

LED SPEKTROFOTOMETRE

K.K.T.C

YAKINDO U ÜN VERS TES

B YOMED KAL MÜHEND SL BÖLÜMÜ

SUNULAN B T RME PROJES

**HAL L TIKIR 20143549
O UZHAN ZC 20143611**

L SANS PROGRAMI LED SPEKTROFOTOMETRE

LEFKO A 2017

LED SPEKTROFOTOMETRE

K.K.T.C

YAKINDO U ÜN VERS TES

B YOMED KAL MÜHEND SL BÖLÜMÜ

SUNULAN B T RME PROJES

**HAL L TIKIR 20143549
O UZHAN ZC 20143611**

L SANS PROGRAMI LED SPEKTROFOTOMETRE

LEFKO A 2017

B LD RGE SAYFASI

Bu tez çalı masının kendi çalı mamız oldu unu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dı ı davranı ımızın olmadı ını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde etti imizi, bu tez çalı mayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdi imizi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldı ımızı, yine bu tezin çalı ılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranı ın olmadı ı beyan ederiz.

sim , Soyisim : Halil TIKIR O uzhan ZC

mzalar :

Tarih

TE EKKÜR

Bu proje, Yakın Do u Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal laboratuvarlarında gerçekle tirilmi tir. Çalı malarımız sırasında bize tecrübelerini esirgemeyen ba ta bölüm ba kanımız Doç.Dr. Terin ADALI'ya, bilgi ve deneyimlerini payla an Yakın Do u Üniversitesi Hastanesi Laboratuvarında görev yapan Biyokimya Uzmanı Osman beye, Proje danı manımız Niyazi entürk'e ,vebizibilimsel çalı malara te vik eden ve bu konuda her türlü deste i veren okul yöneticilerimize te ekküredemiz.

THAF SAYFASI

E itimlerimiz süresince bize her konuda tam destek veren sevgili ailelerimize ve bizlere tecrübeleriyle örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimizi ithaf ederiz.

ÖZET

Projedeki amacımız bilim insanlarının element ve bileşiklerin tayininde kullandıkları spektrofotometre yönteminin nasıl çalıştığını öğrenmek için günlük hayatta kolayca elde edilebilecek materyaller ile çalışan bir spektrofotometre meydana getirebilmektir.

Bunun yanında sıvıların kimliklerini tayin etmek için görünür ve kızılötesi bölgede farklı dalga boylarında ışık yansıtan led lambaları kullanarak sıvıların içinden geçen ya da yansıyan dalgaların miktarını belirleyen, böylece oluşturulmuş bir kütüphaneden sıvıların kimliklerini tayin eden basit bir spektrofotometre sistemi meydana getirdik.

Anahtar Kelimeler:

Absorpsiyon : Soğurulma

Emisyon : Yayılma

Güç Regülatörü : ebeke gerilimindeki yükselme, düşme ve tüm dengesizlikleri önleyip, gerilim regülasyonu yapan cihazlara Regülatör denir.

Transmittans : Çözeltinin ışığı geçirme oranı

Küvet : çine örnek çözelti koyulan kap

Infrared : Kızılötesi

Ç NDEK LER

BILDIRGE SAYFASI	I
TE EKKÜR	II
THAF.....	III
ÖZET VE ANAHTAR KEL MELER.....	IV
BÖLÜM 1G R	1
1.1 ATOMUN YAPISI.....	1
1.2 BOHR ATOM MODEL	2
1.3 H DROJEN ATOMUNDA ENERJ SEV YELER N N HESAPLANMASI.....	3
1.4 ATOMLARINSPEKTRUMLARI.....	5
1.5 SPEKTROSKOP	7
1.5.1 ELEKTROMANYETİK DALGANIN MADDE LE ETKİLE İMİ.....	7
1.5.2 İ İ IN ABSORPSİYONU VE EMİSYONU.....	8
1.6 SPEKTROFOTOMETRE.....	10
1.6.1 SPEKTROFOTOMETRE C HAZININ KULLANIM ALANLARI.....	11
1.6.2 SPEKTROFOTOMETRE C HAZI ÖLÇÜM PARAMETRELER	11
BÖLÜM 2YÖNTEM.....	12
2.1 LED SPEKTROFOTOMETRESİ.....	13
2.1.1 FOTO D RENÇ	14
2.1.2 BLUETOOTH.....	15
2.2 PROJEN N YAPILI İ	17
2.3 Ö RENME MODU	18
2.4 TANIMA MODU	18
SONUÇLAR.....	21
KAYNAKLAR.....	22
EKLER EK-1 ARDUINO PROGRAM KODLARI.....	23
EK-2 RÖPORTAJ.....	24

TABLÖLAR

Tablo 1.1: Hidrojen Atomunun Enerji Seviyeleri.....6

Tablo 2.1: I 1 ın renklerde ki dalga boyları aralıkları.....14

Tablo 2.2: Yukarı ki tabloda farklı sıvılar için elde edilen ölçüm de erleri görölmektedir21

EK LLER

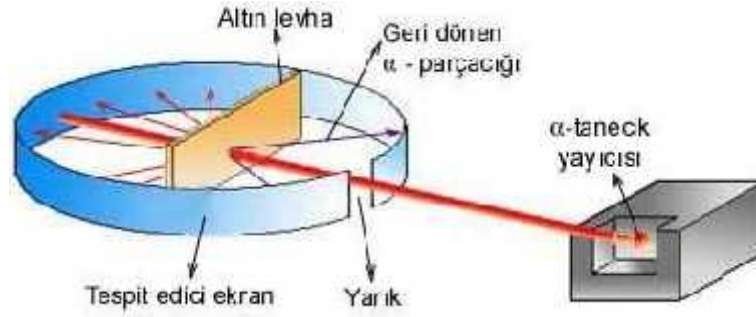
ekil-1.1: Rutherford deneyinin çalı ma eması.....	3
ekil-1.2: Rutherford atom modelinin temsili çizimi.....	4
ekil-1.3: Bohr atom modeli ve atomik yörüngeler arasındaki geçi lere kar ılık gelen seri geçi leri.....	6
ekil-1.4: Güne ten gelen ı ı n üzerinde bulunan Fraunhofer siyah çizgileri farklı elementlerin yayınladıkları ı ı maların görünür bölgedeki ı ı ma spektrumlarını göstermekedir.....	7
ekil-1.5: Güne ten gelen ı ı n so ruma ve tekrar yayınlama spektrumları. Burada ilk olarak güne ı ı nlarının so ruma çizgileri, sırası ile Hidrojen, Helyum, Cıva ve Uranyum'un görünür bölgede tekrar yayınlama spektrumlar gösterilmi tir.....	8
ekil 1.6: 10-12 m ile 109 m dalgaboyu aralı ndaki tüm spektrum gösterilmi tir. 400 nm (mavi) -700 nm (kırmızı) aralı ı insan gözünün görebildi i aralıktır.....	9
ekil 1.7: E1 seviyesinde bulunan bir elekton hv fotonu ile uyarıldı nda E2 seviyesine geçmektedir,daha sonra ı ı ma yaparak taban seviyesine geri dönmektedir.....	10
ekil 1.8: Bir ı ık hüznenin b geni likte bir küvet içinden geçerken Beer–Lambert so rulmasının çizimi.....	11
ekil 1.9: Absorbsiyon spektrofotometresi.....	12
ekil 2.1: Bir spektrometrenin alt elemanları ve çalı ma düzeni.....	14
ekil-2.2: Akı eması.....	16
ekil 2.3 Sistemin Telefon Ekran Görüntüsü.....	17
ekil-2.4: a) Atmel i lemcisini kullanan Arduino deney kiti, b) farklı boylarda ve dalgaboylarında ı ı a yapan led lambaları.....	18
ekil-2.5: Arduino ve fotosel ile led lambalarının ba lantı diyagramları gösterilmi tir.....	18
ekil-2.6: Arduino ve ba lantı diyagramları.....	19
ekil-2.7: Açık kaynak kodlu ve açık donanım lisanslarına sahip olan Arduino geli tirme kartları Arduino IDE ile kolayca programlar yazılabilmekte ve i lemcie yüklenebilmektedir. Burada Sıvı Tayin Eden Spektrofotomere için geli tirilmi olan yazılımın bir kısmı görülmektedir.....	20
ekil-2.8: Serial Port üzerinden bilgisayar ile haberle en Fuduino i lemcisi Ö renme Modunda çalı ırken alınmı ekran görüntüsü verilmi tir.....	22
ekil-2.9: Fuduino i lemcisinin Sıvı Tanımlama çalı ırken alınmı ekran görüntüsü verilmi ti.....	22

BÖLÜM 1

G R

1.1. ATOMUN YAPISI

1911 yılına kadar atom hakkında birçok varsayımlar ileri sürülmesine karşın atomun pozitif yüklü ve a ır bir çekirdek etrafında elektronların bulunduğu bir yapıya sahip olduğu ilk kez E.Rutherford tarafından ortaya atıldı. Rutherford radyoaktif maddelerden çıkan parçacıklarının birkaç yüz atom kalınlığında olan ince bir altın yaprak üzerine gönderdi. parçacıklarının saçılma özelliklerine bakarak atomun yapısı hakkında önemli bulular gerçekleştirdi. Rutherford saçılma deneyinin çalışması ekil-1.,de gösterilmiştir.

