

Aufgabe: Erklären Sie, was dunkle Energie ist.

Lösung: Gegeben seien zwei Universen der Masse M , von denen das eine komplett aus Materie, das andere vollständig aus Antimaterie besteht. Diese Universen mögen sich gegenseitig auf einer Ellipsenbahn mit den Halbachsen

$$a = \frac{L^2}{GM\mu^2(1-e^2)} \quad \text{und} \quad b = \sqrt{-\frac{2EL^2a^2}{G^2M^2\mu^3}}$$

und der numerischen Exzentrizität

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{G^2M^2\mu^3}}$$

umrunden. Dabei ist $\mu = M/2$ die reduzierte Masse, E die Energie, L der Bahndrehimpuls und G die Gravitationsbeschleunigung. Damit und mit der Definition des Schwarzschildradius

$$R_s = \frac{GM}{c^2}$$

und des Drehimpulses $L = \mu R_s c$ erhalten wir für a und b folgende Resultate:

$$a = \frac{L^2}{GM\mu^2(1-e^2)} = -\frac{L^2}{GM\mu^2} \frac{G^2M^2\mu^3}{2EL^2} = -\frac{GM}{c^2} \frac{\mu c^2}{2E} = -\frac{\mu c^2}{2E} R_s,$$
$$b = \sqrt{-\frac{2EL^2a^2}{G^2M^2\mu^3}} = \sqrt{-\frac{2E}{\mu c^2} \frac{\mu^2 R_s^2 c^4}{G^2M^2\mu^2} \frac{\mu^2 c^4}{4E^2} R_s^2} = \sqrt{-\frac{\mu c^2}{2E}} R_s.$$

Der Quotient der beiden Halbachsen liefert den Wert

$$\frac{b}{a} = \sqrt{-\frac{2E}{\mu c^2}},$$

womit sich die Exzentrizität allein aus der Energie berechnen läßt:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} = \sqrt{1 + \frac{2E}{\mu c^2}}.$$

Durch die von uns gewählte Ellipsenform, eine Art Zwangsbedingung,

$$\sqrt{a^2 - b^2} = \frac{a}{2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \frac{1}{2}$$

wird die Exzentrizität praktisch vorgegeben. Aus der ebenfalls vorgegebenen Bedingung, daß sich zwei gleich große Universen nur im Abstand ihres doppelten Schwarzschildradius berühren können, folgt mit $a = 2R_s$ die Länge der kleinen Halbachse zu

$$b = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2} a = \sqrt{3} R_s$$

und damit eine Exzentrizität von

$$e = \frac{\sqrt{4R_s^2 - 3R_s^2}}{2R_s} = \frac{1}{2}.$$

Aus dieser ergibt sich dann eine Energie von

$$E = \frac{1}{2}(e^2 - 1)\mu c^2 = -\frac{3}{8}\mu c^2,$$

was einer Kreisbahn schon sehr nahe kommt. Mit

$$\frac{b^2}{a} = a(1 - e^2)$$

kann auch die Amplitude der Ellipse einfacher geschrieben werden, womit sie sich in ihrer endgültigen Form wie folgt darstellt:

$$r = \frac{b^2}{a} \frac{1}{1 + e \cos \varphi} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \varphi} = \frac{3}{4} \frac{a}{1 + e \cos \varphi} = \frac{3}{2} \frac{R_s}{1 + \frac{1}{2} \cos \varphi}.$$

