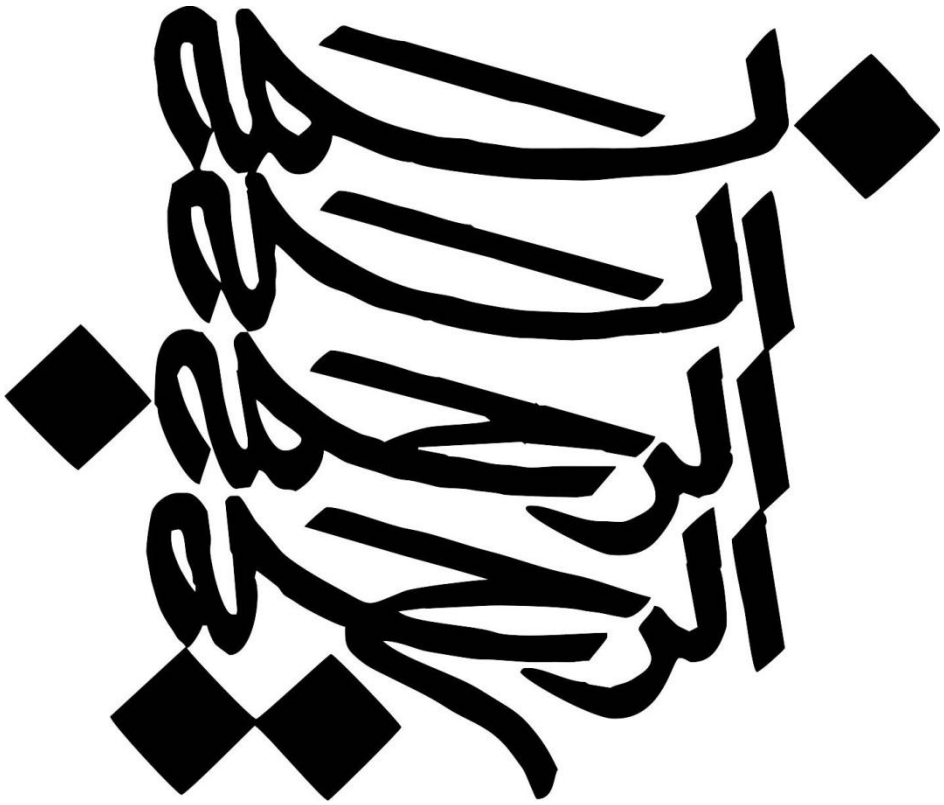


دانشکده فیزیک

گروه نظری و اختر فیزیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان

بررسی تاثیر بازتابش نور ستاره میزبان از سیاره بر پارامترهای هندسی و فیزیکی سیارات فراخورشیدی

استاد راهنما

دکتر داود محمد زاده جسور

استاد مشاور

دکتر زهرا فاضل مراغه

پژوهشگر

ابراهیم حاجی محمد حسنی ممقانی

تیر 1392

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم که ابتدا از پدر و مادرم بخاطر زحماتی که در طول زندگی ام به ایشان داده ام و آنها بدون هیچ چشمداشت و منتی همواره آرزوی دیدن پیشرفت، رشد و کمال من را داشتند و دارند بانوشتن جمله ی هر چند کوتاه تشکری داشته باشم. گرچه نیک می دانم که این جمله در برابر کلیه زحماتی که در طول زندگی ام به ایشان داده ام بسیار ناچیز و کوتاه است.

همچنین تشکر می کنم از برادر بزرگ و بزرگوارم منصور که الحق محبت ها و پشتیبانی های ایشان بیش اندازه ی بود که از ایشان انتظار داشتم. اگر کمک ها و حمایت های برادر بزرگوارم منصور نبود، مطمئنا در طول دوران تحصیلم با مشکلات به مراتب زیادی مواجه می شدم، طوری که فکر کردن به ادامه تحصیل بدون حضور نقش ایشان در زندگی ام گاها غیر ممکن و یا حداقل با مشکلات بسیار زیاد می نماید. به داشتن چنین برادری می بالم و خداوند را از این بابت بسیار سپاسگذارم.

همچنین از آقای دکتر جسور بابت اینکه تلاش من در ترم اول کارشناسی ارشد را بی پاسخ نگذاشته و افتخار شاگردیشان را به من دادند بسیار ممنون و سپاسگذارم. من از محضر درس این استاد بزرگوار نه تنها در طول انجام مراحل پایان نامه بلکه در طی دوران تحصیلم در دوران کارشناسی و همچنین ارشد و در درس هایی که با ایشان داشته ام بهره های علمی فراوان برده ام. مطالبی که از این استاد بزرگوار یاد گرفته ام تنها به کلاس های درس خلاصه نمی شود، بلکه فکر کردن به کارها، رفتار و روش های صحیحی که آقای دکتر در زندگی خود آنها را بکار می بندند همواره درس های زیادی به من آموخته است. از خداوند متعال توفیق مراتب عالی و شایسته برای ایشان دارم.

