

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

HOFMANN-DAHXXN-TİPİ KLATRATLAR: $(M(H_2N(CH_2)_6NH_2) Ni (CN)_4 \cdot \chi G$ (M=Ni, Co veya Cd; G=ANTRASEN, FENANTREN veya TRANS-STİLBEN) İÇİN FTIR SPEKTROSKOPİK ÇALIŞMALARI¹

Güneş S. KÜRKÇÜOĞLU², Mustafa ŞENYEL³

ÖZ

Bu çalışmada M(1,6-diaminoheksan) Ni (CN)₄ · χ G (M=Ni, Co veya Cd; G=antrasen, fenantren veya trans-stilben) (kısaltılmış M-Ni-G) klatratlarının FTIR spektrumları incelendi. Spektral veriler bu klatratların konak yapılarının Cd(1,6-diaminoheksan)Ni(CN)₄.m-Toluidin klatratlarıyla benzer yapıda olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İçerikli bileşikler, 1,6-diaminoheksan, Tetrasiyanonikelat bileşikler, FTIR, Aromatik konuk moleküller.

FTIR SPECTROSCOPIC STUDIES ON THE HOFMANN-DAHXXN-TYPE CLATHRATES: { $M(H_2N(CH_2)_6NH_2) Ni (CN)_4 \cdot \chi G$ (M=Ni, Co or Cd; G=ANTHRACENE, PHENANTHRENE or TRANS-SITILBENE)}

ABSTRACT

In this study, FTIR spectra of M(1,6-diaminohexane) Ni (CN)₄ · χ G (M=Ni, Co or Cd; G=anthracene, phenanthrene or trans-stilbene) (abbreviated M-Ni-G) clathrates are reported. The spectral data suggest that the host structures in these clathrates are essentially similar to that of the Hofmann-dahxxn-type m-Toluidine clathrate, Cd(1,6-diaminohexane)Ni(CN)₄.m-Toluidine.

Key Words: Inclusion compounds, 1,6-Diaminohexane, Tetracyanonickelate complexes, FTIR, Aromatic guest molecules.

1. GİRİŞ

Bazı bileşiklerin kristal yapısı sadece bileşiğin farklı yapıda olan bir bileşikle koordine edilmesiyle tanımlanabilir. Farklı bileşiklerin karışımları olan kristallere eş kristaller adı verilir. Bunlar üç farklı şekilde elde edilirler. Birinci durumda kristal karışımları basit olarak ilgili bileşiklerin kafes örgüsü içindeki bir veya daha fazla çözücü molekül yapısındaki moleküller ile oluşturulur. İkinci grupta eş kristal karışımları ilgili bileşik trifenilfosfin oksit gibi büyük bir moleküle hidro-

jen bağıyla bağlandığı zaman oluşturulur. Üçüncü grup ise ilgili bileşik yapısında olan bir bileşikle veya büyük, katı "konak" moleküller etrafındaki örgü içinde yer alan küçük boşluklarda bulunan "konuk" moleküllerle oluşturulur. Konak moleküllerin bu örgüsüne "klatrat" adı verilir. Yani klatrat iki bileşenli moleküler bir yapıdır. Bu yapıda bileşenlerden biri olan konuk molekül diğer bileşen olan konak molekülün oluşturduğu kafes örgü ile çevrilidir. Klatratlar düzgün kristalografik yapıya sahip olup, konak örgü ile konuk moleküller arasında kimyasal bir bağ yoktur [Iwamoto,1996].

¹ Bu çalışma Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonunca (Proje no: 98/20) desteklenmiştir.

² Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, 26480, ESKİŞEHİR. E-posta: gkurkcuo@ogu.edu.tr.

³ Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, 26470, ESKİŞEHİR. E-posta: msenyel@anadolu.edu.tr.

