تحليل المنحني الضوئي للأقدار المرئية المطلقة لمستعرة عظمى من النوع الثاني(SN II)

آراء مبدر حولي *

تاريخ قبول النشر 2006/6/12

الخلاصة:

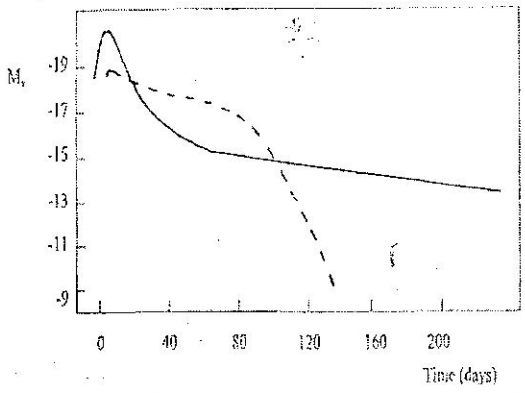
تم تحليل المنحني الضوئي للأقدار المرئية المطلقة(M_v) لمستعرة من النوع الثاني والمعروفة بالمستعرة العظمى أ1987(SN 1987A) باستخدام العلاقات الرياضية المشتقة لذلك، والتي أعطتنا نتائج اقرب للنتائج الطيفية المرصودة للمستعمرة العظمى (SN 1987A)

المقدمة:-

تتصف نورانية المستعرات العظمى بشدة تألق عالية تجعلها متميزة خلال عدة شهور، وفي هذه الفترة نفسها يتم الحصول على المنحني الضوئي وعلى الصور الطيفية للنجم المنفجر كمستعرة عظمى. حيث يزداد اللمعان أثناء الانفجار ازدياداً سريعاً جداً يصل النهاية العظمى خلال بضعة أيام يعقبه هبوط بطيء نسبياً. ففي النوع الأول (SN I) ينخفض اللمعان بدون تذبذب ويستغرق ذلك مدة طويلة نسبياً، فبعد سنة من الانفجار ينخفض اللمعان بضع مئات من المرات، وتتشابه إلى درجة كبيرة منحنيات التألق لنجوم هذا النوع كافة، بينما يتميز النوع الثاني (SN II) بالتباين الكبير في منحنيات تألقه، وسرعة هبوط اللمعان بعد مائة يوم تقريبا من النهاية العظمى له. يوضح الشكل (1) المنحنيات الضوئية لكلا النوعين[1].

أن وصول النجم المولد للمستعرة العظمى لمراحل تطوره النووي النهائية يقترن باضطراب شديد في حالته الغازية الذي ينتقل على شكل موجه قوية تدعى موجة الصدمة (Shock Wave) التي يرتبط ظهورها بالانضغاط الفجائي الشديد الذي تعانيه الطبقة الغازية المجاورة لموقع الانفجار. أن عملية تولد الصدمة عملية معقدة جدا تحدث نتيجة تقلص فجائي يحدث للنجم ويحول جزء من طاقته الكامنة إلى طاقة حرارية و إشعاعية، تنتقل الطاقة من باطن النجم إلى الطبقات الخارجية بواسطة هذه الموجة، وتحت تأثيرها تتمزق الطبقات الخارجية للنجم مكونة غلافاً يأخذ بالتوسع والانتشار. محرراً طاقة إشعاعية يمكن تعيينها بواسطة منحنى التألق، وكذلك الأشعة الضوئية التي

كهرومغناطيسية بأطوال موجية مختلفة وأشعة كونية، وبالإضافة إلى طاقة انحلال النشاط الإشعاعي لكل من النيكل والكوبالت (^{56}Co, ^{56}Ni) والتي امتزجت اقترحت بالمادة المقذوفة بتأثير انتقال الصدمة داخل النجم[2].



الشكل (1) يوضح الشكل المنحنيات الضوئية للنوع الأول (I SN) (الخط المتصل) والنوع الثاني (الخط المنفصل) وقدر مومن بين القدر المرئي والزمن[1].

النظرية:

تضمنت الدراسات التحليلية إدخال تأثيرات النورانية البولومترية ودرجات الحرارة الفعالة وإنصاف الأقطار الابتدائية للكرة الضوئية للنجم المنفجر المولد للمستعرة العظمى من خلال إجراء بعض الافتراضات الفيزيائية ووضعها في صياغة رياضية لحساب الأقدار الضوئية المطلقة للمستعرات العظمى في مناطق الإشعاع المرئية والزرقاء وفوق البنفسجية(UBV)[3].

