

ELEMENTÆR FYSIK FOR GYMNASIET

2

mekanik

bølgelære

relativitetsteori

fysiske øvelser

Ole Witt-Hansen

INDHOLDSFORTEGNELSE

- KAP. I KINEMATIK
1. RETLINET BEVÆGELSE, 1
 2. HASTIGHEDEN SOM DIFFERENTIALKVOTIENT, 3
 3. EKSEMPLER PÅ BEREKNING AF MOMENTANHASTIGHED, 5
 4. ACCELERATION SOM DIFFERENTIALKVOTIENT, 8
 5. INTEGRATION AF BEVÆGELSESLIGNINGERNE, 10
 6. GEOMETRISK FORTOLKNING AF INTEGRALET, 14
- KAP. II PLAN BEVÆGELSE AF EN PARTIKEL
1. BEVÆGELSE I PLANEN, VEKTORFUNKTION, 17
 2. HASTIGHED OG FART I DEN PLANE BEVÆGELSE, 18
 3. ACCELERATION I DEN PLANE BEVÆGELSE, 20
 4. KRAFT OG EFFEKT, 23
 5. SIMPLE PLANE BEVÆGELSER, VANDRET OG SKRÅT KAST, 24
 6. JÆVN CIRKELBEVÆGELSE, 29
 7. HASTIGHED OG ACCELERATION I DEN JÆVNE CIRKELBEVÆGELSE, 31
 8. EKSEMPLER PÅ JÆVN CIRKELBEVÆGELSE, 24
 9. UJÆVN CIRKELBEVÆGELSE, HASTIGHED OG ACCELERATION VED DIFFERENTIATION, 38
- KAP. III GRAVITATIONSKRÆFTER
1. KEPLERS LOVE, 41
 2. NEWTONS GRAVITATIONSLOV, 43
 3. EKSEMPLER PÅ ANVENDELSE AF GRAVITATIONSLOVEN, 47
 4. SATELLITBEVÆGELSE OM JORDEN, 50
- KAP. IV HARMONISKE SVINGNINGER
1. HARMONISK BEVÆGELSE, 53
 2. HOOKES LOV, HARMONISK OSCILLATOR, 55
 3. DIFFERENTIALLIGNING FOR DEN HARMONISKE SVINGNING, 59
 4. EKSEMPLER PÅ HARMONISK SVINGNING, 60

- KAP. V BØLGELÆRE
1. MODEL AF EN MEKANISK BØLGE, 63
 2. LONGITUDINAL- OG TRANSVERSALBØLGER, 65
 3. HARMONISK BØLGE I EN DIMENSION, 68
 4. GENERELT UDTRYK FOR EN BØLGE ELLER PULS, 70
 5. INTERFERENS OG SUPERPOSITIONSPRINCIP, 71
 6. STÅENDE BØLGER, 73
 7. EN STÅENDE BØLGE MED KNUDER I ENDEPUNKTERNE, 75
 8. REFLEKSION AF EN BØLGE, 78
 9. LYDBØLGER, 81
 10. INTERFERENS MED LYDBØLGER, STØDFREKVENNS, 83
 11. RUMLIGE BØLGER, BØLGEFRONT, 85.
 12. HUYGENS PRINCIP, 86
 13. EN PLAN BØLGES REFLEKSION OG BRYDNING, 87
 14. INTERFERENS MELLEM TO PUNKTFORMIGE BØLGE GIVERE, 91
 15. LYSETS INTERFERENS, YOUNGS FORSØG, 93
 16. GITTER, 94
 17. DOPPLER-EFFEKT, 95
- KAP. VI DYNAMIK
1. BEVÆGELSE I PLANEN OG I RUMMET, 97
 2. ARBEJDE, 98
 3. ARBEJDE VED EN KRUM BEVÆGELSE, 99
 4. KRAFTENS EFFEKT, ARBEJDS SÆTNINGEN, 100
 5. KONSERVATIVE KRAFTFELTER OG POTENTIEL ENERGI, 101
 6. DEN POTENTIELLE ENERGI I TYNGDEFELTET, 103
 7. ENERGIBEVARSELSE I ET KONSERVATIVT KRAFTFELT, 104
 8. ENERGIBEVARSELSE I JORDENS TYNGDEFELT, 105
- KAP. VII PARTIKELSYSTEMERS DYNAMIK
1. SYSTEM AF PARTIKLER, MASSEMIDTPUNKT, 107
 2. KRAFT OG IMPULS, 109
 3. IMPULSSÆTNINGEN FOR ET SYSTEM AF PARTIKLER, RAKETFREMDRIFT, 112

