Click to prove you're human

Kütle merkezi bulma

Kütle merkezi ve ağırlık merkezi kavramları ilk bakışta aynı şey gibi görünebilir. Bu iki kavram ilişkili olsalar da aynı şey değiller. Aralarındaki fark aslında kütle ile ağırlık arasındaki farktan kaynaklanıyor. Kütle bir cisimdeki madde miktarıdır. Ağırlık ise bir cisme kütlesinden dolayı uygulanan yerçekimi kuvvetidir. Bu nedenle kütleden bahsederken kilogram birimini, ağırlıktan bahsederken kuvvetin birimi olan Newton'u kullanırız. Şimdi sırayla bu merkez kavramlarını inceleyelim. Önce ağırlık merkezine bakalım. Ağırlık merkezi nedir? Fizikte cisimleri ve sistemleri incelerken genellikle bu cisimleri ve sistemleri oluşturan parçacıklarına ayırırız. Ağırlık merkezi bir cismi oluşturan parçacıkların ağırlıklarının bileşkesinin uygulama noktasına denir. Ancak yer çekimi olmayan ortamlarda cismin ağırlığı olmaz (g=0 ise mg=0), bu nedenle yerçekimsiz ortamda ağırlık merkezi kavramından da bahsedemeyiz. Ağırlık merkezi vektörel bir büyüklük olan ağırlığın uygulama merkezidir. Henüz Newton'un Evrensel Kütleçekimi yasasını görgendiniz. Ama kısa bir fragman verelim. Kütlesi olan iki cisim birbirini çeker yani kuvvet uygular. Bu kuvvet şöyle gösterilir: \vec{F} = G \frac{m_1m_2}{r^2} G evrensel kütleçekim sabiti, m1 ve m2 iki cismin kütleleri, r ise cisimlerin merkezleri arasındaki uzaklıktır. Neden bu kanunu verdik? Uzaklığın karesine göre uygulanan kütleçekimi azalıyor, bunu göstermek için. Öyleyse bir cismin yerden ne kadar yüksekte olduğuna göre cisme uygulanan kütleçekim kuvveti (ağırlık yani) değişir. Cisim yere yakında kütleçekim kuvveti daha büyük, yerden yüksekteyse daha küçük olur. Bir de yerçekimi ivmesiyle ilişkilendirelim bunu: \vec{F} = G \frac{m_Dm}{r^2} mD Dünya'nın kütlesi, m cismin kütlesi olsun. Şimdi g'yi yani yerçekimi ivmesini tanımlayacağız: \vec{g} = G \frac{m_D}{r^2} Dolayısıyla bir noktadaki yer çekimi ivmesi, o noktanın Dünya'nın merkezine olan uzaklığına göre değişir. Yerçekimi ivmesi (g) yeryüzüne yakın bir noktada yeryüzünden daha uzak bir noktaya göre daha fazladır. Küçük bir cisimden bahsediyorsak bir cismin altı ile üstü arasında büyük bir fark olmayabilir. Ama ya kocaman bir gökdelenden bahsediyorsak? Yukarıdaki resimde Dubai'deki Burj Kalifa gökdeleni görülüyor. Bu gökdelenin yüksekliği 828 metre. Gelin gökdelenin en alt noktasında, tam ortasında ve en üst noktasında yerçekimi ivmesini hesaplayalım. G = 6.674 x 10-11 m3/kgs2 (Evrensel kütleçekim sabiti) mD = 5.972 × 1024 kg (Dünya'nın kütlesi) rD = 6378100 m (6378 km) (Dünyanın yarıçapı) ralt = rD + 0 = 6378100 m rorta = rD + (828/2) = 6378514 m rüst = rD + 828 = 6378928 m g_{alt} = 6.674 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2} \frac{5.972 \times 10^{24} kg}{6378100^2 m^2} = 9.79768 \space m/s^2 g_{orta} = 6.674 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2} \frac{5.972 \times 10^{24} kg}{6378514^2 m^2} = 9.7964 \space m/s^2 g_{ust} = 6.674 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2} \frac{5.972 \times 10^{24} kg}{6378928^2 m^2} = 9.79513 \space m/s^2 Gördüğünüz gibi yerçekimi ivmesi arasındaki fark çok küçük ama sıfır değil. İşte bu nedenle yüksek binalarda ağırlık merkezi kütle merkeziyle tam olarak aynı noktada olmaz. Kütle Merkezi nedir? Yerçekimi olsa da olmasa da cisimlerin kütlesi hep vardır. Kütle merkezi, cismin kütlesinin tamamının toplandığı kabul edilen bir noktadır. Düzgün geometrik şekili homojen (türdeş: tüm bölgelerindeki kütle aynı şekilde dağılmış) cisimlerde kütle merkezi, cismin geometrik merkezindedir. Kütle merkezi skaler bir büyüklüğün merkezidir. Kütle ve