Binary Pulsar النجم النابض (D1)

من خلال البحث المنتظم عبر العقود الماضية اكتشف الفلكيون عددا كبيرا من النجوم النابضة (النجوم النيوترونية الدوراة) ذات الفترة القصيرة جدا (مللي ثانية = جزء من الألف من الثانية) حيث فترة دورانها تقل عن 10 مللي ثانية (ms) . أغلب هذه النابضات وجدت على شكل أزواج (ثنائيات) في مدارات دائرية.

بالنسبة لأى نابض في مدار ثنائي ، فإن مدة دورانه حول نفسه هي (P) ، وتسارعه الشعاعي (على مستوي خط البصر) هو a ، وكلاهما يتغير بشكل مستمر وفقا لحركتهما في المدار .

يمكن وصف هذا التغير في المدارات الدائرية رياضيا بدلالة الطور المداري ϕ $(0 \leq \phi \leq 2\pi)$ كما يلي ،

$$P(\phi) = P_0 + P_{\mathrm{t}}\, cos\phi \qquad \text{where } P_t = \frac{2\pi P_0 r}{c P_{\mathrm{B}}}$$

$$a(\phi) = -a_{\mathrm{t}} sin\phi \qquad \text{where } a_{\mathrm{t}} = \frac{4\pi^2 r}{P_{\mathrm{B}}^2}$$

حيث P_{B} هي المدة المدارية للنظام الثنائي، P_0 هي الفترة الحقيقية لدوران النجم النابض حول نفسه ، r هي نصف قطر المدار.

يعطي الجدول التالي مجموعة قراءات لقيم a , P عبر فترات زمنية T (Time Epoch) يعبر عنها بالتاريخ الجولياني المختصر (tMJD) (عدد الأيام وأجزاءها التي انقضت منذ التاريخ الجولياني 2,440,000).

No.	T	P	a
	(tMJD)	(μs)	(m s^{-2})
1	5740.654	7587.8889	- 0.92 ± 0.08
2	5740.703	7587.8334	- 0.24 ± 0.08
3	5746.100	7588.4100	- 1.68 ± 0.04
4	5746.675	758غ8.5810	+ 1.67 ± 0.06
5	5981.811	7587.8836	+ 0.72 ± 0.06
6	5983.932	7587.8552	- 0.44 ± 0.08
7	6005.893	7589.1029	+ 0.52 ± 0.08
8	6040.857	7589.1350	+ 0.00 ± 0.04
9	6335.904	7589.1358	+ 0.00 ± 0.02

بتمثيل العلاقة بين $a(\phi)$, $P(\phi)$ ، فإننا سنحصل على منحنى المتغيرات . وكما يظهر من المعادلات في الأعلى فإن هذا المنحنى المرسوم في مستوى (مدة الدوران – التسارع) يمثلوا قطع ناقص **)** (شكل إهليجي – بيضاوي) .

في هذه المسألة ، سنقوم بقياس فترة الدوران المتوسطة حول المحور P_0 ، والفترة المدارية P_B ، ونصف قطر المدار r ، وذلك من خلال تحليل الرسم البياني، باعتبار المدار دائرياً.

(**D1.1**) / مثل بيانيا العلاقة البيانية بين فترة الدوران P والتسارع a (مضيفا إلى الرسم قيم الخطأ error bars كما في الجدول) ، قم بتسمية الرسم البياني بـ D1.1 . (**7 درجات**)

(**D1.2**) / ارسم أفضل شكل بيضاوي بناءً على النقاط التي حددتها على الرسم البياني. (**درجتان**)

(**D1.3**) / من نفس الرسم البياني السابق قدر قيم كل مما يلي : a_t , P_t , P_o مع كتابة هامش الخطأ. (**7 درجات**)

(**D1.4**) / اشتق العلاقات الرياضية لكل من الفترة المدارية P_B ، نصف قطر المدار r ، بدلالة P_0 , P_t , a_t.
(**4 درجات**)

(**D1.5**) / احسب القيم التقريبية لكل من r , P_B طبقا لتقديراتك في الفرع (D1.3) مع كتابة هامش الخطأ. (6 **درجات**)

(**D1.6**) / احسب زاوية الطور المدارية ϕ في فترات الأرصاد **(9 , 8 , 6 , 4 , 1)** الموجودة في الجدول أعلاه.
(**4 درجات**)

(**D1.7**) / أعد تقدير قيمة الفترة المدارية P_B باستغلال نتائج الفقرة السابقة D1.6 كما يلي :

