**İÇ KAPAKTIR.**

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Tez başlığında kısaltma kullanılamaz!

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**TEZ BAŞLIĞI BURAYA GELİR**

**GEREKLİ İSE İKİNCİ SATIR**

**GEREKLİ İSE ÜÇÜNCÜ SATIR, ÜÇ SATIRA SIĞDIRINIZ**

Sadece Ad SOYAD yazılmalıdır. Unvan yazılmamalıdır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Kelimelerin ilk harfler büyük, diğer harfler küçük yazılacak.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Öğrenci Adı SOYADI**

|  |
| --- |
| **Makina Mühendisliği Anabilim Dalı** |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Anabilim Dalı :** | **Herhangi Mühendislik, Bilim** |
| **Programı :** | **Herhangi Program** |

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adı SOYADI**

**TEZİN SAVUNULDUĞU AY YIL**

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

………………………..

**Prof. Dr. Adı SOYADI**

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora derecesinin tüm gereksininlerini sağladığını onaylarım.

……………………….

**Prof. Dr. Adı SOYADI**

Anabilimdalı Başkanı

**Prof. Dr. Adı SOYADI** ..............................

Ankara Üniversitesi

**Prof. Dr. Adı SOYADI** ..............................

Bilkent Üniversitesi

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü’nün ............. numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi **Adı SOYADI** ‘nın ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TEZ BAŞLIĞI”** başlıklı tezi **Gün,Ay, Yıl** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adı SOYADI** ..............................

TOBB Ekonomive Teknoloji Üniversitesi

**Eş Danışman : Prof.Dr. Adı SOYADI** ..............................

**(Varsa)** TOBB Ekonomi ve TeknolojiÜniversitesi

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Adı SOYADI (Başkan)** .............................

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**Tez Bildirim Sayfası**

1.5 satır aralığı kullanılarak hazırlanır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

.

Öğrenci Adı Soyadı

İMZA

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir. Bu nedenle çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**ÖZET**

Yüksek Lisans/Doktora Tezi

TEZ BAŞLIĞI

Öğrenci Adı-Soyadı

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniveritesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

……………. Anabilim Dalı

Danışman: Ünvan. Adı Soyadı

Tarih: Ocak 2015 ( Ay Yıl)

Özet hazırlanırken 1.5 satır boşluk bırakılır. Tezlerde özet/abstract300 kelimeden az olmamak kaydıyla 2 sayfayı geçmemelidir, Özetlerde tezde ele alınan konu kısaca tanıtılarak, kullanılan yöntemler ve ulaşılan sonuçlar belirtilir. Özetlerde kaynak, şekil, çizelge ve dipnot kullanılmamalıdır. **ÖZET** birinci dereceden başlık formatında (önce 72, sonra 18 punto aralık bırakılarak ve 1.5 satır aralıklı olarak) yazılmalıdır. ÖZET’in altına tezin türü (Yüksek Lisans veya Doktora) belirtildikten sonra büyük harflerle sayfa ortalanarak (büyük harflerle) tezin başlığı yazılmaldır.

**Anahtar Kelimeler:** Zamanlama analizi, İstatiksel modelleme, Benzetim.

Kısaltma kullanmadan, aralarında virgül olacak şekilde her anahtar kelimenin ilk baş harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir. Bu nedenle çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

ABSTRACT

Master of Science/Doctor of Philosophy

THESIS TITLE

Name Surname

TOBB University of Economics and Technology

Institute of Natural and Applied Sciences

……………. Science Programme

Supervisor: Title. Name Surname

Date: January 2015 ( Month Year)

1.5 line spacing must be set for Abstract. The abstract must have 300 words minimum and span 2 pages. A summary must briefly mention the subject of the thesis, the method(s) used and the conclusions derived.References, figures and tables must not be given in Summary. Below the Abstract, the thesis title in first level title format with capital letters (i.e., 72 pt before and 18 pt after paragraph spacing, and 1.5 line spacing) must be placed. Below the title, the expression must be written horizontally centered.

**Keywords:** Time analysis, Statistical modelling, Simulation.

Kısaltma kullanmadan, aralarında virgül olacak şekilde her anahtar kelimenin ilk baş harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir. Bu nedenle çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**TEŞEKKÜR**

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam ……………‘a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi …………….. Bölümü öğretim üyelerine ve destekleriyle her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

**Sayfa** yazısı sağa dayalı olur.

Sayfa bilgisi içeren ana başlıkların (**içindekiler, çizelge listesi, şekil listesi**) altında 6 punto önce, 12 punto sonrası boşlukla yerleştirilmesi önerilir.

Metin içindeki başlıkların **stilleri** “BAŞLIK1”, “BAŞLIK2” gibi ayarlandıktan sonra içindekiler listesi otomatik olarak oluşturulmuştur.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Sayfa**

[ÖZET iv](#_Toc286759104)

[ABSTRACT v](#_Toc286759104)

[TEŞEKKÜR vi](#_Toc286759104)

[İÇİNDEKİLER vii](#_Toc286759105)

[ŞEKİL LİSTESİ viii](#_Toc286759106)

ÇİZELGE[LİSTESİ ix](#_Toc286759107)

KISALTMALAR x

SEMBOL [LİSTESİ xi](#_Toc286759109)

RESİM[LİSTESİ x](#_Toc286759107)ii

[1. GİRİŞ 1](#_Toc286759111)

[1.1 Tezin Amacı 1](#_Toc286759112)

[1.2 Literatür Araştırması 1](#_Toc286759113)

[1.3 Teorik Çalışmalar 2](#_Toc286759114)

[2.TİTREŞİMLİ AKIŞ İLE ISI AKTARIMININ ETKİLEŞİMİ 3](#_Toc286759115)

[2.1 Amaç 3](#_Toc286759116)

[2.2 Teorik Çalışmalar 3](#_Toc286759117)

[2.3 Deneysel Çalışmalar 4](#_Toc286759118)

[3. MATEMATİKSEL MODEL VE SAYISAL YÖNTEM 5](#_Toc286759119)

[3.1 Genel Bakış 5](#_Toc286759120)

[3.2 Sayısal Yöntem 8](#_Toc286759125)

[3.1.1 Akı Düzeltmeli Taşınım Algoritması 9](#_Toc286759121)

[3.1.2 Hesaplama Prosedürü 10](#_Toc286759122)

[3.1.3 Sınır Koşulları 11](#_Toc286759123)

[3.2 Temel Denklemler 20](#_Toc286759125)

[3.3 Hal Denklemi 20](#_Toc286759126)

[4. GEREKLİ İSE BÖLÜM 4 33](#_Toc286759127)

[4.1 Çalışmanın Uygulama Alanı 33](#_Toc286759128)

[4.2 İkinci Derece Başlık Nasıl: İlk Harfler Büyük 33](#_Toc286759129)

[4.2.1 Üçüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük 33](#_Toc286759130)

[4.2.1.1 Dördüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük 33](#_Toc286759131)

[Beşinci derece başlık: dördüncü dereceden sonrası numaralandırılmaz 34](#_Toc286759132)

[5. GEREKLİ İSE BÖLÜM 5 45](#_Toc286759133)

[5.1 Çalışmanın Uygulama Alanı 45](#_Toc286759134)

[5.2 İkinci Derece Başlık Nasıl: İlk Harfler Büyük 45](#_Toc286759135)

[5.2.1 Üçüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük 45](#_Toc286759136)

[5.2.1.1 Dördüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük 45](#_Toc286759137)

[6. SONUÇ VE ÖNERİLER 47](#_Toc286759139)

[KAYNAKLAR](#_Toc286759144) 55

[EKLER](#_Toc286759145) 60

[ÖZGEÇMİŞ](#_Toc286759146) 87

**ŞEKİL LİSTESİ**

**Sayfa**

[Şekil 1.1 :Titreşimli akış oluşumu. 2](#_Toc198362363)

[Şekil 2.1 : Sabit uca çarpan ve yansıyan dalga 5](#_Toc279660642)

[Şekil 3.1 : Birden fazla satırlı şekil isimlendirmesinde önemli nokta satırların aynı hizadan başlamasıdır. 8](#_Toc427064100)

[Şekil 3.2 : Farklı periyotta (a)π/ 2 , (b)π, (c)3π/2 , (d) 2πanlarında basınç konturleri. (periyod aralığı 1500-1600 dir.) 9](#_Toc427064101)

[Şekil 3.3 : Yatay tam sayfa örnek şekil. 10](#_Toc427064102)

Şekil 4.1 :Dördüncübölüm de örnekşekil.. 13

Şekil 5.1 :Beşincibölüm de örnekşekil. 16

[Şekil Ek.1: Eşmerkezlisilindirikborulardayerdeğiştirenakışkanınısıtransferi … 23](#_Toc279660591)

ÇİZELGE LİSTESİ

**Sayfa**

Çizelge 1.1 : Çözümün sayısal ağ yapısından bağımsızlığının araştırılması 2

Çizelge 3.1 : Yatay sayfada birden fazla satırlı çizelge isimlendirme : önemli nokta satırların aynı hizadan başlamasıdır. 11

Bir satırı aşan isimlerde satırların burada olduğu gibi aynı hizadan başlamalıdır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Çizelge 5.1 : Beşinci bölümde örnek çizelge 16

Çizelge Ek.1: Ekler bölümünde çizelge örneği 24

ÇİZELGE LİSTESİ

hazırlanırken 1 satır boşluk bırakılır.