ağırlık merkezinin yeri (koordinatları) nasıl bulunur? Bu bölümde artık ağırlık ve kütle merkezlerinin yerini eşit olarak ele alacağız. Neden peki? Yorumlarda cevabınızı bekliyorum. Ağırlık merkezinin yeri deneysel olarak nasıl bulunur? Önce basit olandan başlayalım. Elimizde bir çubuk ya da kurşun kalem olsun. Çubuğu bir boyutlu bir cisim olarak modelliyoruz (kalınlığını ve yüksekliğini ihmal ediyoruz sadece boyunu ele alıyoruz), ayrıca türdeş olduğunu farz ediyoruz. Bu çubuğun ağırlık merkezini nasıl buluruz? İki kolay yöntem kullanılabilir. Biri çubuğu bir iple ortasından tavana asmak. Diğeri çubuğun ortasına aşağıdan bir destek koymak. Aşağıdaki durumda ilk yolu görüyorsunuz. Dört parçadan oluşan homojen (türdeş) çubuğun ağırlık merkezi çubuğun uzunluğunun yarısının olduğu nokta yani tam ortası. Bir tane de iki boyutlu cisme örnek verelim. Elimizde bir dikdörtgen levha olsun (bu kez de kalınlığı ihmal ettik). Bu levhanın ağırlık merkezini nasıl buluruz. Yine iple tavana asarız ama iki kez. Önce dikdörtgenin bir köşesinden sonra yanındaki diğer köşesinden. aşağıdaki resimde bu gösteriliyor. Dikkat edin, soldaki resimde ipin uzantısı dikdörtgenin köşegeninden geçiyor. Bunu işaretlersek sonra sağdaki gibi levhayı tekrar asarsak, bu kez ipin uzantısının dikdörtgenin diğer köşegeninden geçtiğini görüyoruz. Köşegenlerin kesiştiği nokta bu levhanın ağırlık merkezi. Ağırlık merkezinin yeri fizik kanunlarıyla nasıl bulunur? Fizik kanunları derken Newton'un hareket kanunlarından çıkarılan denge şartlarından bahsediyoruz. Hatırlayın, denge için iki şart vardı. Net kuvvet sıfır olmalı. Net tork sıfır olmalı. Fikri anlamak için sadece üç parçacıktan oluşan bir cisim düşünelim. Sonra bunu n parçacığa genelleriz. Yine bir resimle görmeye çalışalım. Yukarıdaki şekilde yeşil bölge bir cismi gösteriyor. Bu cisimde üç nokta seçtik, G1, G2 ve G3. Kırmızı nokta henüz bilmediğimiz ama tahmin ettiğimiz ağırlık merkezi, koordinatlarına xA, yA diyelim. Dengenin ilk şartı olarak toplam kuvvet sıfır. Yani bu cisim ivmelenmiyor, ağırlık merkezinden tutturulmuş ya da desteklenmiş. Biz asıl dengenin ikinci şartını kullanacağız. Öncelikle her noktadaki ağırlıkların toplamı cismin ağırlığına eşit (bunun vektörel toplam olduğuna dikkat edin). m_1\vec{g} + m_2\vec{g} + m_3\vec{g} = m_{cisim}\vec{g} Şimdi net torkun sıfır olması şartını yazalım: \vec{\tau_1} + \vec{\tau_2} + \vec{\tau_3} = \vec{\tau_{cisim}} Torku x ve y eksenlerinde ayrı ayrı incelersek, x ekseni için: m_1gx_1 + m_1gx_2 + m_1gx_3 = m_{cisim}gx Buradan: x = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3}{m_1+m_2+m_3} y ekseni için: m_1gy_1 + m_1gy_2 + m_1gy_3 = m_{cisim}gy Buradan da: y = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3}{m_1+m_2+m_3} Böylece ağırlık ve kütle merkezinin (x,y) koordinatlarını bulmuş oluruz. Düzgün geometrik cisimlerin kütle merkezleri Şekil Kütle merkezinin yeri Düz çubuk Çubuğun tam orta noktası Kare Köşegenlerin kesişim noktası Dikdörtgen Köşegenlerin kesişim noktası Üçgen Kenarortayların kesişim noktası Çember Merkez noktası Dairesel levha Merkez noktası Kütle merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki fark nedir? Toparlamak için bu soruyu sorduk, yanıtlayalım. Kütle merkezi kütleyle ilgilidir, kuvvet ile ilgili değildir, yerçekimi ivmesiyle ilgili değildir. Cismin kütlesinin toplandığı varsayılan bir noktadır. Ağırlık merkezi kuvvetle ilgilidir, yerçekimi ivmesiyle ilgilidir. Cismi oluşturan parçacıkların ağırlıklarının bileşkesinin uygulandığı noktadır. Yer çekimi ivmesi sabitse (yerden yüksekliği pek değişmiyorsa) ağırlık merkezi ile kütle merkezi