Name: ______________________________ Klasse: __________

$E = mc^2$ – Bedeutung und Folgen

Die spezielle Relativitätstheorie beschreibt, dass Raum und Zeit keine absoluten Größen darstellen. Relativistische Effekte treten darüber hinaus auch in Bezug auf die Masse von Körpern auf.
Wird der Aufschlag eines Meteoriten auf einem Planeten von einem Raumschiff aus beobachtet, das sich schnell an dem Geschehen vorbeibewegt, so sieht man die Aufprallgeschwindigkeit aufgrund der Zeitdilatation verlangsamt. Das Ausmaß der Zerstörung durch den Einschlag verändert sich jedoch nicht.
Die Folgerung: Die Masse des Meteoriten muss zugenommen haben.

Einstein formulierte diesen Effekt in seiner speziellen Relativitätstheorie so:

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

m: Masse des bewegten Körpers
m_0: Ruhemasse des Körpers
v: Geschwindigkeit des Körpers relativ zum ruhenden Beobachter
c: Lichtgeschwindigkeit

Wird also einem Körper Energie zugeführt (wird er etwa in Bewegung gesetzt), nimmt seine Masse zu.
Die klassische Formel für die kinetische Energie $\mathbf{E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2}$ ermöglicht die Berechnung von Näherungswerten bei geringen Geschwindigkeiten. Einstein konnte durch seine spezielle Relativitätstheorie zeigen, dass die genaue Formel für die Bewegungsenergie bei beliebigen Geschwindigkeiten dann $\mathbf{E_{kin} = (m-m_0)\, c^2}$ lauten muss.

Für die Gesamtenergie eines materiellen Körpers oder eines Lichtteilchens (Photon) formulierte er die heute wohl berühmteste Formel der Physik:

$$E = mc^2$$

Einstein hatte erkannt, dass es sich bei Energie und Masse um zueinander proportionale Größen handelt, der Proportionalitätsfaktor lautet c^2.

Ein Anwendungsbeispiel der Formel $E = mc^2$ ist die Umwandlung von Materie in Strahlung bei der Kernspaltung. – Und auch bei Kernfusionsprozessen in der Sonne wird die Energie transportierende Strahlung – wie das sichtbare Sonnenlicht – aus Materie erzeugt.

Aufgaben:

1. Bei geringen Geschwindigkeiten ist die relativistische Massenzunahme äußerst gering. Berechnen Sie, welche Geschwindigkeit erreicht werden muss, um eine Massenzunahme um 2 Prozent zu erhalten.
2. Welche Energiemenge (in Joule) entspricht einem Kilogramm Eisen?
3. Ein Teilchen bewegt sich zunächst mit 5 Prozent der Lichtgeschwindigkeit, dann mit 95 %. Berechnen Sie jeweils seine relativistische kinetische Energie. Vergleichen Sie die Werte mit den Ergebnissen der klassischen Formel.
4. Die Sonne setzt pro Sekunde eine Energie von $3{,}7 \cdot 10^{26}$ Joule frei. Welche Masse verliert die Sonne pro Jahr?