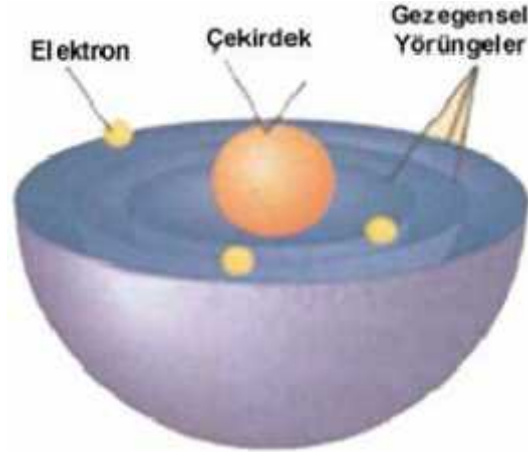


ekil-1.1:Rutherford deneyinin çalışması

Rutherford yaptığı bu deneyde α parçacıklarının çok ince altın yaprak üzerine geldiklerinde ekil-1'de görüldüğü şekilde farklı açılar ile etrafa saçıldıklarını gözlemlemiştir. Bu deney sonuçlarında beklenmeyen önemli bir gözlemlerde α parçacıklarının az da olsa bazı durumlarda altın levhadan geri saçılmalarıdır. Buradan yapılan hesaplamalarda alınan atomların ve çekirdeklerinin boyutu hakkında önemli sonuçlara ulaşıldı. α parçacıklarının çok büyük bir kısmının sapmadan geçmesi atom içinde büyük boşluklar olduğunu gösterir. Fakat çok az gerçekte en bazı durumlarda çok yüksek enerjili olan α parçacıklarının geri açılmaları, pozitif yüklü çekirdeğin atomun boyutuna göre çok küçük bölgede yoğunlaşmış olduğunu söyler. Çekirdeğin merkezine gönderilen parçacığın kinetik enerjisi çekirdeğe yaklaştıkça azalır. parçacığın çekirdeğe en fazla yaklaşma miktarı r ile gösterilirse, enerjinin korunumundan parçacıklarının kinetik enerjisini potansiyel enerjiye eşitleyerek r'nin deeri kestirilebilir.

$$\frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2 = k\frac{q_{\alpha}q_{\zeta}}{r} \quad (1)$$

Bu eşitlikten m (parçacığın kütlesi), v (-parçacığın hızı), q (parçacığın yükü), qç(çekirdeğin yükü), k(coulomb sabiti) deeri bilindiğine göre r hesaplanabilir. Yapılan hesaplamalarda r, 10-14 m boyutlarında çıkar. Buna göre,en kötü yaklaşımla atomun yarıçapı bu deerden küçüktür.



ekil-1.2: Rutherford atom modelinin temsili çizimi.

Rutherford'un atom modelinde atom, merkezde pozitif yüklü bir çekirdek ve bunun çevresinde dönen negatif yüklü elektronlardan oluşmaktadır. Bu ekliyle güne sistemine benzer bir model olarak tasarlanmıştır. Bunun ile birlikte Rutherford atom modelinde iki önemli sorun vardı. Bunlardan biri, atomların elektromanyetik spektrum içinde her bir sadece kendilerine özgü belirli dalgalarda ışınım yapmaktadır ve bunların dışında elektromanyetik ışınım yaymamaktadır. Rutherford modeli bu olayı açıklayamamaktadır. Diğer önemli sorun ise klasik teoriye göre ivmeli hareket yapan yükün elektromanyetik ışınım yapması dolayısıyla enerji yayma zorunluluğudur. Rutherford modelinde elektronlar çekirdek çevresinde merkezci ivmeye sahiptir. Böylece elektronlar ışınım yaptıkça enerjileri azalmalı ve spiral izleyerek çekirdeğe düşmelidirler. Sonunda bu durum atomun çökmesine neden olmalıdır. Daha sonraları Kuantum mekaniğinin geliştirilmesi ile atomun etrafında dönen elektronların enerji yaymadan yörüngelerinde kararlı durumda oldukları anlaşılmıştır. [1,2]

1.2 BOHR ATOM MODEL

Atom fiziğinde, 1913 yılında Niels Bohr tarafından tanıtılan Bohr modeli, atomun güne sistemi yapısında olduğunu gösterir. Ancak elektrostatik kuvvet tarafından uygulanan çekim ile elektronlar çekirdeğin etrafındaki orbitallerde dairesel bir yörüngede dolar. Modelin önemli başarısı atomik hidrojenin atomunun yaptığı ışınım değerlerini veren Rydberg formülünü açıklayabilmesidir. Rydberg formülü, Bohr modeli tanıtılana kadar teorik bir destek elde etmemiştir. 1913 yılında Niels Bohr, hidrojen atomunun spektrum çizgilerini ve Planck'ın enerjinin sürekli olmak yerine kuantumlanmış olduğunu süren kuantum kuramını kullanarak Bohr kuramını ileri sürdü. Bohr atom modelinin varsayımları (postulatları) şöyle özetlenebilir:

1. Herhangi bir kararlı enerji seviyesinde elektron dairesel bir yörüngede hareket eder. Bu yörüngelere enerji düzeyleri veya kabukları denir ve Elektronlar artı yüklü çekirdek çevresinde Coulomb kuvvetinin çekme etkisi ile dairesel bir yörüngede ışınım yapmadan dolanırlar.
2. Yalnızca bazı elektron yörüngeleri karardır. elektron bu kararlı yörüngelerde ışınım yapmaz. Bu durumda atomun enerjisi sabit kalacağından, elektronun hareketi klasik mekanikle açıklanabilir. Bu durumda elektrona etki eden merkezci kuvvet elektrostatik kuvvettir.

3. Bir elektron yüksek enerjili kararlı bir yörüngeden düşük enerjili kararlı bir yörüngeye kendiliğinden geçebilir. Bu geçiş sırasında atomdan bir foton yayılır. Yayınlanan fotonun frekansı yada dalga boyu elektronun ilk ve son yörüngeleri arasındaki enerji farkıyla belirlenir. Elektron E₂ enerjili yörüngeden E₁ enerjili yörüngeye geçerken atomdan bir foton yayılır. Yayılan bu fotonun enerjisi ve frekansı, elektronun ilk ve son yörüngelerindeki enerji farkıyla belirlenir.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu \quad (\text{h Planck sabiti}) \quad (2)$$

4. Bir atomdaki elektronlar çekirdekten belli uzaklıktaki yörüngelerde hareket eder ve bu yörüngelerdeki açısal momentumu $h/2\pi$ 'nin tam katlarıdır. Her kararlı hâlinin sabit bir enerjisi vardır. Elektron hareketinin mümkün olduğu kararlı seviyeler, en düşük enerji düzeyi 1 olmak üzere, her enerji düzeyi bir tam sayı ile belirlenir ve genel olarak "n" ile gösterilir, (n: 1,2,3 ...)

Bohr atom modelinde elektronların atomik yörüngeler arasındaki geçişler arasındaki enerji şöyle hesaplanmıştır.

1. Klasik mekanikte Elektron elektrostatik çekim ile dairesel bir yörüngede tutulur. Merkezil kuvvet Coulomb kuvvetine eşittir.

