

[Pd(SCN)₄]⁻² ve Boroksin İçeren Yeni [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) Bileşiğinin Sentezi ve 3D Kristal Yapısı

Fümet Duygu ÜSTÜNDAĞ¹, Hülya KARA SUBAŞAT², Elif GÜNGÖR³

¹Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, 34854, İstanbul, Türkiye

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 48000, Muğla, Türkiye

³Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 10145, Balıkesir, Türkiye

(Alınış / Received: 04.02.2021, Kabul / Accepted: 06.05.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 15.08.2021)

Anahtar Kelimeler

Boroksin bileşiği,
Tek kristal yapı,
Hidrojen bağ etkileşimleri

Özet: Bu çalışmada yeni [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) bileşiği sentezlendi ve bileşiğinin kristal yapısı X-ışını kırınım yöntemiyle belirlendi. Kristalin X-ışınları analizi bileşiğinin monoklinik P2₁/c uzay grubu ile, a=10.515 Å, b= 24.947 Å, c= 15.078 Å, α=90°, β=134.215°, γ=90°, V=2834.8 Å³, Z=4 birim hücre parametrelerinde kristallendiğini gösterdi. Bileşikteki [Pd(SCN)₄]⁻² anyonu, Pd atomunun merkezi etrafında hafifçe bozulmuş bir kare geometriye sahiptir. Boroksin yapısında üç kovalent bağlı bor atomu hafifçe bozulmuş trigonal düzlemsel geometriye sahipken, dört kovalent bağlı bor atomları hafifçe bozulmuş tetrahedral geometriye sahiptir. Boroksin ile [Pd(SCN)₄]⁻² 'nın kombinasyonundaki Pd-SCN...HO (boroksin), Pd-SCN...HO (su) ve O-H...O hidrojen bağ etkileşimleri 1D, 2D ve 3D periyodik yapılar oluşturmaktadır.

Synthesis and 3D Crystal Structure of New [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) Compound of Containing [Pd(SCN)₄]⁻² and Boroxine

Keywords

Boroxine compound,
Single crystal structure,
Hydrogen bonds
interactions

Abstract: In this work, [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) has been synthesized and the crystal structure of the compound was determined by the X-ray diffraction method. X-Rays analysis shows the compound crystallizes in monoclinic system, space group P2₁/c, a=10.515 Å, b= 24.947 Å, c= 15.078 Å, α=90°, β=134.215°, γ=90°, V=2834.8 Å³, Z=4. The anion [Pd(SCN)₄]⁻² in the compound has a slightly distorted square geometry around the center of the Pd atom. In the boroxine structure, the three covalent linked boron atom has a slightly distorted trigonal planar geometry while the four covalent linked boron atoms have a slightly distorted tetrahedral geometry. Pd-SCN...HO (boroxine), Pd-SCN...HO (water) and OH...O hydrogen bond interactions in combination of boroxine with [Pd(SCN)₄]⁻² forms 1D, 2D and 3D periodic structures.

1. Giriş

Son yıllarda boronik asitler tarım kimyasallarında, tıpta ilaç yapımında, tedavi edici ajanlarda, enzim inhibitörlerinde, optik ve elektrokimyasal sensörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [1-5]. Boronik asitler, bor atomunun sahip olduğu boş orbitalden dolayı yumuşak Lewis asidi özelliği göstermektedir ve bu özelliği boronik asitleri reseptör, koruyucu grup ve biyolojik olarak çekici kılmaktadır [6]. Boronik asitler hidrojen bağı türevleri açısından zengin olduğundan metallerle çeşitli çapraz bağlanma reaksiyonu verebilmektedir. Bu özellik, gelişen teknolojinin ihtiyacı olan ve içeriğinde boronik asit bulunan malzeme çeşitliliğini sağlamaktadır. Boronik asit, insan vücudu için zararsız olduğundan tıpta birçok tıbbi ilacın yapısında bulunmaktadır [7]. Benzersiz reaktiviteleri