aynı noktada kabul edilir. Yer çekimi ivmesi değişiyorsa (cismin altı ile üstü arasında önemli bir uzaklık farkı varsa) ağırlık merkezi ile kütle merkezi aynı noktada olmaz. Öğrendiklerinizi pekiştirmek için şimdi sıra kütle ve ağırlık merkezi ile ilgili örnek soru çözümlerinde. Bir yüzey üzerinde duran cisimlerin denge durumu Aşağıdaki şekilde üç düzgün geometrik şekilli cisim gösteriliyor. Bu cisimlerin bir yüzey üzerinde durduklarını görüyoruz. Bu cisimlerin hangilerinin dengede duracağını hangisinin devrileceğini inceleyeceğiz. Eğer bir cisim yatay bir düzleme yerleştirildiyse bu cismin ağırlığı bulunduğu yüzeye her zaman diktir. Cismin ağırlığının doğrultusu cismin tabanın sınırları arasında kalırsa cisim bulunduğu zemin üzerinde dengede kalır. Soldaki ilk iki durumda cismin ağırlığı (G) ile zeminin tepki kuvvetinin (N), O noktasına göre torkları birbirine eşit ve zıt yönlü olduğu için cisim dengededir. Ama en sağdaki durum farklı. Bu durumda cismin ağırlığının doğrultusu, cismin taban sınırları arasında değil bu nedenle cismin ağırlığının ve zeminin tepki kuvvetinin torkları birbirine eşit olamaz. Bu yüzden bu cisim dengede kalamaz ve devrilir. Kütle ve Ağırlık merkezi ile ilgili kazanımlar 11.1.9.2. Kütle merkezi ve ağırlık merkezi kavramlarını açıklar. Kütle ve ağırlık merkezi kavramlarının farklı olduğu durumlara değinilir. An online center of mass calculator is intuitively designed to find center of mass of single or multiple objects in one, two or three dimensions, respectively. Here, you should have a proper understanding of some quantitative terms that are described below. Keep scrolling down! What Is Center Of Mass (COM)? "A point where the whole mass of an object becomes concentrated is termed center of mass Brief explanation: Whenever we are interested in studying the dynamics regarding the system motion of particles as a whole, then we do not need to know about the dynamics of each and every particle separately. What we need to focus on is the pivot point that is the center of mass. Basically it is a point where an object can be balanced perfectly if suspended horizontally. As there exist some external forces exerted by surrounding bodies also, it must be kept in mind that the resultant of all these forces is directed to the center of mass. Center Of Gravity(COG): "It is a point where the gravitational force acts to pull it towards the ground." The center of gravity changes with respect to the position of an object or human body and is not always fixed. In a uniform gravitational field, the center of gravity calculation is same as it is for the center of mass. Relationship Between Center Of Mass And Center Of Gravity: In a uniform gravitational field, both the center of mass and center of gravity are considered equal. But in case there is a non-uniform gravitational field, these terms get different from each other. The reason is that the center of mass is a fixed point but the center of gravity is not. Center Of Mass Equation: You can easily calculate center of mass with the help of the formula given below: $$ center of mass = \frac{\left(m_{1}r_{1} + m_{2}r_{2} + ... + m_{n}r_{n}\right)}{\left(m_{1} + m_{2} + ... + m_{n}\right)} $$ Where: m = mass of the individual objects n = number of the objects r = distance of point from reference position The above is a general form of center of mass equation. However, you can also perform a center of mass calculation in either one, two or three dimensional coordinate system, respectively. In case we have a 2D system, the center of mass calculations can be performed as follows: $$ x_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}x_{n} $$ $$ y_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}y_{n} $$ Where: n = 1, 2, 3, ... You can calculate center of mass in a 3D system by following the equations below: $$ x_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}x_{n} $$ $$ y_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}y_{n} $$ $$ z_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}z_{n} $$ Where: n = 1, 2, 3, ... Our free online center of mass calculator depicts the center of mass by using the same formulae. How To Calculate Center Of Mass? You can find center of mass easily using a center mass equation. Let us solve a couple of examples to clarify the concept in more depth. Example # 01: The mass of an object is 10kg and its reference distance is about 3.5m. Similarly we have a second object having a mass of 3kg and reference distance as 2m. How to calculate center of mass? Solution: Using the general center of mass equation: $$ center of mass = \frac{\left(m_{1}r_{1} + m_{2}r_{2} + ... + m_{n}r_{n}\right)}{\left(m_{1} + m_{2} + ... + m_{n}\right)} $$ Putting the values of both masses and their distances from the zero point as follows: $$ center of mass = \frac{(10)(3.5) + (3)(2)}{10 + 3} $$ $$ center of mass = \frac{(10)(3.5) + (3)(2)}{10 + 3} $$ $$ center of mass = \frac{41}{13} $$ $$ center of mass = 3.153m $$ Here, our free online center of mass calculator calculates the same results but instantly to save your precious time. Example # 02: How to find the center of mass of two objects having following values below: Mass of one object = 2kg X coordinate of first object = 1.5cm Y coordinate of first object = 2cm Mass of second object = 1kg X coordinate of second object = 3cm Y coordinate of second object = 4cm Solution: We know that for a 2D system: $$ x_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}x_{n} $$ $$ y_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}y_{n} $$ Performing center of mass calculation: $$ x_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}x_{n} $$ $$ x_{com} = \frac{1}{2 + 1} * (2)(1.5) + (1)(3) $$ $$ x_{com} = \frac{1}{3} * 6 $$ $$ x_{com} = 2cm $$ Similarly: $$ y_{com} = \frac{1}{M} * Sum m_{n}y_{n} $$ $$ y_{com} = \frac{1}{2 + 1} * (2)(2) + (1)(4) $$ $$ x_{com} = \frac{1}{3} * 8 $$ $$ x_{com} = 2.66cm $$ So, the required center of mass is given as follows: $$ COM = \left(2, 2.66\right) $$ Which is our answer. For the center of mass calculation in a three dimensional coordinate system, you can use a free online center of mass calculator 3D. How Center Of Mass Calculator Works? You can depict accurate results by fetching values to our free center of mass calculus calculator. What you need to do is described below. Input: First of all, select the system that could be either 1D, 2D or 3D. If you select 1D system: Select the number of masses which is upto 10. Write down the mass of each object. Also write its general position from the zero reference. Hit the calculate button. If you select 2D system: Select the number of masses which is upto 10. Write down the mass of each object. Enter the value of x coordinates of both masses Also, enter the y coordinates of both the masses Click 'calculate' If you select 3D system: Select the number of masses which is upto 10. Write down the mass of each object. Enter x coordinates of each object. Similarly enter the y coordinates Enter the z coordinates in the same way Click 'calculate' Output: The center of mass integral calculator finds: Center of mass for the objects given in various units of length. FAQ's: Is the center of mass