Bu çizelgede hizalama, paragrafların sekme ayarlarından yapılmıştır. Numaralar elle yazılmıştır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

ÇİZELGE LİSTESİ

hazırlanırken 1 satır boşluk bırakılır.

Bir satırı aşan isimlerde satırların burada olduğu gibi aynı hizadan başlamasına özen gösteriniz.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

KISALTMALAR

**CFL :** Courant-Friedrichs-Lewy kriteri

**EOS :** Hal denklemi (Equation of state)

**FCT :** Akı-Düzeltmeli Taşınım Algoritması (Flux- Corrected Transport)

**HB :** Hidrojen bağları (hydrogen bonds)

**LCPFCT :** Laboratory for Computational Physics, Flux- Corrected Transport

**PIV :** Parçacık Görüntü Hızölçer (Particle Image Velocimetry)

**PySQIF :** Python Superconductor Quantum Interference Fılters

**SQIF :** Superconductor Quantum Interference Fılters

**SQUID :** Superconductor Quantum Interference Devices

Kenar boşlukları, “Sayfa yapısı” bölümündeki ayarlar üzerinden “Karşılıklı Kenar Boşlukları” olarak ayarlanır. Alt, üst ve dış kenar boşlukları 2,5 cm olarak, iç kenar boşluğu ise 4 cm olarak ayarlanır.

Değişiklikler tüm belgeye uygulanır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Kenar boşlukları “Karşılıklı Kenar Boşlukları” olarak ayarlanır. Alt, üst ve dış kenar boşlukları 2,5 cm olarak, iç kenar boşluğu ise 4 cm olarak ayarlanır.

Değişiklikler tüm belgeye uygulanır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

KISALTMALAR

hazırlanırken 1 satır boşluk bırakılır.

Kısaltma koyu, açıklama normal yazılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

KISALTMALAR

hazırlanırken 1 satır boşluk bırakılır.

Kısaltma koyu, açıklama normal yazılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir. Bu nedenle çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**SEMBOL LİSTESİ**

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Simgeler** | **Açıklama** | |
| c | | Seshızı | |
| cp | | Sabitbasınçtaözgülısı | |
| cv | | Sabithacimdeözgülısı | |
| E | | Toplamenerji | |
| f  h | | Frekans  Isı aktarımıkatsayısı | |
| H  Hc | | Kapalı alanine yüksekliği  Kritik Manyetik Alan | |
| k | | Isıliletimkatsayısı | |
| L | | Kapalı alanine uzunluğu | |
| n  P | | Duvarnormali  Basınç | |
| q | | Isı akısı | |
| R | | İdeal gazsabiti (=8.31439J/molK) | |
| Re | | Reynolds sayısı | |
| Nu | | Nusseltsayısı | |
| t | | Zaman | |
| T  Tc | | Sıcaklık  Kritik Sıcaklık | |
| u | | Hızınyataybileşeni | |
| v | | Hızındüşeybileşeni | |
| x | | Yataykoordinatekseni | |
| y | | Düşeykoordinatekseni | |
| λ | | Duran sesdalgasınındalgaboyu | |
| μ | | Dinamikviskozite | |
| ν | | Kinematikviskozite | |
| ρ  τ  ω | | Yoğunluk  Kaymagerilimi  Sesdalgasınınaçısalfrekansı | |

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir. Bu nedenle çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**RESİM LİSTESİ**

**Sayfa**

Resim 1.1 :: Zucchi’nin Milan şehrinde bina yerleştirmesini gösteren resim 3

Resim 4.1 : Aynı tarzda giyinen insanalrin resmi 14

1. GİRİŞ

Giriş bölümü tek numaralı (1.) sayfadan başlaması gerekmektedir.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Isı aktarımının iyileştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar birçok mühendislik uygulamasının tasarımında önemli bir yere sahiptir (Lambert, 2009). Bu iyileştirme metodlarından birisi titreşimli akış ile ısı aktarımının etkileşimidir.

Cümle sonunda referans

Numaralı referans

Cümle başında referans

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

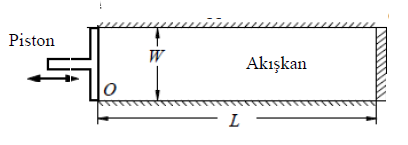
Titreşimli akış ısıl ve mekanik olmak üzere iki farklı yöntem ile oluşturulabilir. Üzerinde çalışılan sistemin sınır sıcaklıklarında oluşturulan ani değişimler ile ısıl olarak titreşimli akış meydana getirilebilmektedir. Akışkanın ani bir şekilde ısıtmaya veya soğutmaya maruz bırakılması akışkanın genleşmesine ve bir basınç dalgası oluşturmasına sebep olur. Bu basınç dalgasına termoakustik dalga denir ve yaklaşık ses hızında hareket eder [2].

* 1. TezinAmacı

Mikro-nano ölçekli mühendislik uygulamaları, biyoakışkanlar, içten yanmalı motorlar, ısı değiştirgeçleri, çipler vb. elektronik cihazlarından ısı atımı konularında artan çalışmalar titreşimli akışın önemini ortaya koymaktadır (Rahgoshay, 2012). Bu çalışmada titreşim kontrollü ısı aktarım tüplerinin tasarımında yol göstermek üzere su dolu, basık, kapalı bir dikdörtgen ortam içerisinde sol duvarın titreşimiyle duran dalga oluşturarak ısı aktarımına etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

* 1. LiteratürAraştırması

Literatürde mekanik tireşimler ile oluşturulan ses dalgaları ile meydana gelen akustik akış üzerine çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Bu konuda ilk teorik çalışmalar LordRayleigh(1884)tarafından yapıldı. LordRayleigh bir Kundt tüpünde oluşturulan duran dalgalar ile girdapların oluştuğunu ortaya koydu. Daha sonra Westervelt(1953) akustik akış hızını hesaplayabileceği genel bir vortisite denklemi oluşturdu. Nyborg(1953) akustik kaynaklı sürekli akışların analizinde kullanılan teorileri çalışmasında özetledi. İki örnekleyici problem üzerine çalıştı. Birincisi tüp içerisinde giden bir düzlem akış diğeri ise birbirini kesen iki düzlem akış üzerinedir. Akustik akış hızlarının ısıl gevşeme veya ısı aktarımı gibi bir sebepten kaynaklanabilecek bir sönüm katsayısına önemli ölçüde dayandığını buldu. Richardson ses alanına maruz bırakılmış yatay bir silindir boyunca ses dalgasının doğal taşınıma etkilerini analitik olarak çalıştı (Richardson, 1967).



1. Titreşimli akış oluşumu.
   1. Teorik Çalışmalar

Yaklaşık son bir periyot için hız dağılımları görülmektedir. Ağ yapısı çalışması kapalı ortamın yüksekliğinin en büyük olduğu (H=50 mm) durumda yapılmıştır. Bu çalışmada hesaplama maliyetini de gözeterek 400 x 40 sayıda çözüm ağı kullanılmıştır. Çizelge 1.1’de farklı çözüm ağlarında kapalı ortamın merkezinde hesaplanan hızların sapmaları verilmektedir. y- yönünde dört farklı sayıda, x-yönünde iki farklı sayıda ağ yapısı denenmiştir.