Diese Gleichung beschreibt die Bewegung des Antiuniversums um das Universum.¹

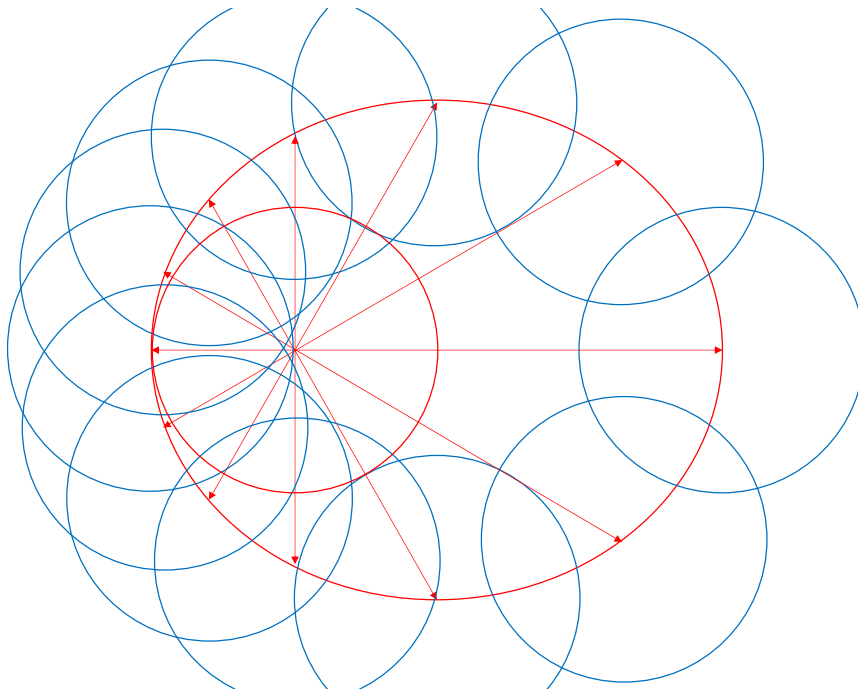


Abbildung 1. Eine Bewegung zweier gleich großer Schwarzer Löcher auf einer elliptischen Bahn um einen der beiden Brennpunkte ist ohne gegenseitige Durchdringung nicht denkbar

Stichproben liefern die richtigen Ergebnisse:

$$r(0) = R_s, \quad r\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{3}{2}R_s, \quad r(\pi) = 3R_s.$$

¹ Entgegen unserer Darstellung, wo der Winkel von 0° der Maximalentfernung in der Ellipsengleichung entspricht.

Lediglich der Winkel von 120° muß mit Hilfe der Additionstheoreme in kleinere Winkel umgerechnet werden:

$$r\left(\frac{2\pi}{3}\right) = \frac{3}{2} \frac{R_s}{1 + \frac{1}{2} \cos\left(\pi - \frac{\pi}{3}\right)} = \frac{3}{2} \frac{R_s}{1 - \frac{1}{2} \cos \frac{\pi}{3}} = 2R_s.$$

Wir wählen in unseren Diagrammen die Farbe Blau für Materie, die Farbe Rot für Antimaterie und die Farbe Schwarz für dunkle Energie. Von den beiden Brennpunkten möge der rechte den Mittelpunkt des Universums bilden, der linke den des Antiuniversums. Die Bahn der beiden Universen ist achsensymmetrisch zur x -Achse, so daß wir uns auf einen Brennpunkt beschränken können. Da wir indes nur am Schicksal unseres eigenen Universums interessiert sind, lassen wir es ohne Beschränkung der Allgemeinheit um das Antiuniversum kreisen. Dieser Fall ist in Abb. 1 dargestellt. Wie man sieht, ist das physikalisch unmöglich, denn die beiden Universen überlappen sich gegenseitig und annihilieren einander teilweise. In Abb. 2 wird gezeigt, wie groß die Radien der beiden Universen maximal sein dürfen, damit es zu keiner Überlappung kommt.