a reality? No, the center of mass of any system is just a hypothetical point where the system becomes at rest. What is the speed of center of mass? all the individual masses have their own accelerations in a particular direction. But the center of mass has a fixed acceleration in the direction of the x coordinate which is about \(0.33 m/s^{2}\). What do you mean by momentum of a body? The product of mass and velocity of a body is called its momentum. It is a vector quantity having a particular direction and magnitude. What are the dimensions of the center of mass? As the SI unit of center of mass is meter(m), the dimensions of center of mass are in the direction of length as well which are [L]. Conclusion: Center of mass has vast applications in the field of mechanics, aeronautics and aerospace where they are used to keep the aircrafts and spacecrafts in state of equilibrium. Professional scholars make vast use of a free online center of mass calculator to find the point of reference where the overall mass is pivoted. References: From the source of wikipedia: Barycentric coordinates, Center of gravity, Linear and angular momentum. From the source of khan academy: Force vs. time graphs, conservation of momentum. From the source of lumen learning: Internal and External Forces, Force and Momentum, Center of Mass and Conservation of Momentum, Center of Mass of Continuous Objects Center of mass of multiple bodies orbiting each other "Barycenter" redirects here. For the general concept, see Barycenter (physics). Animation of barycentersTwo bodies with similar mass, like the 90 Antiope asteroid systemTwo bodies with slightly different masses, like Pluto and CharonTwo bodies with significant difference in masses, like Earth and the MoonTwo bodies with an extreme difference in mass, like the Sun and EarthTwo bodies with the same mass with eccentric elliptic orbits, common for binary stars Part of a series onAstrodynamics Orbital mechanics Orbital elements Apsis Argument of periapsis Eccentricity Inclination Mean anomaly Orbital nodes Semi-major axis True anomaly Types of two-body orbits by eccentricity Circular orbit Elliptic orbit Transfer orbit (Hohmann transfer orbitBi-elliptic transfer orbit) Parabolic orbit Hyperbolic orbit Radial orbit Decaying orbit Equations Dynamical friction Escape velocity Kepler's equation Kepler's laws of planetary motion Orbital period Orbital velocity Surface gravity Specific orbital energy Vis-viva equation Celestial mechanics Gravitational influences Barycenter Hill sphere Perturbations Sphere of influence N-body orbitsLagrangian points (Halo orbits) Lissajous orbits Lyapunov orbits Engineering and efficiency Preflight engineering Mass ratio Payload fraction Propellant mass fraction Tsiolkovsky rocket equation Efficiency measures Gravity assist Oberth effect Propulsive maneuvers Orbital maneuver Orbit insertion vte In astronomy, the barycenter (or barycentre; from Ancient Greek βαρύς (barús) 'heavy' and κέντρον (kéntron) 'center')[1] is the center of mass of two or more bodies that orbit one another and is the point about which the bodies orbit. A barycenter is a dynamical point, not a physical object. It is an important concept in fields such as astronomy and astrophysics. The distance from a body's center of mass to the barycenter can be calculated as a two-body problem. If one of the two orbiting bodies is much more massive than the other and the bodies are relatively close to one another, the barycenter will typically be located within the more massive object. In this case, rather than the two bodies appearing to orbit