Klatratlarla ilgili ilk örnek 1897 yılında Hofmann ve Küspert tarafından elde edilen bileşiktir. 1970'lere kadar supramoleküller olarak bilinen eş kristalli bileşiklerle ilgili yavaş seyreden çalışmalar, bu yıllarda Iwamoto tarafından $M(\text{NH}_3)_2M'(\text{CN})_4 \cdot 2\text{G}$ genel formülüyle verilen bir seri klatratların Hofmann-tipi klatratlar olarak isimlendirilmeleriyle hızlı bir şekilde gelişti. Bu formülde M altı koordinasyonlu iki değerlikli bir geçiş metalini, M' ise dört koordinasyonlu (kare düzlemsel) iki değerlikli bir geçiş metalini belirtir [Hasegawa, 1996].

Hofmann- α, ω -diaminoalkan tipi konak yapılar $\text{Cd}(\text{NH}_3)_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ konak örgülerinden türetilmiştir. Bu örgülerdeki bir çift amin ligandı yerine, çift dişli bir tek α, ω -diaminoalkan kullanmak suretiyle siyanonikelat örgü tabakaları arası mesafeyi uzatarak konuk moleküller için boşluğun lipofilik karakteri artırılabilmiştir [Hasegawa, 1996]. Bunun sonucunda konak örgü içindeki boşlukların büyümesi ve bu boşluklarda daha büyük hacimli konuk moleküllerin konuşturulması sağlanmıştır.

Bu yöndeki çalışmalarda $\text{Cd}(\text{dahxn})\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot \text{G}$ ($\text{dahxn}=1,6$ -diaminoheksan, $\text{G}=\text{o-toluidin}$, p-toluidin veya m-toluidin) klatratlarının tek kristal yapıları Iwamoto ve arkadaşları tarafından incelenmiş ve o-toluidin [Hasegawa, vd., 1984] ve p-toluidin [Hasegawa vd., 1988] klatratlarının P2/m uzay grubunda monoklinik, m-toluidin [Hasegawa vd., 1988] klatratlarının ise P1 uzay grubunda triklinik yapıda oldukları belirtilmiştir. $\text{M}(\text{dahxn})\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot \text{Benzen}$ ($\text{M}=\text{Cd}$ veya Co) klatratlarının ise kırmızı altı spektroskopik çalışmaları Kasap ve arkadaşları [Kasap vd., 1997] tarafından yapılmış ve spektral verilerin bu klatratların da m-toluidine ile benzer yapıda olduklarını gösterdikleri belirtilmiştir.

Bu çalışmada ise, konak yapıya daha büyük hacimli konuk moleküllerin konuşturulmaları amacıyla antrasen, fenantren ve trans-stilben gibi konuk moleküller kullanılarak $\text{M}(\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot \chi \text{G}$ ($\text{M}=\text{Ni}$, Co veya Cd) klatratları elde edilmiş ve bunların

FTIR spektrumları kaydedilmiştir. Spektral veriler, bu klatratların da, m-toluidin klatratıyla benzer yapıda olduğunu ve konuk moleküllerin konak yapıda farklı oranlarda konuşturulduklarını göstermektedir. Ayrıca klatratların elementel analiz ve atomik absorpsiyon spektroskopik sonuçları da hesaplanan değerlerle kabul edilebilir uygunluktur.

2. DENEYSEL YÖNTEM

Kullanılan bütün kimyasal maddeler hiçbir işleme tabi tutulmaksızın Merck firmasınınca üretilen yüksek kaliteli ürünlerden seçilmiştir.