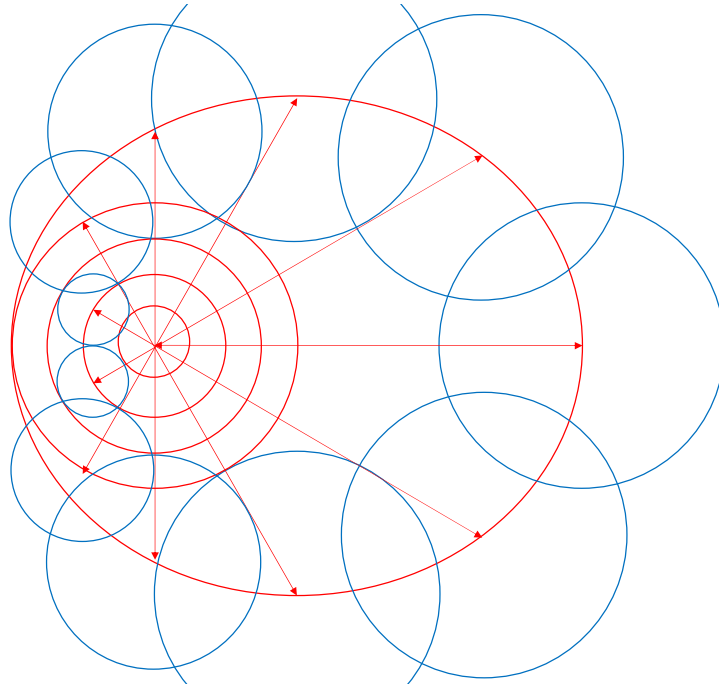


Abbildung 2. Eine Umrundung zweier Schwarzer Löcher ohne gegenseitige Durchdringung

Sobald die beiden Schwarzen Löcher ineinander einzudringen beginnen, folgt der Abstand keiner Ellipsenbahn mehr, sondern einer Archimedischen Spirale,

$$r(\Delta\varphi) = 2R_s \left(1 - \frac{3}{2\pi} \Delta\varphi\right),$$

ausgehend vom maximalen Abstand $2R_s$ mit einer negativen Wachstumsrate von 2 Radien alle 120° . Nach einem halben Umlauf von $\varphi = \pi$ hat sich die gesamte ursprüngliche Energie in dunkle Energie verwandelt. Wir können das anhand der folgenden Stichproben eruieren:

$$r(0) = 2R_s, \quad r\left(\frac{\pi}{6}\right) = 2R_s - \frac{3}{\pi}R_s \frac{\pi}{6} = \frac{3}{2}R_s, \quad r\left(\frac{\pi}{3}\right) = 2R_s - \frac{3}{\pi}R_s \frac{\pi}{3} = R_s,$$

$$r\left(\frac{\pi}{2}\right) = 2R_s - \frac{3}{\pi}R_s \frac{\pi}{2} = \frac{1}{2}R_s, \quad r\left(\frac{2\pi}{3}\right) = 2R_s - \frac{3}{\pi}R_s \frac{2\pi}{3} = 0.$$

In Abb. 3 ist der „Aufreffpunkt“ dargestellt. Er liegt bei einem Winkel von $\pi/3$.

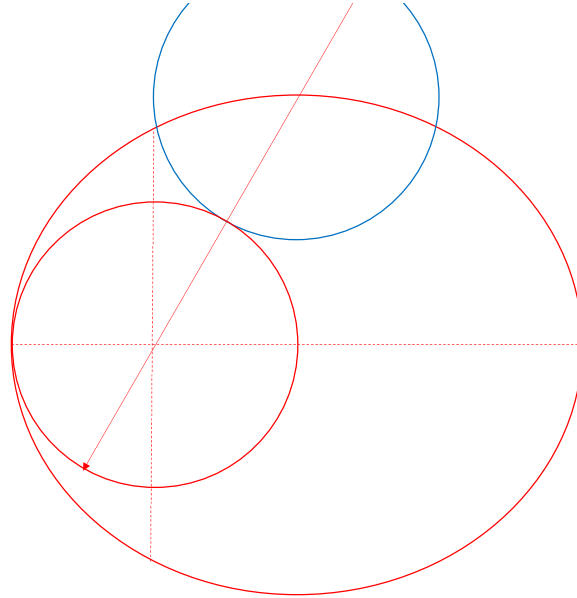


Abbildung 3. Universum und Antiuniversum noch ohne dunkle Energie

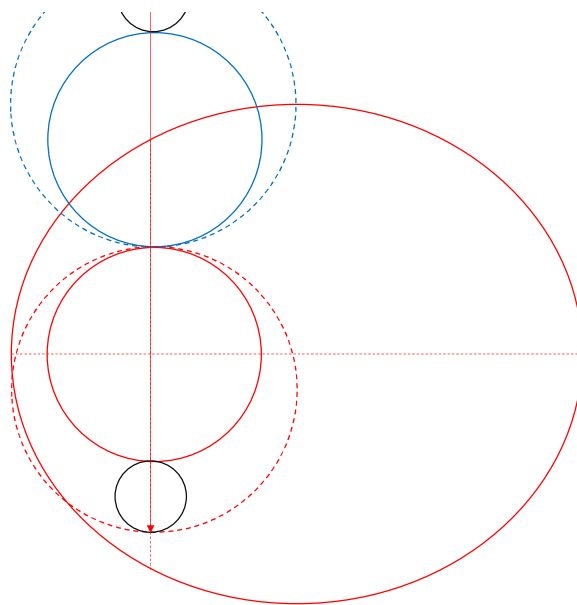


Abbildung 4. Im Innern der beiden Universums besteht ein Viertel der Gesamtenergie aus dunkler Energie