2. $m_e v r = n\hbar$ açısal momentumun kuantumlanma özelliği kullanılarak elektronun sahip olduğu toplam enerji hesaplanabilir.

$$E = -\frac{Zk_e e^2}{2r_n} = -\frac{Z^2(k_e e^2)^2 m_e}{2\hbar^2 n^2} \approx \frac{-13.6Z^2}{n^2} \text{eV} \quad (3)$$

Buna göre herhangi bir atomun n. seviyedeki enerjisi, yarıçap ve kuantum sayısı tarafından belirlenir ve Z adet protona sahip çekirdeklerin enerji seviyeleri

$$E_n = -\frac{Z^2 R_E}{n^2} \quad (4)$$

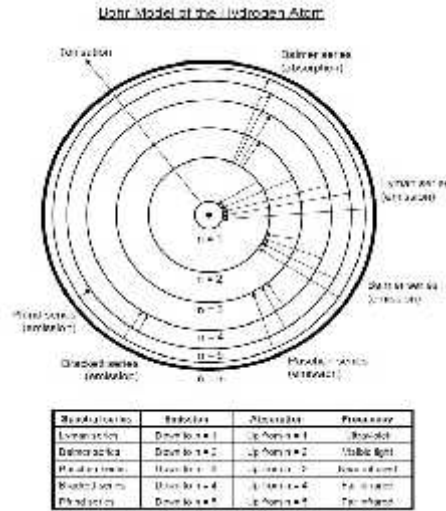
formülü ile hesaplanabilir. Bunun yanında gerçek enerji seviyeleri birden fazla elektron için analitik olarak çözülemez çünkü elektronlar bir çok farklı etkileşime daha yapmaktadırlar. Örneğin elektronlar Coulomb kuvveti uyarınca birbirleriyle de etkileşime girerler.[3]

1.3 HİDROJEN ATOMUNDA ENERJİ SEVİYELERİNİN HESAPLANMASI

Hidrojen atomunda enerji seviyeleri önceki bölümde verilen formül kullanılarak Hidrojen atomunun sadece bir adet protonu olduğu göz önüne alınırsa Z=1 yazılarak n=1,2,3.. tam sayı değerlerine bağlı olarak bulunabilir. R_E sabiti 13,6 eV olarak alınır

$$E_n = -\frac{Z^2 R_E}{n^2} \quad (5)$$

elde edilir.



ekil-1.3: Bohr atom modeli ve atomik yörüngeler arasındaki geçişlere karşılık gelen serileri

Hidrojen atomu genellikle en düşük enerji seviyesinde bulunur. Bu düzey $n=1$ 'dir. Bu durumda atom uyarılmamış demektir. Enerji atom dışarıdan bir etkiyle uyarılırsa yani enerjinin büyüklüğüne göre atomdaki enerji düzeylerine sahip olur.

Tablo 1.1: Hidrojen Atomunun Enerji Seviyeleri

Elektron seviyeleri	Enerji Seviyeleri
n=1	$E_1 = -13,6 \text{ eV}$
n=2	$E_2 = -3,4 \text{ eV}$
n=3	$E_3 = -1,51 \text{ eV}$
n=4	$E_4 = -0,85 \text{ eV}$
n=∞	$E = 0 \text{ eV}$

Ancak burada kalmaz. Bütün fiziksel sistemler gibi atomda, mümkün olan en düşük düzeye dönmek ister (bekleme süresi yaklaşık 10^{-8} saniye). Bu durumda uyarılan elektron kendiliğinden alt enerji düzeylerine geçer. Bu geçiş temel durumda son bulur. Ancak geçiş esnasında birçok basamak yapabildiği gibi doğrudan $n=1$ temel haline geçiş yapabilir.

Bu geçi lerde so urulan enerjiler foton olarak dı arı yayınlanır.

Yörüngenumarası ni olan enerji düzeyindeki yörünge enerjisi E_i , yörünge numarası n_s olan enerji düzeyindeki yörünge enerjisi E_s olsun. Bu geçi e kar ılık gelen fotonun frekansı,

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} \quad (7)$$

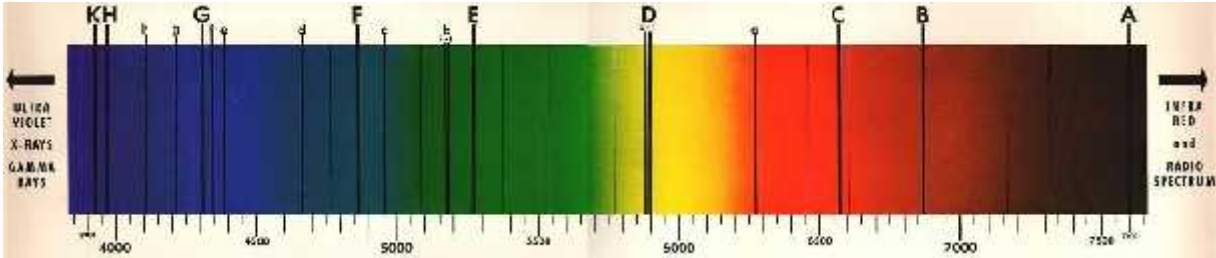
E , seviyeler arası enerji farkıdır.

Her atom birer parmak izi gibi farklı spektrum çizgilerine sahiptir.Bir atom so urdu u enerjii dı arıya ı ima yaparak vermesi sonucunda ı imanın olu turdu u spektrum çizgilerinin dalga boyları o atomun ayırt edici özelli ini ortaya koyar.Hidrojen atomu için yapılan deneysel sonuçlar ile Bohr'un hidrojen için geli tirdi i modelin uygulaması tam bir uyum içinde olmu tur.

ekil-3''de hidrojen atomuna ait en temel spektrum çizgileri verilmi tir. Lyman serisine ait ilk üç çizgi , , olarak adlandırılmı tir. Balmer çizgisine ait ilk üç çizgi H , H , H olarak adlandırılmı tir.[4]

1.4 ATOMLARINSPEKTRUMLARI

18. yüzyılda, Newton,,un çalı malardan biri güne ı ı na tuttu u cam prizmadan geçen ı ı n renklere ayrılmasıydı. Beyaz ı ı olu turan renklerin bu ekilde birbirlerinden ayrılarak dizilmelerine spektrum denir.Herhangi bir akkor lambadan çıkan beyaz ık da prizmadan geçirilecek olursa benzer ekilde spektrum olu turur.Bu çe it spektrumlarda renkler arası kesintiler söz konusu de ildir.Böyle spektrumlara sürekli spektrumdenir.



ekil-1.4: Güne ten gelen ı ı n üzerinde bulunan Fraunhofer siyah çizgileri farklı elementlerin yayınladıkları ı ı maların görünür bölgedeki ı ı ma spektrumlarını göstermektedir.

Aynı olay gaz maddeler için denenirse bu kez spektrumun sürekli bir da ılım yerine belli yerlerde kesikli çizgiler ekilde meydana gelir.Yani akkor lambadan çıkarak gaz içinden geçirilen beyaz ı ı n spektrumu incelendi inde, renklerin sürekli olmadı ı ve spektrum içinde bazı koyu çizgilerin oldu u görülür.Bu ekilde spektrumlara kesikli spektrum ya da çizgi spektrumu denir.

Kesikli spektrumları incelemek için yapılan çalı malar, bu spektrumun iki çe it oldu unu göstermi tir.

Örne in, beyaz ık içinde hidrojen gazı bulunan bir gaz odasına gönderilip gaz odasından çıkan ı ı n prizmadan geçirilerek bir foto raf filmi üzerine dü ürülürse foto raf filmi üzerinde üzerinde bazı siyah çizgiler gözlenir, bu siyah çizgiler beyaz ı ı n enerjilerinin bir kısmının gaz atomları tarafından so uruldu unu göstermektedir. Bu ekilde elde edilen spektruma so urma spektrumu denir.

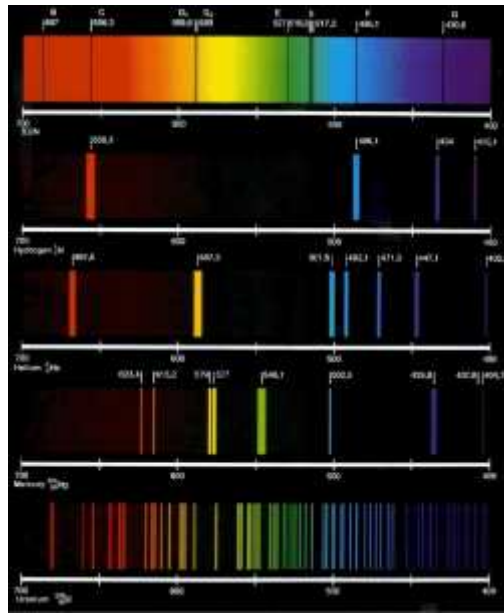
ekil-5'te ilk satırdaki siyah çizgiler güne ten gelen ı ık içinde bazı elementlerin so ruma çizgilerini göstermektedir.

Bunun ile birlikte beyaz akkor kaynaktan çıkan ı ık ı ınları gaz odasında bazı dalgaboylarının yok olması bu enerji de erlerinin gaz odasındaki atomlar tarafından so ruld u anlamına gelmektedir.

Yapılan çalı malarda gaz odasında so rulan enerjilerin buradaki atomlar tarafından her yöne saçıldı ı gaz odasının bir ba ka bölgelerinde farklı açılarda inceleme yapıldı ında, gerçekten odadan dı arıya ı ımaların yapıldı ı fark edildi.

