

## Inhalt

- 1 Hinweise zum Rahmen des Heftes 12**
- 2 Zum Mechanik-Epochenunterricht der 10. Klasse 14**
  - 2.1 Vorwissen aus den Physikepochen der 7. und 8. Klasse 14
  - 2.2 Zum Kontrast der Physikepochen der 9. und 10. Klasse 14
  - 2.3 Themen und Spezifika der Epoche 18
- 3 Einstieg in die Physikepoche 26**
  - 3.1 Heftführung 26
  - 3.2 Einleitung 26

## Teil I Statik

- 4 Einstiegsversuche Statik 38**
  - 4.1 Zur Rolle leiblichen Lernens bei der Einführung der Kraft 38
  - 4.2 Unterrichtspraktische Hinweise 46
  - 4.3 Weitere Einstiegsversuche 49
  - 4.4 Didaktische Entscheidungen: Einheit Newton und *free-body diagram* 54
- 5 Gleichgewicht dreier Kräfte 58**
  - 5.1 Vom eingebundenen zum abgelösten Versuch 58
  - 5.2 Didaktische Bemerkungen 66
  - 5.3 Übungsaufgaben zum Gleichgewicht dreier Kräfte 66
  - 5.4 Die resultierende Kraft als Perspektivenwechsel 72
- 6 Elastische Verformungen 74**
- 7 Vom Gleichgewicht dreier Kräfte zur Komponentenzerlegung 82**
  - 7.1 Schiefe Ebene 82
  - 7.2 Übungsaufgaben zur schiefen Eben 86
- 8 Fachwerke 88**
  - 8.1 Kräne 88
  - 8.2 Übungsaufgaben zu Kränen 94
  - 8.3 Fachwerkbrücken 96

**9 Der selbsttragende Bogen zwischen Dreiecks- und Rundbogen 112**

**Teil II Kinematik**

**10 Eindimensionale Bewegungen mit konstanter  
Geschwindigkeit und konstanter Beschleunigung 126**

- 10.1 Didaktischer Kontext 126
- 10.2 Einführung der Geschwindigkeit 128
- 10.3 Einführung der Beschleunigung 138
- 10.4 Übungsaufgaben zur Geschwindigkeit und Beschleunigung 140

**11 Der freie Fall und das Fallgesetz 148**

- 11.1 Didaktisches Anliegen 148
- 11.2 Vorschläge für den Unterrichtsgang 150
- 11.3 Übungsaufgaben zum freien Fall 172
- 11.4 Üben im Unterricht 174
- 11.5 Exkurs I: Gehen als Resonanzbeziehung zur Erde 176
- 11.6 Exkurs II: Die Gravitationswechselwirkung  
im Kontext der Aggregatzustände 184

**12 Überlagerung von Bewegungen – waagrecht und schräger Wurf 188**

- 12.1 Didaktische Zwischenbilanz 188
- 12.2 Waagrecht Wurf 190
- 12.3 Schräger Wurf 194

**Teil III Dynamik**

**13 Einführung der Newton'schen Axiome 202**

- 13.1 Vorbemerkung zum Epochengang 202
- 13.2 Didaktische Vorbemerkung 202
- 13.3 Thematisierung des zweiten Newton'schen Axioms 206
- 13.4 Einführung der Gewichtskraft 212
- 13.5 Zusammenfassung: die Newton'schen Axiome 216
- 13.6 Übungsaufgaben 218

**14 Einführung der Energie 220**

14.1 Einführung der Arbeit 220

14.2 Einführung der potenziellen und kinetischen Energie 220

14.3 Übungsaufgaben 232

14.4 Ausblick: Definition der Leistung 234

**Teil IV Anhang**

**15 Zum Kraftbegriff 238**

15.1 Thematisierung des Kraftbegriffs im Umfeld der ersten Waldorfschule 238

15.2 Steiners Kraftbegriff in seinem Kommentar  
zu Goethes Naturwissenschaftlichen Schriften 240

**16 Vorschlag für eine Epochengliederung 244**

**17 Hinweise 248**

17.1 Hinweise zu den verwendeten Lehrmitteln 248

17.2 Vorlage Gefährdungsbeurteilung 250

**18 Literatur 254**

## Content

- 1 Notes on the structure of the booklet 13**
- 2 Regarding the mechanics main lesson of the 10th grade 15**
  - 2.1 Previous knowledge from the physics main lessons of the 7th and 8th classes 15
  - 2.2 Comparison of the physics main lessons of the 9th and 10th classes 15
  - 2.3 Themes and concrete details of the main lesson 19
- 3 Getting started with the physics main lesson 27**
  - 3.1 Remarks on the main lesson book 27
  - 3.2 Introduction 27

## Part I Statics

- 4 Beginning experiments in statics 39**
  - 4.1 The role of physical learning in introducing statics 39
  - 4.2 Practical tips for teaching 47
  - 4.3 Further introductory experiments 49
  - 4.4 Didactic decisions: The unit *newton* and the *free-body diagram* 55
- 5 Balance of three forces 59**
  - 5.1 From immersed to detached experimentation 59
  - 5.2 Didactic remarks 67
  - 5.3 Exercises on the balance of three forces 67
  - 5.4 The resultant force as a change of perspective 73
- 6 Elastic deformations 75**
- 7 From the equilibrium of three forces to decomposing into components 83**
  - 7.1 The inclined plane 83
  - 7.2 Exercises on the inclined plane 87
- 8 Trusses 89**
  - 8.1 Cranes 89

8.2 Exercises on cranes 95

8.3 Timbered bridges 97

## 9 The self-supporting arch between triangular and round arch 113

### Part II Kinematics

## 10 One-dimensional motions with constant velocity and constant acceleration 127

10.1 Didactic context 127

10.2 Introduction to velocity 129

10.3 Introduction to acceleration 139

10.4 Exercises on velocity and acceleration 141

## 11 Free fall and the law of falling bodies 149

11.1 Didactic remarks 149

11.2 Suggestions for the course of instruction 151

11.3 Exercises for free fall 173

11.4 Practice in class 175

11.5 Excursion I: Walking as a resonant relationship with the earth 177

11.6 Excursion II: The gravitational interaction in the context of states of matter 185

## 12 Superposition of movements – horizontal and slanted throwing 189

12.1 Didactic review 189

12.2 Horizontal throw 191

12.3 Slanted throw 195

### Part III Dynamics

## 13 Introduction to Newton's laws 203

13.1 Dependencies on the foregoing 203

13.2 Didactic preliminaries 203

13.3 Newton's Second Law 207

13.4 Introduction to gravitational force 213

13.5 Summary: Newton's laws 217

13.6 Exercises 219

**14 Introduction to energy 221**

14.1 Introduction to work 221

14.2 Introduction to potential and kinetic energy 221

14.3 Exercises 231

14.4 Outlook: Definition of power 235

**Part IV Appendix**

**15 The concept of force 239**

15.1 Discussion of the concept of force in the context  
of the first Waldorf school 239

15.2 Steiner's concept of force in his commentary on  
Goethe's scientific writings 241

**16 Proposal for organization of the main lesson 246**

**17 Notes 248**

17.1 Information on the teaching materials used 248

17.2 Template for risk assessment 252

**18 Bibliography 254**