ابراهیم حاجی محمد حسنی **ee.haji@gmail.com**

نام خانوادگی: حاجی محمد حسنی ممقانی ***نام:*** ابراهیم

استاد راهنما: دکتر داود محمد زاده جسور

استاد مشاور: دکتر زهرا فاضل مراغه

عنوان پایان نامه: بررسی تاثیر بازتابش نور ستاره میزبان از سیاره بر پارامترهای هندسی و فیزیکی سیارات فراخورشیدی

مقطع: کارشناسی ارشد ***رشته:*** فیزیک ***گرایش:*** اختر فیزیک ***دانشگاه:*** تبریز

دانشکده: فیزیک ***تاریخ فارغ التحصیلی:*** تیر – 1392 ***تعداد صفحات:*** 103

کلید واژه: سیارات فراخورشیدی ، تلسکوپ فضایی کپلر ، روش گذر ، منحنی نوری ، شبیه سازی منحنی نوری ، اثر لبه تاریکی ، اثر بازتابش ، پارامتر بازتابش ، فضای فاز در منحنی های نوری ، آنالیز فوریه در تحلیل منحنی های نوری

چکیده: هنگامی که یک سیاره فراخورشیدی از مقابل ستاره میزبانش گذر می کند ، نور ستاره به مقدار جزئی کاهش یافته و پس از اتمام گذر دوباره به مقدار اولیه بازمی گردد. منحنی نوری که بدین ترتیب تشکیل می شود تابعی از عوامل هندسی و فیزیکی مختلف است. عوامل هندسی همچون شعاع ستاره، شعاع سیاره و زاویه ی میل سیستم و عوامل فیزیکی همچون اثر لبه تاریکی و اثر بازتابش نقش عمده ای در تعیین شکل منحنی نوری سیارات فراخورشیدی دارند.

در مرحله ی اول این کار منحنی نوری فرضی یک سیستم فراخورشیدی را در حالت های مختلف شبیه سازی کرده ایم. مثلا با تغییر شعاع سیاره در یک سیستم فرضی نقش شعاع سیاره را در تعیین شکل منحنی های نوری نشان داده ایم. کاری مشابه با کار فوق را با تغییر شعاع ستاره، زاویه ی میل و فاصله ستاره–سیاره انجام داده ایم. در قسمت دوم شبیه سازی نقش عوامل هندسی و فیزیکی مختلف در مقدار نور بازتابشی از سیاره را بررسی کرده ایم.

در مرحله ی دوم منحنی نوری سیارات فراخورشیدی که تلسکوپ فضایی کپلر از آنها داده برداری کرده است را آنالیز کرده ایم. برای این کار از آنالیز فوریه منحنی های نوری استفاده کرده ایم. در انتخاب سیستم ها سعی شده است سیستم هایی که اثر بازتابش در آنها بیشترین مقدار است، انتخاب شود. برای این منظور پارامتر جدیدی که پارامتر بازتابش نام دارد را معرفی کرده ایم. پارامتر بازتابش معیاری است از مقدار نور بازتابشی از سوی سیاره به طرف ناظر زمینی. پس از محاسبه ی پارامتر بازتابش برای همه سیاراتی که تلسکوپ کپلر آنها را شناسایی و کشف کرده است، 4 سیستم kepler-17 ، kepler-45 ، kepler-12 و kepler-8 برای آنالیز انتخاب شدند. پس از آنالیز 4 سیستم فوق به این نتیجه رسیدیم که در نظر گرفتن اثر بازتابش در سیستم های فوق باعث تغییر پارامترهای سیستم به مقدار قابل ملاحظه می شود. مثلا در سیستم kepler-17 پس از در نظر گرفتن اثر بازتابش شعاع سیاره سیستم به اندازه 6.68% تغییر کرد، که این مقدار به مراتب بیشتر از خطای محاسبات است. همچنین با احتساب اثر بازتابش در این سیستم شعاع ستاره سیستم به اندازه 2.36% تغییر پیدا کرد که این تغییرات در محدوده خطاست و فاقد معنی فیزیکی است. همچنین محاسبات نشان داد که در نظر گرفتن اثر بازتابش تغییر محسوسی را در زاویه ی میل سیستم ایجاد نمی کند.

نتایج مشابه سیستم kepler-17 برای سیستم های kepler-45 ، kepler-12 و kepler-8 تکرار شد.