Bu ı ımalar bir prizmadan geçirilerek foto raf filmi üzerine dü ürüldü ünde, spektrum ba tanba a siyah bir zemin üzerinde bazı parlak çizgileri içermekteydi.Bu çizgilerin yerleri incelendi inde so urma spektrumundaki siyah çizgilerin yerleri ile aynı oldu u gözlendi.Siyah bir zemin üzerinde belirli parlak çizgiler eklinde gözlenen spektrumlara da **ı ıma (emisyon) spektrumu** denir.

ekil-1.5.de1. satır dı ındaki çizgiler ı ıma spektrumuna birer örnektir.



ekil-1.5: Güne ten gelen ı ı ın so ruma ve tekrar yayınlama spektrumları. Burada ilk olarak güne ı ımlarının so ruma çizgileri, sırası ile Hidrojen, Helyum, Cıva ve Uranyum'un görünür bölgede tekrar yayınlama spektrumlar gösterilmi tir.

Ortaya çıkan iki sonuç vardır;

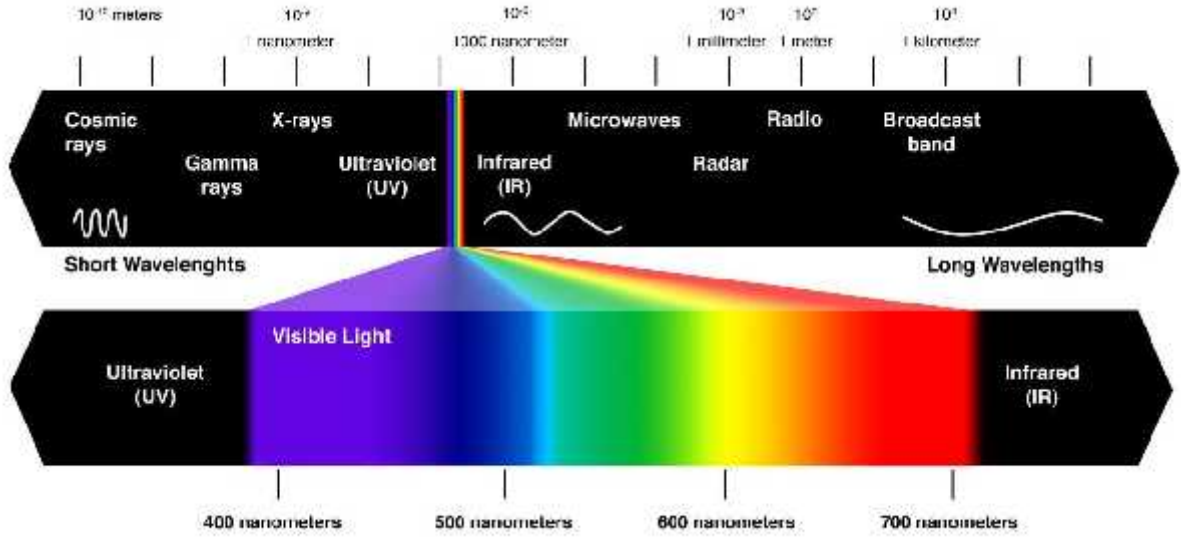
- 1) So urma spektrumundaki gözlenen siyah çizgiler beyaz ı ı ın gaz atomları tarafından tutulan enerjilerine kar ılık gelen renklerin yeridir.
- 2) I ıma spektrumunda gözlenen parlak çizgiler, gaz atomları tarafından, beyaz ı ık içinde so urdukları dalgaboylarının daha sonra tekrar yayınladıkları ı ımların göstermektedir.

Farklı maddelerin spektrum çizgileri incelendi inde, her maddenin kendine özgü çizgi spektrumunun oldu u anla ılımtır. ekil-4 ve ekil-5'te bazı maddelerin çizgi spektrumları verilmi tir.

Rutherford atom modeli atomların çizgi spektrumlarını açıklayacak bilgi içermiyordu. Hatta bu modele göre atomlar ıma yaparsa sürekli spektrum olu turmalıydılar. Çünkü spiral çizerek çekirdek üzerine dü en elektron, bu sırada sürekli hızlandı ı için frekansı devamlı artacak her frekansta ı ıma yapması gerekecekti. Bu ise atomların çizgi spektrumları gerçe ine ters dü üyordu.

1.5 SPEKTROSKOP

Bir örnekteki atom molekül veya iyonların bir enerji düzeyinden di erine geçi leri sırasında absorplanan veya yayılan elektromanyetik ı ımanın ölçülmesi ve yorumlanmasıdır.



ekil 1.6: 10^{-12} m ile 10^9 m dalgaboyu aralı ndaki tüm spektrum gösterilmi tir. 400 nm (mavi) -700 nm (kırmızı) aralı ı insan gözünün görebildi i aralıktır.

Elektromanyetik ı ıma, uzaydaki bir çok farklı kaynaktan meydana gelmektedir ve bazı elektromanyetik ı ıma enerjisi çok yüksek de erler çıkabilmektedir. Elektromanyetik ı ımanın en çok kar ılı ılan türleri gözle algıladı ımız görünür ık ve ısı ekinde algıladı ımız infrared (kızıl ötesi) ı ımlardır.

Elektromanyetik ı ıma dalga ve tanecik özelli inin ikisine birden sahiptir. Giri im ve kırınım özelli i dalga özelli iyle açıklanırken, absorpsiyon (so urulma) ve emisyon (yayıma) tanecik özelli iyle açıklanır.

1.5.1 ELEKTROMANYETİK DALGANIN MADDE LE ETKİLE İMİ

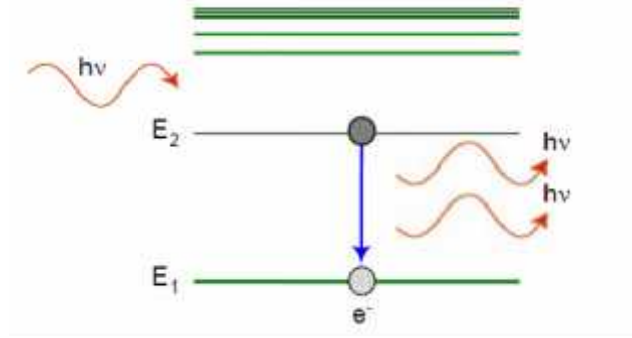
Bir madde üzerine gönderilen ı ın, bu maddenin atom veya molekülleri ile etkile ime girer. Etkile im, maddenin ve gönderilen ı ının özelliklerine göre farklı ekinde olur. Sonuç olarak ı ın ya maddeden geçerek ilerler ya da madde tarafından so urulur, yansır veya saçılır. ı ın ile madde arasındaki etkile imler sırası ile ı ın kırılması ve yansması, saçılması, polarizasyonu ve absorpsiyonu ya da emisyonu ekinde meydana gelebilir. Bu çalı mada ı ın absorpsiyonu yada emisyonu ile ilgilenildi inden dolayı burada kullanılan kavramları yakından açıklamak gerekmektedir.

1.5.2 I I IN ABSORPS YONU VE EM SYONU

Kuantum kuramına göre elektronlar, ııma yapmadan ancak belirli yörüngelerde bulunabilirler. Atomlar, elektromanyetik ıımayı absorbe ederek en düük enerji düzeyinden uyarılmı düzeylere geçerler. Absorbsiyon, taneciklerin temel halden, yüksek enerjili hallere geçmesiyle ilgilidir.

Atomlar, moleküller veya iyonların belirli sayıda enerji seviyeleri vardır. I ının absorblanması için uyarıcı fotonun enerjisinin, absorblayan taneciklerin temel halleri ve herhangi bir uyarılmı hali arasındaki enerji farkına e it olması gerekir.

Bu enerji farkları her tanecik için ayrı ve karakteristik oldu undan ı ının örnek tarafından absorblanan frekansları, örnekte bulunan atom, moleköl veya iyonların tanımlanmasında kullanılır. Bu amaçla, absorbsiyonun dalga boyu veya frekansa göre grafi i çizilir. Buna, "absorbsiyon spektrumu" denir. Spektrumunun görünümü absorblayan türlere, fiziksel haline ve ortama ba lıdır.



ekil 1.7: E1 seviyesinde bulunan bir elektron hv fotonu ile uyarıldı ında E2 seviyesine geçmektedir, daha sonra ııma yaparak taban seviyesine geri dönmektedir.