Tek satırlı ve kolonlar ortalanmış çizelge. Çizelge ismi nokta ile bitirilmelidir

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

1. Çözümün sayısal ağ yapısından bağımsızlığının araştırılması.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kolon1 | Kolon2 | Kolon3 | Kolon4 |
| Satır1 | Satır1 | Satır1 | Satır1 |
| Satır2 | Satır2 | Satır2 | Satır2 |
| Satır3 | Satır3 | Satır3 | Satır3 |

Yaklaşık son bir periyot için hız dağılımları görülmektedir. Ağ yapısı çalışması kapalı ortamın yüksekliğinin en büyük olduğu (H=50 mm) durumda yapılmıştır. Bu çalışmada hesaplama maliyetini de gözeterek 400 x 40 sayıda çözüm ağı kullanılmıştır.



Resim 1.1:Zucchi’nin Milan şehrinde bina yerleştirmesini gösteren resim

Arkalı önlü baskılarda her bölümün ilk sayfasının (birinci derece başlıkların) okuma yönünde sağdaki sayfada olmasına dikkat edilir.

**Bu bir nottur, çıktı alamadan önce siliniz.**

Bir sonraki bölümün tek numaralı sayfaya denk gelmesi için çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

1. GİRİŞ
   1. TezinAmacı

Günümüzde DC SQUID’ler hassas manyetik alan ölçümleri, tahribatsız muayene, biyomanyetizma ve okuma devreleri gibi birçok alanda kullanlmaktadır. [1]–[3]DC SQUID süperiletken çevrimde paralel bağlı iki adet Josephson ekleminden oluşmaktadır. DC SQUID’in uygulanan manyetik alana karşı tepkisi doğrusal değildir. Bu durum, uygulamaları daha karmaşık ve maliyetli hale getirmektedir. Bu yüzden araştırmacılar manyetik alana karşı daha doğrusal tepkiler veren DC SQUID tabanlı süperiletken devreler geliştirmişlerdir. Bi-SQUID ve SQIF bu devrelere örnek verilebilir.[4]–[6]

Bi-SQUID ve SQIF gibi süperiletken devrelerin manyetik alan etkisindeki fiziksel davranışları doğrusal olmayan diferansiyel denklem setleri ile ifade edilebilmektedir. Ne yazık ki bu diferansiyel denklem setlerine analitik bir çözüm mevcut değildir.[7] Bu durumda nümerik analiz yöntemleri bu tarz sistemler için büyük önem taşımaktadır. Modelleme ve simülasyon araçları bu tarz sistemlerin davranışlarının anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Günümüzde SQIF/Bi-SQUID gibi süperiletken devrelerin simülasyonu için kullanılan PSCAN2 ve WRSpice gibi açık kaynak kodlu araçlar mevcuttur.[8], [9] Bu araçlar yıllardır kullanılmakta ve ortaya koydukları sonuçlar sebebi ile bu alanda kendilerini ispatlamışlardır. Ancak bu araçların kullandıkları yazılım mimarisi geliştirme ve entegrasyon süreçlerini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple bu tez çalışması için SQUID tabanlı süperiletken devrelerin manyetik alana karşı tepkilerini analiz edebilen açık kaynak kodlu bir Python kütüphanesi geliştirdik. PySQIF kütüphanesi diğer açık kaynak kodlu projelere göre daha basit bir mimariye sahiptir, bu durum yaşam boyu geliştirme süreçlerini ve entegrasyon süreçlerini kolaylaştırmaktadır.

* 1. Tezin Kapsamı

Tez dokümanı; teori, süperiletken kuantum girişim ölçerleri, algoritmalar, kütüphane mimarisi ve sonuçlar olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın teori bölümü, süperiletken girişim ölçerler başlığının anlaşılması için teorik alt yapıyı oluşturmaktadır. Bu bölüm; tarihçe, akım yoğunluğunun kuantum mekaniksel yorumu, süperiletkenler için akım yoğunluğu ifadesi, Josephson eklemi ve manyetik akı kuantumu bölümlerinden oluşmaktadır. Tarihçe kısmında, ilk dört parağrafta süperiletkenliğin keşfinden Josephson ekleminin keşfine kadar meydana gelen önemli deneysel ve teorik gelişmeler özetlenecektir. (1908-1962) Beşinci parağrafta ise; SQUID, SQIF ve Bi-SQUID gibi süperiletken devrelerin buluş aşamaları özetlenecektir. Son parağrafta; SQUID, SQIF ve Bi-SQUID gibi süperiletken devrelerin simülasyonu için kullanılan açık kaynak kodlu araçlardan bahsedilecektir. Sonraki kısımlarda, SQUID, Bi-SQUID ve SQIF gibi sistemlerin davranışlarının anlaşılması için gereken teorik alt yapı özetlenecektir.

Tez dokümanının süperiletken kuantum girişim ölçerleri bölümünde; DC SQUID, RF SQUID, Bi-SQUID ve SQIF süperiletken devrelerinin manyetik alan etkisi altındaki davranışları teorik olarak belirli yaklaşımlar altında incelenecektir.

Tez çalışmasının bir sonraki bölümü olan algoritmalar başlığı altında, süperiletken girişim ölçer cihazların manyetik alan etkisinde gösterdikleri fiziksel davranışların modellenmesi için kullanılabilecek algoritmalardan bahsedilecektir. Ek olarak, bu kısımda PySQIF kütüphanesinde kullanılan algoritmalar akış şemaları ile özetlenecektir.

Çalışmanın kütüphane mimarisi kısmında PySQIF kütüphanesinin yazılımsal açıdan mimarisi irdelenecektir.

Çalışmanın son bölümü olan sonuçlar ksımında ilk olarak PySQIF kütüphanesi kullanılarak elde edilen sonuçlar deneysel çalışmalar ile karşılaştırılarak yorumlanacaktır.

1. TEORİ
   1. Tarihçe

1908 yılında H. Kamerlingh Onnes Helyum’u sıvılaştırmayı başardı, bu durum düşük sıcaklık fiziği çağının başlamasına sebep oldu. 1911 yılında Onnes yaklaşık 4 K civarındaki sıcaklıklara ulaşmayı başardı ve bu sıcaklıklarda belirli metallerin elektriksel özellikleri ile ilgili deneyler yapmaya başladı. Yapılan deneylerin sonucunda Onnes, civanın 4.15 K sıcaklığında elektriksel direncinin sıfıra yakınsadığını keşfetti. Onnes bu durumu süperiletkenlik olarak adlandırdı. (Burada o çalışmaya referans ver !!! M.Thinkham dan ve Charles Pole’dan bak !!!) Onnes deneysel çalışmaları farklı malzemeler için uyguladı ve malzemelerin karakteristik bir özelliği olan Tc sıcaklığının altında elektriksel dirençlerinin aynı şekilde sıfıra yakınsadığını gördü. Yapılan çalışmalarda süperiletken kapalı çevrimler oluşturuldu ve bu çevrim boyunca akım değerinin değişmediği gözlemlendi. Yani, çalışmalar uzun yıllar boyunca süperiletken çevrimde akan akımın herhangi bir zayıflamaya yani dirence maruz kalmadığını gösterdi. Süperiletken malzemeler için Tc sıcaklığının altında söz konusu olan bu durum kalıcı akım olarak adlandırıldı. Malzemelerde Tc sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda meydana gelen sıfır direnç durumu ise mükemmel iletkenlik olarak adlandırıldı. Sıfır elektriksel direnç yani mükemmel iletkenlik ilerleyen yıllarda süperiletken malzemelerin karakteristik özelliklerinden biri olarak kabul edildi.

Diagram

Description automatically generated

1. Kalıcı akım deneyinin şematik gösterimi.

1933 yılında Meissner ve Ochsenfeld taraından süperiletkenliğin bir diğer karakteristik özelliği olarak kabul edilen mükemmel diyamanyetizma keşfedildi. [10] Meissner ve Ochsenfeld manyetik alana maruz kalmış bir şekilde bulunan küre şeklindeki bir süperiletkeni Tc’nin altındaki sıcaklıklara soğuttuklarında manyetik akının kürenin içerisinden geçmediğini keşfetti. Uygulanan manyetik akının süperiletken malzemelerin karakteristik özelliği olan nüfuz derinliğine kadar penetrasyon sağladığı gözlemlendi. Manyetik alana maruz kalan bir süperiletkende meydana gelen bu durum Meissner etkisi olarak adlandırıldı. Süperiletken malzeme en az Hc olarak adlandırılan bir eşik değeri kadar manyetik alana maruz kaldığında süperiletken özelliğini yitirdiği gözlemlendi. Bu durum tersinir Meissner etkisi olarak adlandırıldı. Özetle, Tc’nin altında mükemmel iletkenlik ve mükemmel diyamanyetik özellik gösteren malzemeler süperiletken olarak adlandırılırlar. Tc’den daha yüksek sıcaklıklarda ise süperiletkenler metaller gibi davranırlar.

