

Inhalt

Vorwort — V

Teil I: Zeit und Länge ruhender Objekte

- 1 **Raum und Zeit — 3**
 - Homogenität und Isotropie — 3
- 2 **Objekte in Raum und Zeit — 5**
 - Bezugskörper — 5
 - Beobachter — 6
- 3 **Ereignisse — 8**
- 4 **Erfassung des Raums mit Bezugskörpern — 14**
 - Definition des Raums — 14
 - Konstruktion einer Strecke mit Maßstäben — 14
 - Von der Strecke zur Geraden — 18
 - Von der Geraden zur Ebene — 18
 - Von der Strecke zur Länge (Einheitsmaßstab) — 18
 - Von der Streckenlänge zur Kurvenlänge — 19
 - Von der Streckenlänge zum Kreis — 19
 - Vom Kreis zum Winkel — 19
 - Rechtwinklige kartesische Koordinatensysteme des Raums — 20
- 5 **Erfassung der Zeit mit der Lichtuhr — 22**
 - Subjektive Zeit — 22
 - Objektive Zeit: Uhren — 22
 - Lokales Verhalten der Lichtuhr — 24
 - Uhrensynchronisation — 26
- 6 **Raumzeit — 29**
 - Vierdimensionale Koordinatensysteme — 29
- 7 **Geschwindigkeit — 30**
 - Direktvergleich — 30
 - Weg pro Zeit — 31

Teil II: Zeit und Länge bewegter Objekte

- 8 Trägheitsgesetz — 37**
 - Bewegung im Universum — 37
 - Newtons Eimerexperiment — 38
 - Testobjekt an Federn — 39
 - Formulierung des Trägheitsgesetzes — 41

- 9 Inertialsysteme — 42**

- 10 Relativitätsprinzip — 43**
 - Relativitätsprinzip von Galilei — 43
 - Relativitätsprinzip von Einstein — 44

- 11 Überlappung von Inertialsystemen — 46**
 - Notation systembezogener Messungen — 47

- 12 Längenverhalten senkrecht zur Bewegungsrichtung — 50**
 - Bewegung von zwei Kugeln — 50
 - Einschub: Symmetrie und Symmetriebrechung — 51
 - Bewegung eines Maßstabs senkrecht zu seiner Erstreckung — 52

- 13 Unabhängigkeit der Lichtausbreitung von der Lichtquelle — 56**

- 14 Gangzeiten von ruhenden und bewegten Lichtuhren — 58**
 - Lichtuhr senkrecht zur Bewegung — 58
 - γ -Faktor — 62
 - Verallgemeinerung durch das Relativitätsprinzip: Zeitdilatation — 64

- 15 Längenverhalten in Bewegungsrichtung — 66**
 - Lichtuhr parallel zur Bewegung — 66
 - Verallgemeinerung durch das Relativitätsprinzip:
Längenkontraktion — 68

- 16 Zusammenfassung: Effekte bei gleichförmiger Bewegung — 70**

Teil III: Koordinatentransformation zwischen Inertialsystemen

- 17 Problemstellung — 73**
- 18 Herleitung der Lorentz-Transformation — 74**
 - Ursprünge — 74
 - x-Achse — 74
 - y-, z-Achse — 74
 - t-Achse: Beziehung zwischen den Uhren im Ursprung — 77
 - t-Achse: Uhrensynchronisation im bewegten System — 78
 - Zusammenfassung: Lorentz-Transformation — 80
- 19 Exemplarische Raumzeitdiagrammszenarien — 82**
 - Lichtkegel im ruhenden System — 82
 - Achsen des bewegten Koordinatensystems — 83
 - Verschiedene Definitionen der Gleichzeitigkeit — 84
 - Lichtkegel im bewegten System — 84
 - Ruhender und bewegter Würfel — 85
 - Bellsches Raketenparadoxon — 88
- 20 Folgerungen für die Geschwindigkeit von Objekten — 90**
 - Die Lichtgeschwindigkeit c als Obergrenze für Geschwindigkeiten — 90
 - Additionstheorem für Geschwindigkeiten — 90
- 21 Vierervektoren — 92**
- 22 Invarianten — 94**
- 23 Ein Stabilitätsmodell — 97**

Teil IV: Masse und Energie

- 24 Klassischer Massebegriff — 101**
 - Newtons zweites Gesetz $F = m \cdot a$ — 101
 - Stoßvorgänge — 103
 - Impulserhaltungssatz — 104

X — Inhalt

- 25 Relativistischer Massebegriff — 106**
Ruhemasse $m_0 = m(0)$ — **106**
Bewegte Masse $m(u)$ — **106**
- 26 Äquivalenz von Masse und Energie — 110**
Erster Schritt: $E = m \cdot \text{konstant}$ — **110**
Verwandtschaft zur klassischen kinetischen Energie — **113**
Zweiter Schritt: $E = m \cdot c^2$ — **114**
- A Anhang — 117**
Relativistische Masse — **117**
Energie — **118**
- Literatur — 119**
- Stichwortverzeichnis — 121**