Klatratların hazırlanmasında $1\text{mmol K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ 'ün sudaki çözeltisi, 1mmol MCl_2 ($\text{M}=\text{Ni}$, Co , veya Cd) sudaki çözeltisi ile 1mmol etilalkoldeki diaminoheksan çözeltisi ve 3mmol etilalkoldeki G ($\text{G}=\text{antrasen}$, fenantren veya trans-stilben) çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözeltiler birlikte magnetik karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmış, elde edilen klatratlar süzildükten sonra su, etilalkol ve eter ile birkaç kez yıkanmıştır. Daha sonra klatratlar konuk molekül buharıyla doyurulmuş desikatör içinde kurumaya bırakılmıştır. Klatratların spektrumları Mattson-1000 FTIR spektrometresinde KBr pencereler yardımıyla Nujol ve heksaklorobütadien kullanılarak hazırlanan bulamaçları yardımıyla alınmıştır. Elementel analizleri için EA-1108 ve atomik absorpsiyon spektrumları için ise AA 250 Plus cihazları kullanılmıştır. Elementel analiz ve atomik absorpsiyon sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

$\text{M}(1,6\text{-diaminoheksan})\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot \chi \text{G}$ ($\text{M}=\text{Ni}$, Co veya Cd ; $\text{G}=\text{antrasen}$, fenantren veya trans-stilben) klatratlarının kırmızı-altı spektrumları karşılaştırıldığında spektrumların birbiriyle benzer olduğu görülmüştür. Bu nedenle, klatratların yapılarının da benzer olduğunu ve G ($\text{G}=\text{antrasen}$, fenantren veya trans-stilben), dahxn ligandı ve $\text{Ni}(\text{CN})_4$ grubunun kendi çevreleriyle

Tablo 1. M-Nİ-G Bileşiklerinin Elementel Analiz Sonuçları (% bulunan) / (% hesaplanan).

Bileşikler	C	H	N
$\text{Co}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,30\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(43,269)/(43,578)	(4,177)/(4,893)	(15,580)/(21,472)
$\text{Cd}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,30\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(38,845)/(38,339)	(3,407)/(4,305)	(13,967)/(18,891)
$\text{Ni}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,10\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(37,465)/(38,514)	(4,540)/(4,819)	(14,166)/(23,633)
$\text{Co}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,25\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(42,951)/(42,395)	(3,528)/(4,875)	(15,260)/(21,973)
$\text{Cd}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,70\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(47,410)/(46,053)	(3,583)/(4,491)	(11,864)/(16,282)
$\text{Ni}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,15\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	(36,268)/(39,879)	(4,333)/(4,840)	(14,531)/(23,060)
$\text{Co}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,10\text{C}_{14}\text{H}_{12}$	(36,650)/(38,469)	(3,707)/(4,870)	(16,171)/(23,611)
$\text{Cd}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,10\text{C}_{14}\text{H}_{12}$	(31,952)/(33,444)	(3,377)/(4,234)	(11,558)/(20,526)
$\text{Ni}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)\text{Ni}(\text{CN})_4 \cdot 0,25\text{C}_{14}\text{H}_{12}$	(41,719)/(42,363)	(5,397)/(5,003)	(13,514)/(21,956)

Tablo 2. M-Ni-G Bileşiklerinin Atomik Absorbsiyon Analiz Sonuçları (% bulunan) / (% hesaplanan).

Bileşikler	Cd	Ni
Cd(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,30C ₁₄ H ₁₀	(31,925)/(32,515)	(15,312)/(16,983)
Ni(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,10C ₁₄ H ₁₀	-	(19,337)/(22,902)
Cd(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,70C ₁₄ H ₁₀	(24,351)/(26,955)	(10,967)/(14,079)
Ni(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,15C ₁₄ H ₁₀	-	(20,098)/(22,133)
Cd(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,10C ₁₄ H ₁₂	(33,506)/(36,230)	(17,125)/(18,924)
Ni(C ₆ H ₁₆ N ₂)Ni(CN) ₄ 0,25C ₁₄ H ₁₂	-	(21,316)/(20,702)

olan etkileşme derecelerinin her klatratda aynı olduğunu düşünmekteyiz. Klatratlardaki simetri kısıtlamaları farklı kristal simetri olasılıklarını etkili kılmamaktadır [Kasap vd., 1997]. Bundan dolayıdır ki titreşimleri üç ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar diaminoheksan ligandına, Ni(CN)₄ grubuna ve konuklara ait titreşim bandları olarak sıralanabilir. Bu bandların titreşim dalga sayıları daha önceki çalışmalara ait bazı spektral verilerle karşılaştırmalı olarak Tablo 3- 7’de verilmiştir.