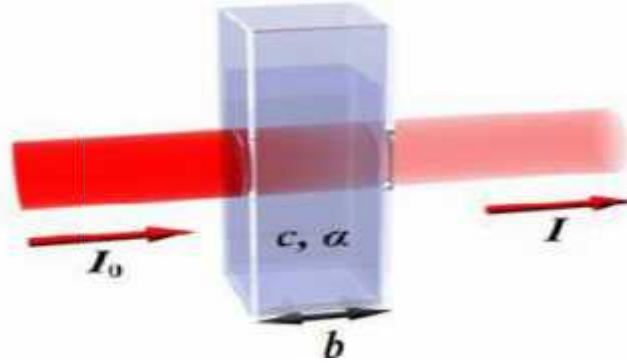
Elektromanyetik ıımayı absorbe ederek en düük enerji düzeyinden (temel düzey) uyarılmı düzeylere geçmi olan atomlar, temel düzeye dönü sırasında ultraviyole veya görünür bölge sınırları içinde ııma enerjisi yayarlar(emisyon).

Her atom için emisyon spektrumu da belirlenir. Moleküller de atomlarda oldu u gibi uygun enerjideki fotonlarla etkile tiklerinde bu fotonları absorplayarak uyarılmı hale geçerler.

Uyarılmı moleküller, bu kararsız durumdan fazla enerjilerini yayarak kurtulurlar (moleköl emisyon). Atom spektrumlarından daha karma ık olan moleköl spektrumları da belirlenir.

Absorplanan fotonların sayısı, ortamdaki absorpsiyon yapan türlerin sayısı ile orantılıdır. Monokromatik ve I0 iddetinde ııma, ortamı daha küçük olan I iddetinde terkeder.

Lambert-Beer Kanunu: Bir çözeltiden geçen ışık miktarı, ışığın çözelti içinde katettiği yol ve çözelti konsantrasyonu ile logaritmik olarak ters orantılı, emilen ışık miktarı ise doğrudan orantılıdır.



ekil 1.8: Bir ışık hüznesinin b genişlikte bir kuvvet içinden geçerken Beer–Lambert sorulmasının çizimi

$$\text{Log}(I_0/I) = a \cdot b \cdot c = A \quad (8)$$

Bu denklemden I_0 ışığın çözültiye girmeden önceki şiddeti, I çözültiden çıktıktan sonraki şiddeti, a molar absorpsiyon katsayısı (absorptivite) ($\text{cm}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$), b ışığın geçtiği çözültinin cm olarak kalınlığı (cm), c so urucunun konsantrasyonu (g/L) ifade eder. 8.E itlikteki $\text{Log}(I_0/I)$ ifadesine absorban denir ve A ile gösterilir. Buna göre Beer-Lambert yasası kısaca

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (9)$$

eklinde gösterilir.

Bu kanuna göre, bir ortamdan geçen ışığın absorpsiyonu, konsantrasyon ve ışığın geçtiği yol ile doğrudan orantılıdır. Spektrofotometride ölçüm yapabilmek için ölçümü yapılacak maddenin Beer-Lambert Kanunu'na uyması gerekir.

So urma analizlerinde kullanılan önemli terimlerden biri de geçirgenliktir. I_0 ışığın çözültiden geçmesine transmisyon (geçirgenlik) denir. Çözültinin ışığı geçirme oranı ise transmittan (T) olarak ifade edilir.

$$T = I_0/I \Rightarrow -\text{Log}(T) = A \quad (10)$$

$$\text{Log}(I_0/I) = A \text{ (Absorbans)} = a \cdot b \cdot c \quad (11)$$

Transmittans değerinin 100 ile çarpılmasından elde edilen değere “% Transmittans” denir. % - ”Transmittans” çözültiye giren ışığın yüzde kaçının çözültiden çıktığını gösterir.

Transmittans ile absorban arasında şu ilişki vardır:

$$A = -\text{Log}(T) = 1/\text{Log}(T) = \text{Log}(100/\%T) \quad (12)$$

$$A = \text{Log}(100) - \text{Log}(\%) = 2 - \text{Log}(\%T) \quad (13)$$

% transmittans, 0-100 arasında, absorbans ise 0 ile sonsuz arasında de i ir.Rutin çalı malarda absorbans de erinin 0-2 arasındaki kısmı kullanılır. Bu aralık %T“nin 1- 100 arasına tekabül eder.[5]

1.6 SPEKTROFOTOMETRE

Analiz edilen örnek üzerine ı ık demetinin bir kısmını filtreler kullanarak ayıran ve gönderen aletler kolorimetre veya fotometre olarak adlandırılırken, yarıklar ya da prizmalar aracılı ı ile bu seçicili i yapan aletler spektrofotometre olarak adlandırılırlar.

Maddenin ı ı absorplamasını incelemek için kullanılan düzene e absorpsiyon spektrometresi veya absorpsiyon spektrofotometresi adı verilir.Bir spektrofotometre düzene i, ba lıca ı ık kayna ı, dalga boyu seçicisi (monokromatör), dedektörden olu ur; dedektörde elektrik sinyaline çevrilen optik sinyal bir kaydedici veya bir galvanometre ile ölçülür.



ekil 1.9: Absorbsiyon spektrofotometresi.[12]

Ana bile enlere ek olarak spektrofotometrede 1 1 1 toplamak, odaklamak, yansıtmak, iki demete bölmek, ve örnek üzerine belli bir iddette göndermek amacıyla mercekler, aynalar, 1 ık bölücüleri, giri ve çıkı aralıkları vardır.

Örnek, kullanılan dalga boyu bölgesinde 1 1 1 geçiren maddeden yapılmı örnek kaplarına (küvet) konularak 1 ık yoluna yerle tirilir.

Spektrofotometrelerin temel çalı ma prensibi, hazırlanan çözeltiden belirli dalga boyunda 1 ık geçirilmesi ve bu 1 ının ne kadarının çözelti tarafından tutuldu unun bulunması esasına dayanır.

Çözeltinin içerisindeki madde miktarı ne kadar fazla ise çözelti tarafından tutulan 1 ın miktarı da o oranda fazla olur. Çözelti içerisindeki bütün maddeler, 1 ının bir dalga boyunu tutarken di erlerini yansıtır veya geçirir.Maddenin belli bir dalga boyundaki bir 1 ını tutması, onun di er fiziksel ve kimyasal özellikleri (yo unluk, erime, kaynama noktası, donma noktası vb.) gibi sabit bir özelli idir.

1.6.1 SPEKTROFOTOMETRE C HAZININ KULLANIM ALANLARI

Kullanım alanı çok geni olan cihazın en çok kar ıla tı ımız bilim dallarını a a ıdaki gibi sıralayabiliriz.

Tıp: Özellikle biyokimya alanında vücut sıvıları içindeki çe itli parametrelerin miktar tayinleri ölçülmektedir.

Çevre mühendisli i ve su ürünleri: Hava ve su kirlilik dereceleri ve miktarları ölçülmektedir.

Kimya: Bile ik ve karı ımların elemant yo unlukları, oranları saptanmaktadır.

Ziraat: Bazı toprak analizleri yapılmaktadır.

Jeoloji: Maden içindeki bir takım parametrelerin analizleri yapılmaktadır.

1.6.2 SPEKTROFOTOMETRE C HAZI ÖLÇÜM PARAMETRELER

Bu cihazlar sıvı içerisindeki herhangi bir madde yo unlu unu ölçebilmektedir. Örnek vermek gerekirse kan sıvısı içindeki eker miktarını bu cihazla belirleyebiliriz.

Genel olarak a a ıdaki ölçümler yapılabilmelidir.

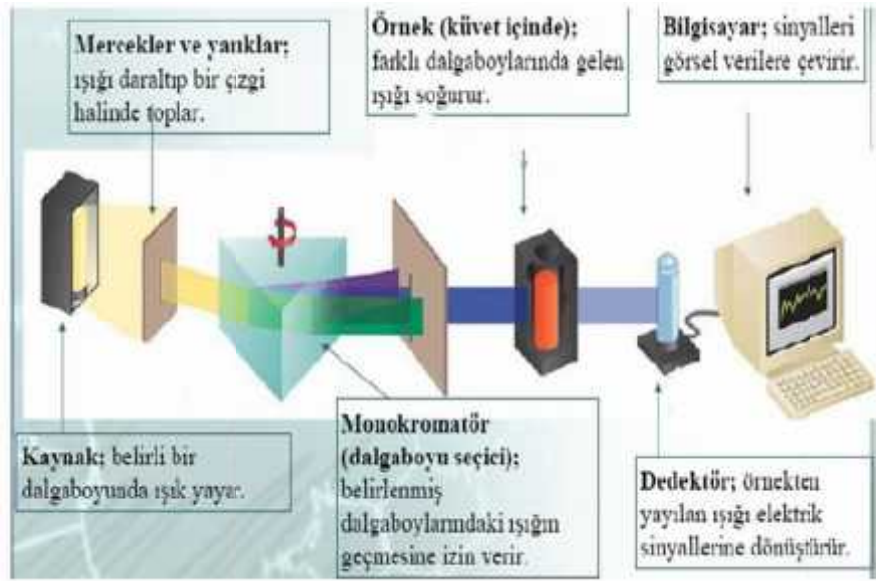
- Fotometrik
- Dalgaboyu tarama
- Kantitatif ölçüm
- Kinetik
- DNA/Protein ölçümleri

BÖLÜM 2

YÖNTEM

nternet ve kütüphanede yaptı mız ara tırmalar sonucunda birçok farklı spektrofotometre yönteminin oldu u görülmü tür.