(**D1.7a**) / أوجد الفترة الابتدائية (initial epoch T_o) عند n = 0 والمرتبط بأقرب طور مداري والمقابلة للرصد الأول (**no 1**) . (**درجتان**)

(**D1.7b**) / الوقت المتوقع T_{calc} لزاوية طور مدارية يمكن المتوقعة لكل قراءة رصدية يعطي بالعلاقة:

$$T_{\text{calc}} = T_0 + \left(n + \frac{\phi}{360°}\right) P_{\text{B}}$$

حيث n هو عدد الدورات الكاملة للطور المداري بين T_o و T_{calc} . قدر قيم الوقت المحسوب T_{calc} ، وعدد الدورات n ، لكلٍ من الإرصاد الخمسة الواردة في الفرع D1.6 (1,3,6,8,9). سجل الفرق T_{O-C} بين الوقت المرصود T_O والوقت المحسوب T_{calc}. سجل هذه الحسابات في الجدول المعطى في ورقة إجابتك. **7درجات)**

(**D1.7c**) / مثل بيانيا القيمتين T_{O-C} وعدد الدورات n ودون عنوان الرسم بالرمز D1.7**.** (**4 درجات**)

(**D1.7d**) حدد القيم المعدلة لكل من الفترة الابتدائية $T_{o,r}$ (refined initial epoch) والفترة المدارية المعدلة $P_{B,r}$ من خلال النتائج السابقة. (**7 درجات**)

Distance to the Moon المسافة إلى القمر / (D2)

تم تسجيل حسابات موقع القمر في السماء بالنسبة لراصد يقع في مركزالأرض خلال شهر سبتمبر2015 ، يومياً عند منتصف الليل بالتوقيت العالمي 00:00 UT ، وكانت النتائج كما في الجدول التالي :

Date	R.A. (α)			Dec. (δ)			Angular Size	Phase (ϕ)	Elongation
	h	m	s	°	'	"	(θ)"		Of Moon
Sep 01	0	36	46.02	3	6	16.8	1991.2	0.927	148.6° W
Sep 02	1	33	51.34	7	32	26.1	1974.0	0.852	134.7° W
Sep 03	2	30	45.03	11	25	31.1	1950.7	0.759	121.1° W
Sep 04	3	27	28.48	14	32	4.3	1923.9	0.655	107.9° W
Sep 05	4	23	52.28	16	43	18.2	1896.3	0.546	95.2° W
Sep 06	5	19	37.25	17	55	4.4	1869.8	0.438	82.8° W
Sep 07	6	14	19.23	18	7	26.6	1845.5	0.336	70.7° W
Sep 08	7	7	35.58	17	23	55.6	1824.3	0.243	59.0° W
Sep 09	7	59	11.04	15	50	33.0	1806.5	0.163	47.5° W
Sep 10	8	49	0.93	13	34	55.6	1792.0	0.097	36.2° W
Sep 11	9	37	11.42	10	45	27.7	1780.6	0.047	25.1° W
Sep 12	10	23	57.77	7	30	47.7	1772.2	0.015	14.1° W
Sep 13	11	9	41.86	3	59	28.8	1766.5	0.001	3.3° W
Sep 14	11	54	49.80	0	19	50.2	1763.7	0.005	7.8° E
Sep 15	12	39	50.01	-3	20	3.7	1763.8	0.026	18.6° E
Sep 16	13	25	11.64	-6	52	18.8	1767.0	0.065	29.5° E
Sep 17	14	11	23.13	-10	9	4.4	1773.8	0.120	40.4° E
Sep 18	14	58	50.47	-13	2	24.7	1784.6	0.189	51.4° E
Sep 19	15	47	54.94	-15	24	14.6	1799.6	0.270	62.5° E
Sep 20	16	38	50.31	-17	6	22.8	1819.1	0.363	73.9° E
Sep 21	17	31	40.04	-18	0	52.3	1843.0	0.463	85.6° E
Sep 22	18	26	15.63	-18	0	41.7	1870.6	0.567	97.6° E
Sep 23	19	22	17.51	-17	0	50.6	1900.9	0.672	110.0° E
Sep 24	20	19	19.45	-14	59	38.0	1931.9	0.772	122.8° E
Sep 25	21	16	55.43	-11	59	59.6	1961.1	0.861	136.2° E
Sep 26	22	14	46.33	-8	10	18.3	1985.5	0.933	150.0° E
Sep 27	23	12	43.63	-3	44	28.7	2002.0	0.981	164.0° E
Sep 28	0	10	48.32	0	58	58.2	2008.3	1.000	178.3° E
Sep 29	1	9	5.89	5	38	54.3	2003.6	0.988	167.4° W
Sep 30	2	7	39.02	9	54	16.1	1988.4	0.947	153.2° W

