Die Rolle des Lichts in der speziellen Relativitätstheorie

pohlig@kit.edu

Karlsruhe Institute of Technology

Die Rolle des Lichts in der speziellen Relativitätstheorie

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

1 Einsteins Weg

… dass sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit *V* fortpflanze.

Längenkontraktion
Zeitdilatation
Masse=Energie
Invarianz des Intervalls
…..

$$l(v) = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

1 Einsteins Weg

… dass sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit *V* fortpflanze.

Längenkontraktion
Zeitdilatation
Masse=Energie
Invarianz des Intervalls
…..

$$\Delta t(v) = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

1 Einsteins Weg

… dass sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit *V* fortpflanze.

Längenkontraktion
Zeitdilatation
Masse=Energie
Invarianz des Intervalls
…..

$$E = m \cdot c^2$$

1 Einsteins Weg

… dass sich das Licht im leeren Raume stets mit einer bestimmten, vom Bewegungszustande des emittierenden Körpers unabhängigen Geschwindigkeit *V* fortpflanze.

Längenkontraktion
Zeitdilatation
Masse=Energie
Invarianz des Intervalls $\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2$
…..

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

2 Eine Alternative

$$l(v) = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad \Delta t(v) = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2$$

$$E = m \cdot c^2$$

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

3 Masse = Energie

Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L, so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9 \cdot 10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird.

Ist ein heißes Stück Eisen denn wirklich schwerer als ein kaltes? Jetzt müssen wir diese Frage mit ‹ja› beantworten,

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

3 Masse = Energie

Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L, so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9 \cdot 10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird.

Ist ein heißes Stück Eisen denn wirklich schwerer als ein kaltes? Jetzt müssen wir diese Frage mit ‹ja› beantworten,

Mass and energy are therefore essentially alike; they are only different expressions for the same thing. The mass of a body is

3 Masse = Energie

$$E = k \cdot m$$

$$k = 9 \cdot 10^{16} \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}$$

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

$$E = k \cdot m \qquad p = m \cdot v \qquad dE = v dp$$

$$v = \frac{p}{m}$$

$$m = \frac{E}{k}$$

$$v = \frac{p}{E/k} = \frac{k \cdot p}{E}$$

$$dE = \frac{k \cdot p}{E} dp$$

$$E dE = k \cdot p dp$$

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2$$

$$\int_{E_0 = E(p=0)}^{E(p)} E\, dE = k \cdot \int_{p=0}^{p} p^* dp^*$$

$$E^2(p) - E_0^2 = k \cdot p^2$$

$$E^2 - E_0^2 = k \cdot p^2$$

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

5 Grenzgeschwindigkeit

$$E^2 = E_0^2 + k \cdot p^2 \qquad p = \frac{E}{k} v \longrightarrow E = \frac{k \cdot p}{v}$$

$$\frac{k^2 p^2}{v^2} = E_0 + k \cdot p^2 \qquad v = \frac{k}{\sqrt{\frac{E_0^2}{p^2} + k}} = \frac{k}{\sqrt{\frac{m_0^2 \cdot k^2}{p^2} + k}}$$

Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

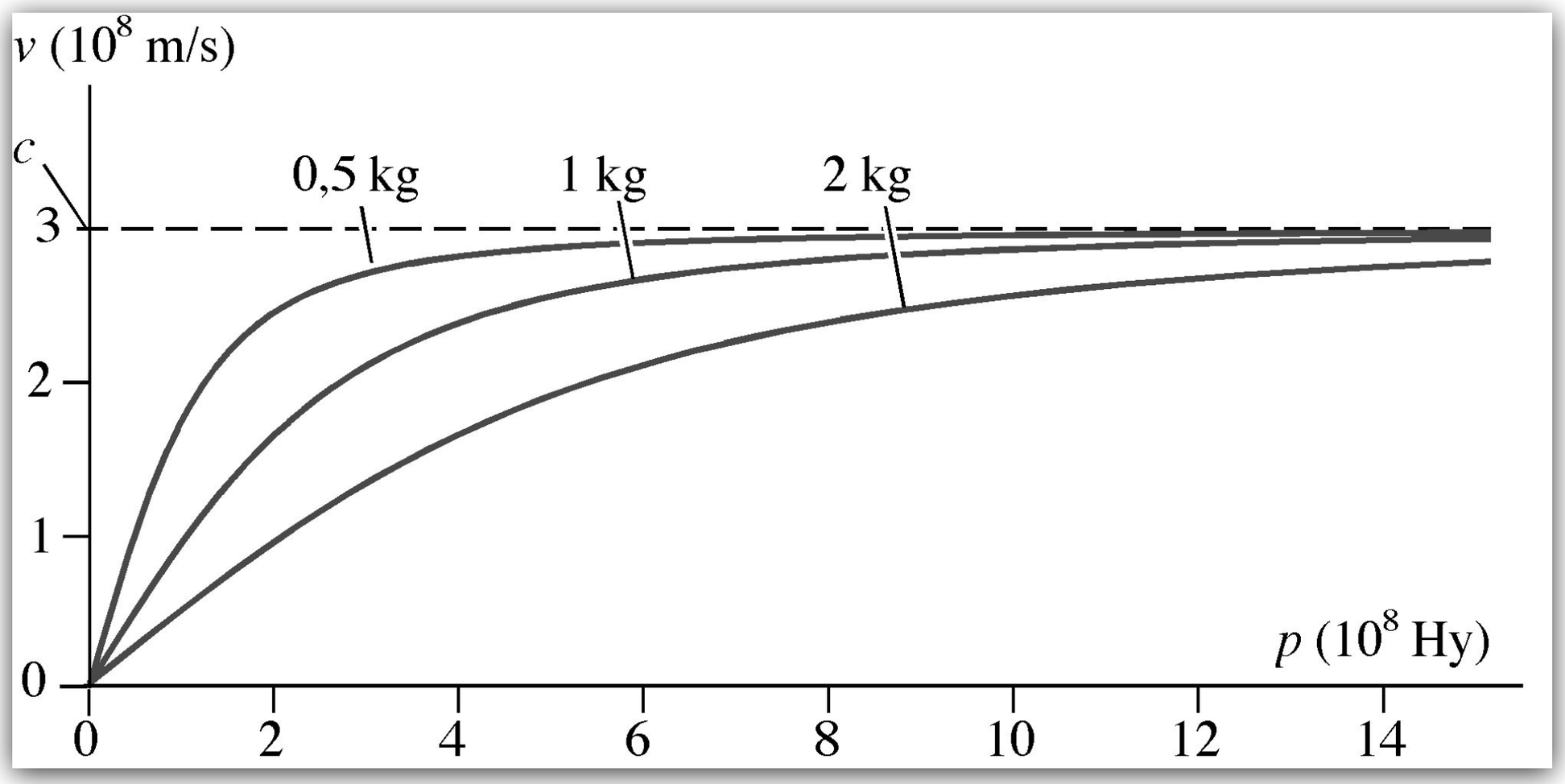
5 Grenzgeschwindigkeit

$$v = \frac{k}{\sqrt{\frac{E_0^2}{p^2} + k}} = \frac{k}{\sqrt{\frac{m_0^2 \cdot k^2}{p^2} + k}}$$

$$p \to \infty$$

$$v \to \sqrt{k} =: c$$

$$v = c \frac{p}{\sqrt{p^2 + c^2 m_0}}$$



Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.