3.1. 1,6-Diaminoheksan Titreşim Frekansları

Serbest 1,6-diaminoheksan molekülünün CCl₄’deki çözeltisinin,kırmızı-altı spektrumundan elde edilen frekans değerleri,daha önce çalışılmış bulunan M (1,6-diaminoheksan)Ni(CN)₄.C₆H₆ (M=Ni, Co veya Cd) [Kasap vd., 1997] klatratındaki değerlerle,karşılaştırmalı olarak Tablo 3’de verilmiştir.

Klatratlardaki diaminoheksan ligandına ait NH₂ gruplarının simetrik ve asimetric bandları belirgin orta şiddetli bandlardır ve yüksek frekansı karakterize ederler. Bu nedenle 3376 cm⁻¹-3315 cm⁻¹ bölgesinde gözlenen bandlar simetrik ve asimetric NH₂ esneme titreşim frekanslarına aittir. Tablo 3’den de görüldüğü gibi bu bandlar da klatrat yapıda düşük frekans bölgesine kaymalar gözlenmiştir ve bu kaymalar bağlı -NH₂ gruplarının karakteristik bir özelliğidir. Bu kaymalar, metal atomuna (M),ligand molekülünün N-ucundan bağlı olduğunu gösterir. Ayrıca 1576 cm⁻¹ deki NH₂ bükülme titreşimine ait bantta görülen yüksek frekans bölgesine kaymalar da bu görüşü doğrulamaktadır.

3.2 Ni(CN)₄ Grubu Titreşim Frekansları

Hofmann-tipi klatratlar [Kasap vd.,1997; Iwamoto, 1996; Davies vd., 1974; Akyüz vd.,1974] ve Hofmann-tipi komplekslerde [Akyüz vd., 1973;Kantarıcı,1983,Şimşek ve Kantarcı,1988, S.Bayarı vd., 1995], Ni(CN)₄ grubundaki Ni atomunun CN grubunun dört C atomu ile kare düzlemsel düzende çevrelendikleri belirtilmiştir. Bu çalışmada elde ettiğimiz klatratlar da kare düzlemsel Ni(CN)₄ gruplarına sahiptir. Ni(CN)₄ grubuna ait titreşim bandları Mc Cullough ve arkadaşları [Mc Cullough vd., 1960] tarafından katı haldeki Na₂-Ni(CN)₄ tuzundaki Ni(CN)₄²⁻ iyonu için yapılan işaretlemeler kullanılarak Tablo 4’de verilmiştir. Tuzlarda Ni(CN)₄²⁻ iyonları K⁺ iyonlarıyla bağlı olmadığından, D_{4h} simetrisinde izole birimler olarak düşünülür.

Tablo 3. M-Ni-G Bileşiklerindeki dahxn Molekülünün Titreşim Dalga Sayıları (cm⁻¹).