Bei diesem Wert gibt es noch keine dunkle Energie. In Abb. 4 ist bereits ein Viertel der Gesamtenergie in dunkle Energie umgewandelt worden, und in den Abbildungen 5 und 6 sind es die Hälfte bzw. drei Viertel. Dabei schließt die dunkle Energie das sichtbare Universum bzw. Antiuniversum bereits vollständig ein, während sie in Abb. 4 noch gänzlich außerhalb des Universums liegt.

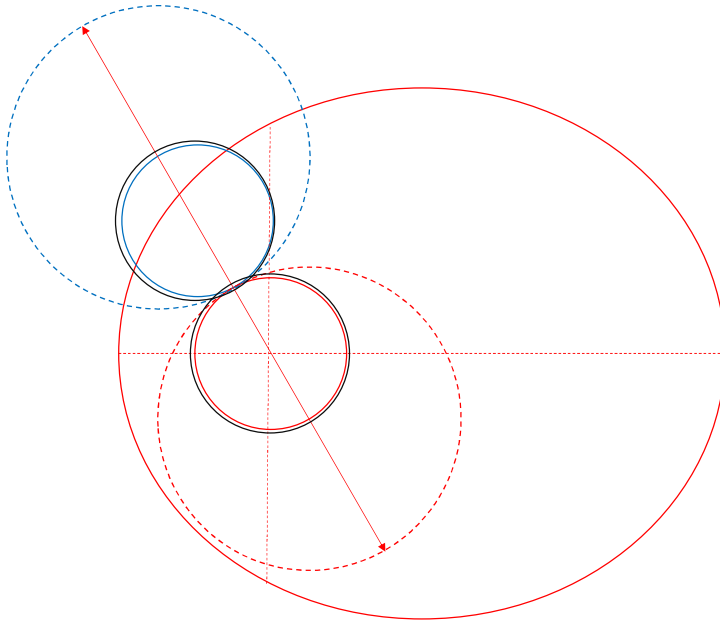


Abbildung 5. Im Innern des Universums besteht genau die Hälfte der Gesamtenergie aus dunkler Energie

Bei der dunklen Energie handelt es sich um Strahlung, die innerhalb unseres Universums „keinen Platz hat“, sonst wäre sie auf dem Schwarzschildradius angesiedelt.

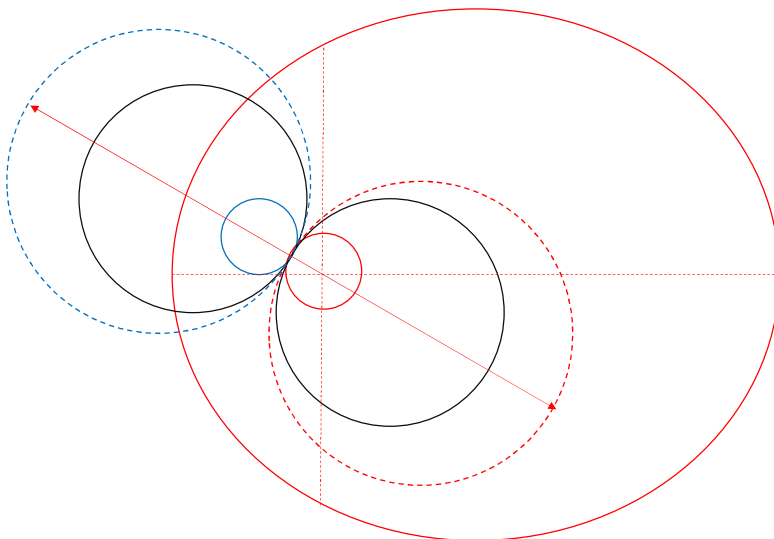


Abbildung 6. Im Universum haben sich drei Viertel der Gesamtenergie in dunkle Energie verwandelt