وفي الرسم التوضيحي أعلاه ، لقطات مختلفة للقمر تم التقاطها في أوقات مختلفة خلال الخسوف الكلي للقمر الذي وقع خلال هذا الشهر ، وكان مركز كل اطار يتطابق تماما مع الخط المركزي لمخروط الظل .
في هذه المسألة سنفترض أن الراصد يقف عند مركز الأرض . استخدم الجدول والصورة المرفقة للإجابة عن الأسئلة الآتية :

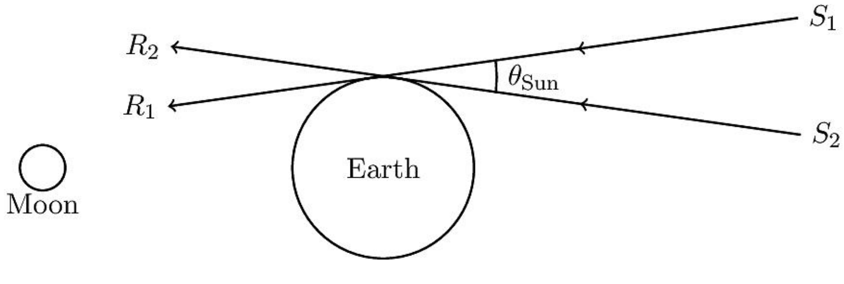
(D2.1) / أوج مدار القمر حول الأرض يكون الأقرب عندما يكون القمر:
قمر جديد - تربيع أول – بدر – تربيع ثالث . **(3 درجات)**

(D2.2) / عقدة الصعود لمدار القمر بالنسبة لمار البروج في شهر سبتمبر 2015 يكون الأقرب عندما يكون القمر:
قمر جديد - تربيع أول – بدر – تربيع ثالث **(4 درجات)**

(D2.3) / احسب قيمة الاختلاف المركزي *e* لمدار القمر حول الأرض. **(4 درجات)**

(D2.4) / احسب قيمة الحجم الزاوي لمخروط الظل θ_{umbra} بدلالة الحجم الزاوي للقمر θ_{Moon} . استخدم الرسم الموجود في ظهر نموذج الإجابة لتوضيح حلك . **(8 درجات)**

(D2.5) / إذا علمت بأن قطر قرص الشمس في يوم خسوف القمر هو $\theta_{\text{Sun}} = 1915.0''$ ، حيث الشعاعان S_1R_1 و S_2R_2 قادمان من الطرفين المتقابلين على قطر قرص الشمس . احسب الحجم الزاوي لدائرة مخروط شبه الظل θ_{penumbra} بدلالة θ_{Moon} باعتبار أن الراصد يقف عند مركز الأرض. **(9 درجات)**



(D2.6) / إذا كانت θ_{Earth} هي الحجم الزاوي للأرض كما يشاهدها راصد يقف عند مركز القمر . احسب الحجم الزاوي للقمر θ_{Moon} كما سيشاهد من عند مركز الأرض يوم الخسوف بدلالة θ_{Earth} . **(5 درجات)**

(D2.7) / احسب نصف قطر القمر R_{Moon} بالكيلومترات. **(3 درجات)**

(D2.8) / قدّر أقصر مسافة r_{perigee} (الحضيض) ، وأطول مسافة r_{apoigee} (الأوج) بين القمر والأرض. **(4 درجات)**

(D2.9) /استخدم المعلومات المناسبة من الجدول ليوم 10 سبتمبر لتقدير بعد الشمس d_{Sun} من الأرض . **(10درجات)**

(D3) / السوبرنوفا امن النوع 1a Type 1a Supernova

تعد السوبرنوفا (المستعرات العظمي) أحد أهم الطرق في قياس الأبعاد المجرية . حيث إن لمعانها المفاجئ ثم خفوتها يتبع منحنىً ضوئياً مميزاً، يساعد على معرفة هذا النوع من السوبرنوفا.