فهرست مطالب

مقدمه 1

فصل اول : بررسی منابع و پیشینه ی پژوهش

1-1 تعریف و طبقه بندی سیارات فراخورشیدی مطابق IAU 5

1-2 نامگذاری سیارات فراخورشیدی 5

1-3 روش های آشکار سازی سیارات فراخورشیدی 6

1-3-1 روش سرعت شعاعی 6

1-3-2 روش گذر 10

1-3-3 روش همگرایی ریز گرانشی 11

1-3-4 روش زمان سنجی ستارگان تپنده 14

1-3-5 روش عکس برداری 15

1-3-6 استفاده از الگویتم BEER 16

1-3-7 جدول سیارات فراخورشیدی شناخته شده به روش های مختلف 17

1-4 منطقه قابل سکونت 18

1-5 مقایسه منظومه های فراخورشیدی کشف شده و منظومه شمسی 18

فصل دوم : مبانی و روش ها

2-1 معرفی روش گذر با تفصیل بیشتر 22

2-2 بررسی نحوه ی تاثیر پارامترهای هندسی یک سیستم فراخورشیدی در شکل منحنی نوری 23

2-2-1 نقش شعاع سیاره در تعیین شکل منحنی نوری سیارات فراخورشیدی 23
2-2-2 نقش شعاع ستاره در تعیین شکل منحنی نوری سیارات فراخورشیدی 24
2-2-3 نقش زاویه ی میل سیستم در تعیین شکل منحنی نوری سیارات فراخورشیدی 25
2-3 بررسی عوامل فیزیکی موثر در تعیین شکل منحنی های نوری 27
2-3-1 نقش اثر لبه تاریکی. 27
2-3-2 نقش اثر بازتابش در تعیین شکل منحنی نوری سیارات فراخورشیدی 29
2-3-2-1 نقش شعاع سیاره در مقدار نور بازتابشی 30
2-3-2-2 نقش فاصله سیاره–ستاره در مقدار نور بازتابشی 31
2-3-2-3 نقش شعاع ستاره در مقدار نور بازتابشی 33
2-3-2-4 نقش زاویه ی میل در مقدار نور بازتابشی 34
2-3-3 نقش اثر رزیتر–مک لافلین در تعیین شکل منحنی نوری 35
2-3-4 نقش لک های ستاره ای در تعیین شکل منحنی نوری 36
2-3-5 نقش سایر عوامل دیگر در تعیین شکل منحنی نوری 37
2-4 احتمال گرفت 38
2-5 شبیه سازی منحنی نوری 39
2-5-1 استخراج فرمول های لازم جهت شبیه سازی بخش اول منحنی نوری شکل 2-13 41
2-5-2 شبیه سازی بخش دوم منحنی نوری شکل 2–13 45
2-5-3 شبیه سازی بخش سوم منحنی نوری در شکل 2-13 45
2-6 معرفی ساز و کار فوریه برای تحلیل منحنی های نوری سیستم سیارات فراخورشیدی 45

2-6-1 آنالیز فوریه در حضور اثر لبه تاریکی 48

2-6-2 آنالیز فوریه در حضور اثر بازتابش 49

فصل سوم : نتایج و پیشنهادها

3-1 تلسکوپ کپلر 52

3-2 آنالیز داده ها 54

3-2-1 معرفی پارامتر بازتابش : r 54

3-2-2 نتایج آنالیز منحنی های نوری سیستم های جدول 3-1 56

3-2-2-1 نتایج آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-17 b 57

3-2-2-2 نتایج آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-45 b 63

3-2-2-3 نتایج آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-12 b 70

3-2-2-4 نتایج آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-8 b 76

3-3 بیان نتیجه 81

3-4 نحوه ی محاسبه خطا 82

3-5 پیشنهادات 84

مراجع 85

پیوست الف : برنامه شبیه ساز منحنی نوری 88

پیوست ب : برنامه آنالیز منحنی نوری kepler-17 93

فهرست شکلها

شکل 1-1 – جابجایی تناوبی خطوط طیفی یک ستاره بعلت حرکت ستاره حول مرکز جرم سیستم 7

شکل 1-2 – منحنی سرعت شعاعی ستاره peg 51 که میزبان یک سیاره است 8

شکل 1-3 – منحنی سرعت شعاعی سیستم HD 108874 که میزبان دو سیاره است 8

شکل 1-4 – منحنی نوری یک ستاره که بعلت عبور یک سیاره از مقابلش بصورت تناوبی کاهش پیدا میکند 10

شکل 1-5 – منحنی نوری رصد شده (تجربی) چند سیستم فراخورشیدی که از داده های تلسکوپ فضایی کپلر تهیه شده اند . 11

شکل 1-6 – پدیده ی همگرایی گرانشی 12

شکل 1-7 – حلقه انشتین 12

شکل 1-8 – منحنی نوری سیستم OGLE-2003-BLG-235Lb/MOA-2003-BLG-53Lb 14

شکل 1-9 – عکس مستقیم از ستاره HR 8799 که میزبان 4 سیاره میباشد 16

شکل 2-1 – گذر سیاره از مقابل ستاره که باعث ایجاد شکل منحنی نوری می شود 23

شکل 2-2 – نحوه ی تاثیر تغییرات شعاع سیاره درتعیین شکل منحنی نوری 24

شکل 2-3 – نحوه ی تاثیر تغییرات شعاع ستاره در تعیین شکل منحنی نوری 25

شکل 2-4 – نحوه ی تاثیر تغییرات زاویه ی میل در تعیین شکل منحنی نوری 27

شکل 2-5 – اثر لبه تاریکی در سطح خورشید باعث می شود مرکز سطح خورشید روشن تر از کناره ها دیده شود 28