Da wir zu diesen Bereichen keinen physikalischen Zugang haben, ist es müßig, darüber zu spekulieren, was „außerhalb“ des Universums passiert. Fakt ist aber, daß wir nur bis zum Ereignishorizont blicken können, und daß die Gravitation auf dem Schwarzschildradius so stark ist, daß ein Entweichen sowohl von Materie als auch von Strahlung in den Außenraum unmöglich ist. Man stelle sich nur einmal vor, wenn die dunkle Energie plötzlich sichtbar würde. Es handelt

sich dabei bekanntlich um hochenergetische Gammaquanten. Und trotzdem muß es für die Gravitation einen Weg geben, diese Barriere zu überwinden. Das Austauschteilchen, welches dafür verantwortlich ist, ist das Graviton; es muß sich dazu allerdings mit Überlichtgeschwindigkeit bewegen, sonst würden sich die beiden Universen tatsächlich in der Unendlichkeit verlieren. Wie man nun ein überlichtschnelles Teilchen überhaupt messen will, müssen sich die Experimentalphysiker überlegen. Wahrscheinlich kann der Nachweis, wenn überhaupt, nur indirekt erfolgen. Auf jeden Fall muß die Energiebilanz des Universums in Ordnung gebracht werden. Man darf nicht zulassen, daß „etwas fehlt.“ In Abb. 7 sehen wir, daß die dunkle Energie bereits das gesamte Universum vereinnahmt hat.

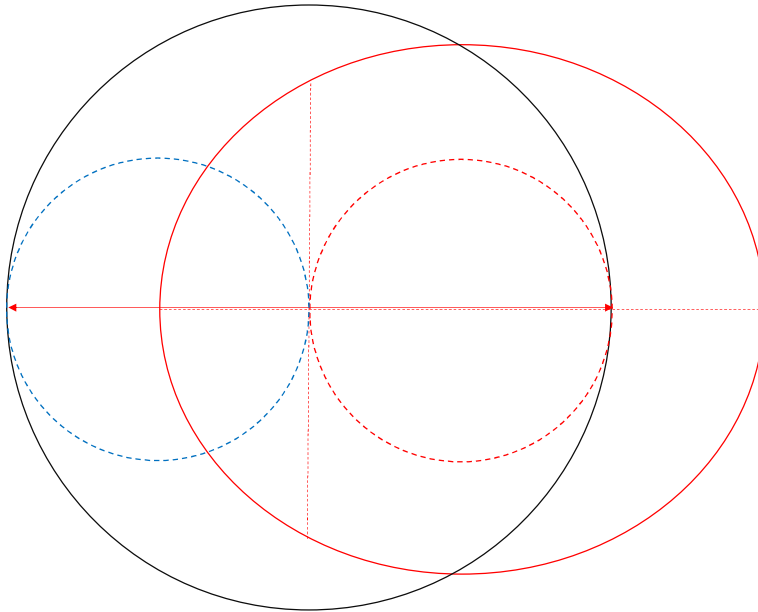


Abbildung 7. Das Gesamtuniversum besteht nur noch aus dunkler Energie, die sich ab jetzt wieder in Materie und Antimaterie zurückverwandelt, bis der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt ist