تتطابق المنحنيات الضوئية السوبرنوفا من النوع 1a تماماً حين يتم تغيير قياسات أبعادها (المحور السيني والصادي). ولتحقيق ذلك علينا أن نمثل المنحنى الضوئي في إطار مرجعي للمجرة التي ظهرت فيها السوبرنوفا بالانتباه إلى بعد هذه المجرة عبر فترات الرصد المختلفة Δt_{obz} بمعامل قدره $(1+z)$.

هناك منحنيات ضوئية أخرى لهذا النوع من السوبرنوفا يتغير بمقدار قدرين كاملين (2 magnitudes) خلال فترة Δt_{o} . فإذا تحكمنا بفترات الرصد الزمنية لهذه السوبرنوفا بمعامل صغير قدره s (i.e. $\Delta t_s = s\Delta t_{\text{gal}}$) بحيث تكون قيم القياسات للفترات Δt_{o} متساوية في جميع حالات هذا النوع من السوبرنوفا. حيث تصبح منحنياتها الضوئية متشابهة. وتكون العلاقة بين المعامل s والقدر المطلق M_{peak} علاقة خطية عند أعلى سطوع لهذا السوبرنوفا . وعليه فيمكننا كتابة المعادلة كالآتي:

$$s = a + bM_{\text{peak}}$$

حيث a, b ثوابت. وبمعرفة معامل التكبير ، يمكن تقدير اللمعان المطلق للسوبرنوفا على مسافات غير معلومة من خلال المعادلة السابقة.

يحتوي الجدول التالي على بيانات لثلاث انفجارات سوبرنوفا هي معامل المسافة للسوبرنوفا الأولى والثانية (distance modulus μ) , وسرعة الابتعاد c_z والقدر الظاهري m_{obz} لأوقاتٍ مختلفةٍ. يعطى الوقت $\Delta t_{\text{obz}} \equiv t - t_{\text{Peak}}$ وتساوي عدد الأيام من بداية تاريخ سطوع السوبرنوفا.

Name	**SN2006TD**	**SN2006IS**	**SN2005LZ**
μ (mag)	**34.27**	**35.64**	
cz (km s^{-1})	**4515**	**9426**	**12060**
Δt_{obs} (days)	m_{obs} (mag)	m_{obs} (mag)	m_{obs} (mag)
-15.00	19.41	18.35	20.18
-10.00	17.48	17.26	18.79
-5.00	16.12	16.42	17.85
0.00	15.74	16.17	17.58
5.00	16.06	16.41	17.72
10.00	16.72	16.82	18.24
15.00	17.53	17.37	18.98
20.00	18.08	17.91	19.62
25.00	18.43	18.39	20.16

30.00	18.64	18.73	20.48

D3.1) احسب قيمة Δt_{gla} وهي الفترات الزمنية في الإطار المرجعي للمجرات المضيفة لهذه السوبرنوفا الثلاثة وأملأ النتائج في المربعات الفارغة في جداول البيانات الموجودة في ظهر ورقة الإجابات.
وعلى الورقة البيانية ، مثل المنحنيات الضوئية للسوبرنوفا الثلاثة وأعطي الرسم البياني D3.1**.** (**15 درجة**)

D3.2) اعتبر معامل التكبير s_2 (scale factor) للسوبرنوفا SN2006IS يساوي القيمة 1. وعليه فاحسب قيمة كل من معامل التكبير s_1 , s_3 للسوبرنوفا الأخريين SN2006TD و SN2005LZ على الترتيب. وذلك بحساب قيمة Δt_0 لكل منها. (**5 درجات**)

D3.3) احسب فروقات المقياس الزمني Δt_s للسوبرنوفا الثلاثة. اكتب قيم Δt_s في نفس جدول البيانات الموجود في ورقة الإجابة. مثل المنحنيات الثلاثة الضوئية على ورقة رسم بياني أخري للتأكد أنها جميعا متشابهة وسمي الرسم البياني D3.3.   (**14 درجة**)

D3.4) احسب القدر المطلق M_{Peak1} ، M_{peak2} عند قمة سطوع كلٍ من السوبرنوفا الأولي SN2006TD والسوبرنوفا الثانية SN2006IS. استخدم هذه القيم لحساب قيمتي الثابتين a, b. (**6 درجات**)

D3.5) احسب القدر المطلق عند قمة سطوع M_{Peak3} للسوبرنوفا SN2005LZ ومعامل المسافة μ_3.(**4 درجات**)

D3.6) استخدم معامل المسافة μ_3 لتقدير قيمة ثابت هابل H_0. وبعد ذلك قدر عمر الكون. (**6 درجات**)