A picture containing sky, white, line, different

Description automatically generated

1. Meissner Etkisi.

1935 yılında F.London ve H.London kardeşler Meissner etkisini teorik olarak ele aldı ve nüfuz derinliğini matematiksel olarak ifade etmeyi başardı.[11] 1950 yılında Ginzburg ve Landau süperiletken malzemenin faz geçişi(süperiletken - metal) üzerine teorik çalışamalarda bulundu. Bu teorik çalışmalar London kardeşlerin üretmiş olduğu matematiksel eşitlikler ile tutarlılık gösterdi. 1957 yılına gelindiğinde J.Barden, L.Cooper ve J.R. Schrieffer süperiletkenliği kuantum mekaniksel olarak inceledi.[12](BCS teorisi) BCS teorisi süperiletkenlğin elektron-elektron etkileşimlerinden kaynaklandığını ve bu etkileşimin normal metalden süperiletken metale faz geçişi ile doğrudan ilişkili olduğunu varsaydı. BCS teorisi, önceki yıllarda ortaya atılan teorik çalışmalar ile tutarlılık gösterdi ve bunun yanında yüskek Tc değerlerine sahip süperiletkenlerin özelliklerini teorik olarak açıklayabildi.

1962 ylında B.D. Josephson, aralarında potansiyel bariyer bulunan iki süperiletken(Josephson Eklemi) arasında kuantum tünellemenin mümkün olabileceğini öngördü.[13] İlerleyen süreçte kuantum tünellemenin Josephson tarafından öngörüldüğü gibi mümkün olduğu deneysel olarak gözlemlendi ve bu durum Josephson tünellemesi olarak adlandırıldı. Josephson eklemi, süperiletken yapısı gereği özgün bir I-V eğrisine sahiptir. Bunun yanında dış manyetik alana karşı hassas tepkiler vermektedir. Bu durum Josephson ekleminin manyetik alan dedektörü olarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Josephson ekleminin keşfinden sonra Josephson eklemi kullanılarak farklı süperiletken devreler tasarlandı. Süperiletken çevrimde paralel olarak bulunan iki adet Josephson ekleminden oluşan dc SQUID’ ler (Superconductor Quantum Interference Device) bu devrelere örnek olarak verilebilir.[14] SQUID’ler dış manyetik alana Josephson ekleminden farklı olarak periyodik bir tepki vermektedir. SQUID ve Josephson ekleminin manyetik alana karşı verdiği tepki doğrusal değildir, bu durum araştırmacıları manyetik alana karşı daha lineer tepki gösteren SQUID tabanlı devreleri tasarlamaya yöneltti. 2000 yılında J. Oppenländer tarafından paralel bağlı N adet SQUID devresinden oluşan SQIF(Superconductor Quantum Interference Fılters) şeklinde isimlendirilen bir devre tasarlandı. [15] SQIF, SQUID’ e göre manyetik alana karşı daha doğrusal tepki vermektedir. Ayrıca, 2009 yılında Kornev tarafından Bi-SQUID şeklinde isimlendirilen konvansiyonel SQUID yapısına paralel bağlı bir bobin eklenerek oluşturulan alternatif bir devre tasarlanmıştır.[6] Bu sistem aynı şekilde SQIF’ ler gibi uygulanan manyetik alana karşı daha doğrusal tepki vermektedir.

Bi-SQUID, SQIF gibi süperiletken devrelerin manyetik alana karşı davranışı doğrusal olmayan diferansiyel denklem setleri ile ifade edilebilmektedir. Bu denklem setlerinin analitik yöntemlerle çözümü olanaksızdır, bu durum süperiletken devreler için simülatörlerin geliştirilmesine sebep olmuştur. İlk olarak 1990’lı yıllarda geliştirilen PSCAN ve WRSPICE gibi projeler açık kaynak kodlu süperiletken devre simülatörlerine örnek gösterilebilir.[8], [9]

* 1. Akım Yoğunluğunun Kuantum Mekaniksel Yorumu

Klasik elektromanyetik teoriden bilindiği üzere elektrik akımının kaynağı yüklü parçacıkların hareketidir. Josephson eklemi gibi süperiletken devrelerin potansiyel fark altındaki tepkilerini inceleyebilmek için akım yoğunluğunun süperiletken bir malzemedeki davranışını anlamamız gerekmektedir. Bu davranış klasik teori ile açıklanamamaktadır bu yüzden bu kısımda akım yoğunluğu kuantum mekaniksel açıdan irdelenecektir.

Aşağıdaki matematiksel formda dalga fonksiyonuna sahip olan serbest bir elektron düşünelim:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.1) |

Yukarıdaki eşitlikte yer alan “A” dalga fonksiyonunun genliğini “” ise dalga fonksiyonunun fazını ifade etmektedir. İlgili serbest parçacık için Schrodinger denklemini aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2a) |
|  | (3.2b) |

Eşitlik 3.2b’yi dalga fonksiyonunun eşleniği ile soldan çarpalım:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.3) |

Eşitlik 3.2b’nin komplex eşleniğini alup dalga fonksiyonu ile soldan çarparak aşağıdaki eşitliği elde edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.4) |

Eşitlik 3.3’ten 3.4’ü çıkararak aşağıdaki eşitliği elde edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5) |

Yukarıdaki eşitliği vektör eşitliklerinden faydalanarak aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.6) |

Denklem 3.6’nın sol tarafında bulunan ifadesi elektronun uzayda bulunma olasılığını ifade etmektedir.[16], [17]

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.7) |

Bir elektronun uzayda bulunma olasılığının zamana bağlı türevi, elektronun akım kaynağı olarak düşünüldüğü durumda akım yoğunluğu olasılığı ile ilişkili olması beklenmektedir. Bu fiziksel bakış açısı ile denklem 3.6’yı aşağıdaki gibi ifade edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.8a) |
|  | (3.8b) |

sayısal farklı yöntemlerle yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmında akışkan olarak gazlar esas alınmaktadır. Bu çalışmada kullanılan su gibi sıvı akışkanlar için yapılan çalışmalar oldukça azdır. Ayrıca teorik çalışmalarda önemli ölçüde basitleştirici varsayımlar kullanılmaktadır. Birçok çalışmada akışkan sıkıştırılamaz kabul edilmiştir. Bu durum akustik alanda meydana gelen sıkıştırma ve seyreltme bölgelerini tarif etmekte, ikincil akışları hesaplamakta yetersiz kalmaktadır.

* 1. Süperiletkenler için Akım Yoğunluğu İfadesi

Bölüm 3.2’de akım yoğunluğu ifadesi kuantum mekaniksel olarak irdelenmiştir, bu kısımda süperiletken bir malzeme için akım yoğunluğu ifadesi türetilecektir.

Hareketli yükler akımı oluşturmaktadır, bu sebeple süperiletken bir malzemede akımın kaynağı süperiletkene özel yüklü bir parçacıktan kaynaklandığını düşünebiliriz. Bu parçacık ancak hareketli olduğu koşulda akım üretebilecektir, Bu parçacık Akım kaynağı olan serbest bir yüklü parçacık için elektromanyetik kuvvet(Lorentz kuvveti) etkisi altında hareket denklemini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz[18]–[20]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.9) |

Eşitlik 3.9’u elektromanyetik vektörel ve skaler potansiyellerden yararlanarak aşağıdaki gibi yazabiliriz[20]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.10a) |
|  | (3.10b) |
|  | (3.10c) |

Eşitlik 3.10 elektromanyetik kuvvet etkisi altında bulunan yüklü bir parçacık için söz konusu olan Lorentz kuvveti ifadesinin elektromanyetik potansiyeller tarafında yazlmış halidir. Bir cismin potansiyel enerjisinin gradyanı o cisme uygulana kuvvet ile ilişkilidir. Bu durumda elde ettiğimiz eşitliğin sağ tarafında bulunan potansiyel söz konusu yüklü parçacığın potansiyel enerjisini ifade etmektedir. [18]–[20]

Yüklü parçacığın sahip olduğu toplamn enerjiyi eşitlik 3.10c’yi referans alarak aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.11a) |
|  | (3.11b) |

Eşitlik 3.11 elektromanyetik kuvvet etkisinde bulunan yüklü bir parçacığın sahip olduğu toplam enerjiyi ifade etmektedir. Eşitlik 3.2 daha önce bahsettiğimiz üzere yüklü bir parçacığın Schrodinger denklemini ifade etmektedir. Bu durumda eşitlik 3.11’den faydalanarak kinetik enerji ve potansiyel enerji operatörlerini yazarak parçacığın Schrödinger denklemini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |

Yukarıda bulunan eşitlik 3.12b ile elektromanyetik kuvvet etkisi altında bulunan yüklü bir parçacık için elektromanyetik potansiyeller cinsinden Schrodinger denklemini yazmış olduk. Eşitlik 3.8b’de kuantum mekaniksel bir parçacık için akım yoğunluğu ifadesini elde etmiştik, şimdi eşitlik 3.12b’yi kullanarak elektromanyetik kuvvet etkisi altında bulunan bir parçacık için akım yoğunluğu olasılığı ifadesini yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.13) |

Eşitlik 3.13, eşitlik 3.12b’de elde ettiğimiz ifadenin matematiksel formundan faydalanılarak yazılmıştır. İfade 3.12’de elde ettiğimiz dalga fonksiyonu için aşağıdaki gibi bir çözüm önerisinde bulunabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.14) |

Yukarıdaki ifade Schrödinger denklemine çözüm önerisi olarak ifade edildiği için ele aldığımız parçacık yani süperiletkende bulunan taşıyıcı yük için dalga fonsiyonunu temsil etmektedir. Dalga fonksiyonunda bulunan ifadesi süperiletkende bulunan taşıyıcı yüklerin yoğunluğunu ifade etmektedir. ifadesi ise dalga fonksiyonunun fazını ifade etmektedir. Taşıyıcı yük yoğunluğunun süperiletken malzeme boyunca konuma bağlı olarak değişmediğini varsayarak denklem 3.13’te bulunan ifadeyi aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.15) |

Yukarıda elde etmiş olduğumuz ifade akım yoğunluğu olasılığını temsil ettiği için olasılık boyutundadır. Fiziksel olarak doğrudan akım yoğunluğunu ifade ettiğini söyleyemeyiz. Bu ifadenin bir süperiletken için akım yoğunluğunu ifade edebilmesi için aşağıdaki gibi yük ile çarpılması gerekmektedir:

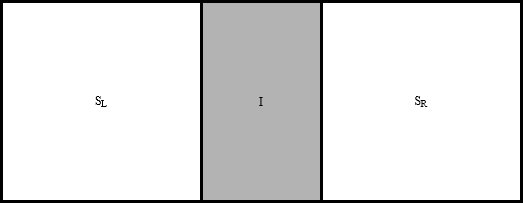
|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.16) |

Yukarıdaki ifade fiziksel olarak bir süperiletken için akım yoğunluğunu ifade etmektedir. süperiletken için taşıyıcı yük değerini ve süperiletkende bulunan taşıyıcı yükün kütlesini ifade etmektedir. Asteriks, süperiletken için söz konusu olan bu taşıyıcı yükün elektron ve hol gibi parçacıklardan farklı olduğunu ifade etmek için kullanılmıştır.

* 1. Josephson Eklemi

Bölüm 3.3’te Süperiletkenler için söz konusu olan taşıyıcı yükler yani cooper çiftleri için Schrodinger denklemi ve akım yoğunluğu ifadesi fiziksel olarak ele alınmştır. Bu kısımda Josephson eklemi boyunca oluşan akım yoğunluğu ifadesi türetilerek DC ve AC Josephson etkisi ele alınacaktır.

Birbirlerine makroskobik mesafede bulunan SL ve SR olarak adlandırılan, iki süperiletkeni göz önüne alacak olursak (Josephson eklemi), bu iki süperiletkeni ifade eden dalga fonksiyonunun fazının birbirlerinden bağımsız olması beklenmektedir.[21], [22] Ancak iki süperiletken çift birbirlerine Å mertebesinde yaklaştırılırsa tünelleme gibi kuantum mekaniksel durumlar söz konusu olabilir. Süperiletken malzemeler için bir önceki bölümde dalga fonksiyonunu ve Schrodinger dalga denklemini ifade ettiğimiz Cooper çifti olarak adlandırılan taşıyıcı yükler söz konusudur. Bu parçacıklar ilgili durumda tünellemeye maruz kalabilir. İki süperiletken arasında meydana gelen tünelleme durumuna Josephson tünellemesi ismi verilmiştir. Tünelleme yani Josephson eklemi durumunda SL ve SR olarak adlandırdığımız süperieltkenleri temsil eden dalga fonksiyonu birbirinden bağımsız olmayacaktır.Gerçekleşen tünelleme dolayısıyla, aralarında mesafe bulunan iki süperiletkenden oluşan tümleşik sistem, tek bir süperiletken gibi davranacaktır.[23]



1. Josephson Eklemi.

Şekil XX Süperiletken-Yalıtkan-Süperiletken konfigürasyonunda bulunan bir Josephson eklemini temsil etmektedir. ve her bir süperiletkene karşılık gelen dalga fonksiyonları olsun. Bu dalga fonksiyonlarının makroskopik yani tek bir kuantum durumu ile ifade edilebildiğini varsayalım. Bölüm 3.3’te süperiletken için yazdığımız Schrodinger denklemine çözüm önerisi olarak ifade ettiğimiz dalga fonksiyonunu kullanarak, Josephson eklemidne yer alan süperiletkenler için dalga fonksiyonlarını aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.17a) |
|  | (3.17b) |

Bu durumda ifadesini iki süperiletkeni temsil eden dalga fonksiyonları arasındaki faz farkı olarak ifade edebiliriz. Dalga fonksiyonlarından yararlanarak her iki süperiletkende bulunan Cooper çifti yoğunluğunu aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.18a) |
|  | (3.18b) |

Süperiletkenleri temsil eden dalga fonksiyonları matematiksel bir uzay oluşturmaktadır. Bu matematiksel uzayı, bra-ket notasyonu ile aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.19) |

Yukarıdaki eşitlikte ifade ettiğimiz üzere Josephson ekleminde bulunan süperiletkeni temsil eden bir dalga fonksiyonu matematiksel olarak sol ve sağ olmak üzere iki durumda bulunabilir. Josephson eklemi sisteminin toplam enerjisini, eşitlik 3.2’de bulunan zamana bağlı Schrodinger denklemini kullanarak ifade edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.20) |

Süperiletken-yalıtkan-süperiletken konfigürasyonunda bulunan bir Josephson eklemini göz önünde bulundurduğumuzda iki adet süperiletken ve bir adet süepriletken durumda bulunmayan yalıtkan bölge söz konusudur. Sol veya sağ süperiletkende bulunan bir Cooper çiftini göz önüne aldığımızda, kuantum tünelleme durumunda Cooper çiftleri yasaklı bölge durumunda olan yalıtkan bölge de de bulunma olasılığına sahiptir. Bu durumda enerji operatörü sitemin toplam enerjisini ifade ettiği için aşağıdaki gibi ifade edilmelidir:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.21) |

Süperiletken bölgeler ve tünellemenin meydana geldiği yalıtkan bölge için enerji operatörü aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.22a) |
|  | (3.22b) |
|  | (3.22c) |

Tünelleme bölgesi için ifade edilen enerji operatörü her iki süperiletkenin kuantum mekaniksel durumu ile ilişkili olmalıdır. Bu durumun sebebi, sağ veya sol süperiletkende bulunan Cooper çiftleri, tünelleme gereği yalıtkan bölgede belirli bir olasılıkta bulunabilir.

ve her iki süperiletken için taban durum enerji düzeyini ifade etmektedir. K, tünelleme bölgesindeki iki durum arasındaki coupling genliğini ifade etmektedir. Bu ifade tünelleme bariyerini oluşturan malzemenin karakteristiği ve geometrisi ile ilişkilidir.