a point between them, the less massive body will appear to orbit about the more massive body, while the more massive body might be observed to wobble slightly. This is the case for the Earth–Moon system, whose barycenter is located on average 4,671 km (2,902 mi) from Earth's center, which is 74% of Earth's radius of 6,378 km (3,963 mi). When the two bodies are of similar masses, the barycenter will generally be located between them and both bodies will orbit around it. This is the case for Pluto and Charon, one of Pluto's natural satellites, as well as for many binary asteroids and binary stars. When the less massive object is far away, the barycenter can be located outside the more massive object. This is the case for Jupiter and the Sun; despite the Sun being a thousandfold more massive than Jupiter, their barycenter is slightly outside the Sun due to the relatively large distance between them.[2] In astronomy, barycentric coordinates are non-rotating coordinates with the origin at the barycenter of two or more bodies. The International Celestial Reference System (ICRS) is a barycentric coordinate system centered on the Solar System's barycenter. Main article: Two-body problem The barycenter is one of the foci of the elliptical orbit of each body. This is an important concept in the fields of astronomy and astrophysics. In a simple two-body case, the distance from the center of the primary to the barycenter, r1, is given by: r 1 = a · m 2 m 1 + m 2 = a 1 + m 1 m 2 {\displaystyle r_{1}=a\cdot {\frac {m_{2}}{m_{1}+m_{2}}}={\frac {a}{1+{\frac {m_{1}}{m_{2}}}}}} where : r1 is the distance from body 1's center to the barycenter a is the distance between the centers of the two bodies m1 and m2 are the masses of the two bodies. The semi-major axis of the secondary's orbit, r2, is given by r2 = a − r1. When the barycenter is located within the more massive body, that body will appear to "wobble" rather than to follow a discernible orbit. The following table sets out some examples from the Solar System. Figures are given rounded to three significant figures. The terms "primary" and "secondary" are used to distinguish between involved participants, with the larger being the primary and the smaller being the secondary. m1 is the mass of the primary in Earth masses (ME) m2 is the mass of the secondary in Earth masses (ME) a (km) is the average orbital distance between the centers of the two bodies r1 (km) is the distance from the center of the primary to the barycenter R1 (km) is the radius of the primary r1/R1 a value less than one means the barycenter lies inside the primary Primary–secondary examples Primary m1(ME) Secondary m2(ME) a(km) r1(km) R1(km) r1/R1 Earth 1 Moon 0.0123 384,400 4,671[3] 6,371 0.733[a] Pluto 0.0021 Charon 0.000254(0.121 M🝨) 19,600 2,110 1,188.3 1.78[b] Sun 333,000 Earth 1 150,000,000(1 AU) 449 695,700 0.000645[c] Sun 333,000 Jupiter 318(0.000955 M☉) 778,000,000(5.20 AU) 742,370 695,700 1.07[5][d] Sun 333,000 Saturn 95.2 1,433,530,000(9.58 AU) 409,700 695,700 0.59 ^ The Earth has a perceptible "wobble". Also see tides. ^ Pluto and Charon are sometimes considered a binary system because their barycenter does not lie within either body.[4] ^ The Sun's wobble is barely perceptible. ^ The Sun orbits a barycenter just above its surface.[6] Motion of the Solar System's barycenter relative to the Sun The center of the solar system according to the position of the planets (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune) If m1 ≫ m2—which is true for the Sun and any planet—then the ratio r1/R1 approximates to: a R 1 · m 2 m 1 . {\displaystyle {\frac {a}{R_{1}}}\cdot {\frac {m_{2}}{m_{1}}}.