وتثبت صحة هذه الدراسات من خلال تحقق الافتراضات ومدى قبولها فيزيائيا، وتختلف هذه الافتراضات لكل من

* قسم الفيزياء/كلية التربية للبنات/جامعة الكوفة

(Arnett and Fulk 1977) بان النجم المولد والمنفجر كمستعرة عظمى يكون في طور العملاقة العظمى الحمراء(Red Super Giant) والذي من خصائصه قذف كميات كبيرة من مادة غلافه الخارجي والتي تقدر ب-5)=(M_{env} (10M_O عند هذا الطور [4].

وعند اختلال التوا زان الثرموديناميكي للنجم المولد للمستعرة العظمى تسيطر قوة الجاذبية المتجهة نحو المركز وتتكون نتيجة لذلك كرة ضوئية(Photosphere) من النويات المضاءة في درجات الحرارية العالية وبكتلة قلب حديدي والتي عند ينهار النجم بصورة فجائية للداخل وان الارتطام المتصادم بين مادة القلب الداخلية المتوزانة والاغلفة الخارجية يولد صدمة ضاغطة (صدمة الموجة) والتي تعمل على عكس الاغلفة الخارجية وقذفها للخارج بسرع افترضها كل من (AF 76) بمعدل[(300-10000)km/sec]) [5].

استنادا لهذا الافتراض تم وضع صيغ رياضية لحساب الأقدار الضوئية المطلقة M_λ في مناطق الإشعاع (UBV) [6]وكما يلي:-

(1)- اشتق العالم (Arp 1961) صيغة رياضية عرفت باسمه (Formula) على أساس أن النجوم المولدة والمنفجرة كمستعرات عظمى هي أجسام سوداء (Black Bodies)[7] :-

$$M_\lambda=C_\lambda+(g_\lambda/T_{e,4})-5\mathrm{Log}(R_{ph}/R_O)+X_\lambda(T_e) \quad \ldots(1)$$

إذ تمثل كل من:-

C_λ ،g_λ: ثوابت تعتمد على نوع المنطقة المرصودة (UBV)،والتي تم الحصول عليها بالمعايرة مع القيم الشمسية وهي مبينة في الجدول رقم (1).

$T_{e,4}$: درجات الحرارة الفعالة (Effective Temperature)،والمقاسة بوحدات ($T_{e,4}= T_e/10^4$ K).

R_O: نصف قطر الشمس($10x10^{10}$ cm).

R_{ph} : نصف قطر الكرة الضوئية (Radius Photosphere) للنجم المنفجر كمستعرة عظمى المقاس بوحدات(cm).

$X_\lambda(T_e)$: حد التصحيح(correction term) والذي تتزايد أهميته في درجات الحرارة العالية ويعطى بالعلاقة(3):-

$$X_\lambda(T_e)=2.5\mathrm{Log}\,[1-\exp(-h\,c/k\,T_e\,\lambda_e)] \quad \ldots(2)$$

حيث تمثل كل من:-

h, c ,k:ثابت بولتزمان وسرعة الضوء وثابت بلانك على التوالي.

λ_e: الطول الموجي الفعال (Effective Wave Length) للمناطق المرصودة (UBV) [6] المبينة في الجدول (1).

جدول (1) يوضح الثوابت المذكورة في المعادلة رقم (2) للمناطق المرصودة (UBV) [6]

Constants	U pass band	B pass band	V pass band
C_λ	-2.234	-0.603	-0.055
g_λ	4.348	4.348	2.838
$\lambda_e(A^o)$	3590	4425	5500
β_λ	$2.18x10^{-18}$	$4.89x10^{-19}$	$2.83x10^{-19}$
$\lambda_{cal}(A^o)$	3598	4440	5522
η_λ	4.00	3.24	2.61

(2)- طريقة معايرة الفيض (Flux Calibration Method) والتي وضعت على أساس العلاقة التي تربط بين الفيض المقاس على الأرض والأقدار الظاهرية (Apparent Magnitudes) من قبل العالمان (Matthews and Sandage 1963) بالاعتماد على نوع المنطقة المرصودة(UBV):-

$$M_\lambda=A_\lambda-2.5\mathrm{Log}[(\beta_\lambda L_{bol.} T_e^{-4})/(\exp(\eta_\lambda/T_{e,4})-1)] \quad ..(3)$$

تمثل كل من :-

A_λ: ثابت يمثل مقدار الامتصاص في قيم الأقدار المطلقة والذي تم اعتباره مساوي للصفر كافة المناطق(3).