En temel seviyede bir spektrofotometre ekil-10 daki gibi bir çok farklı dalgaboyunda ı ma yapan bir ı ık kayna ına, ince bir demet haline getirmek için mercek yada fant aralıkları, ı ı ı farklı dalgaboylarına ayırmak için prizma yada kırınım a ı ve incelenen örnekten geçen ı ı ı algılayan bir dedektöre ihtiyaç bulunmaktadır.



ekil 2.1: Bir spektrometrenin alt elemanları ve çalış ma düzeni.

Tablo 2: I ı ın renklerde ki dalga boyları aralıkları

Işık λ (nm)	Absorbe edilen renk	Görünen renk
220-380	-	-
380-440	Menekşe	Sarı-yeşil
440-475	Mavi	Sarı
475-495	Yeşil-mavi	Portakal
495-505	Mavi-yeşil	Kırmızı
505-555	Yeşil	Mor
555-575	Sarı-yeşil	Menekşe
575-600	Sarı	Mavi
600-620	Portakal	Yeşil-mavi
620-700	Kırmızı	Mavi-yeşil



Ba ka bir yöntem ise LED (Light Emitting Diodes) gibi tek renkli ı ıma yapan kaynaklar ile bir fototransistör kullanarak aralarına koyulan farklı sıvı örneklerinden geçen ı ı ın incelenmesi ile sıvıların farklı led ı ımlarını ne kadar so urdukları incelenerek her bir sıvı için daha sonra ayırt edilebilmesinde kullanılabilir. Daha ayrıntılı açıklamalar Bölüm 2.1’de verilmi tir.

2.1 LED SPEKTROFOTOMETRESİ

LED spektrofotometresini olu turabilmek için a a ıdaki deney malzemeleri kullanılmı tir.

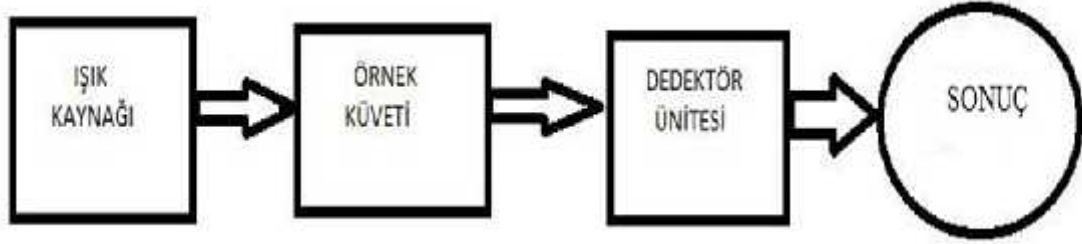
Deneyde kullanılan malzemeler:

- 1 adet dalga boyunda ı ıma yapan LED lambası kullanılmı tir.
- Hobi amaçlı kullanılan Arduino UNO adlı mikroi lemci
- Üzerine gelen ı ı ın miktarı ile orantılı akım meydana getiren bir fotodirenç
- Sistemi sürebilmek için kullanılacak bir adet on/off dü me
- Farklı uzunluklarda ba lantı kabloları,
- 2 Adet Direnç ; 2.2K
- ProjeKutusu
- Güç kayna ı olarak ; 9 voltluk pil
- Program için bir android i letim sistemli telefon
- Deney tüpleri ve farklı sıvıörnekleri.

Foto Direnç: Üzerlerine dü en 1 ık iddetiyle ters orantılı olarak dirençleri de i en elemanlardır.



Tek dalga boyundaki bu led lambası ekil-18 c deki gibi sıralı ekinde yerleştirildi, herbirinin negatif terminaline bağlanacak olan uçları birleştirildi ve 220 Ohm'lık direnç ile üzerlerinden yüksek akım geçmesi önlenerek ekinde Arduino-Uno'nun negatif çıkışı veren terminaline bağlandı. Led'lerin pozitif uçları ise her biri Arduino- Uno'nun dijital çıkışı veren D3-D13 terminallerine bağlandı. Bu ekinde daha sonra her bir farklı sıvı bu ledlerin önüne koyuldu unda, ledlerin herbiri yanıp sönerek sıvı içindengeçeni infotransistör ile Arduino'nun analog sinyal girişine bağlandı.

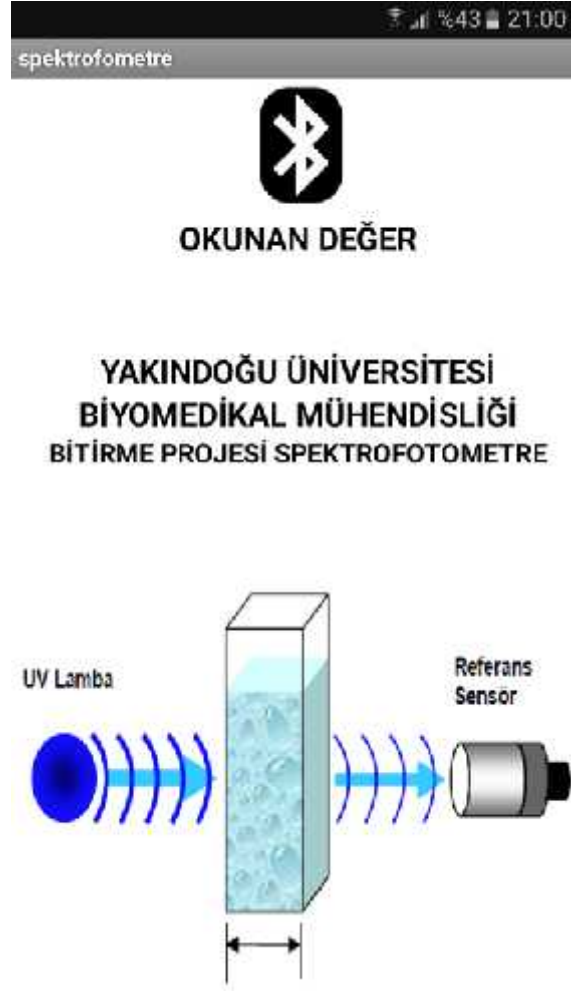


ekil 2.2 Akı ması

BLUETOOTH

HC06 Bluetooth-Serial Modül Kartı, Bluetooth SSP(Serial Port Standart) kullanımı ve kablosuz seri haberleşme uygulamaları için tasarlanmıştır.

Bluetooth bağlantısı ile ölçüm değerlerini telefonumuzda gördük.



ekil 2.3 Sistemin Telefon Ekran Görüntüsü

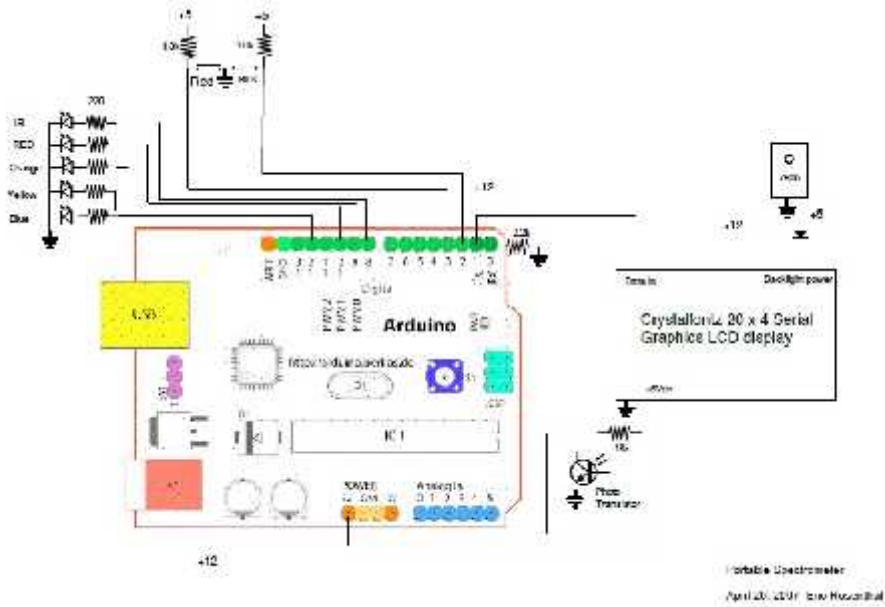


(a)