İşaretleme ^(a)	CCl ₄ ’de dahxn	Co-Ni-G G=Antrasen	Cd-Ni-G G=Antrasen	Ni-Ni-G G=Antrasen	Co-Ni-G G=Fenanren	Cd-Ni-G G=Fenanren	Ni-Ni-G G=Fenanren	Co-Ni-G G=Stilben	Cd-Ni-G G=Stilben	Ni-Ni-G G=Stilben
v(NH ₂)	3376 s	3342 s	3347 vs	3346 s	3345s	3346 s	3346 m	3343 s	3347 s	3344 s
v(NH ₂)	3284 s	3285 m	3288 m	3288 m	3288 m	3289 s	3290 m	3287 m	3289 s	3287 m
v(CH ₂)	2931 vs	2929 m	2928 m	2930 m	2937 m	2939 m	2930 s	2932 s	2933 s	2929 s
v(CH ₂)	2858 vs	2862 m	2860 m	2861m	2863 m	2862 s	2861 s	2864 s	2862 m	2860 s
δ(NH ₂)	1576 s	1588 s	1586 s	1587 s	1581 s	1586 s	1583 s	1585 m	1587 s	1587 s
δ(CH ₂)	1469 s	1462 s	1463 m	1463 m	1462 m	1463 m	1465 m	1462 m	1463 m	1465 m
δ(CH ₂)	1438 w	1443 s	1444 s	1439 s	1439 s	1439 m	1438 m	1439 m	1441 m	1439 m
w(CH ₂)	1392 w	1387 m	1386 m	1390 m	1388 w	1390 w	1388 w	1388 w	1387 w	1387 w
w(CH ₂)	1323 w	1328 w	1316 w	1318 w	1319 w	1320 w	1321 w	1316 w	1318 w	1321 w
t(NH ₂)	1269 w	1276 w	1279 s	1272 m	1277 w	1275 w	1277 vw	1275 w	1264 vw	1266 w
v(CN)	1076 m	1083 s	1081 s	1086 vs	1086 m	1078 m	1090 m	1091 vs	1078 vs	1092 vs
ω(NH ₂)	992 w	997 m	997 m	-	997 s	-	1000 m	-	-	-
r(CH ₂)	984 w	987 w	980 m	985 w	987 w	974 w	985 w	987 sh	989 w	989 w
r(CH ₂)	853 m,br	849 vw	857 m	860 w	847 w	858 m	851 w	846 w	856 vs	856 w

^a [Giorgini vd., 1983]’den alındı,

v_a= asimetric esneme, v_s= simetrik esneme, δ= düzlem içi bükülme, ω= düzlem dışı sallanma, t= düzlem dışı bükülme,

r= düzlem içi yana sallanma, s= kuvvetli, m= orta, w= zayıf, sh= omuz, br= geniş, v= çok.

Tablo 4. M-Nİ-G Bileşiklerinde Ni(CN)₄ Grubuna Ait Titreşim Dalga Sayıları (cm⁻¹).

İşaretleme ^(a)	Na ₂ Ni(CN) ₄ ^a	Cd-Ni-Bz ^{b,c}	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G
			G=Antrasen	G=Antrasen	G=Antrasen	G=Fenantren	G=Fenantren	G=Fenantren	G=Stilben	G=Stilben	G=Stilben
v _g (CN) ₄ E _u	2132	2156 vs	2161vs	2147s	-	-	2149s	-	2165s	-	-
	2128	-	2138 sh	2137s	2167 vs	2163s	2139s	2168 vs	2157s	2158s	2159s
v ₉ (NiC) ₄ E _u	543	554 m, br	554 s	557 s	575 m	553m,br	552 m,br	586 m,br	563m	553 m,br	585 s
π(NiCN) ₄ A _{2u}	448	446w	453 w	448sh	457w	451 sh	444 m	457 m	445m	444 sh	455 m
δ(NiCN) ₄ E _u	431	425vs	437 s	428vs	439 s	437vs	425s	438 s	435s	428 vs	438 vs

^a[Mc Cullough vd., 1960]'den alındı, ^bCd(NH₃)₂Ni(CN)₄·2C₆H₆, ^c[Akyüz vd., 1974]'den alındı.