β_λ: ثابت ذو قيمة تعتمد على نوع المنطقة المرصودة(UBV)،الجدول رقم (1).

L_{bol}: النورانية البولومترية (Bolometric Luminosity) للنجم المنفجر كمستعرة عظمى والمقاسة بوحدات (erg/sec).

η_λ: ثابت ذو قيمة تحسب من المعادلة $hc/\lambda_{cal.}K$ ($\eta_\lambda = x10^4$) ويعرف($\lambda_{cal.}$) بالطول الموجي لمناطق(UBV) المعير مع الفيض المقاس على الأرض وهو ذو قيمة (5522 A^O) لمنطقة الشعاع المرئية(V).

(3)- الطريقة الثالثة عرفت باسم المعايرة الشمسية (Sun Calibration) على اعتبار ان الشمس نجم ثابت يتم به معايرة النجم المولد للمستعرة العظمى [6]،أن مقياس الأقدار المطلقة المرئية(M_v) للنجوم من الارصادات الفوتومترية باستخدام مرشح (Filter) في المنطقة المرئية(Visual Band) يحسب من العلاقة:-

$$M_v=M_{bol.}-2.5Log(f_v)+K_s.....(4)$$

حيث أن:
K_s: ثابت امكن الحصول على قيمته من خلال المعايرة مع الثوابت الشمسية والتي هي:
القدر المرئي المطلق($M_v=4.84^m$)،القدر البولومتري($M_{bol.}=4.72^m$)،فيض الجسم الأسود(الشمس) في المنطقة المرئية ($f_v=3.702x10^{-3}$) .وبتعويض هذه القيم في المعادلة (4) نحصل على قيمة الثابت-(K_s=-5.96).
أن مقياس الأقدار البولومترية يحسب من العلاقة[9]:-

$$M_{bol.}=-2.5Log(L_{bol.})+88.7.....(5)$$

وتمثل($L_{bol.}$):النورانية البولومترية للنجم المنفجر كمستعرة عظمى.
وبذلك فان الأقدار المطلقة المرئية للمستعرات العظمى وفق طريقة المعايرة الشمسية تحسب من خلال العلاقة:-

$$M_v=-2.5Log(L_{bol.})-2.5Log(f_v)+82.74...(6)$$

النتائج والمناقشة:

أن الأقدار الظاهرية لا تعطي نتيجة صحيحة عن اللمعان الحقيقي للنجوم والسبب في ذلك يعود بشكل رئيسي الى بعد النجوم عن الأرض،فإذا أردنا دراسة الخصائص الذاتية للنجوم (المطلقة) فلابد في هذه الحالة من تحويل شدة اللمعان الظاهرية إلى مطلقة والتي هي الطاقة المنبعثة من النجم خلال وحدة الزمن،ومن اجل ذلك يجب معرفة بعد النجم أولا.

ان الفرق بين الأقدار الظاهرية والأقدار المطلقة والتي تكون قيمته ثابتة ويسمى بمعامل المسافة(Distance Modulus) وبما أن معامل المسافة للنجم السمى(Sandluk-69^{0}202) المنفجر كمستعرة عظمى (SN1987A) مقدر ب (18.5MPc) والأقدار الضوئية الظاهرية(m_v) للمستعرة العظمى لحظة الانفجار التي وفرتها الارصادات الفوتومترية من قبل جميع المراصد العالمية التي سجلت لحظة وقوعه أمكننا حساب الأقدار المطلقة من العلاقة($M_v=m_v$- 18.5) وموضحة في الشكل(2) [10].