ve uyarıcıya duyarlı davranışları ile tedavi edici ajanlar, kendi kendini düzenleyen ilaç verme sistemleri, nükleotid emici, şeker ve glikoproteinler için sensörler, HIV ve kanser tedavisi gibi birçok potansiyel uygulamalarına sahiptir [3, 8-13]. Aynı zamanda, boronik asitler hidrojen bağ kaynağı olarak süper moleküllerin tasarımı ve sentezinde kullanıldığından kristal mühendisliği ve malzeme biliminin umut verici yapı taşlarıdır. [14-17]. Bütün bu alanlarda teknolojinin gelişmesi, uygulama alanlarının artması ve çeşitlenmesi yeni moleküllerin üretim gereksinimini arttırmaktadır. Bu nedenle, moleküllerin yeni alternatiflerini oluşturmak araştırmacıların hedefi haline gelmiştir.

Son birkaç yıldır, araştırma grubumuz çeşitli aromatik karboksilat ve piridin türevleri içeren organik yapıli moleküllerin sentezi, yapısal ve

fotoluminesans özellikleri üzerine çalışmalar yaptı [18–22]. Ayrıca, piridinyum ve bipyridinyum katyon ve [MCL₄]⁻² (M = Ni, Cu, Pt ve Pd) anyonik tuzlar arasında oluşan bileşiklerin geometrik ve yapısal özelliklerini inceledi [1, 23]. Bu çalışmalar, 4-piridinyum katyonunun izometrik ve izosterik kullanımından dolayı katyonların hidrojen bağı donör kabiliyetine göre 1D, 2D ve 3D ağların oluşumuna sebep olduğunu gösterdi. Katyonlardaki hidrojen bağı donör grubu stereokimyasının kristal yapının belirlenmesinde önemli rol oynadığı ve farklı davranışlara neden olduğu rapor edildi.

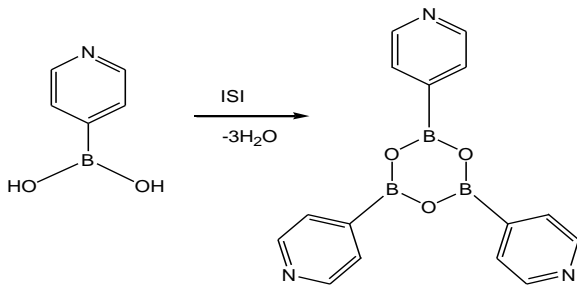
Bu çalışmada, [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) bileşiği 4-piridinyl boronik asidin dehidrasyonu sonucu oluşan boroksin ve [Pd(SCN)₄]⁻² anyon metal tuzuyla sentezlendi, kristal yapısı ve molekül içi ve molekül dışı hidrojen bağı etkileşimleri incelendi.

2. Materyal ve Metot

Deneyde kullanılan kimyasal maddeler ve çözücüler Sigma–Aldrich firmasından ticari olarak alındı ve herhangi bir saflaştırma işlemi uygulamadan kullanıldı. Bileşiğin element analizi LECO-CHNS-932 marka cihazı ile gerçekleştirildi. Bruker Apex II X-ışınları Tek Kristal Difraktometre cihazı (MoK α) ile kırınım verileri elde edildi. Verilere SAINT [24] programında absorpsiyon, lorentz ve polarizasyon düzeltmeleri uygulandı. Bileşiğin yapısı OLEX2 programında [25], SHELXTL [26] ara yüzü ile çözüldü ve SHELXTL üzerinde küçük kareler yöntemi kullanıldı. Hidrojen olmayan tüm atomlar anizotropik olarak arıtıldı. Hidrojen atomları, izotropik yer değiştirme parametreleri ile ideal konumlara yerleştirildi. Bileşiğin şekilleri MERCURY [27] programı ile oluşturuldu ve moleküller arası etkileşimleri belirlemek için kullanıldı.