$$dE = v dp$$

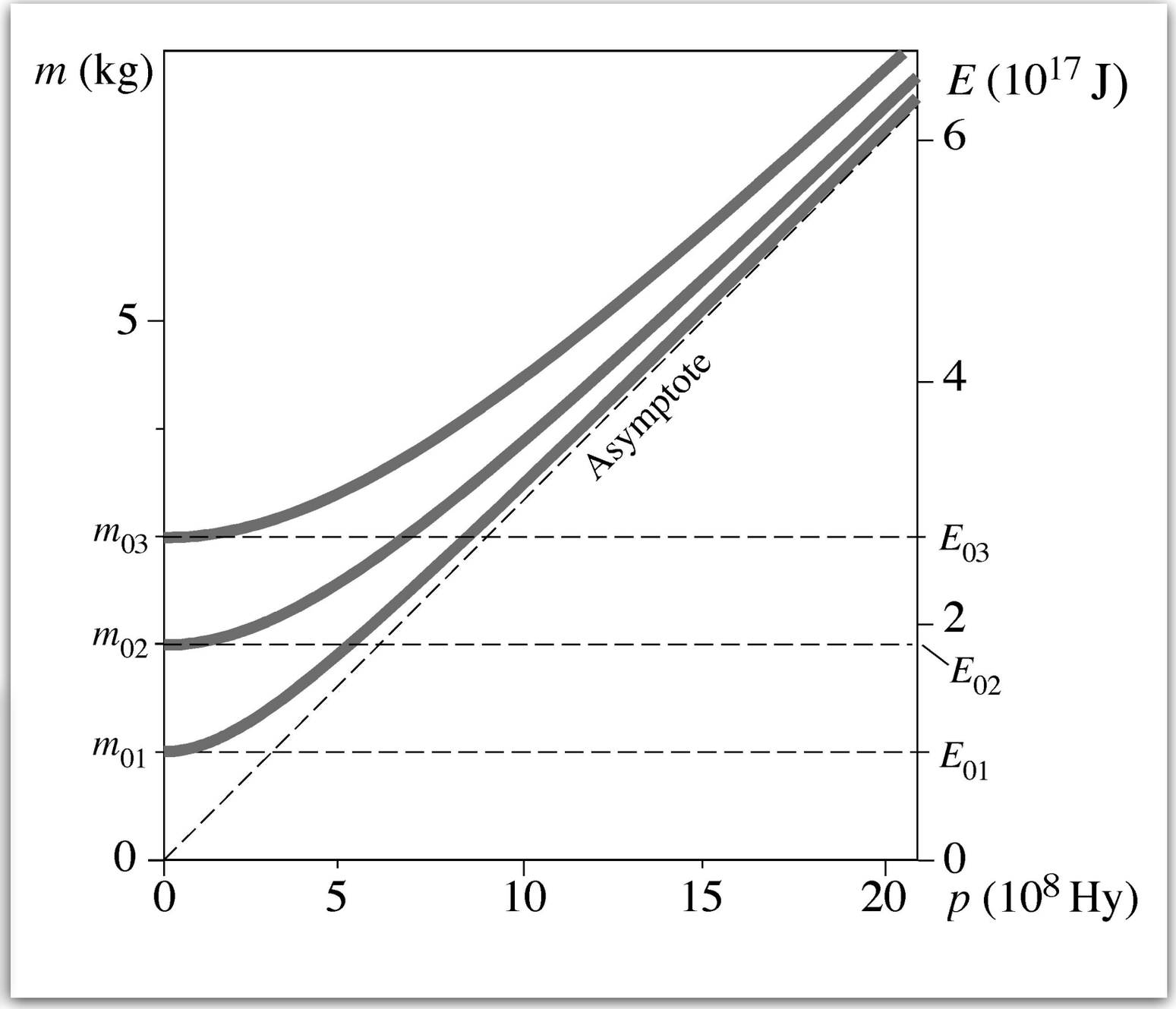
$$v = \frac{dE}{dp}$$

$$E^2 = E_0^2 + k^2 \cdot p^2$$

$$E_0 = 0$$

$$E = c \cdot p$$

Körper mit einer Ruhemasse m_0 = 0 kg bewegen sich immer mit der Grenzgeschwindigkeit c.



Mehr Licht im Physikunterricht 05.09.2017 - Vallendar

Die Rolle des Lichts in der speziellen Relativitätstheorie

1 Einsteins Weg

2 Eine Alternative

3 Masse = Energie

4 Wie hängt die Energie vom Impuls ab?

5 Grenzgeschwindigkeit

6 Körper mit der Ruhenergie 0J.