تم اعداد برنامج حاسوبي لحساب الاقدار الضوئية استنادا على المعادلات (1,3,6) المطلقة في المنطقة المرئية(M_v)،تم تحليل المنحنيات المرصودة للمستعرة العظمى (1987A) من المراصد العالمية (Cerro Tololo Inter-American Observatory) والتي أكدت بان النجم المولد لها عملاق عظيم احمر وتبلغ سرعة مقذوفاته بحدود($3.7x10^8$ cm/sec) وهذا يتفق مع الافتراضات الفيزيائية لكل من [FA77] ،وذلك من خلال المنحنيات التي تناولت التغير الزمني لدرجات الحرارة المطلقة للنجم المنفجر شكل (3)،وأيضا التغير الزمني لإنصاف أقطار النجم المولد للمستعرة العظمى شكل(4)وكذلك التغير الزمني للنورانية البولومترية الشكل(5) حيث أكد المنحني الضوئي بان المستعرة العظمى من النوع الثاني(SNII) وبين أيضا انخفاض سريع في النورانية للنجم بعد (70 days) من الانفجار ،تمثل هذه الفترة الزمنية مرحلة انهيار النجم،وعند وصول موجة الصدمة (Shock Wave) إلى سطحه تزداد قيمة الأقدار وتصل أقصى قيمة لها في اليوم التسعون بعد ذلك تأخذ بالتناقص وعند الفترة[(120-177)days] تظهر على المنحني بوادر انحلال أسي بمقدار[0.01±0.002] قدر ضوئي في اليوم الواحد [10].

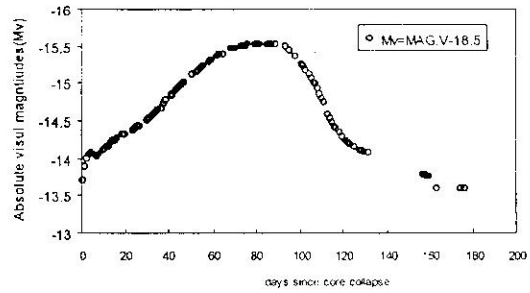
ويبين الشكل (6) مقارنة بين المنحني الضوئي المرصود والمنحني الضوئي النظري المحسوب باستخدام صيغة (Arp61) والذي يعتمد على تأثير كل من درجات الحرارة الفعالة (T_{eff}) المقاسة بوحدات الكلفن (k)وتعرف هذه الدرجة بأنها نفس درجة حرارة الجسم الأسود الذي يبعث نفس المعدل من الطاقة خلال وحدة المساحة والمقياس اللوغارتيمي لإنصاف أقطار(الكرة الضوئية)(R_{ph}) المقاسة بوحدات (cm) للنجم المولد للنجم المولد للمستعرة العظمى إثناء الانفجار ومدى تأثير أنصاف ألاقطار هذه على قيم التغير بدرجات الحرارة الفعالة،وذلك لان التزايد في قيم (R_{ph}) يرافقه نقصان في (T_{eff}) وهذا ما وضحه المنحني ،حيث إن التزايد في قيم (R_{ph}) يودي إلى نقصان في الضغط الإشعاعي المولد لموجة الصدمة (Shock Wave) والتي بدورها تزيد من سرعة الكتل المقذوفة نتيجة الانفجار والانخفاض في درجات حرارتها الفعالة كذلك نلاحظ حصول تسطح(platcau) في المنحني الضوئي كلما كبر نصف القطر وهي مرحلة الاستقرار النسبي في النورانية وبذلك يمكن

اعتبار الانفجار الذي يعانيه النجم المولد للمستعرة العظمى هو دالة لنصف القطر قبل الانفجار ،أي أن (Arp) ادخل التأثير المزدوج لكل من درجات الحرارة الفعالة وأنصاف أقطارا لنجم المولد على الأقدار الضوئية ككل بكافة مناطقها على أساس أن النجوم المولدة والمنفجرة كمستعرات عظمى هي أجسام سوداء إذ بين الشكل (6) تشابه في السلوك لكلا المنحنيين النظري والمرصود.

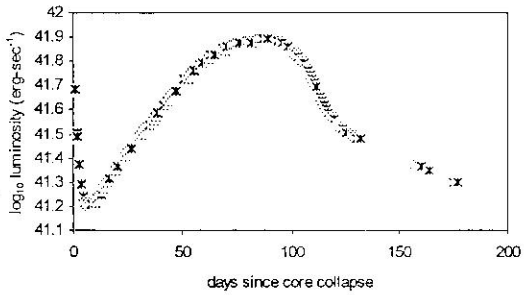
نلاحظ في الشكل (7) مقارنة بين المنحني الضوئي (FMC) للأقدار المرئية المطلقة الذي تم حسابه من علاقة معايرة الفيض(.Flux Cal) حيث نرى تشابه واضح في التعرف بين المنحني الضوئي المحسوب مع المرصود بأنه يشابه المنحني الضوئي المرصود من حيث السلوك،وانه اعتمد في حسابه على المقياس اللوغارتيمي للنورانية البولومترية و درجات الحرارة الفعالة في حساب الأقدار المرئية المطلقة المتغيرة مع الزمن خلال فترة محددة من الانفجار وبذلك قد ادخل تأثير كل من النورانية ودرجات الحرارة في حساب الأقدار.

