

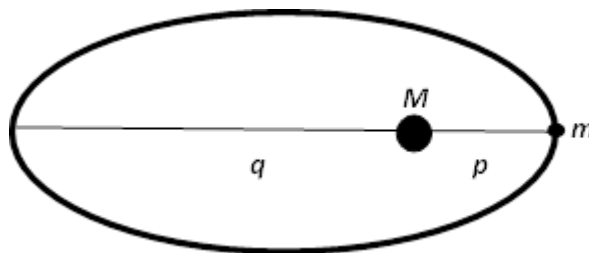


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS**

| | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| Nama | Provinsi | Tanggal Lahir |
| | | |
| Kelas & Sekolah | Kabupaten/Kota | Tanda Tangan |
| | | |

Naskah ini terdiri dari dua bagian soal (soal A dan B), tabel matematika, daftar konstanta, data astronomi, serta dilampiri poster Light Echo V838 Monocerotis (V838 Mon). Penggunaan tabel, grafik, dan kotak-kotak isian di lembar jawaban! Bila perlu, gunakan kertas tambahan dan tulislah dengan lengkap identitasmu serta beri nomor jawaban dengan jelas!

Soal A.



Seorang astronom melihat sebuah asteroid NEA (*Mars Crosser*) pecah di langit malam. Pecahan bergerak berlawanan arah gerak asteroid sebesar kecepatan lepas v_{lepas} . Selanjutnya orang menyimpulkan bahwa asteroid telah meninggalkan Tata Surya. Lakukanlah telaah berapa besar massa pecahan Δm agar keduanya (asteroid dan pecahannya) dapat terlepas meninggalkan Tata Surya. Sederhanakan persoalan menjadi sebagai berikut:

Sebuah asteroid bermassa m mengedari Matahari bermassa M seperti pada gambar. Asteroid berjarak p dari Matahari saat di perihelium dan berjarak q saat di aphelium. Kecepatan asteroid saat di perihelium adalah v_p , saat di aphelium adalah v_q .

A. 1. Jika $v_q = \frac{p}{q} v_p$, buktikan bahwa $q = \frac{p}{\left(\left(\frac{v_{\text{lepas}}}{v_p}\right)^2 - 1\right)}$

A. 2. Gangguan yang timbul di struktur dalam asteroid menyebabkan terlontarnya massa sebesar Δm dengan kecepatan lepas $u = v_{\text{lepas}}$, berlawanan arah gerak asteroid, saat di perihelium. Berapa kecepatan dan jarak asteroid saat berada di aphelium?

- A. 3.** Hitung kecepatan dan jarak asteroid itu jika $p = 1 \text{ SA}$, $q = 2 \text{ SA}$! Berapa persentase Δm terhadap m agar asteroid lepas meninggalkan Tata Surya?
- A. 4.** Tabel berikut dari IAU *Minor Planet Center* berisi lima asteroid yang jarak periheliumnya diketahui. Besaran v_q dan v_{lepas} juga diberikan. Jarak Aphelium q dan persentase $\Delta m/m$ harus ditentukan (asteroid Anonim diberikan hanya untuk contoh). Manakah dari kelima asteroid tersebut yang paling kecil massa pecahannya untuk lepas dari Tata Surya? Jelaskan jawabanmu!

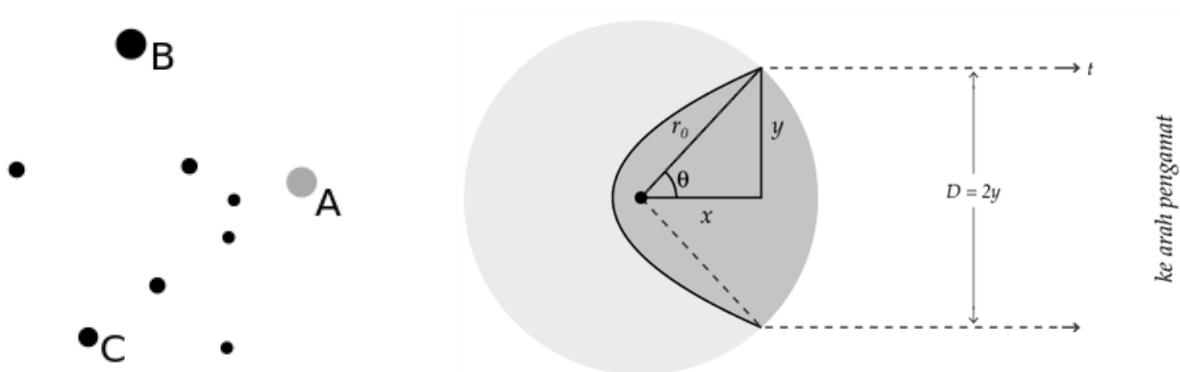
| Nama | q (SA) | p (SA) | v_q (km/s) | v_{lepas} (km/s) | $\Delta m/m$ (%) |
|----------|----------|----------|--------------|---------------------------|------------------|
| 2004XG | | 1,0 | 30 | 42 | |
| 1989VA | | 2,8 | 25 | 35 | |
| 2001RV17 | | 4,5 | 15 | 20 | |
| 2004SW26 | | 7,9 | 11 | 15 | |
| 2006WO3 | | 9,7 | 10 | 14 | |
| Anonim | 1 | 1 | 30 | 42 | 0,23 |



Soal B.