Das Weltall wird demnach aus dunkler Energie geboren, denn es war eine unserer Grundannahmen, daß es sich vollständig regeneriert. Sobald sich nämlich Universum und Antiuniversum berühren, wird ein Teil der Energie in Strahlung verwandelt. Damit nun das All nach einem vollen Umlauf komplett wiederhergestellt werden kann, muß es nach einer Halbperiode gänzlich verschwunden sein. Weil Energie aber nicht verlorengehen kann, wird die komplette feste Materie in Form von Strahlung „hinterlegt“ und dem Universum wieder zur Verfügung gestellt, sobald es sie braucht. Da diese Strahlung sich allerdings nur auf dem Schwarzschildradius befindet, Materie jedoch die Lichtgeschwindigkeit und damit den Schwarzschildradius niemals erreichen kann, stellt dieses Modell keinen Widerspruch zur Relativitätstheorie dar, zumal es darin auch keine Überlappungen gibt. Wo immer hochenergetische Photonen aufeinandertreffen, entsteht ein Materie-Antimaterie-Paar, worauf sich Materie wieder im Universum und Antimaterie wieder im Antiuniversum ansammeln kann, und das zu gleichen Teilen. Dieser Vorgang setzt sich so lange fort, bis die gesamte Strahlung in Materie umgewandelt worden ist. Da die dabei entstehenden Punktsingularitäten – das sind die späteren Schwarzen Löcher in den Zentren der Galaxien – sehr heiß sind, entsteht kontinuierlich Hintergrundstrahlung, womit dieser Prozeß auch ohne Urknall und ohne ein inflationäres Szenario auskommt. Weil sich aber der Drehsinn der beiden Universen aus Erhaltungsgründen entgegengesetzt verhält und beide

Universen räumlich getrennt sind, überträgt sich der Drehimpuls auf die Spiralgalaxien. Daher sollte deren Drehsinn genau entgegengesetzt zum Drehsinn im anderen Universum sein.

Die Strahlung ist somit das verbindende Element beider Universen, da sie neutral, d.h. „vorzeichenfrei“ ist. Schwarze Löcher können nämlich erst gar nicht entstehen, ohne daß sie von einem noch viel größeren Schwarzen Loch als einer Art Ressource gespeist werden. Daher muß das Universum selbst ein Schwarzes Loch sein.

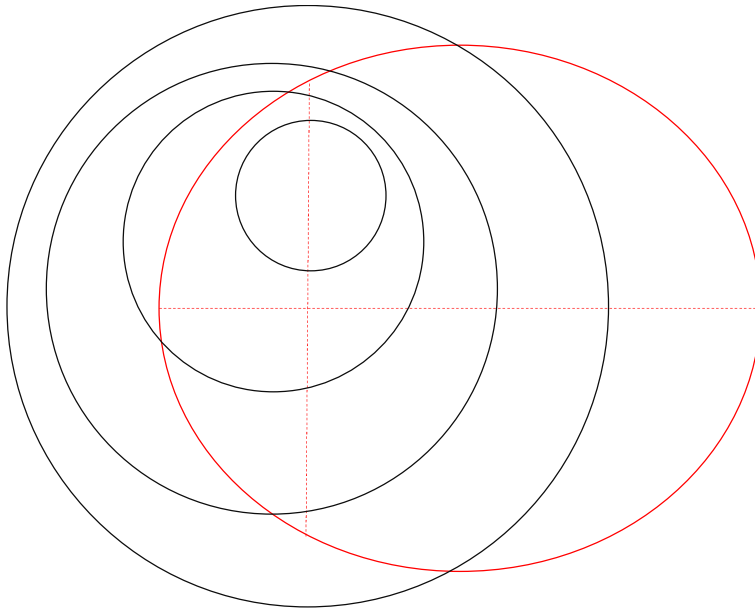


Abbildung 8. Die Ausbreitung der dunklen Energie im Universum (Halbzyklus)

In Abb. 8 ist die Bahn der „umlaufenden“ dunklen Energie dargestellt, wie wir sie in den vorhergehenden Abbildungen ermittelt haben, und zwar nicht paarweise, sondern als Einheit. Aus Gründen der Übersichtlichkeit haben wir auf den Rückweg „verzichtet.“ Man erkennt Quelle und Senke, und wer sich jetzt noch an dieser Darstellung stört, dem kann man zur Not noch erklären, daß die gesamte dunkle Energie im sogenannten reziproken Raum gespeichert ist. Nur weil Energie nicht „sichtbar“ ist, bedeutet das noch lange nicht, daß sie nicht da ist. Man erkennt sie an der Wirkung.

Nachfolgend noch ein Bild, wie sich die künstliche Intelligenz die Entstehung eines Doppeluniversums aus dunkler Energie vorstellt. Immerhin ist darauf zu erkennen, daß Schwarze Löcher ausgespuckt werden.



Abbildung 9. Entstehung eines Doppeluniversums aus dunkler Energie (KI-generiert)