يوضح الشكل (8) المنحني الضوئي المحسوب من طريقة المعايرة مع الشمس (.Sun Cal) والذي يظهر تقاربا كبيرا في القيم وتشابه كبير السلوك مع المنحني الضوئي المرصود مع المحسوب نظريا ،حيث تقاربا كبيرا لأنه اعتمد فقط في حساب الأقدار الضوئية المطلقة على المقياس اللوغارتيمي للنورانية البولومترية والتي تمثل مقدار الطاقة الإشعاعية الحرارية الكلية(كافة الأشعة الكهرومغناطيسية) المنبعثة من النجم المنفجر خلال وحدة الزمن أي أن الأقدار المطلقة لها علاقة مباشرة بالنورانية.

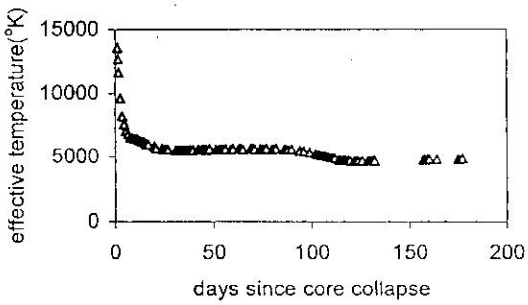
وأخيرا،قد توصلنا من خلال بحثنا من إن كافة المنحنيات الضوئية المرصودة والمحسوبة عانت سلوكا متشابها وهو انخفاضا في الأقدار كلما زاد الزمن وهذا ما يؤكد بان المادة المقذوفة إثناء الانفجار قد امتزجت بنوويات نشطة إشعاعيا ،فعند انتقال موجة الصدمة من مركز النجم المنفجر إلى السطح فأنها سرعان ما تعاني انحلال إشعاعيا(Radioactivity) وهذا كان دليلا مباشرا على حدوث عمليات التركيب النووي داخل النجم قبل إن يعاني النجم انفجارا كمستعرة عظمى.



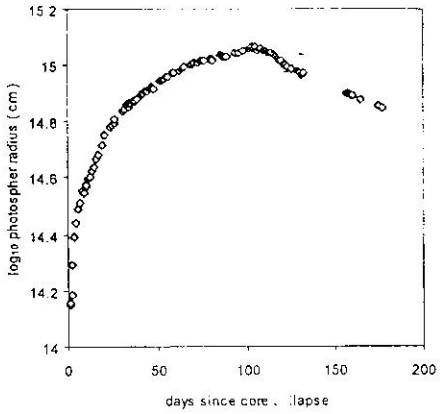
شكل(2) التغير الزمني للأقدار المرئية المطلقة للنجم المولد ل (1987A) منذ بداية انهياره الى لحظة الانفجار وفقا لارصادات مراصد(CTI-O)[10].



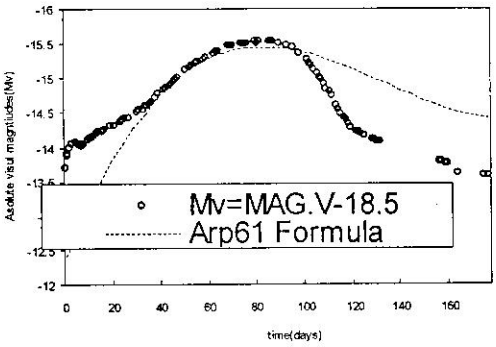
شكل (3) تغير السلوك الزمني للمقياس اللوغارتيمي للنورانية البولومترية بوحدات (erg sec^{-1}) للنجم المولد ل (1987A) منذ بداية انهياره إلى لحظة الانفجار وفقا لارصادات مراصد(CTI-O)[10].