2.1. Boroksin sentezi

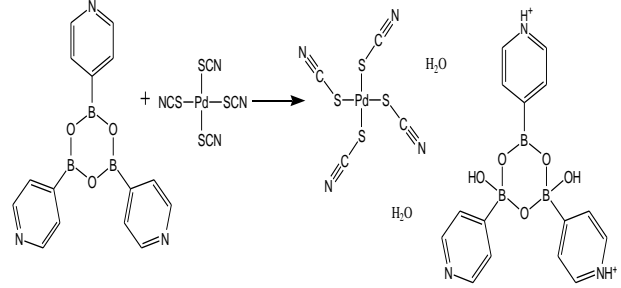
1 mmol 4-piridinyl boronik asit içerisine, 1 mmol hidroklorik asit ve 20 ml saf su eklenerek ultrasonik banyoda çözüldü, daha sonra kaynama sıcaklığında manyetik karıştırıcı ile 30 dk karıştırıldı. Çözelti oda sıcaklığında bırakılıp bir süre bekledikten sonra çökme gözlemlendi. Çöken beyaz renkli kristaller etil alkol ile süzülüp açık havada kurutuldu.



Şekil 1. 4-piridinyl boronik asit dehidrasyonu sonucu oluşan boroksinin şematik gösterimi

2.1. [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) sentezi

1 mmol (0.315 g) boroksin ve 1 mmol (0.338 g) [Pd(SCN)₄]⁻² tuzu ayrı ayrı 10 ml saf suda oda sıcaklığında çözüldü. Çözünen boroksin manyetik karıştırıcıda karıştırılırken üzerine [Pd(SCN)₄]⁻² damla damla eklendi ve 30 dk karıştırıldı. Hazırlanan çözelti oda sıcaklığında beklemeye bırakıldı. Oluşan kırmızı renkli kristaller, vakumla süzülerek toplandı, sırayla soğuk su (5 ml), etanol (5 ml), diethyl eter (5 ml) ile yıkandı ve kurutuldu. Verim (80%): Teorik Element Analizi: C, 31.453; H, 2.778; N, 13.513. Deneysel Element Analizi: C, 31.449; H, 2.775; N, 13.512.



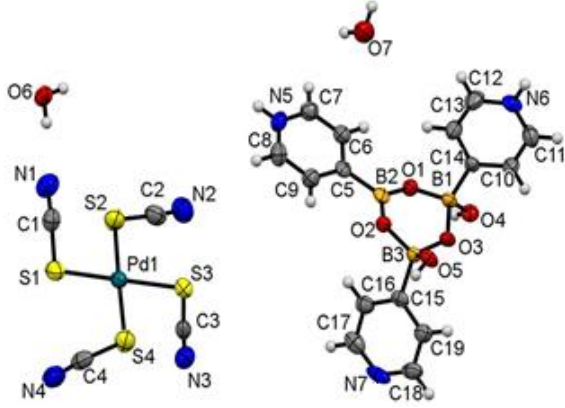
Şekil 2. [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) bileşiğinin şematik gösterimi

3. Bulgular

X-ışını kırınım analizi sonucu, bileşiğin monoklinik kristal sisteminde ve P2₁/c uzay grubunda kristallendiğini göstermektedir. Bileşiğin asimetric biriminde bir [Pd(SCN)₄]⁻² anyonu, bir boroksin katyonu ve iki su molekülü bulunmaktadır (Şekil 3). Anyonun Pd^{II} iyonu inversiyon simetrisi merkezindedir ve dört adet SCN bağı ile dördü koordinasyona sahiptir. Anyondaki ideal kare geometriden (90°) sapan cis S-Pd-S bağı açıları 83.28(11)° - 95.25(12)° arasındadır. Bu nedenle [Pd(SCN)₄]⁻² anyonu, hafifçe bozulmuş kare düzlemsel geometriye sahiptir. Bileşiğin ortalama Pd-S, S-C ve C≡N bağı uzunlukları sırasıyla 2.32(7) Å, 1.68(8) Å ve 1.15(10) Å' dur (Tablo 2). S-Pd-S bağı açısı 83.28(11)° ve 95.25(12)° aralığında değişmektedir. Pd-S bağı, 100.86(8)° ve 110.13(12)° arasında değişen Pd-S-C açısıyla bükülmektedir (Tablo 2).