Soal ini diberikan bersamaan dengan poster *Light Echo* V838 Monocerotis (V838 Mon). Citra tersebut diambil menggunakan *Hubble Space Telescope* (HST) dengan *Advanced Camera System* (ACS) dan *Wide Field Camera* (WFC).

Untuk memahami model kulit bola (*spherical shell*) dalam penentuan jarak bintang V838 Mon, perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 1. Kiri: posisi bintang V838 Mon (A) dan beberapa bintang di sekitarnya (utara ke atas). Jarak sudut bintang B dan C adalah $0,8' = 48''$. Kanan: selubung awan berukuran r_0 memantulkan cahaya bintang V838 Mon yang meledak tiba-tiba. Parabola dengan titik fokus di pusat bintang menandai selubung awan dengan gema yang teramat pada waktu t . Gema tersebut memiliki diameter $D = 2y$.

Misalkan ledakan V838 Mon terjadi pada $t_0 = 0$ dan gema cahaya terdeteksi pada t . Hal ini terjadi karena gema cahaya harus menempuh jarak yang lebih jauh dibandingkan cahaya dari bintang.

- B. 1.** Bila r_0 menyatakan radius selubung dan y menyatakan radius gema cahaya, tunjukkan bahwa

$$y^2 = 2r_0ct - (ct)^2 \quad (1)$$

- B. 2.** Tunjukkan pula bahwa diameter sudut gema cahaya memenuhi persamaan:

$$\delta(t) = \frac{2}{d} \sqrt{2r_0ct - (ct)^2} \quad (2)$$

- B. 3.** Anggap V838 Mon meledak pada tanggal 1 Februari 2002. Hitung waktu jeda (t) untuk setiap citra gema cahaya yang ditunjukkan dalam poster! Nyatakan dalam hari dan tulis pada tabel yang diberikan di lembar jawaban!

- B. 4.** Ukur diameter sudut gema cahaya (δ) untuk setiap citra! Nyatakan dalam satuan detik busur dan tulis pada tabel yang diberikan di lembar jawaban!

- B. 5.** Pada Grafik 1, buatlah plot hubungan δ terhadap t ! Apakah hubungan tersebut sesuai dengan persamaan (2)?

- B. 6.** Untuk memperkirakan jarak objek (d), lakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- B. 6. a.** Ketika t kecil, persamaan (2) dapat direduksi menjadi:

$$\delta^2 = \frac{8r_0ct}{d^2}, \quad (3)$$

yang merupakan persamaan parabola.

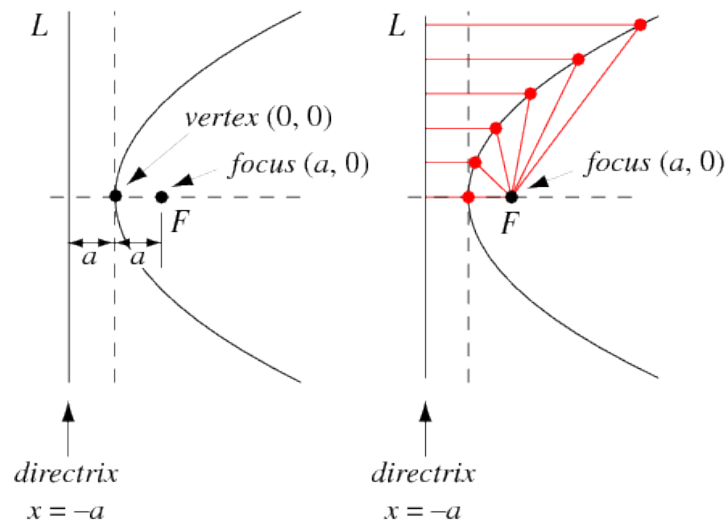
Pada Grafik 1, gambarlah parabola yang berimpit dengan titik-titik data yang telah didapatkan! Tentukan letak titik fokus parabola tersebut!

- B. 6. b.** Berdasarkan letak titik fokus yang didapatkan serta berpedoman pada persamaan (3), perkirakan perbandingan r_0/d^2 . Nyatakan dalam satuan parsec^{-1} .

- B. 6. c.** Bila seorang astronom mengatakan bahwa radius selubung r_0 tidak melebihi 10 pc, perkirakan jarak maksimum objek tersebut!