Josephson eklemi için süperiletkenelr cinsinden yazmış olduğumuz dalga fonksiyonu uzayını enerji operatörüne uyguladığımızda aşağıdaki sonuçları elde ederiz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.23a) |
|  | (3.23b) |
|  | (3.23c) |

Josephson ekleminin V kadar DC potansiyel farka maruz kaldığı durumu ele alalım, bu durumda olacaktır. Sol ve sağ süperiletken arası potansiyel farkın olmasının sebebi, süperiletken için baskın taşıyıcı yük olan Cooper çiftlerinin iki adet elektrondan oluşmuş olmasıdır. Bu durum süperiletkende meydana gelen süperiletken akımın sadece Cooper çiftlerinden meydana geldiği varsayımı için geçerli olacaktır. Yapmış olduğumuz çıkarımlar çerçevesinde eşitlik 3.23b ve 3.23c’yi aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.23a) |
|  | (3.23b) |

İki dalga fonksiyonu arasındaki faz farkını daha önce tanımladığımız gibi şeklinde tanımlayarak, aşağıdaki eşitlikleri elde edebiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.24a) |
|  | (3.24b) |
|  | (3.24c) |
|  | (3.24d) |

Bu durumda Cooper çiftlerinin Josephson eklemi boyunca meydana getirdiği akım yoğunluğu fiziksel tanmdan faydalanarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.25a) |
|  | (3.25b) |

Eşitlik 3.25a’da elde ettiğimiz eşitlikte açıkça görülmektedir ki sol ve sağ süperiletkende bulunan Cooper çifti yoğunluğunun zamana bağlı değişimi birbirine eşit, fakat zıt işaretlidir. Eksi işaretinin fiziksel anlamı, olası bir Cooper çifti akışının bir süperiletkenden diğer süperiletkene doğru olduğunu ifade etmektedir. Josephson eklemini oluşturan her bir süperiletkenin eşit Cooper çifti yoğunluğuna sahip olduğunu varsayarsak () bu durumda Josephson eklemi için akım yoğunluğu ifadesini aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.26a) |
|  | (3.26b) |

Eşitlik 3.24c ve eşitlik 3.24d’yi kullanarak iki dalga fonksiyonunun faz farkının zamana göre türevini aşağıdaki gibi yazabiliriz:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.27) |

Josephson eklemi boyunca potansiyel farkın sıfıra eşit olduğu durumu düşünelim (V = 0), bu durumda eşitlik 3.27’ye bakarak faz farkının bir sabite eşit olamsı gerektiğini söyleyebiliriz. Bu durumda eşitlik 3.26 bize Josephson eklemi boyunca faz farkı ile ilişkili olarak sabit bir akımın meydana geleceğini söylemektedir. Bu durum özetle Josephson eklemi boyunca potansiyel fark olmaksızın akım oluşabileceğini göstermektedir. Josephson ekleminin bu özgün davranışı DC Josephson etksi olarak adlandırılmaktadır. [23] Bir diğer durum olarak V ≠ 0 olasılığını ele alalım, bu durumda eşitlik 3.27’ye bakacak olursak zamana bağlı bir faz farkının söz konusu olduğu açıktır. Bu durumda eşitlik 3.26b zamana bağlı hale gelecektir yani Josephson eklemi üzeridne zamana bağlı bir akım yoğunluğu söz konusu olacaktır. Bu fiziksel durum AC Josephson etkisi olarak adlandırılır. [23]

* + 1. Manyetik Alan Etkisi

Bir Josephson ekleminin dışarıdan uygulanan bir manyetik alana şekil XX’teki gibi maruz kaldığını düşünelim. Eşitlik 3.16’ da bulunan süperiletkenler için türetmiş olduğumuz akım yoğunluğu ifadesini, aşağıda tanımlanmış olan dönüşümleri kullanarak bir süperiletken için Cooper çifti dalga fonksiyonunun fazının uzaysal değişimini yani faz farkını ifade edebiliriz.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.28a) |
|  | (3.28b) |
|  | (3.28c) |
|  | (3.28d) |

Diagram

Description automatically generated

1. Şekil y yönündeki Manyetik alana maruz kalmış, Josephson eklemi.

Yukarıda 3.28d’ de ifade etmiş olduğumuz fazızn uzaysal değişimi ifadesinin CL ve CR boyunca çizgi integrallerini alalım:

1. TİTREŞİMLİ AKIŞ İLE ISI AKTARIMININ ETKİLEŞİMİ
   1. Amaç

Literatürde titreşimli akış ile ısı aktarımının etkileşimini inceleyen deneysel ya da sayısal farklı yöntemlerle yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmında akışkan olarak gazlar esas alınmaktadır. Bu çalışmada kullanılan su gibi sıvı akışkanlar için yapılan çalışmalar oldukça azdır. Ayrıca teorik çalışmalarda önemli ölçüde basitleştirici varsayımlar kullanılmaktadır. Birçok çalışmada akışkan sıkıştırılamaz kabul edilmiştir. Bu durum akustik alanda meydana gelen sıkıştırma ve seyreltme bölgelerini tarif etmekte, ikincil akışları hesaplamakta yetersiz kalmaktadır.

* 1. Deneysel Çalışmalar

Akustik titreşimler ile oluşturulan dalga formunu ve akışkan içerisindeki yayılımını incelemek için matematiksel bir model oluşturulmuştur. Bu model uygun sınır koşulları ile seçilen sayısal yöntem ile çözümlenmiştir.

ÖRNEK

ŞEKİL

1. Sabit uca çarpan ve yansıyan dalga.

Akustik titreşimler kendini tekrar eden sıkıştırma ve genişleme basınç değişimleri ile hareket ederler. Bu titreşimlerle akışkanın etkileşiminin etkili bir şekilde modellenebilmesi için denklemlerin sıkıştırılabilir formunun kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada Navier-Stokes denklemlerinin tam sıkıştırılabilir formu kullanılmıştır.

* 1. Araştırma Gereksinimleri

Literatürde titreşimli akış ile ısı aktarımının etkileşimini inceleyen deneysel ya da sayısal farklı yöntemlerle yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmında akışkan olarak gazlar esas alınmaktadır. Bu çalışmada kullanılan su gibi sıvı akışkanlar için yapılan çalışmalar oldukça azdır. Ayrıca teorik çalışmalarda önemli ölçüde basitleştirici varsayımlar kullanılmaktadır. Birçok çalışmada akışkan sıkıştırılamaz kabul edilmiştir. Bu durum akustik alanda meydana gelen sıkıştırma ve seyreltme bölgelerini tarif etmekte, ikincil akışları hesaplamakta yetersiz kalmaktadır.

1. MATEMATİKSEL MODEL VE SAYISAL YÖNTEM

Her BÖLÜM BAŞLIĞI yeni bir sayfadan başlamatılmalıdır. Ve Bölüm başlıkları BÜYÜK HARFLERLE yazılmalıdır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

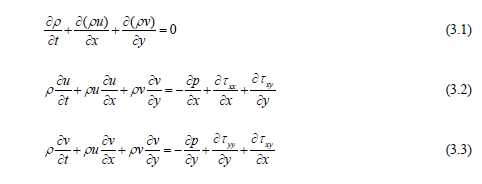
* + 1. Amaç

Akustik titreşimler ile oluşturulan dalga formunu ve akışkan içerisindeki yayılımını incelemek için matematiksel bir model oluşturulmuştur. Bu model uygun sınır koşulları ile seçilen sayısal yöntem ile çözümlenmiştir.

* + 1. Temel Denklemler

Bu çalışmada Navier-Stokes denklemlerinin tam sıkıştırılabilir formu kullanılmıştır.

İki boyutlu kartezyen sistemde süreklilik denklemi Eşitlik (3.1), momentum denklemleri Eşitlik (3.2-3.3) ile gösterildiği şekildedir:



Denklemler metin bloğuna ortalı olarak hizalandırılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Denklem numaraları sağa yaslanır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Parametrelertektekaçıklanmalıdır.

* + 1. Hal Denklemi

Basınç, yoğunluk ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi tanımlamak için bir hal denklemine ihtiyaç duyulmaktadır.Burada (=8.31439 ) ideal gaz sabitidir. R / J molK. Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

Şekiller sola yaslı yazlılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**ÖRNEK**

**ŞEKİL**

1. Birden fazla satırlı şekil isimlendirmesinde önemli nokta  
   satırların aynı hizadan başlamasıdır.

Basınç, yoğunluk ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi tanımlamak için bir hal denklemine ihtiyaç duyulmaktadır. Burada (=8.31439) ideal gaz sabitidir. R / J molK. Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

* 1. Sayısal Yöntem

Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

|  |  |
| --- | --- |
| **(a)** | **(b)** |
| **(c)** | **(d)** |

1. Farklı periyotta (a)π/ 2 , (b)π, (c)3π/2 , (d)2πanlarında basınç konturleri. ( periyod aralığı 1500-1600 dir.)

Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

Çoklu şekillerde herbir farklı şekil, gerekiyorsa (metin içinde herbirine birine atıf yapılacaksa) teker teker harflendirilerek ve açıklamasıyla verilir.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

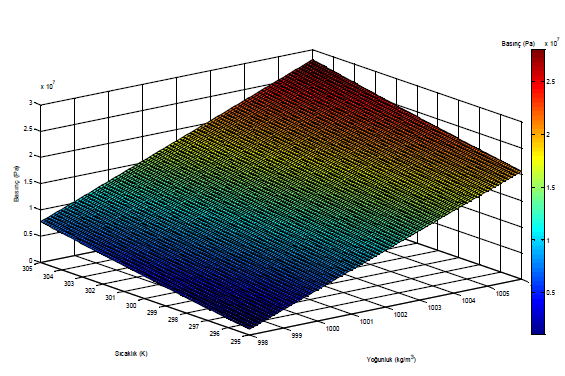
Çoklu şekillerde herbir farklı şekil, gerekiyorsa (metin içinde herbirine birine atıf yapılacaksa) teker teker harflendirilerek ve açıklamasıyla verilir. Genel bir isim yeterli ise harflendirmeye **eklerde** gerek duyulmaz.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Temel denklemler kontrol hacim tabanlı açık bir sonlu farklar metodu ile çözümlenmiştir. Taşınım terimleri Akı Düzeltmeli Taşınım (FCT) algoritması ile çözümlenirken, iletim terimleri merkezi farklar yöntemiyle ayrıklaştırılarak çözülmüştür.