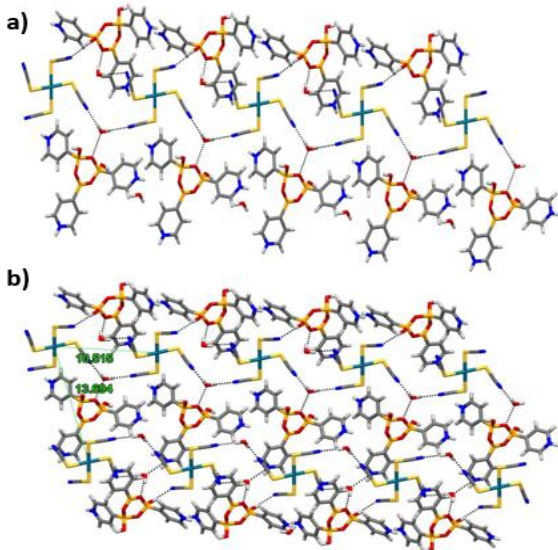
Bileşikteki boroksin katyonu, bir tane üç kovalent bağı, iki tane dört kovalent bağı bor atomu içermektedir. Boroksin yapısında üç kovalent bağı B atomuna bağı fenil halkaları B₃O₃ halkası ile eş düzlemlidir. B₃O₃ halkasında ortalama B-O-B açıları 124.25(10)° dir. Bu bağı açıları sp² hibritleşmesinden dolayı beklenen 120° değerinden sapmaktadır. B₃O₃ halkasındaki dört kovalent bağı B atomunun düzlemselliği, OH ile koordinasyon yaptıktan sonra bozulmuştur. Bu nedenle, üç kovalent bağı bor atomu hafifçe bozulmuş trigonal düzlemsel geometriye sahipken, dört kovalent bağı bor atomları hafifçe bozulmuş tetrahedral geometriye sahiptir.

Şekil 4a'da gösterildiği gibi bileşik, katyonik ve anyonik birimlerin hidrojen bağları ile karşılıklı olarak birbirine bağlanmasıyla sonsuz şeritler halinde bir boyutlu yapıyı (1-D) oluşturmaktadır. [Pd(SCN)₄]²⁻ anyonunun dört ucu, bir Pd-SCN...HO (boroksin) ve üç Pd-SCN...HO (su) hidrojen bağı ile dört katyona bağlanmaktadır. Pd-SCN...HO (boroksin) ve Pd-SCN...HO (su) uzaklıkları 2.857 Å ve 2.927 Å ve bu hidrojen bağları güçlüdür.

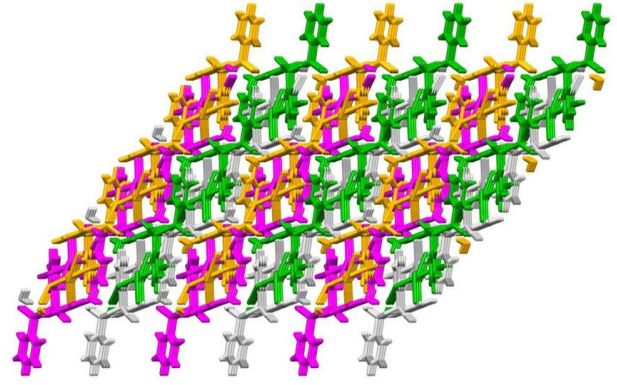


Şekil 3. [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) bileşiğinin moleküler yapısı

Şekil 4b'de gösterildiği gibi, bileşiğin bir boyutlu yapısı anyon ve katyonları O-H...O hidrojen bağları ile birbirine bağlanarak, *ab* düzleminde çift şerit olarak düzenlenmektedir ve iki boyutlu yapıyı (2D) oluşturmaktadır. Bileşikteki iki boyutlu yapı, *b* ekseninde boyunca ve *ac* düzleminde paralel bir şekilde paketlenmektedir. 1-D yapı içindeki iki metal merkez arasındaki uzaklık 10.515 Å iken, iki şerite ait iki metal merkez arasındaki uzaklık 13.694 Å gözlenmektedir (Şekil 4b). Ayrıca, şeritler SCN...HN ve BO...HN hidrojen bağı etkileşimleri ile katı hal yapısının kararlılığını artırır ve üç boyutlu yapıyı (3D) oluşturur (Şekil 5).