s= kuvvetli, m=orta, w=zayıf, sh = omuz, br= geniş, v=çok

Ni(CN)₄²⁻ iyonları izole birimler olarak düşünüldüğünden M-NC (M=Ni, Co veya Cd) bağı oluştuğunda titreşim frekanslarında metale bağlı kaymalar meydana gelir. Tablo 4 incelendiğinde serbest CN grubunun 2100 cm⁻¹-2120 cm⁻¹ arasındaki bölgede görülen şiddetli CN esneme titreşiminin, yüksek frekans bölgesine kaydığı görülmektedir. Bu tür kaymalar Hofmann-tipi klatratlar ve Hofmann-tipi komplekslerde de görülmüştür. Bu kaymaların Ni(CN)₄ grubunun iç titreşim modları ile M-NC (M=Ni, Co veya Cd) titreşimleri arasındaki mekanik çiftlenim nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir [Davies vd., 1974]. Tablo 4 incelendiğinde Ni(CN)₄ modlarındaki kaymalar M=Ni iken en büyük M=Cd iken ise en küçüktür. Frekans kaymalarındaki bu farklılık [M(dahxn)Ni(CN)₄]_∞ zincirlerindeki deformasyon derecesine bağlı olarak, klatratlardaki düzenlenişin M metaline göre değişebileceğini göstermektedir.

3.3 Konuk Moleküllerin Titreşim Frekansları

Antrasen, fenantren ve trans-stilben konuk olarak kullanıldığı Hofmann-dahxn-tipi klatratlar ilk kez tarafımızdan hazırlanarak titreşim frekansları incelenmiştir. Bu titreşim frekansları Tablo 5-7'de kaynaklardaki spektral verilerle birlikte, karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablolardan da görüleceği gibi konuk moleküllerin klatrat oluştuktan sonraki titreşim dalga sayılarında görülen önemsiz kaymalar, konuk moleküllerin klatrat oluşması nedeniyle çevresinin değişmesinden ve büyük hacimli olmalarından kaynaklanmaktadır.

Klatratlarda bozulma söz konusu olduğu için elementel analiz sonuçlarında teorik hesaplamalara göre sapmalar söz konusudur. Fakat elde ettiğimiz değerlerin kabul edilebilir aralıkta olduğunu düşünmekteyiz. Tablo 1'deki elementel analiz sonuçları incelendiğinde, konuk moleküllerin konak yapıda değişik oranlarda konuştukları görülmektedir. Benzer durumlar daha ön-

ce tek kristal çalışmaları yapılan klatratlarda da görülmüştür [Hasegawa vd., 1984, Hasegawa vd., 1988].

Bu veriler de gösteriyor ki, bu çalışmada daha büyük hacimli konuk moleküller kullanılarak elde ettiğimiz, bileşikler Hofmann-tipi klatratlardan olup, Cd(1,6-diaminohexane)Ni(CN)₄.m-toluidin klatratıyla benzer yapıdadırlar.

Tablo 5. M-Nİ-G Bileşiklerindeki Antrasenin Titreşim Dalga Sayıları (cm⁻¹).

İşaretleme ^(a)	Antrasen ^(a)	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G
B _{2U}	3078	3074	3081	3076
B _{1U}	3063	3062	3062	3061
B _{1U}	3044	3044	3044	3043
B _{1U}	3039	3037	3037	3038
B _{1U}	1620	1621	1619	1622
B _{2U}	1534	1535	1534	1532
B _{1U}	1456	1456	1456	1457
B _{2U}	1455	1453	1455	1454
B _{2U}	1343	1336	1343	1345
B _{1U}	1311	1314	1310	1315
B _{1U}	1275	1275	1270	1276
B _{2U}	1169	1167	1167	1166
B _{2U}	1158	1159	1158	1161
B _{1U}	1156	1153	1155	1152
B _{2U}	1001	1002	1001	1003
B _{3U}	962	964	965	964
B _{1U}	908	906	906	908
B _{3U}	885	883	886	884
B _{3U}	730	728	732	728
B _{2U}	613	603	601	603
B _{3U}	471	471	473	472

^aKaynak [Langhoff, 1996]'dan alındı.

Tablo 6. M-Ni-G Bileşiklerindeki Fenantrenin Titreşim Dalga Sayıları (cm⁻¹).