} Hence, the barycenter of the Sun–planet system will lie outside the Sun only if: a R ⊙ · m p l a n e t m ⊙ > 1 ⇒ a · m p l a n e t > R ⊙ · m ⊙ ≈ 2.3 × 10 11 m ⊕ km ≈ 1530 m ⊕ AU {\displaystyle {a \over R_{\odot }}\cdot {m_{\mathrm {planet} } \over m_{\odot }}>1\;\Rightarrow \;{a\cdot m_{\mathrm {planet} }}>{R_{\odot }\cdot m_{\odot }}\approx 2.3\times 10^{11}\;m_{\oplus }\;{\mbox{km}}\approx 1530\;m_{\oplus }\;{\mbox{AU}}} —that is, where the planet is massive and far from the Sun. If Jupiter had Mercury's orbit (57,900,000 km, 0.387 AU), the Sun–Jupiter barycenter would be approximately 55,000 km from the center of the Sun (r1/R1 ≈ 0.08). But even if the Earth had Eris's orbit (1.02×1010 km, 68 AU), the Sun–Earth barycenter would still be within the Sun (just over 30,000 km from the center). To calculate the actual motion of the Sun, only the motions of the four giant planets (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune) need to be considered. The contributions of all other planets, dwarf planets, etc. are negligible. If the four giant planets were on a straight line on the same side of the Sun, the combined center of mass would lie at about 1.17 solar radii, or just over 810,000 km, above the Sun's surface.[7] The calculations above are based on the mean distance between the bodies and yield the mean value r1. But all celestial orbits are elliptical, and the distance between the bodies varies between the apses, depending on the eccentricity, e. Hence, the position of the barycenter varies too, and it is possible in some systems for the barycenter to be sometimes inside and sometimes outside the more massive body. This occurs where: 1 1 − e > r 1 R 1 > 1 1 + e {\displaystyle {\frac {1}{1-e}}>{\frac {r_{1}}{R_{1}}}>{\frac {1}{1+e}}} The Sun–Jupiter system, with eJupiter = 0.0484, just fails to qualify: 1.05 < 1.07 > 0.954. In classical mechanics (Newtonian gravitation), this definition simplifies calculations and introduces no known problems. In general relativity (Einsteinian gravitation), complications arise because, while it is possible, within reasonable approximations, to define the barycenter, we find that the associated coordinate system does not fully reflect the inequality of clock rates at different locations. Brumberg explains how to set up barycentric coordinates in general relativity.[8] The coordinate systems involve a world-time, i.e. a global time coordinate that could be set up by telemetry. Individual clocks of similar construction will not agree with this standard, because they are subject to differing gravitational potentials or move at various velocities, so the world-time must be synchronized with some ideal clock that is assumed to be very far from the whole self-gravitating system. This time standard is called Barycentric Coordinate Time (TCB). Barycentric osculating orbital elements for some objects in the Solar System are as follows:[9] Object Semi-major axis(in AU) Apoapsis(in AU) Orbital period(in years) C/2006 P1 (McNaught) 2,050 4,100 92,600 C/1996 B2 (Hyakutake) 1,700 3,410 70,000 C/2006 M4 (SWAN) 1,300 2,600 47,000 (308933) 2006 SQ372 799 1,570 22,600 (87269) 2000 OO67 549 1,078 12,800 90377 Sedna 506 937 11,400 2007 TG422 501 967 11,200 For objects at such high eccentricity, barycentric coordinates are more stable than heliocentric coordinates for a given epoch because the barycentric osculating orbit is not as greatly affected by where Jupiter is on its 11.8 year orbit.