Şekil 4. (a) Bileşiğin [Pd(SCN)₄]²⁻ anyon ve katyonu arasında oluşan bir boyutlu (1D) yapısı (b) Bileşiğin Pd-SCN...HO (boroksin) ve Pd-SCN...HO (su) hidrojen bağlarıyla oluşan iki boyutlu (2D) yapısı



Şekil 5. [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) bileşiğinin üç boyutlu (3D) paketlenmiş yapısı

Tablo 1. Bileşiğe ait kristalografik veriler

Kimyasal Formül	C ₁₅ H ₁₆ B ₃ N ₃ O ₅ .C ₄ N ₄ PdS ₄ .2(H ₂ O)
Kristal Sistemi	Monoklinik
Uzay Grubu	P2 ₁ /c
<i>a</i> / Å	10.515(2)
<i>b</i> / Å	24.947(5)
<i>c</i> / Å	15.078(4)
α / °	90
β / °	134.215(17)
γ / °	90
<i>V</i> / Å ³	2834.8(14)
<i>T</i> / K	100
<i>Z</i>	4
μ / mm ⁻¹	1.002
Toplam Yansıma Sayısı	19904
Bağımsız Yansıma Sayısı	6486 [Rint = 0.0425]
<i>R</i> ₁ [<i>I</i> > 2 σ (<i>I</i>)]	0.0295

Tablo 2. Seçilen bağ uzunlukları (Å) ve bağ açıları (°)

Bağ uzunlukları (Å)		Bağ açıları (°)	
Pd1-S1	2.326(9)	S2-Pd1-S4	177.29(3)
Pd1-S2	2.315(12)	S3-Pd1-S4	83.45(3)
Pd1-S3	2.331(9)	S1-Pd1-S3	176.13(2)
Pd1-S4	2.332(12)	S1-Pd1-S4	94.86(3)
S1-C1	1.679(4)	S1-Pd1-S2	87.38(3)
S2-C2	1.679(3)	S2-Pd1-S3	94.41(3)
S3-C3	1.674(3)	Pd1-S1-C1	104(9)
S4-C4	1.676(3)	Pd1-S2-C2	107.15(12)
O1-B1	1.465(3)	Pd1-S3-C3	100.86(8)
O1-B2	1.360(3)	Pd1-S4-C4	110.13(12)
O2-B2	1.353(4)	B1-O1-B2	122 (2)
O2-B3	1.462(3)	B2-O2-B3	123.99(1)
O3-B1	1.527(4)	B1-O3-B3	127.15(1)
O3-B3	1.530(3)	O1-B1-O3	107.20(2)
N1-C1	1.154(5)	O1-B2-O2	123.30(2)
N2-C2	1.147(3)	O2-B3-O3	107.90(2)
N3-C3	1.151(4)	S1-C1-N1	177.20(2)
N4-C4	1.152(4)	S2-C2-N2	176.10(3)
		S3-C3-N3	177 (2)
		S4-C4-N4	174.50(3)

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, yeni bileşik [C₁₅H₁₆B₃N₃O₅].[Pd(SCN)₄].2(H₂O) sentezlendi ve kristal yapısı incelendi. Bileşiğin asimetric biriminde bir [Pd(SCN)₄]²⁻ anyonu, bir boroksin katyonu ve iki su molekülü bulunmaktadır. Katyonun ve anyonun yapısal özelliklerinde dolayı Pd-SCN...HO (boroksin) ve Pd-SCN...HO (su) hidrojen bağları sonsuz 1-D

Tablo 3. Hidrojen bağ geometrisi (Å, °)

D-H...A*	D-H	H...A	D...A	D-H...A	Symmetry
O5-H5...N3	0.84	2.03	2.864	172	2-x,1/2+y,1/2-z
N5-H5A...O7	0.88	2.01	2.723	138	-1+x,y,-1+z
N5-H5A...N3	0.88	2.56	3.171	127	1-x,1-y,-z
N6-H6...O5	0.88	1.80	2.659	165	1-x,2-y,1-z
O6-H6B...N4	0.87	1.96	2.827	172	-1+x,y,z
O6-H6C...N1	0.87	2.05	2.909	170	
N7-H7...O4	0.88	1.82	2.672	161	1-x,2-y,-z
C7-H7A...O7	0.95	2.59	3.013	107	-1+x,y,-1+z
C10-H10...N4	0.95	2.56	3.493	166	-1+x,1+y,z
C11-H11...N2	0.95	2.48	3.320	147	x,3/2-y,1/2+z
C13-H13...O1	0.95	2.60	2.944	102	
C16-H16...O2	0.95	2.58	2.927	102	
C19-H19...N1	0.95	2.62	3.380	137	x,1+y,z