* 1. Taşınım Algoritması

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.



1. Yatay tam sayfa örnek şekil.

Sayfa numarası, kağıt dikey tutulduğunda sayfanın kısa kenarının alt-ortasına, yatay tutulduğunda uzun kenarınının alt-ortasına yazılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

1. Örnekyatayçizelgegösterimi.Yataysayfadabirdenfazlasatırlıçizelgeisimlendirme: önemlinoktasatırlarınaynıhizadanbaşlamasıdır.

Eğer dikey sayfaya sığamayacak kadar büyük bir çizelge var ise, yatay bir sayfaya çizelge hazırlanır ve ortalanır.Kırmızı çizgi ile gösterildiği gibi iki satırın yazıları hizalanır

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parametre | Kolon 2 | Kolon 3 | Kolon 4 | | | Kolon 5 | |
| Alt kolon | Alt kolon | Alt kolon | Alt kolon | Alt kolon |
| Satır 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 7 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 8 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 9 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 10 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 11 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 12 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 13 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 14 |  |  |  |  |  |  |  |
| Satır 15 |  |  |  |  |  |  |  |

Arkalı önlü baskılarda her bölümün ilk sayfasının (birinci derece başlıkların) okuma yönünde sağdaki sayfada olmasına dikkat edilir.

**Bu bir nottur, çıktı alamadan önce siliniz.**

Bir sonraki bölümün tek numaralı sayfaya denk gelmesi için çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

1. GEREKLİ İSE BÖLÜM 4

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* 1. ÇalışmanınAmacı

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.



Şekil 4.1 :Dördüncü bölüm de örnekşekil.

* 1. İkinciDereceBaşlıkNasıl: İlk HarflerBüyük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* + 1. Üçüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* + - 1. Dördüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

Beşinci derece başlık: dördüncü dereceden sonrası numaralandırılmaz

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.



Resim4.1 :Aynıtarzdagiyineninsanalrinresmi.

2. GEREKLİ İSE BÖLÜM 5

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* 1. ÇalışmanınUygulama Alanı

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* 1. İkinciDereceBaşlıkNasıl: İlk HarflerBüyük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* + 1. Üçüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

* + - 1. Dördüncü derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

Beşinci derece başlık nasıl: ilk harf büyük diğerleri küçük

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.



1. Beşincibölümdeörnekşekil.

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

1. Beşincibölümdeörnekçizelge.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kolon1 | Kolon2 | Kolon3 | Kolon4 |
| Satır1 | Satır1 | Satır1 | Satır1 |
| Satır2 | Satır2 | Satır2 | Satır2 |
| Satır3 | Satır3 | Satır3 | Satır3 |

Akı DüzeltmeliTaşınım (FCT) algoritmasızamanabağlı, 1-boyutlu, lineerolmayangenelsüreklilikdenkleminiçözmekiçingeliştirilenyüksekmertebeden, lineerolmayan, monoton, konservatifveartılık-koruyucubiralgoritmadır (Oran, 1987). Bu algoritmadördüncümertebefazdoğruluğunasahipolup, minimum sayısalyayınımlakeskingradyanlarıçözebilmektedir.

Arkalı önlü bskılarda her bölümün ilk sayfasının (birinci derece başlıkların) okuma yönünde sağdaki sayfada olmasına dikkat edilir.

**Bu bir nottur, çıktı alamadan önce siliniz.**

Bir sonraki bölümün tek numaralı sayfaya denk gelmesi için çift numaralı olan bu sayfayı boş bıraktık.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadakapalıbirortamındüşeyduvarının harmonic olaraktitreşimininısıtılansağduvarındanısıaktarımınaetkilerisayısalolarakincelenmiştir. Bununiçinbeşfarklı parameter çalışılmıştır:…………

KAYNAKLAR

KAYNAKLAR: Yazar soyadına göre, **A dan Z ye sıralanır.**

Bu bölüm 1satır aralıklı olarak yazılır.

Numaralı kaynaklarda, kaynakların tez içerisinde veriliş sırasına göre numaralandırılması gerekir.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Albert, A.A., Cuevas, S., del Rio, J.A., Lopez de Haro, M.,**(2009).Heat transfer enhancement in oscillatory flows of Newtonian and viscoelastic fluids, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 52, 5472-5478.

Tez referansı

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Bhahin, G.A.,**Theeffect of pulsatingflow on forcedconvectiveheat transfer, *M.Sc. thesis*, University of Western Ontario, Ontario, (1998).

**Carper, E. B. (2007).** *Su dolu kapalı bir ortamda ısı aktarımının titreşimli akış ile kontrolü*(doktora tezi). Adres: http://etu.edu.tr/

Konferans referansı

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Domura, S., Nakagawa, M.,**(1995) Heat transfer enhancement by ultrasonic vibration, *ASME/JSME Therm. Eng. Joint Conferences*Orlando, Florida, USA, 06-12Haziran.

**Duru, C.,Aktas, M.K.,**(2014) Control of heat transfer in a waterfilledenclosurewith a vibratingsidewall, *Proceedings of CONV-14: International Symposium on ConvectiveHeatandMass Transfer*, Kusadasi, Turkey, June 8-13.

Kitap bölümü referansı

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Foran, E.S.,Boris, J.P.,** *Numericalsimulation of reactiveflow***,** InE. S. Oran (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation: Vol.38. (Sf. 237),New York, Elsevier, (1987).

**Gaint-Martin-Tillet, X.N., Oran, E.S.,** (1997)Boundaryconditionsfor FCT basedsolutions of theNavier-Stokesequations, NavyResearchLaboratoryInternal Report, Washington, DC, USA.

**Hurlando, P., Rosso, R., Cadavid, L. G., ve Salas, J. D.**(1993).Forecasting of Short-term Rainfall Using ARMA Models. *J Hydrol.*Cilt***144***, sayı. 1-4, Sf. 193-211.

Patent referansı

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

**Kakaç, S**. (2015).Kişiselgörüşme.

**Simpson, B, Kerr, N. L.vePetty, R.**(1989). Acoustic Streaming within a Cylindrical Resonator, *United Kingdom Patent,* No: 26294783 Tarih: 23.03.1920.

**Şaşkın, H.** (Producer) (2004). *The Corporation* [DVD]. Turkey: Şaşkın Picture Media Corporation.

**TSE-06560** (2013). NanoAkışkanlarınIsı Transfer SabitlerininÜçboyutluSınırlıAlanlardaModellenmesi,*TürkStandartlarıEnstitüsü,* Ankara.

**Tuncel, E.,Faruk, A., Kasap, A., Oluz, Z., Duran, H.,** (baskıda). Nano sıkıştırılmış yüzeylerin ısı transferanalizi.*Journal of Heat Transfer*. 2015

**Url-1***<http://www.web.utk.edu/~cnattras/Physics221Spring2013/modules/m10>,* alındığıtarih:11.03.2013.

**Url-2** <http://www.fbe.itu.edu.tr/Pages.aspx?app=1&pID=10>alındığıtarih:11.08.2015.

İnternet kaynakları en sonda verilir.

Yazar belirsiz ise tam link ve alındığı tarih verilmelidir.

Wikipedia gibi bilimsel içeriğinin doğru olmadığı belli olmayan sitelerden alıntı yapılmamalıdır!

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

KAYNAKLAR

[1] **Lambert, A.A., Cuevas, S., del Rio, J.A., Lopez de Haro, M.,** (2009). Heat transfer enhancement in oscillatory flows of Newtonian and viscoelastic fluids, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 52, 5472-5478.