شکل 2-6 – نقش تغییرات شعاع سیاره در مقدار نور بازتابشی از سیاره 31

شکل 2-7 – نقش تغییرات فاصله سیاره–ستاره در مقدار نور بازتابشی از سیاره 33

شکل 2-8 – نقش تغییرات شعاع ستاره در مقدار نور بازتابشی از سیاره 34

شکل 2-9 – نقش تغییرات زاویه میل در مقدار نور بازتابشی 35

شکل 2-10 – اثر رزیتر–مک لافلین که ناشی از حرکت چرخشی ستاره حول محور دوران خودش می باشد 36

شکل 2-11 – وجود یک اختلال در منحنی نوری سیستم HD 189733 که علت بوجود آمدن این اختلال در منحنی نوری را بوجود یک پدیده ی سطحی در سطح ستاره نسبت داده اند 37

شکل 2-12 – احتمال گذر برای یک ناظر که از خارج از منظومه به سیستم نگاه می کند 38

شکل 2-13 – گذر سیاره از مقابل ستاره میزبان که باعث تشکیل منحنی نوری شده است 40

شکل 2-14 – منحنی نوری در فضاهای $sin^{2m}ph$ (m=1,2,3) 47

شکل 3-1 – میدان دید کپلر در کهکشان راه شیری 53

شکل 3-2 – میدان دید کپلر در آسمان 54

شکل 3-3 – گذر سیاره از مقابل ستاره 55

شکل 3-4 – منحنی نوری سیستم kepler-17 که با استفاده از داده های تلسکوپ کپلر تهیه شده است 57

شکل 3-5 – مشخصات سیستم kepler-17 58

شکل 3-6 – منحنی نوری سیستم kepler-17 که از داده های سایت planethunters.org تهیه کرده ایم 59

شکل 3-7 – منحنی نوری kepler-17 در فضای sin^2ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 59

شکل 3-8 – منحنی نوری kepler-17 در فضای sin^4ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 60

شکل 3-9 – منحنی نوری kepler-17 در فضای sin^6ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 60

شکل 3-10 – منحنی نوری سیستم kepler-45 که منحنی بالایی با استفاده از داده های تلسکوپ کپلر تهیه شده است . . . 64

شکل 3-11 – مشخصات سیستم kepler-45 65

شکل 3-12 – منحنی نوری سیستم kepler-45 که از داده های سایت planethunters.org تهیه کرده ایم 66

شکل 3-13 – منحنی نوری سیستم kepler-45 در فضای sin^2ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 66

شکل 3-14 – منحنی نوری سیستم kepler-45 در فضای sin^4ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 67

شکل 3-15 – منحنی نوری سیستم kepler-45 در فضای sin^6ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 67

شکل 3-16 – منحنی نوری سیستم kepler-12 که با استفاده از داده های تلسکوپ کپلر تهیه شده است 70

شکل 3-17 – مشخصات سیستمkepler-12 71

شکل 3-18 – منحنی نوری سیستم kepler-12 که از داده های سایت planethunters.org تهیه کرده ایم 72

شکل 3-19 – منحنی نوری سیستم kepler-12 در فضای sin^2ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 72

شکل 3-20 – منحنی نوری سیستم kepler-12 در فضای sin^4ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 73

شکل 3-21 – منحنی نوری سیستم kepler-12 در فضای sin^6ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 73

شکل 3-22 – منحنی نوری سیستم kepler-8 که ازداده های تلسکوپ کپلر تهیه شده است 76

شکل 3-23 – مشخصات سیستمkepler-8 77

شکل 3-24 – منحنی نوری سیستم kepler-8 که از داده های سایت planethunters.org تهیه کرده ایم 78

شکل 3-25 – منحنی نوری سیستم kepler-8 در فضای sin^2ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 78

شکل 3-26 – منحنی نوری سیستم kepler-8 در فضای sin^4ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 79

شکل 3-27 – منحنی نوری سیستم kepler-8 در فضای sin^6ph . قسمت پایینی شکل اختلاف داده ها از منحنی فیت شده را نشان می دهد 79

فهرست جدولها و نمودارها

جدول 1-1 – تعداد سیارات فراخورشیدی که به روش های مختلف ثبت شده اند. 18

جدول 3-1 – سیاراتی که در آنها پارامتر بازتابش بیشترین مقدار است 56

جدول 3-2 – مساحت های $A_{2,4,6}$ برای سیستم kepler-17 61

جدول 3-3 – نتایج بدست آمده از آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-17 b 61

جدول 3-4 – مساحت های $A_{2,4,6}$ برای سیستم kepler-45 68

جدول 3-5 – نتایج بدست آمده از آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-45 b 68

جدول 3-6 – مساحت های $A_{2,4,6}$ برای سیستم kepler-12 74

جدول 3-7 – نتایج بدست آمده از آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-12 b 74

جدول 3-8 – مساحت های $A_{2,4,6}$ برای سیستم kepler-8 80

جدول 3-9 – نتایج بدست آمده از آنالیز منحنی نوری سیستم Kepler-8 b 80

نمودار 1-1 - نمودار شعاع سیارات فراخورشیدی شناخته شده بر حسب فاصله از ستاره میزبان 19