yapıyı oluşturmaktadır. Bileşiğın 2D yapısı, anyon ve katyonların O-H...O hidrojen bağları ile *ab* düzleminde çift şerit olarak düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır. 3D yapı, SCN...HN ve BO...HN hidrojen bağı etkileşimleri ile oluşmaktadır. Boroksin ile [Pd(SCN)₄]⁻² kombinasyonu hidrojen bağı 1-D, 2-D ve 3D periyodik sonsuz yapıların oluşumuna sebep olmaktadır.

Teşekkür

Projemizi maddi olarak destekleyen Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP 2013/23) teşekkür ederiz.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Kara, H., Adams, C. J., Orpen, A. G., Podesta, T. J. 2006. Pyridinium Boronic Acid Salts in Crystal Synthesis. *New Journal of Chemistry*, 30(10), 1461-1469.
- [2] Dai, C., Cheng, Y., Cui, J., Wang, B. 2010. Click Reactions and Boronic Acids: Applications, Issues, and Potential Solutions. *Molecules*, 15(8), 5768-5781.
- [3] Brooks, W. L., Sumerlin, B. S. 2016. Synthesis and Applications of Boronic Acid-Containing Polymers: from Materials to Medicine. *Chemical Reviews*, 116(3), 1375-1397.
- [4] Pedireddi, V. R., Seetha Lekshmi, N. 2004. Boronic Acids in the Design and Synthesis of Supramolecular Assemblies. *Tetrahedron Letters*, 45(9), 1903-1906.
- [5] Whyte, G. F., Vilar, R., Woscholski, R. 2013. Molecular Recognition with Boronic Acids-

Applications in Chemical Biology. *Journal of Chemical Biology*, 6(4), 161-174.

- [6] Hall, D. G. 2011. In *Boronic Acids: Preparation and Applications in Organic Synthesis, Medicine and Materials*, 2nd Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- [7] Cai, D., Larsen, R. D., Reider, P. J. 2002. Effective Lithiation of 3-bromopyridine: Synthesis of 3-Pyridine Boronic Acid and Variously 3-Substituted Pyridines. *Tetrahedron Letters*, 43(23), 4285-4287.
- [8] Cambre, J. N., Sumerlin, B. S. 2011. Biomedical Applications of Boronic Acid Polymers. *Polymer*, 52(21), 4631-4643.
- [9] Yang, W., Gao, X., Wang, B. 2003. Boronic Acid Compounds as Potential Pharmaceutical Agents. *Medicinal Research Reviews*, 23(3), 346-368.
- [10] Lee, J. H., Kim, Y., Ha, M. Y., Lee, E. K., Choo, J. 2005. Immobilization of Aminophenylboronic Acid on Magnetic Beads for the Direct Determination of Glycoproteins by Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Mass Spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 16(9), 1456-1460.
- [11] Murabayashi, S., Nishide, T., Mitamura, Y. 2002. In Vitro Evaluation of Newly Developed Adsorbent for Selective Removal of Glycosylated Low-Density Lipoprotein. *Therapeutic Apheresis*, 6(6), 425-430.
- [12] Özdemir, A., Tuncel, A. 2000. Boronic Acid-Functionalized HEMA-Based Gels for Nucleotide Adsorption. *Journal of Applied Polymer Science*, 78(2), 268-277.
- [13] Bhat, S. S., Kumbhar, A. A., Heptullah, H., Khan, A. A., Gobre, V. V., Gejji, S. P., Puranik, V. G. 2011. Synthesis, Electronic Structure, DNA and Protein Binding, DNA Cleavage, and Anticancer Activity of Fluorophore-Labeled Copper (II) Complexes. *Inorganic Chemistry*, 50(2), 545-558.
- [14] Braga, D., Polito, M., Braccacini, M., D'Addario, D.,