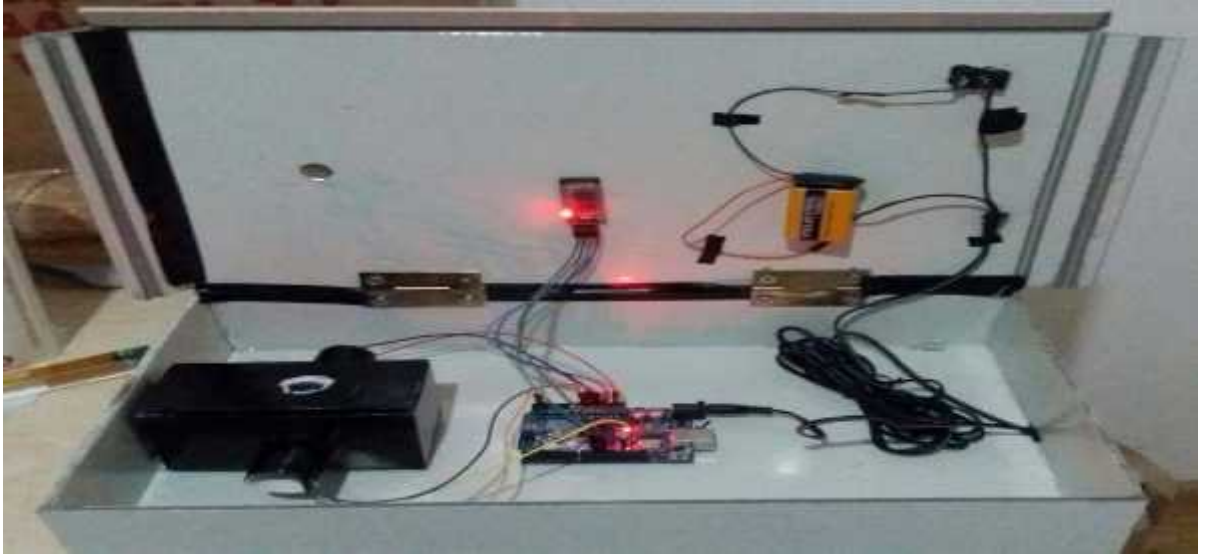
(b)

ekil-2.4: a) Atmel işlemcisini kullanan Arduino deney kiti, b) farklı boylarda ve dalgaboylarında ışık üreten led lambaları

Foto direnç uçları arasında meydana gelen gerilim Arduino'nun Analog Sinyali Dijital sinyale (ADC) dönüştüren terminalleri sayesinde her bir sıvı içinden farklı dalga boylarındaki ışıkların ne kadar geçtiği belirlenebilmektedir. ekil-2.5 da sistemin tüm bileşenleri gösterilmiştir.



ekil-2.5: Arduino ve fotosel ile led lambalarının bileşenleri diyagramları gösterilmiştir.



ekil-2.6: Arduino ve ba lantı diyagramları.

2.2Projenin yapılı ı

Tüm ba lantılar yapıldıktan sonra sistemin etraftaki ı ıktan etkilenmemesi için bir kutu içerisine koyulması gerekmektedir. Bunun için kolayca bulunabilen alüminyum bir proje kutusukullanılmı tır.

Tek dalga boyundaki mavi led lambası hazırlamı oldu umuz küçük kutu içerisine yerle tirildi. Daha sonra farklı sıvı örnekleri bu ledin önüne konuldu.

Led sürekli yanma ko uluyla tüplerin farklı sıvılardan fotodirenç (LDR) tarafından algılanır ve fotodirenç uçlarında gerilim meydana gelir.

Elimizdeki sıvı örneklerinin de erlendirilmesi için kullanılan deney tüplerinin rasyonelli ini sa lamak adına deney tüpünün girece i kadar büyüklükte bir oyuk plastik kutunun üzerinde açıldı.

Bu delik tam olarak ledin yerle tirildi i tahta çatı sisteminin ortasında ve led ile fotodirenç arasında olacak ekilde belirlendi. Böylece farklı açılara ba lı olarak olu abilecek ölçüm sorunları önlenmi oldu.Ardından deney tüpünün girdi i plastic silindir parçasındaki ledin kar ısındaki tarafa ı ık sensörü modülüyle tirildi.

Deney sistemi olu turulduktan sonra Arduino i lemcisinin programlanması gerekmektedir.Bunun için C++ programlama dilinde Arduino IDE progrmını kullanarak ekil-2.7“de görülen yazılım ortamında program geli tirildi ve kolayca Arduino“nun ATMEL i lemcisine kolayca yüklendi.Bunun için okutma modu geli tirildi.

Okutma modunda ise elimizdeki herhangi bir sıvı örne ini önceden edindi imiz referans aralıkları ile kar ıla tırılmakta ve ona göre absorbans de erlerini ö renmekteyiz.

2.3 Ö RENME MODU

Her bir led için yüzer kere 100 mikro saniye aralıklarla yanıp sönmekte ve fotosel sensör de her bir durum için voltaj de erini okuyup hafızaya saklamaktadır. Daha sonra bu de erler Arduino ve bilgisayar ile yapılan USB ba lantısı üzerinden Serial-Bus haberle me protokolü üzerinden bilgisayar ekranına hata payını en aza indirmek amacıyla yüzer kere ölçülüp sıralı ekilde yazdırmaktadır.

Burada okunan de erler sıvıların kimli ini tanımak için olu turulmu olan kütüphaneye eklenerek sıvının normu olu turuluyor. Bu modun çalı masına ait ekran görüntüsü ekil-2.8''de verilmi tir

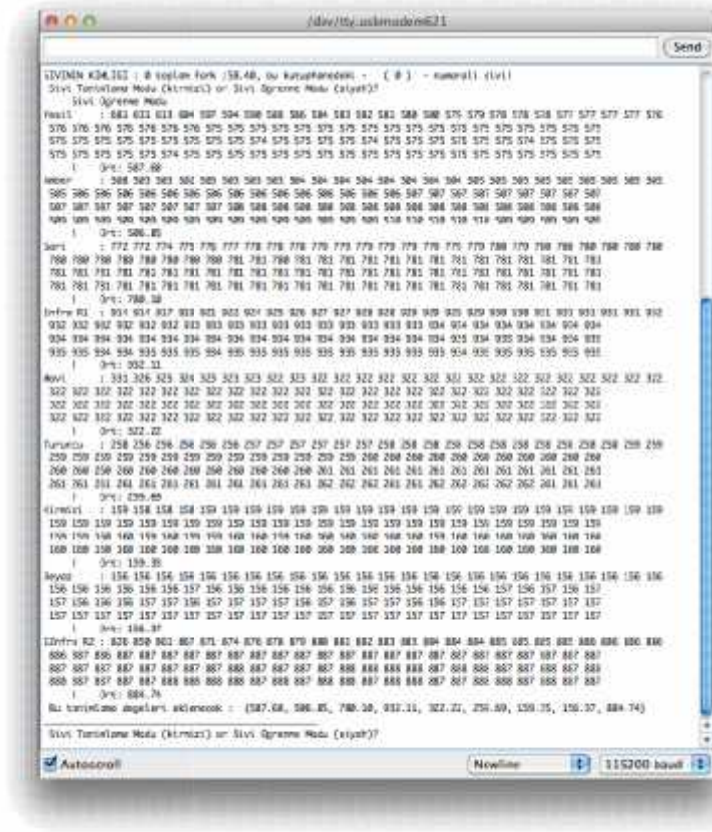
2.4 TANIMA MODU

Daha sonra elimizdeki herhangi bir sıvı örne i bu kütüphanede yer alan de erler ile kar ıla tırlmakta ve de erler örtü üyor ise bu sıvının kimli i tayin edilmi olmakta. Bu ekilde maddenin kütüphanedeki hangi maddeyle benzer ya da aynı oldu u durumda ne kadar benzer oldu u belirlenebilmektedir. Prensip, spektrum çizgisindeki renklerin tek tek sıvının içinden geçirilerek hangi sıvının hangi rengi ne kadar so urdu unu görmek ve buna ba lı olarak analiz yapmak. .Bu modun çalı masına ait ekran görüntüsü ekil-2.9''de verilmi tir.