جدول نمادهای بکار رفته در متن

واحد نجومی (فاصله متوسط زمین تا خورشید)	AU
مختصات فازی	Ph
جرم سیاره فراخورشیدی	M_p
جرم ستاره میزبان سیاره فراخورشیدی	M_*
زاویه میل سیاره در سیستم فراخورشیدی	i
شعاع ستاره میزبان سیاره فراخورشیدی	R_s
شعاع سیاره ی فراخورشیدی	R_p
شعاع سیاره مشتری	R_J
شعاع خورشید	$R_\odot$
عمق گذر	ΔF
پارامتر بازتابش	r
فاصله سیاره از ستاره میزبانش	a
شماره ستاره در سایت planethunters.org	SPH

مقدمه :

بحث وجود حیات فرازمینی بحثی است که از گذشته های بسیار دور تا کنون وجود داشته است. مثلا ارسطو در حدود 350 سال قبل از میلاد مسیح اعتقادش بر این بود که: "نمی تواند حیاتی به غیر از حیات زمینی در جایی دیگر وجود داشته باشد." و یا اپیکوروس[1] در حدود 300 سال قبل از میلاد مسیح بر این اعتقاد بود که: "بی نهایت جهان شبیه جهان ما و یا متفاوت از جهان ما در عالم وجود دارد."[1]

با پیشرفت ابزار آلات نجومی و رصد هر چه بهتر آسمان، آگاهی بشر از اتفاقاتی که در فضا و محیط پیرامون خود اتفاق می افتد بیش از پیش افزایش یافته، طوری که بحث وجود حیات فرازمینی با مطرح شدن بحث سیارات فراخورشیدی صورت جدی تر و علمی تری به خود گرفته است. منظور از یک سیاره فراخورشیدی سیاره ای است که حول ستاره ای غیر از ستاره ی منظومه شمسی (خورشید) در حال گردش حول ستاره ی میزبانش می باشد.

کشف اولین سیاره ی فراخورشیدی اتفاقی بود که در سال 1992 و از روش زمان سنجی ستارگان تپنده اتفاق افتاد. دومین سیاره ی فراخورشیدی در سال 1995 و از روش سرعت شعاعی شناسایی و کشف شد. دو سیاره ی دیگر نیز تا آخر همان سال به فهرست سیارات فراخورشیدی افزوده شدند. بعد از این تاریخ شناسایی و کشف سیارات فراخورشیدی سرعت بیشتری به خود گرفت طوری که تا آخر سال 2000 ، 34 سیاره فراخورشیدی شناسایی و کشف شده بود. ثبت 500 امین سیاره فراخورشیدی اتفاقی بود که در دسامبر سال 2010 اتفاق افتاد و تا لحظه ی نگارش این متن 891 سیاره ی فراخورشیدی از روش های مختلف شناسایی و ثبت شده اند [1]، [2].

روش هایی که برای مطالعه سیارات فراخورشیدی بکار گرفته می شوند بسیار شبیه روش هایی است که قبلا در مطالعه سیستم ستارگان دو تایی بکارگرفته شده اند. چند تفاوت بین سیستم ستارگان دو تایی و سیستم سیارات فراخورشیدی عبارتند از:

[1] Epicurus

الف) در ستارگان دوتایی هر دو عضو سیستم تابش[2] می کنند ولی در سیستم سیارات فراخورشیدی چنین نیست و یک سیاره فراخورشیدی تابش نمی کند و یا اگر تابش کند، تابش آن نسبت به تابش ستاره میزبان بسیار کم است.

ب) در ستارگان دوتایی که دو عضو سیستم فاصله نسبتا کمی از هم دارند وجود اثرات مربوط به نزدیکی[3] باعث خارج شدن ستاره از کرویت کامل می شود. در صورتی که چنین بحثی در مورد سیارات فراخورشیدی کمتر مطرح است.

ج) همچنین در ستارگان دوتایی نزدیک مسئله انتقال جرم از یک ستاره به ستاره دیگر وجود دارد، در صورتی که این بحث در مورد سیارات فراخورشیدی کمتر مطرح است.

هر ستاره در کهکشان راه شیری به طور متوسط میزبان 1.6 سیاره است که در فاصله (AU) 10 – 0.5 از ستاره میزبانشان قرار دارند [3].

هدف این پایان نامه بررسی مقدار نوری است که یک سیاره فراخورشیدی از ستاره میزبانش بازتاب می کند. همچنین نشان خواهیم داد که در نظر گرفتن و در نظر نگرفتن اثر بازتابش در داده های یک منحنی نوری به چه اندازه ای پارامترهای یک سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد.

ابتدا در **فصل اول**، پس از تعریف یک سیاره و نحوه ی نامگذاری سیارات فراخورشیدی، بطور خلاصه به روش های آشکارسازی سیارات فراخورشیدی پرداخته ایم. در آخر این فصل هم مقایسه ای بین منظومه شمسی و منظومه های فراخورشیدی انجام داده ایم.