- Tagliavini, E., Sturba, L., Grepioni, F. 2003. Novel Organometallic Building Blocks for Molecular Crystal Engineering. 2. Synthesis and Characterization of Pyridyl and Pyrimidyl Derivatives of Diboronic Acid, [Fe(η⁵-C₅H₄-B(OH)₂)₂], and of Pyridyl Boronic Acid, [Fe(η⁵-C₅H₄-4-C₅H₄N)(η⁵-C₅H₄-B(OH)₂)]. *Organometallics*, 22(10), 2142-2150.
- [15] Aakery, C. B., Salmon, D. J. 2005. Building Co-Crystals with Molecular Sense and Supramolecular Sensibility. *CrystEngComm*, 7, 439-448.
- [16] Hassan, H. 2016. Preparation, Structural and Thermal Studies of Boroxine Adducts Having Aryl Boronic Acids and Pyrazoles. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 10(4), 42-55.
- [17] Campos-Gaxiola, J. J., García-Grajeda, B. A., Hernández-Ahuactzi, I. F., Guerrero-Álvarez, J. A., Höpfl, H., Cruz-Enríquez, A. 2017. Supramolecular Networks in Molecular Complexes of Pyridine Boronic Acids and Polycarboxylic Acids: Synthesis, Structural Characterization and Fluorescence Properties. *CrystEngComm*, 19(27), 3760-3775.
- [18] Erkarlan, U., Donmez, A., Kara, H., Aygun, M., Coban, M. B. 2018. Synthesis, Structure and Photoluminescence Performance of a New Er 3+-Cluster-Based 2D Coordination Polymer. *Journal of Cluster Science*, 29(6), 1177-1183.
- [19] Coban, M. B., Erkarlan, U., Oylumluoglu, G., Aygun, M., Kara, H. 2016. Hydrothermal Synthesis, Crystal Structure and Photoluminescent Properties; 3D Holmium (III) Coordination Polymer. *Inorganica Chimica Acta*, 447, 87-91.
- [20] Kocak, C., Oylumluoglu, G., Donmez, A., Coban, M. B., Erkarlan, U., Aygun, M., Kara, H. 2017. Crystal Structure and Photoluminescence Properties of a New Monomeric Copper (II) Complex: Bis (3-[(3-hydroxypropyl) imino] methyl)-4-nitrophenolato-κ3O, N, O') Copper (II). *Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry*, 73(5), 414-419.
- [21] Erkarlan, U., Oylumluoglu, G., Coban, M. B., Öztürk, E., Kara, H. 2016. Cyanide-Bridged Trinuclear MnIII-FeIII Assembly: Crystal Structure, Magnetic and Photoluminescence Behavior. *Inorganica Chimica Acta*, 445, 57-61.
- [22] Donmez, A., Oylumluoglu, G., Coban, M. B., Kocak, C., Aygun, M., Kara, H. 2017. Ferromagnetic Interactions in New Double end-on-Azide-Bridged Dinuclear Ni (II) Complex: Synthesis, Crystal Structures, Magnetic and Photoluminescence Properties. *Journal of Molecular Structure*, 1149, 569-575.
- [23] Kara, H., Adams, C. J., Schwarz, B., Orpen, A. G. 2011. The Use of [Fe (dithiooxalate)₂(NO)]²⁻ as a Tecton in Crystal Engineering. *CrystEngComm*, 13(16), 5082-5087.
- [24] Sadabs. 2008. SAINT V7. 60A, SHELXTL V6. 14. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- [25] Dolomanov, O. V., Bourhis, L. J., Gildea, R. J., Howard, J. A., Puschmann, H. 2009. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *Journal of Applied Crystallography*, 42(2), 339-341.
- [26] Sheldrick, G. M. 2008. A short History of SHELX. *Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography*, 64(1), 112-122.
- [27] Macrae, C. F., Edgington, P. R., McCabe, P., Pidcock, E., Shields, G. P., Taylor, R., Streek, J. V. D. 2006. Mercury: Visualization and Analysis of Crystal Structures. *Journal of Applied Crystallography*, 39(3), 453-457.

Ekler

Bu makalede verilen kristalografik veriler, Cambridge Crystallographic Data Centre'da depolanmış olup talep üzerine, e-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk> adresinden CCDC 1993504 No ile ücretsiz olarak temin edilebilir.