İşaretleme ^(a)	Fenantren ^(a)	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G
A ₁	3093	3095	3095	3093
B ₂	3082	3082	3082	3082
B ₂	3070	3070	3070	3070
A ₁	3063	3063	3063	3063
A ₁	3057	3056	3056	3056
A ₁	3045	3044	3044	3044
A ₁	1595	1594	1593	1590
B ₂	1497	1501	1496	1497
B ₂	1461	1464	1461	1462
A ₁	1443	1445	1443	1442
A ₁	1250	1248	1246	1248
B ₂	1038	1039	1039	1037
B ₁	950	950	957	953
B ₁	871	871	876	872
B ₁	817	817	820	817
B ₁	736	743	745	745
B ₂	627	620	621	623
B ₁	498	498	495	496
B ₁	430	431	428	423

^aKaynak [Langhoff, 1996]'den alındı.

Tablo 7. M-Ni-G Bileşiklerindeki Trans-Stilben'in Titreşim Dalga Sayıları (cm⁻¹).

İşaretleme ^(a)	Trans-stilben ^(a)	Co-Ni-G	Cd-Ni-G	Ni-Ni-G
B ₂	3080	3082	3084	3082
B ₂	3072	3075	3071	3075
A ₁	3054	3056	3055	3056
A ₁	3031	3031	3031	3031
A ₁	3015	3012	3012	3012
A ₁	1596	1595	1593	1593
B ₂	1574	1575	1574	1575
A ₁	1494	1495	1494	1496
B ₂	1450	1451	1450	1451
B ₂	1336	1339	1339	1340
B ₂	1329	1330	1328	1329
B ₂	1297	1303	1302	1303
B ₂	1218	1218	1218	1218
A ₁	1193	1194	1194	1194
B ₂	1156	1155	1155	1155
B ₂	1069	1069	1067	1067
A ₁	1027	1025	1027	1027
A ₁	997	997	997	993
A ₁	854	853	856	855
A ₁	675	696	673	671
B ₂	617	618	618	620
B ₂	540	540	543	540
B ₂	467	469	471	467

^aKaynak [Meic vd., 1978]'den alındı.

KAYNAKÇA

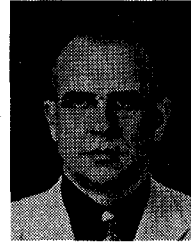
- Akyüz, S., Dempster, A.B. ve Morehouse R.I. (1974). Host-guest interactions and stability of Hofmann-type benzene and aniline clathrates by i.r. spectroscopy. *Spectrochim. Acta*, 30A, 1989-2004.
- Akyüz, S., Dempster, A.B., Morehouse R.L. ve Suzuki, S. (1973). An Infrared and Raman spectroscopic study of some metal pyridine tetracyanonickelate complexes. *J. Mol. Struct.*, 17, 105-125.
- Bayarı, S., Kantarcı, Z. ve Akyüz, S. (1995). An infrared spectroscopic study on Hofmann-type complexes of dimethylsulfoxide. *J. Mol. Struct.*, 351, 19-24.
- Davies J.E.D., Dempster A.B. ve Suzuki, S. (1974). Clathrate and inclusion compounds -II (1).The Raman spectra of Hofmann-type benzene and benzene-D₆ clathrates. *Spectrochim. Acta*, 30A, 1183-1192.
- Hasegawa, T. (1996). Synthesis of cyanometal inclusion compounds (Part I): Preparation and characterization of catena -[catena-(α,ω -diaminohexane)cadmium-m-tetracyano nickelate]- χ guest complexes. *J. Coord. Chem.*, 37, 3953.
- Hasegawa, T. ve Iwamoto, T., (1988). The crystal structures of α,ω -diaminoalkane cadmium (II)tetracyanonickelate(II)-aromatic molecule inclusion compounds .IV.(1,6-Diaminohexane) cadmium(II) tetracyano nickelate(II)-m-toluidine(1/1),-p-toluidine (1/1),and-2,4 xylidine (1/1) clathrates and the coordination complex bis(p-toluidine) (1,6-diaminohexane) cadmium(II)tetracyano nickelate(II). *J. Incl. Phenom.*, 6, 143-149.
- Hasegawa, T., Nishikiori, S. ve Iwamoto, T. (1984). The crystal structures of α,ω -diaminoalkane cadmium(II) tetracyanonickelate(II)-aromatic molecule inclusion compounds .II.(1,6-Diaminohexane) cadmium(II) tetra cyano nickelate(II)-o-toluidine(1/1):Cd(NH₂(CH₂)₆NH₂)Ni(CN)₄.o-CH₃C₆H₄NH₂. *J. Incl. Phenom.*, 2, 351-357.
- Iwamoto, T. (1996). Past, present and future of the clathrate inclusion compounds built of cyanometallate hosts. *J. Incl. Phenom.*, 24, 61-132.
- Kantarcı, Z. (1983). An infrared spectroscopic studies of metal dimethylsulfoxide tetracyanonickelate complexes. *Hacettepe Bulletin of Natural Sciences and Engineering*, 12, 187-199.
- Kasap, E., Özbay, A. ve Özçelik, S. (1997). Infrared spectroscopic study of the Hofmann-diam-type clathrates:M(1,6-diaminohexane)Ni(CN)₄.C₆H₆ (M=Ni, Co or Cd). *Spect. Lett.*, 30, 491-496.

