

Physikaufgabe 33

[Home](#) | [Startseite](#) | [Impressum](#) | [Kontakt](#) | [Gästebuch](#)

Aufgabe: Beweisen Sie, daß die Gesamtenergie des Weltalls gleich Null ist und daher die potentielle Energie stets entgegengesetzt gleich der kinetischen Energie.

Beweis: Wir zeigen zunächst, daß der Einsteinsche Energie-Impuls-Satz $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$ eine Invariante darstellt. Darin in $p = mv$ der Impuls mit der Masse

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

und der Geschwindigkeit v , wobei m_0 die Ruhemasse ist und c die Lichtgeschwindigkeit. Den Energie-Impuls-Satz formen wir damit wie folgt um:

$$E^2 = \frac{m_0^2 v^2}{1 - v^2 / c^2} c^2 + m_0^2 c^4 = \frac{m_0^2 v^2 c^4}{c^2 - v^2} + \frac{m_0^2 c^6 - m_0^2 v^2 c^4}{c^2 - v^2} = \frac{m_0^2 c^4}{1 - v^2 / c^2},$$

woraus die Einsteinsche Energie-Masse-Relation $E = mc^2$ folgt. Nun betrachten wir die beiden Grenzfälle $v = 0$ und $v = c$. Der erstere ist der nichtrelativistische Fall und es folgt

$$E = E_0 = m_0 c^2.$$

Um den Grenzfall $v = c$ zu betrachten, formen wir die obige Relation entsprechend um,

$$E^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) = m_0^2 v^2 c^2 + m_0^2 c^4 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right),$$

und führen den Grenzübergang durch. Daraus folgt $m_0^2 c^4 = 0$ bzw. $E_0 = 0$. Da die Ruheenergie gleich null ist, muß wegen der Proportionalität von Energie und Ruheenergie auch die relativistische Energie gleich null sein, d.h.

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 0.$$

Nach dem Energieerhaltungssatz $E = E_{kin} + E_{pot} = 0$ folgt weiter, daß stets $E_{pot} = -E_{kin} < 0$ sein muß. Wäre die Ruheenergie nämlich nicht gleich null, müßte die Gesamtenergie für $v \rightarrow c$ gegen Unendlich gehen, was aus Gründen der Energieerhaltung kaum vorstellbar ist. Diese Klippen können allerdings umschifft werden, indem man im 1. Hauptsatz der Thermodynamik die innere Energie U mit der kinetischen Energie gleichsetzt¹ und die Konstanz der Entropie S postuliert. Daraus folgt dann wegen

$$dU - dW = dQ$$

die alternative Formulierung

¹ Sie hängt ja auch nur von der Temperatur ab, und Bewegung ist nun einmal nichts anderes als Wärme.

Physikaufgabe 33

$$dE_{kin} + dE_{pot} = TdS = 0$$

und somit für das Weltall wegen $dS = 0$ der Energieerhaltungssatz in der Form $E = U - W$,
w.z.b.w.