	Kırmızı	Turuncu	Amber	Sarı	Ye il	Mavi	Beyaz	IR1	IR2
Boş	429,66	433,42	188,00	62,38	634,19	681,25	845,89	808,68	124,75
Boş şişe	392,83	418,39	172,41	53,77	607,39	655,26	832,29	790,16	106,03
İçme suyu	499,62	526,94	260,64	101,15	700,44	794,52	873,75	881,00	160,70
çeşme suyu	291,00	541,29	268,99	92,11	748,40	770,83	866,08	877,44	14475
yağ	165,43	615,82	232,61	151,03	358,40	821,00	875,65	835,97	185,66
kolonya	432,84	562,66	279,35	123,67	678,07	820,40	878,40	880,45	170,81
Sütlü kahve	10,29	19,67	7,73	7,94	58,54	48,23	147,09	71,08	9,43
Pembe Sıvı sabun	266,10	476,13	159,35	48,50	599,29	612,62	781,88	718,33	53,59
çay	302,84	407,60	184,64	94,84	306,71	692,51	836,70	792,94	147,56
Yeşil sıvı deterjan	303,89	303,66	118,61	119,67	216,49	643,21	467,72	800,10	167,71
Şekerli su	443,55	395,13	223,67	13,22	280,86	446,50	804,67	753,26	21,96
Süt tozu-su	61,48	145,97	38,19	9,24	187,97	233,68	426,56	284,37	9,72
ayran	47,78	109,46	29,44	6,43	179,25	200,50	379,24	234,12	7,87
sıcak çikolata	9,37	5,52	4,01	3,92	26,83	14,08	49,39	54,86	5,50
Çikolatalı süt	12,87	9,46	5,67	3,08	20,29	22,49	99,72	82,06	4,97
Şeftali meyve suyu	80,18	200,08	54,07	17,02	90,24	305,43	568,34	334,80	18,79
Muzlu süt	45,56	93,94	27,24	6,48	152,89	160,69	343,26	223,54	8,31
Soda	195,63	531,73	248,77	78,92	454,31	828,61	916,34	849,87	24,34
Türk kahvesi	23,18	62,27	19,20	15,81	34,38	120,68	410,79	182,95	18,18
Zencefilli çay	149,56	497,58	137,02	74,42	504,47	762,27	884,31	731,29	26,08
Şekerli zencefilli çay	133,10	500,08	103,94	77,09	479,41	759,94	867,00	663,64	28,21

Tablo 2.2 :Yukarı ki tabloda farklı sıvılar için elde edilen ölçüm de erleri görülmektedir

- ✓ Olu turdu umuz bu kütüphane ile daha sonra içeri i bilinmeyen bir sıvının led spektrofotometresi ile alınmı ölçümlerinin bu kütüphanedeki de erler ile kar ıla tırılarak kütüphanedeki bir sıvı olup olmadı ı belirlenmi tir.



ekil-2.8: Serial Port üzerinden bilgisayar ile haberleşen Fuduino i lemci Sıvı Tanımlama Modunda çalışırken alınmış ekran görüntüsü verilmiştir.



ekil-2.9: Fuduino i lemci Sıvı Tanımlama Modunda çalışırken alınmış ekran görüntüsü verilmiştir.

SONUÇLAR

Farklı dalga boylarında ı malar yapan led lambaları yardımı ile sıvıların her bir renk için absorpsiyon katsayılarının belirlenebilece ini, bu sayede basit ekilde sıvı tayini yapan bir sistem olu turuldu.

Tek dalga boyunda ı ima yapan mavi renk led lambası yardımı ile sıvıların absorpsiyon katsayılarının belirlenebilece ini, bu sayede basit ekilde numunelerin okuma tayinlerini yapan bir sistem olu turuldu.

Bu sayede ı ı ın dalga özelli i kullanılarak sıvıların cinsi belirlenmi aynı zamanda sıvılar özelliklerine göre sınıflandırılmı tır.Sıvıların kimli ini belirleyebilmek için basit bir spektrofotometre yapılarak sıvının kabaca spektrum çizgileri elde edilmi tir.

I ı ın dalga özelli i kullanılarak sıvıların dalga boyları belirlenmi tir.

Bu sistem daha da geli tirilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Bahattin Ba ar Kuantum Kimyası (cilt 1)

(Ula ım Tarihi : 20.02.2016)

[2] C.E.Mortimer Modern Üniversite Kimyası

(Ula ım Tarihi : 22.02.2016)

[3] Cemil Ayan 11.sınıf Palme Yayınevi Fizik Kitabı (2011)

(Ula ım Tarihi : 30.02.2016)

[4] Mesut Aksoy,Selahattin Bal,Tuncay Tekin,Metin Sülü,Hakan Bahadır, smail Yalnız,B.Yüksel Şahan Güvender Yayınları LYS Fizik Kitabı(2011)

(Ula ım Tarihi : 05.03.2016)

[5] Doç.Dr. Mustafa ALTINI İK .ADÜTF Biyokimya Laboratuvarında Ölçümler Ve Analiz Yöntemleri, Spektrofotometri(2004)

(Ula ım Tarihi : 10.03.2016)

[6]<https://www.arduino.cc/>

(Ula ım Tarihi : 01.04.2016)

[7] <http://hackaday.com/2012/08/27/turning-a-webcam-into-a-spectrometer/>

(Ula ım Tarihi : 10.04.2016)

[8]<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/grating.html>

(Ula ım Tarihi : 11.04.2016)

[9]<http://publiclab.org/wiki/video-spectrometer-construction>

(Ula ım Tarihi : 15.04.2016)

[10]<http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/light/spectrograph/spectrograph.html>

(Ula ım Tarihi : 20.04.2016)

EKLER

EK-1

```
spectrophotometer_led_v6 | Arduino 1.0.5

blackState = digitalRead(mPinBlack); // test for black button press
if (~redState == LOW) { goto identify; } // red button pressed
if (blackState == LOW){ goto learn; } // black button pressed
}

////////////////////////////////////
//IDENTIFY MODE
////////////////////////////////////

identify: // identify subroutine
Serial.println(" St1 Tanımlama Modu.");
delay(500);

//ÖLÇÜMLERİN YAPILDI YER
for (int led=0; led< number_of_leds; led++)
{
  for (int i=0; i<8; i++)
  {
    //load the safety with five color values
    digitalWrite(pinArray[led], HIGH); //turn on led
    delay(100); // wait for led to stabilize
    sensorValue = analogRead(analogPin); // read the value from the sensor
    //sampleValue[count] = sensorValue;
    myTempArray[led][i]=sensorValue;
    digitalWrite(pinArray[led], LOW); // turn off led.
    delay(100); // wait for led to stabilize
  }
}

//ANALİZİN YAPILDIĞI YER
if (debug) Serial.println("ölçüm degerleri ");
for (int led=0; led< number_of_leds; led++)
{
  //ölçümlerin alındığı yer
  for (int i=0; i<8; i++)
  {
    sampleValue[led] += myTempArray[led][i];
    if (i==7)
    {
      sampleValue[led]=(float)sampleValue[led]/16.0;
      if (debug){
        Serial.print(led);
        Serial.print(" ");
        Serial.println(sampleValue[led]);
      }
    }
  }
}

//FAKTLARIN ALINDIĞI YER
for (int stvi=0; stvi<kutuphane_size; stvi++)
{
  Serial.println("Faktörler ");
  for (int led=0; led<number_of_leds; led++)
  {
    float fact1 = sampleValue[led]*kutuphaneFakt1[led];
  }
}

Done uploading.
Binary sketch size: 7,578 bytes (of a 32,256 byte maximum)
251 Arduino Uno on /dev/tty.usbmodem21
```

Açık kaynak kodlu Arduino IDE ile Spektrofotometri için geliştirilmiş olan yazılımın bir kısmı görülmektedir.

RÖPORTAJ

Yakındo u Üniversitesi Hastanesi Labaratuvarında Osman Bey'le gerçekle tirdi imiz röportajda öncelikle cihazın çal ma prensibi ve cihaz hakkında genel bilgiler elde edindik.Cihaz içindeki peltiyer modülünü inceledik.Peltiyer Modülü;cihazın so utma sisteminde kullanılan,özel ala ımlı bir metaldir ve üzeri seramik kaplıdır.En önemli özelli i bir tarafı ısınırken di er tarafının so umasıdır.Spektrometre cihazında peltiyer modülü ı ık kayna ının ı ık kayna ının yaydı ı ısının dü ürülmesinde kullanılır.

Ayrıca kullanılan küvet cinsi ve ı ık kayna ı oldukça önemli ve dikkat edilmesi gereken kısımlardır.Kullanılan küvetlerin,çizik olmaması gerekmektedir.

Kullanıcını kar ıla tı ı zorluklar ise küvetleri koyarken çizilme riskidir.Küvetleriin çizilmesi durumunda cihaz hatalı ölçüm yapacak ve kullanıcıyı yanıltacaktır.

Cihazı kullanmadan önce cihazı kalibre etmek gerekir.Kalibrasyon i lemi için test küveti konulur ve cihazın do ru ölçüm yapıp yapmadı ı test edilir.

Kullanıcını cihaz gelece i hakkındaki tavsiyesi ise küvet tutucu mekanizmanın küvetleri çizmesinin önlenmesidir.