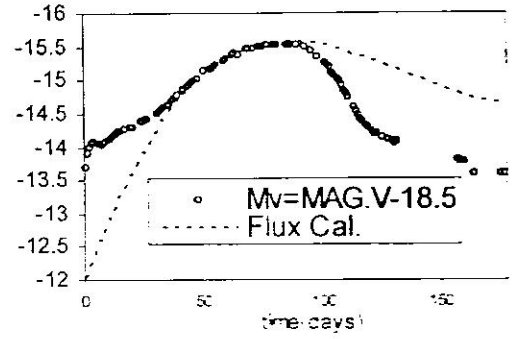
شكل(4) تغير السلوك الزمني لدرجات الحرارة المؤثرة (T_{eff}) منذ بداية انهيار قلب النجم المولد ل(1987A)وفقا لارصادات (CTI-O)[10].



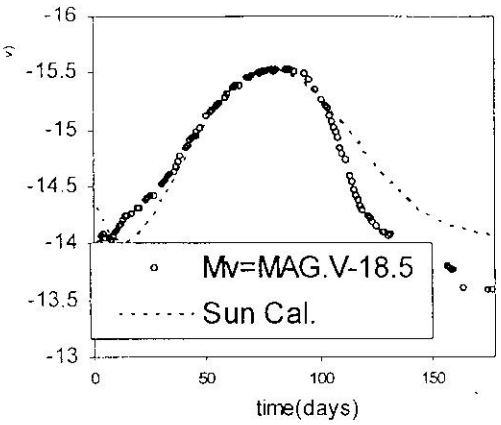
شكل(5) تغير السلوك الزمني للمقياس اللوغارتيمي لانصاف اقطار الكرة الضوئية للنجم المولد ل (1987A) منذ بداية انهياره الى لحظة الانفجار وفقا لارصادات مراصد(CTI-O)[10].



شكل(6) مقارنة بين المنحني المرصود(الدوائر الفارغة) والمنحني النظري المحسوب حسب صيغة (Arp61) (الخط المنقط).



شكل(7) مقارنة بين المنحني المرصود(الدوائر الفارغة) والمنحني النظري المحسوب حسب صيغة (Flux Cal.) (الخط المنقط).



شكل(8) مقارنة بين المنحني المرصود(الدوائر الفارغة) والمنحني النظري المحسوب حسب صيغة (Sun cal.) (الخط المنقط).

المصادر :-

1- Henny, J.G., 1983, "Supernovae and Supernovae Remnants" in Diffuse Matter in Galaxies, D.Reidel publishing company, Dorderchr-Holland, P.45,

2- Arentt, W.D., 1980,"Analytic solution for light curves of supernovae of type II", Astrophys.J, 237:541.

3- Arentt, W.D., 1982,"Type I supernovae.I.analytic solutions for the early part of the light curve", Astrophys.J. 253:785.

4- Fulk, S.W., W.D.Arentt, 1977,"Radiation dynamics, enevelope ejection, and supernova light curves", Astrophys.J.Suppl, 33:4.

5- Arentt, W.D., S.W.Fulk, 1976," Some comparisons of theoretical light curves with supernova 19691 (Type II) in NGC 1058", Astrophys.J, 210:733.

visual apparent magnitudes", Astrophys.J, 138:30.
9- Clayton, D., 1966, "Principles of Stellar Evolution and Nucleon-synthesis", (New York: McGraw-Hill), P.10.
10- Hamuy, M., N.B.Suntzeff, R.Gonzalez and G.Mortin, 1988,"SN 1987A in the LMC: UBVRI photometry at Cerro Tololo", Astrophys.J, 95: 63.
6- Schulman, S.R., W.D.Arentt, S.W.Fulk, 1979,"Type II supernovae: nonstandard as extragalactic distance indicators", Astrophys.J, 230: 815.
7- Arp H.C., 1961,"Theortical model for type II supernovae", Astrophys.J, 113:874.
8- Matthews, T.A., A.R.Sandage, 1963,"Flux calibration method of

Analytic For Light Curve Of Absolute Visual Magnitude For (SN II)

Araa M.Holi *

*** Dep. Physics/College of Education for Women /Kufa University**

Abstract:

The light curve for absolute visual magnitude which is know by (SUPERNOVA 1987A) has been analyses by using; the mathematic relationships drived forit, and obtained results showed how they are in good agreement with the observed for this supernova.