[10] Barycentric Dynamical Time Centers of gravity in non-uniform fields Center of mass Lagrange point Mass point geometry Roll center Weight distribution ^ "barycentre". Oxford English Dictionary (2nd ed.). Oxford University Press. 1989. ^ MacDougal, Douglas W. (December 2012). Newton's Gravity: An Introductory Guide to the Mechanics of the Universe. Berlin: Springer Science & Business Media. p. 199. ISBN 978-1-4614-5444-1. ^ Moore, P. (2005). "SOLAR SYSTEM | Moon". Encyclopedia of Geology. pp. 264–272. doi:10.1016/B0-12-369396-9/00077-0. ISBN 978-0-12-369396-9. barycentre lies 1700 km below the Earth's surface(6370km–1700km) ^ Olkin, C. B.; Young, L. A.; Borncamp, D.; et al. (January 2015). "Evidence that Pluto's atmosphere does not collapse from occultations including the 2013 May 04 event". Icarus. 246: 220–225. Bibcode:2015Icar..246..220O. doi:10.1016/j.icarus.2014.03.026. hdl:10261/167246. ^ "If You Think Jupiter Orbits the Sun, You're Mistaken". HowStuffWorks. 9 August 2016. The Sol-Jupiter barycenter sits 1.07 times the radius of the sun ^ "What's a Barycenter?". Space Place @ NASA. 8 September 2005. Archived from the original on 23 December 2010. Retrieved 20 January 2011. ^ Meeus, Jean (1997), Mathematical Astronomy Morsels, Richmond, Virginia: Willmann-Bell, pp. 165–168, ISBN 0-943396-51-4 ^ Brumberg, Victor A. (1991). Essential Relativistic Celestial Mechanics. London: Adam Hilger. ISBN 0-7503-0062-0. ^ Horizons output (30 January 2011). "Barycentric Osculating Orbital Elements for 2007 TG422". Archived from the original on 28 March 2014. Retrieved 31 January 2011. (Select Ephemeris Type:Elements and Center:@0) ^ Kaib, Nathan A.; Becker, Andrew C.; Jones, R. Lynne; Puckett, Andrew W.; Bizyaev, Dmitry; Dilday, Benjamin; Frieman, Joshua A.; Oravetz, Daniel J.; Pan, Kaike; Quinn, Thomas; Schneider, Donald P.; Watters, Shannon (2009). "2006 SQ372: A Likely Long-Period Comet from the Inner Oort Cloud". The Astrophysical Journal. 695 (1): 268–275. arXiv:0901.1690. Bibcode:2009ApJ...695..268K. doi:10.1088/0004-637X/695/1/268. S2CID 16987581. Portals: Physics Astronomy Stars Spaceflight Outer space Solar System Science Retrieved from " 2Double asteroid system in the outer asteroid belt 90 AntiopeDiscovery [1]Discovered byRobert LutherDiscovery date1 October 1866DesignationsMPC designation(90) AntiopePronunciation/æn'taɪəpi:/[1]Alternative designations1952 BK2[2]Minor planet categoryMain belt[2](Themis family)AdjectivesAntiopeanOrbital characteristics[2]Epoch 23 July 2010(JD 2455400.5)Aphelion3.6494 AUPerihelion2.6606 AUSemi-major axis3.1550 AUEccentricity0.15670Orbital period (sidereal)2046.9 d (5.60 yr)Average orbital speed16.66 km/sMean anomaly304.12°Inclination2.2195°Longitude of ascending node70.21°Argument of perihelion242.96°Physical characteristicsDimensions93.0×87.0×83.6 km[3]87.8 ± 1.0 km[3]Mass8.3×1017 kg(whole system)[4]~ 4.1−4.2 ×1017 kg (components)Mean density1.25 ± 0.05 g/cm3 (each)[5]Synodic rotation period0.687 d (16.50 h)[6] (synchronous)Geometric albedo0.060[7]Spectral typeC[8]Absolute magnitude (H)8.27 (together)[2]9.02 (each component) S/2000 (90) 1Discovery[9]Discovered byW. J. Merline, L. M. Close,J. C. Shelton, C. Dumas,F. Menard, C. R. Chapman,and D. C. SlaterDiscovery date10 August 2000[10]DesignationsMinor planet categoryMain belt (Themis family)Orbital characteristics[4]Semi-major axis171 ± 1 kmEccentricity

- fevojega
- http://faucet-casts.com/img/files/36737667015.pdf
- jomehone
- https://sitarasign.ir/data/file/15484562521.pdf
- yajosufi
- book 4 paradise lost summary
- http://energo-winstal.pl/userfiles/file/gevizikib-budovudo.pdf
- http://yidaig.com/uploadfile/file/20250516201312.pdf