53.30. Yoğunluk modülü analitik terazi gibi farklı yan bileşenlerin bağlantısı için en az 3 USB portuna sahip olmalıdır.
- 53.31. Yoğunluk modülü ile birlikte, hassas olarak kalibre edilmiş referans materyalleri (NIST 821/25B 592-97 test edilmiş hacim küreleri) kalibrasyon sertifikaları ile beraber verilmelidir.
54. Cihaz 220V, 50 Hz şehir şebeke gerilimi ile çalışmalıdır.
55. Yapılan analizlerin veri değerlendirmelerini sağlamak üzere en az i5 işlemci, 500 GB SSD ve 16 GB RAM özelliklere sahip bir laptop cihaz ile birlikte verilmelidir.
56. Laboratuvar ortamında uygun çalışma koşullarının sağlanabilmesi için laboratuvar iklimlendirme sistemini sağlayacak bir klima cihazı ile birlikte sağlanmalıdır.
57. Sağlayıcı firma cihazı üreten firmanın apostil kaşeli Türkiye tek yetkili temsilcisi olmalı ve cihaz ile ilgili tüm eğitim, uygulamalar ve kurulum işlemleri temsilci firmanın mühendislerince ücretsiz olarak yapılmalıdır.
58. Cihaz kurulumundan 6 ay sonra hatırlatıcı amaçlı kullanıcı eğitimi tekrarlanmalıdır.
59. Cihaz tüm donanımıyla en az 2 (iki) yıl garantili olmalıdır. Sağlayıcı firma, her türlü fabrikasyon ve montaj hatalarına karşı garanti süresi içerisinde ücretsiz; garanti süresi bitiminden sonra da en az 10 yıl süreyle ücretli teknik servis ve yedek parça temin edebilmelidir. Garanti süresi boyunca cihaz için sağlanacak yıllık bakım işlemleri yetkili temsilcinin servis mühendislerince ücretsiz olarak gerçekleştirilmelidir.