در **فصل دوم** به طور مفصل تر در مورد روش گذر بحث کرده ایم. در این فصل ابتدا تاثیر تغییرات پارامترهای هندسی (از جمله شعاع ستاره ، شعاع سیاره و زاویه ی میل) و فیزیکی (از جمله اثر لبه تاریکی) سیارات فراخورشیدی را در تعیین شکل منحنی های نوری این سیستم ها مورد بحث و بررسی قرار داده ایم. برای مطالعه تاثیر تغییرات هر یک از کمیات فوق از شبیه سازی منحنی های نوری استفاده کرده ایم. نحوه ی شبیه

[2] radiation
[3] proximity effect

سازی منحنی های نوری هم در ادامه ی همین فصل آمده است. همچنین در اواخر این فصل آنالیز فوریه در تحلیل منحنی های نوری سیارات فراخورشیدی را معرفی کرده ایم. از آنالیز فوریه در فصل سوم برای استخراج پارامترهای هندسی یک سیستم فراخورشیدی از منحنی نوری مربوطه اش استفاده کرده ایم.

در **فصل سوم** پس از معرفی تلسکوپ فضایی کپلر و نحوه ی استفاده از داده های این تلسکوپ پارامتر جدیدی که پارامتر بازتابش نام دارد را معرفی کرده ایم. پارامتر بازتابش معیاری است از مقدار نوری که یک سیاره از ستاره میزبانش بازتاب می کند. پس از محاسبه پارامتر بازتابش برای همه سیستم هایی که تلسکوپ کپلر آنها را شناسایی و کشف کرده است، لیستی از سیارات که پارامتر بازتابش در آنها بیشترین مقدار است را در جدول 1-3 آورده ایم. در ادامه ی این فصل با استفاده از آنالیز فوریه که در فصل 2 معرفی کرده ایم، به آنالیز داده های سیستم های جدول 1-3 پرداخته ایم. و در آخر این فصل هم نتایج آنالیز منحنی های نوری و همچنین تاثیر اثر بازتابش را در منحنی نوری سیستم های واقعی (که از طریق رصد بدست آمده اند را) بیان کرده ایم.

فصل اول

بررسی منابع و

پیشینه ی پژوهش

1-1 تعریف و طبقه بندی سیارات فراخورشیدی مطابق IAU

الف) هر شی با جرم ثابت و کمتر از آستانه جرمی لازم برای آغاز واکنش های هیدروژن سوز که در حال گردش به دور ستاره یا بقایای یک ستاره است سیاره نامیده میشود. این جرم در حدود 13 برابر جرم مشتری است. حداقل جرم لازم برای اینکه یک شی سیاره در نظر گرفته شود، برابر کمترین جرم از جرم سیارت شناخته شده در منظومه شمسی است. در این دسته بندی مهم نیست که سیاره چگونه بوجود آمده است.

ب) اجرامی که جرم آنها بیشتر از آستانه جرمی لازم برای آغاز واکنش های هیدروژن سوز باشد، ولی به هر دلیلی این واکنش ها در آنها آغاز نشده باشند، "کوتوله های قهوه ای" نامیده می شوند. در این دسته بندی نیز مهم نیست که سیاره چگونه بوجود آمده است.

ج) اجرام شناور آزاد[4] در خوشه های ستاره ای جوان که جرم آنها از آستانه ی جرمی لازم برای آغاز واکنش های هیدروژن سوز کمتر است سیاره در نظر گرفته نمی شوند، این اجرام از زیر گروه های کوتوله های قهوه ای[5] هستند [1] .

1-2 نامگذاری سیارات فراخورشیدی

برای نامگذاری سیارات فراخورشیدی از حروف کوچک انگلیسی بعد از نام ستاره استفاده می کنند. ترتیب حروف انگلیسی نشان دهنده ی ترتیب زمانی کشف سیاره در سیستم منظومه ای مربوطه اش است. به عنوان مثال در مورد ستاره تپنده PSR B1257+12 سیارات این سیستم عبارتند از PSR B1257+12b ، PSR B1257+12c و PSR1257+12d . نکته ای که باید در این نوع نامگذاری به آن توجه کرد این است که این نوع نامگذاری هیچ اطلاعی در مورد ترتیب فاصله ی سیارات از ستاره میزبان ارائه نمی دهد. به عنوان مثال در مورد ستاره ای Gliese 876 ، سیارات این سیستم به ترتیب زمان کشف عبارتند از:

Gliese 876 b در سال 2000

Gliese 876 c در سال 2000

[4] free-floating objects
[5] sub-brown dwarf

Gliese 876 d در سال 2005

Gliese 876 e در سال 2010

در صورتی که سیارات این سیستم به ترتیب فاصله از ستاره میزبان عبارتند از:

Gliese 876 d در فاصله ی 0.0208 AU

Gliese 876 c در فاصله ی 0.1296 AU

Gliese 876 b در فاصله ی 0.2083 AU

Gliese 876 e در فاصله ی 0.3343 AU

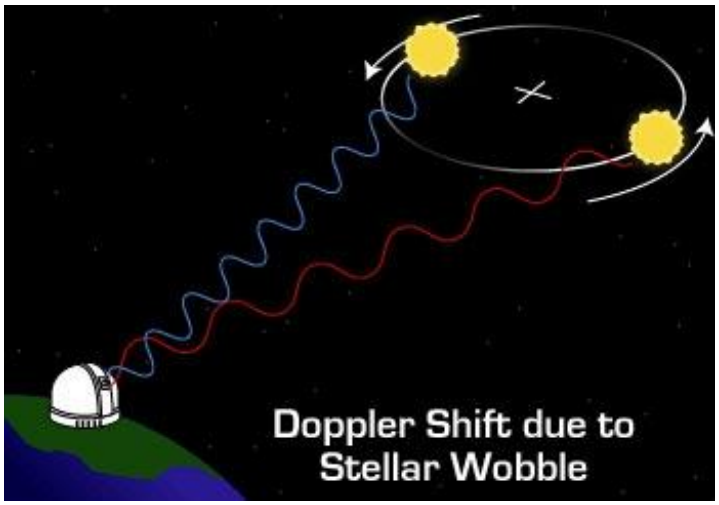
در مورد سیاراتی که توسط تلسکوپ کپلر شناسایی و کشف می شوند، عددی که در نام ستاره است نشان دهنده نوعی ترتیب زمانی کشف است. بعنوان مثال در لحظه ی نگارش این متن آخرین ستاره ای که تلسکوپ کپلر قادر به شناسایی سیارات آن شده است Kepler-69 نام دارد. نام ستاره ی بعدی که تلسکوپ کپلر سیاره آن را در صورت وجود کشف خواهد کرد Kepler-70 می باشد.

1-3 روش های آشکار سازی سیارات فراخورشیدی

1-3-1 روش سرعت شعاعی[6]

از متداولترین روش های آشکارسازی و کشف سیارات فراخورشیدی، روش سرعت شعاعی است. در این روش خطوط طیفی ستاره ای که میزبان سیاره است، بصورت تناوبی با یک دوره تناوب معین و مشخص (که برابر با دوره تناوب حرکت مداری سیاره حول ستاره میزبان است)، به طرف طول موج های بلندتر و یا کوتاه تر جابجا می شوند. شکل 1-1

[6] radial velocity



شکل 1-1 - جابجایی تناوبی خطوط طیفی یک ستاره بعلت حرکت ستاره حول مرکز جرم سیستم

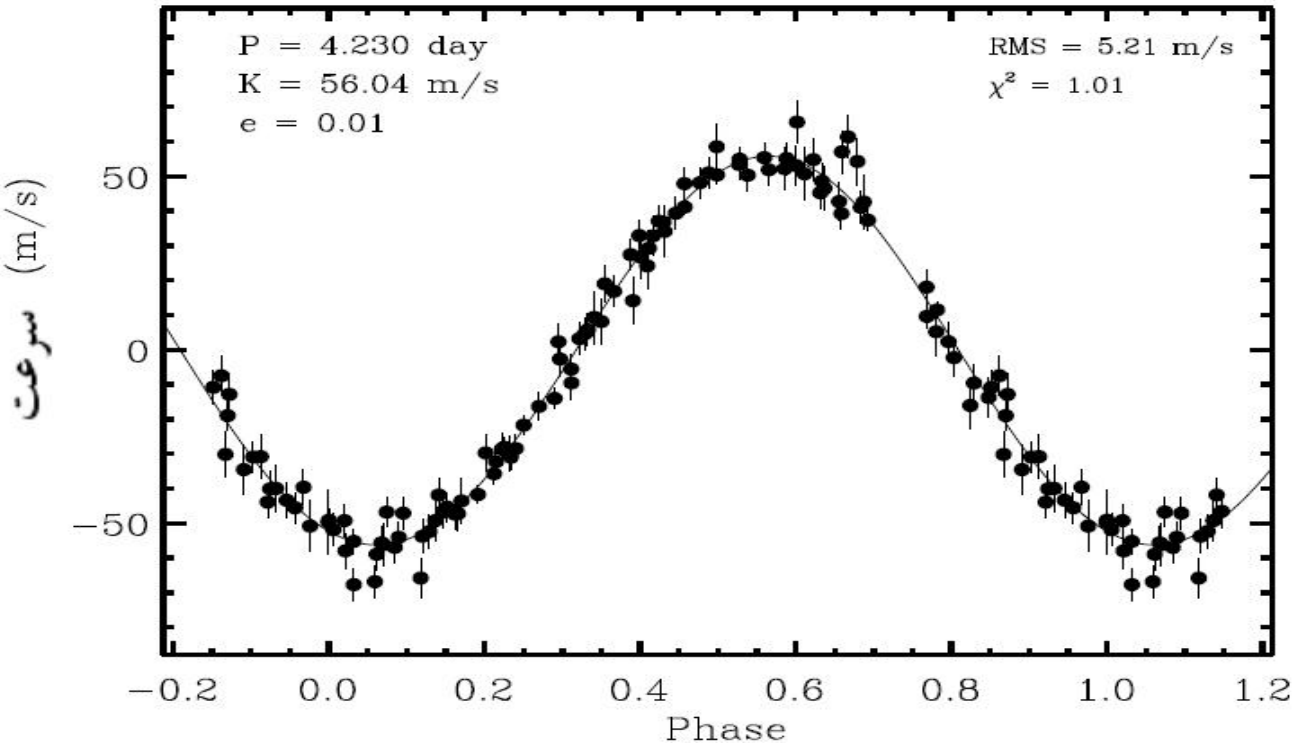
برای توضیح بیشتر یک سیستم فراخورشیدی متشکل از یک ستاره و یک سیاره را در نظر بگیرید. هر دو عضو سیستم حول مرکز جرم مشترک حرکت مداری خواهند داشت. لحظاتی وجود دارد که ستاره بخاطر حرکت حول مرکز جرم، بطرف ناظر زمینی نزدیک می شود و در لحظاتی ستاره از ناظر زمینی دور خواهد شد. سرعت دور شدن یا نزدیک شدن ستاره را می توان از مقدار جابجایی خطوط طیفی با استفاده از رابطه ای دوپلر:

$$V = C\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \qquad (1-1)$$

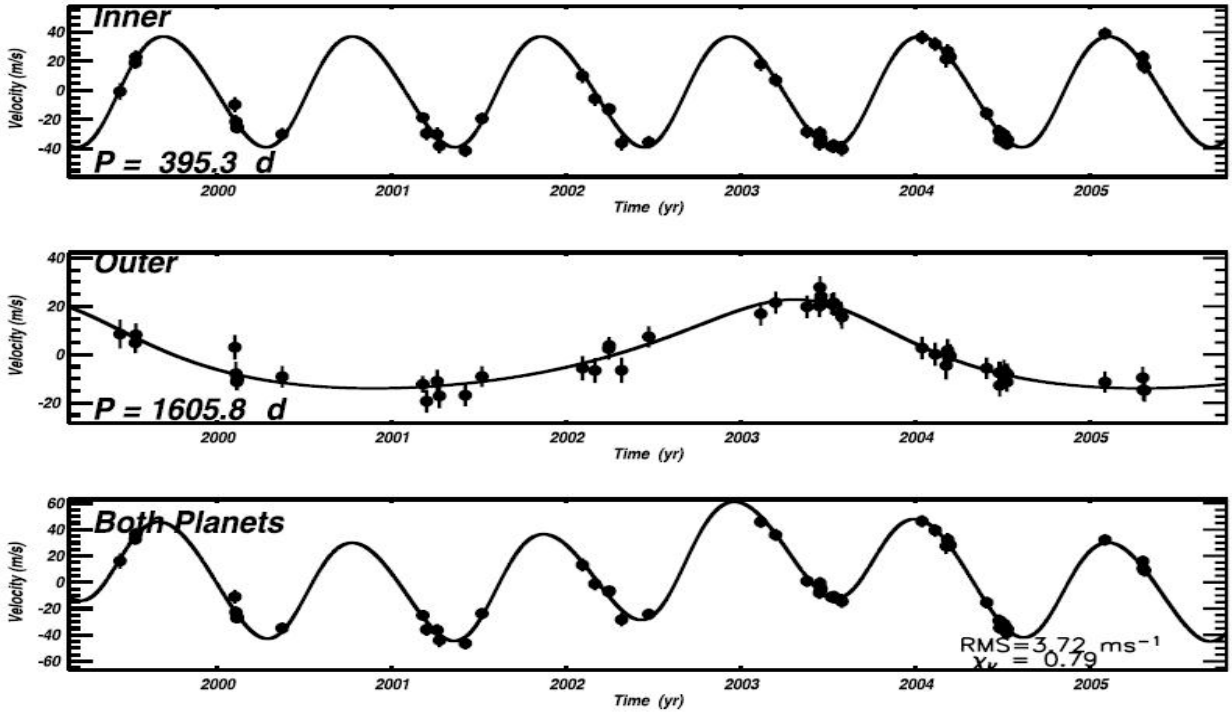
محاسبه کرد [1] . طبق این رابطه با اندازه گیری $\Delta\lambda$ (جابجایی یک خط طیفی با طول موج λ) می توان سرعت دور شدن یا نزدیک شدن ستاره نسبت به ناظر زمینی را در هر لحظه محاسبه کرد.

اگر ستاره میزبان فقط یک سیاره باشد، در اینصورت منحنی سرعت شعاعی ستاره، شکل ساده سینوسی خواهد داشت. ولی اگر سیستم فرا منظومه ای حاوی بیش از یک سیاره باشد[7] شکل منحنی سرعت شعاعی پیچیده خواهد بود. منحنی سرعت شعاعی چند سیستم فراخورشیدی در شکل های زیر آمده است:

[7] multiplanetary systems



شکل 2-1 - منحنی سرعت شعاعی ستاره 51 peg که میزبان یک سیاره است [4]



شکل 3-1 - منحنی سرعت شعاعی سیستم HD 108874 که میزبان دو سیاره است [5]