[2] **Lambert, A.A., Cuevas, S., del Rio, J.A., Lopez de Haro, M.,** (2009). Heat transfer enhancement in oscillatory flows of Newtonian and viscoelastic fluids, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 52, 5472-5478.

KAYNAKLAR: Eğer numaralı gösterim tercih edilmişse!

Numaralı gösterim, metin içindeki kullanıldığı sıra esas alınır.

Bu bölüm 1satır aralıklı olarak yazılır.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

KAYNAKLAR

[1] S. Razmkhah, A. Bozbey, and P. Febvre, ‘A compact high frequency voltage amplifier for superconductor–semiconductor logic interface’, *Supercond. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 4, p. 045013, Apr. 2021, doi: 10.1088/1361-6668/abdedb.

[2] F. Sarreshtedari, S. Razmkhah, N. Hosseini, J. Schubert, M. Banzet, and M. Fardmanesh, ‘An Efficient SQUID NDE Defect Detection Approach by Using an Adaptive Finite-Element Modeling’, *J Supercond Nov Magn*, vol. 24, no. 1–2, pp. 1077–1081, Jan. 2011, doi: 10.1007/s10948-010-0860-3.

[3] R. L. Fagaly, ‘Superconducting quantum interference device instruments and applications’, *Review of Scientific Instruments*, vol. 77, no. 10, p. 101101, Oct. 2006, doi: 10.1063/1.2354545.

[4] V. K. Kornev, I. I. Soloviev, N. V. Klenov, and O. A. Mukhanov, ‘Development of SQIF-Based Output Broad Band Amplifier’, *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 17, no. 2, pp. 569–572, Jun. 2007, doi: 10.1109/TASC.2007.898119.

[5] E. E. Mitchell *et al.*, ‘2D SQIF arrays using 20 000 YBCO high R n Josephson junctions’, *Supercond. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 6, p. 06LT01, 2016, doi: 10.1088/0953-2048/29/6/06LT01.

[6] V. K. Kornev, N. V. Kolotinskiy, D. E. Bazulin, and O. A. Mukhanov, ‘High-Linearity Bi-SQUID: Design Map’, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 28, no. 7, pp. 1–5, Oct. 2018, doi: 10.1109/TASC.2018.2827982.

[7] P. Longhini *et al.*, ‘Voltage Response of Non-Uniform Arrays of Bi-SQUIDs’, in *International Conference on Theory and Application in Nonlinear Dynamics (ICAND 2012)*, V. In, A. Palacios, and P. Longhini, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 77–90. doi: 10.1007/978-3-319-02925-2\_7.

[8] S. Polonsky, P. Shevchenko, A. Kirichenko, D. Zinoviev, and A. Rylyakov, ‘PSCAN’96: new software for simulation and optimization of complex RSFQ circuits’, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 7, no. 2, pp. 2685–2689, Jun. 1997, doi: 10.1109/77.621792.

[9] S. R. Whiteley, ‘Josephson junctions in SPICE3’, *IEEE Trans. Magn.*, vol. 27, no. 2, pp. 2902–2905, Mar. 1991, doi: 10.1109/20.133816.

[10] W. Meissner and R. Ochsenfeld, ‘Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitf�higkeit’, *Naturwissenschaften*, vol. 21, no. 44, pp. 787–788, Nov. 1933, doi: 10.1007/BF01504252.

[11] ‘The electromagnetic equations of the supraconductor’, *Proc. R. Soc. Lond. A*, vol. 149, no. 866, pp. 71–88, Mar. 1935, doi: 10.1098/rspa.1935.0048.

[12] J. Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. Schrieffer, ‘Theory of Superconductivity’, *Phys. Rev.*, vol. 108, no. 5, pp. 1175–1204, Dec. 1957, doi: 10.1103/PhysRev.108.1175.

[13] B. D. Josephson, ‘Possible new effects in superconductive tunnelling’, *Physics Letters*, vol. 1, no. 7, pp. 251–253, Jul. 1962, doi: 10.1016/0031-9163(62)91369-0.

[14] R. C. Jaklevic, J. Lambe, A. H. Silver, and J. E. Mercereau, ‘Quantum Interference Effects in Josephson Tunneling’, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 12, no. 7, pp. 159–160, Feb. 1964, doi: 10.1103/PhysRevLett.12.159.

[15] J. Oppenländer, Ch. Häussler, and N. Schopohl, ‘N o n − Φ 0 − p e r i o d i c macroscopic quantum interference in one-dimensional parallel Josephson junction arrays with unconventional grating structure’, *Phys. Rev. B*, vol. 63, no. 2, p. 024511, Dec. 2000, doi: 10.1103/PhysRevB.63.024511.

[16] A. Beiser, *Concepts of modern physics*, 6th ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

[17] R. B. Singh, *Introduction to modern physics*. New Delhi: New Age International, 2002.

[18] H. D. Young, R. A. Freedman, and H. D. Young, *University physics with modern physics*, 15th edition. Hoboken, N.J: Pearson Higher Education, 2020.

[19] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *Fundamentals of physics*. Danvers: Wiley, 2014.

[20] D. J. Griffiths, *Introduction to electrodynamics*, Fourth edition. Cambridge, United Kingdom ; New York, NY: Cambridge University Press, 2018.

[21] Jr, Charles P, Horacio A. Farach, Richard J. Creswick, TotalBoox, and TBX, *Superconductivity.* Elsevier Science, 2010. Accessed: Sep. 01, 2021. [Online]. Available: http://www.totalboox.com/book/id-6330937135970965228

[22] M. Tinkham, *Introduction to superconductivity*, 2 ed. Mineola, NY: Dover Publ, 2015.

[23] A. Barone and G. Paternò, *Physics and applications of the Josephson effect*. New York: Wiley, 1982.

EKLER

EK 1: Vektörel Özdeşlikler

EK 2:FizikselFaktörler

**EK 1**

EK alt bölümlerinin isimleri EKLER ana başlığında listelenir. Fakat tezin başındaki İçindekiler listesine yazılmaz.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**

Tez dokümanında kullanılan vektörel özdeşlikler aşağıdaki gibidir:**[Buraya Referans]**

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  | (3.12a) |
|  | (3.12b) |
|  |  |
|  |  |

ÇizelgeEk.1 :Eklerbölümündeçizelgeörneği.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kolon1 | Kolon2 | Kolon3 | Kolon4 |
| Satır1 | Satır1 | Satır1 | Satır1 |
| Satır2 | Satır2 | Satır2 | Satır2 |
| Satır3 | Satır3 | Satır3 | Satır3 |

|  |  |
| --- | --- |
| ÖZGEÇMİŞ  ÖZGEÇMİŞ hazırlanırken 1 satır boşluk bırakılır.Yayın listeli (yayını varsa) özgeçmiş önerilir. Adres şart değildir.  **Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.** |  |

Ad-Soyad :

Uyruğu :

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

**ÖĞRENİM DURUMU:**

* **Lisans :** Mezuniyet yılı, Üniversite, Fakülte, Bölüm
* **Yükseklisans :** Mezuniyet yılı, Üniversite, Anabilim Dalı, Program

**MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:**

**Yıl Yer Görev**

**YABANCI DİL:**

**TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:**

* **Aktaş. M.**, 2003. Evaporation-condensation heat transfer device Patent numarası: TR3229759 X (Patent örneği)
* **Aktas,M**. K., Farouk, Bakhtier and Lin, Y., 2005. Heat Transfer Enhancement by Acoustic Streaming in an Enclosure, *J. Heat Transfer,* 127(12), 1313-1321. (Makale örneği)
* Duru, C.,**Aktas, M. K**., 2014. Control of heat transfer in a waterfilledenclosurewith a vibratingsidewall, Proceedings of CONV-14: International Symposium on ConvectiveHeatandMass Transfer, June 8-13, Kusadasi, Turkey. (Sunumörneği)

**Tez sahibine ait bilgiler bu listede koyu olarak yazılmalıdır. Tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru sıralanmalıdır.**

**DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:**

* Boluk A.,Demir, E., Duru, C.,**Aktaş, M.,** 2001. Ambienttemperatureprocessablethermosetswithhighthermal, mechanicalandhydrolyticstabilitybased on cyanateesters. *International Congress*, March 22-24, Antalya, Turkey.

Tezin konusu dışında ve/veya tez çalışmasından önce yapılan diğer akademik çalışmalara ait yayınlar.

**Bu bir nottur, çıktı almadan önce siliniz.**