Tabel Matematika

Parabola adalah salah satu bangun datar irisan kerucut dengan eksentrisitas $e = 1$. Bangun ini dibentuk oleh kumpulan titik ekuidistan antara sebuah garis L dan titik fokus F (lihat gambar).



Sebuah parabola dengan titik vertex di $(0,0)$ dan titik fokus di $(a,0)$ sebagaimana tampak pada gambar dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$y^2 = 4ax.$$

Sedangkan parabola dengan vertex di (x_0, y_0) memenuhi persamaan:

$$(y - y_0)^2 = 4a(x - x_0),$$

di mana titik fokus berjarak a dari vertex.

Daftar Konstanta dan Data Astronomi

| Nama konstanta | Simbol | Harga |
|------------------------------|-----------------|--|
| Kecepatan cahaya | c | $2,997925 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ |
| Konstanta gravitasi | G | $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ |
| Konstanta Planck | h | $6,6256 \times 10^{-34} \text{ J s}$ |
| Konstanta Boltzmann | k | $1,3805 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ |
| Konstanta kerapatan radiasi | a | $7,5643 \times 10^{-16} \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-4}$ |
| Konstanta Stefan-Boltzmann | σ | $5,6693 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ |
| Muatan elektron | e | $1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$ |
| Massa elektron | m_e | $9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$ |
| Massa proton | m_p | $1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Massa neutron | m_n | $1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Massa atom ${}_1\text{H}^1$ | m_{H} | $1,6734 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Massa atom ${}_2\text{He}^4$ | m_{He} | $6,6459 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Konstanta gas | R | $8,3143 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ |

| Nama besaran | Notasi | Harga |
|--|------------------------|---------------------------------------|
| Satuan astronomi | SA | $1,49597870 \times 10^{11} \text{ m}$ |
| Parsek | pc | $3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$ |
| Tahun cahaya | ly | $0,9461 \times 10^{16} \text{ m}$ |
| Joule | | 10^7 erg |
| Tahun sideris | | 365,2564 hari |
| Tahun tropik | | 365,2422 hari |
| Tahun Gregorian | | 365,2425 hari |
| Tahun Julian | | 365,2500 hari |
| Bulan sinodis (<i>synodic month</i>) | | 29,5306 hari |
| Bulan sideris (<i>sidereal month</i>) | | 27,3217 hari |
| Hari Matahari rerata (<i>mean solar day</i>) | | $24^j 3^m 56^d,56$ |
| Hari sideris rerata (<i>mean sidereal day</i>) | | $23^j 56^m 4^d,09$ |
| Massa Matahari | M_{\odot} | $1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$ |
| Jejari Matahari | R_{\odot} | $6,96 \times 10^8 \text{ m}$ |
| Temperatur efektif Matahari | $T_{\text{eff},\odot}$ | 5.785 K |
| Luminositas Matahari | L_{\odot} | $3,9 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$ |
| Magnitudo semu visual Matahari | V | -26,78 |
| Indeks warna Matahari | $B - V$ | 0,62 |
| | $U - B$ | 0,10 |
| Magnitudo mutlak visual Matahari | M_V | 4,79 |

| Nama besaran | Notasi | Harga |
|--------------------------------------|----------------|--------------------------|
| Magnitudo mutlak bolometrik Matahari | M_{bol} | 4,72 |
| Massa Bulan | M_{J} | $7,35 \times 10^{22}$ kg |
| Jejari Bulan | R_{J} | 1738 km |
| Jarak rerata Bumi–Bulan | | 384399 km |
| Konstanta Hubble | H_0 | 69,3 km/s/Mpc |

| Objek | Massa (kg) | Jejari (km) | Periode Rotasi | Periode Sideris (hari) | Periode Sinodis (hari) |
|-----------|-----------------------|-------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Merkurius | $3,30 \times 10^{23}$ | 2439 | 58,6 hari | 87,97 | 115,9 |
| Venus | $4,87 \times 10^{24}$ | 6052 | 243,0 hari | 244,70 | 583,9 |
| Bumi | $5,98 \times 10^{24}$ | 6378 | $23^j 56^m 4^d,1$ | 365,25 | - |
| Mars | $6,42 \times 10^{23}$ | 3397 | $24^j 37^m 22^d,7$ | 687,02 | 779,9 |
| Jupiter | $1,90 \times 10^{27}$ | 71398 | $9^j 55^m 30^d$ | 4333 | 398,9 |
| Saturnus | $5,69 \times 10^{26}$ | 60000 | $10^j 30^m$ | 10743 | 378,1 |
| Uranus | $8,70 \times 10^{25}$ | 26320 | $17^j 14^m$ | 30700 | 369,7 |
| Neptunus | $1,03 \times 10^{26}$ | 24300 | 18^j | 60280 | 367,5 |