- Langhoff, R.S. (1996). Theoretical infrared spectra for polycyclic aromatic hydrocarbon neutrals, cations and anions. *J. Phys. Chem.*, 100, 2819-2841.
- Mc Coullough, R.L., Jones, L.H. ve Crosby, G.A. (1960). An analysis of the vibrational spectrum of the tetracyanonickelate(II)ion in a crystal lattice. *Spectrochim. Acta*, 16, 929-936.
- Meic, Z., Güsten, H. (1978). Vibrational studies of trans-stilbene-I . Infrared and Raman spectra of trans-stilbene and deuterated trans-stilbenes. *Spectrochim. Acta*, 34A, 101-111.
- Şimşek, M. ve Kantarcı, Z. (1988). An infrared spectroscopic study of some metal urea tetracyanonickelate complexes, *Communication Faculty of Science University of Ankara*, 37, 79-86.



Güneş S. Kürkçüoğlu, 1966 yılında Kütahya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa'da, lise öğrenimini Kütahya'da tamamladı. 1989 yılında Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fizik Bölümünden mezun oldu. 1990'da Anadolu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

Fizik Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1992'de Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisansını tamamladı. 1993 yılında üniversitenin bölünmesinden dolayı görevine Osmangazi Üniversitesi'nde devam etti. 1997'de Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora eğitimini tamamladı. Aynı yıl Osmangazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Atom ve Molekül Fiziği Anabilim dalına yardımcı doçent olarak atandı. Halen lisans üstü çalışmalarına paralel olarak, Kırmızı-Altı spektroskopisiyle moleküler yapı analizi üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.



Mustafa Şenyel, 1954 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Eskişehir'de tamamladıktan sonra 1971 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik bölümüne kaydoldu. 1975 yılında lisans 1977 yılında yüksek mühendislik eğitimlerini bu kurumda tamamladı.

1976 yılında kısa bir süre ANAEM'de nükleer fizik grubunda çalıştıktan sonra aynı yılın Aralık ayında EİTİA'ne bağlı Kimya Mühendisliği Yüksek Okulunda asistan olarak göreve başladı. Daha sonra bu kurumun Anadolu Üniversitesi bünyesine alınması nedeniyle Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesinde göreve devam etti. 1988 yılında Atom ve Molekül Fiziği dalında Doktorasını Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde tamamladıktan sonra, 1996 yılında Fizik Eğitimi dalında doçent oldu. Halen Anadolu Üniversitesi Fizik Bölümünde Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı Başkanlığı yapmaktadır. İlgili alanları kırmızı-Altı spektroskopisi ile moleküler yapı çalışmaları, Fizik eğitimi, grup teori ve moleküler yapı aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.