KAP. VIII KRAFTMOMENT OG IMPULSMOMENT

1. KRYDSPRODUKT AF TO VEKTORER, 116
2. KRAFTMOMENT, 117
3. IMPULSMOMENT, KRAFTMOMENTSÆTNINGEN FOR EN PARTIKEL, 120
4. AREALHASTIGHED, KEPLERS 2. LOV, 121
5. KRAFT- OG IMPULSMOMENT FOR ET SYSTEM AF PARTIKLER, 122

KAP. IX ROTATION

1. KRAFTMOMENT OG IMPULSMOMENT MED HENSYN TIL EN ROTATIONSÅKSE, 125
2. ROTATION OM EN FAST ÅKSE, INERTIMOMENT, 126
3. ROTATIONSENERGI, BEREKNING AF INERTIMOMENTER, 128
4. SÆTNINGER VEDRØRENDE BEREKNING AF MASSEMIDTPUNKT, STEINERS SÆTNING, KØNIGS SÆTNING, 131
5. TYNGDEPUNKT LIG MED MASSEMIDTPUNKT, 135
6. FYSISK PENDUL, 136

KAP. X RELATIVITETSTEORI

1. BESTEMMELSE AF LYSETS UDBREDELSESHASTIGHED, 140
2. GALILEI-TRANSFORMATIONEN, 142
3. RELATIVITETSPRINCIPPET OG LYSHASTIGHEDENS INVARIANS, 146
4. MICHELSON-MORLEY FORSØGET, 147
5. RELATIVITETSTEORIENS GRUNDLAG, EINSTEINS TOG, 150
6. LØRENTZ-TRANSFORMATIONEN, 153
7. KONSEKVENSER AF LØRENTZ-TRANSFORMATIONEN, 155
8. TRANSFORMATION AF HASTIGHEDER, 160
9. RELATIVISTISK MEKANIK, 163
10. RETLINET BEVÆGELSE I KONSTANT KRAFTFELT, 167
11. ÆKVIVALENSEN MELLEM MASSE OG ENERGI, 169
12. RELATIVISTISK DOPPLER-EFFEKT, 174
13. VIDNESBYRD OM RELATIVITETSTEORIENS GYLDIGHED, 175

- KAP. XI FYSISKE ØVELSER
- 20. JÆVN CIRKELBEVÆGELSE. 177
 - 21. ANVENDELSE AF IMPULSSÆTNINGEN TIL BESTEMMELSE AF HASTIGHEDEN FOR EN PIL. 180
 - 22. SKRÅT ELASTISK STØD. 183
 - 23. EDB-BESTEMMELSE AF SATELLITBANER. 185
 - 24. HARMONISKE SVINGNINGER. 192
 - 25. ELASTISKE TRANSVERSALBØLGER. 195
 - 26. LYDENS HASTIGHED I GASSER. 199
 - 27. MATEMATISK PENDUL. 203
 - 28. DYNAMISK OG GEOMETRISK BESTEMMELSE AF ET LEGEMES INERTIMOMENT. 207
 - 29. TORSIONSSVINGNINGER. 209
 - 30. GALILEI'S FALDRENDE. 212

Stikordsregister

STIKORDSREGISTER

Acceleration 9
 - i cirkelbev. 32, 38
accelerationsvektor 21
addition af hastigheder 181
afledet funktion 4
amplitude 53
amplitudens tidsafhængighed 205
arbejde 98 ff
arbejdsæmning 100
arealhastighed 42, 121
Aræmpulsmoment 120
begivenhed 142
begyndelsesfase 53
berægning af inertimomenter 139
bestemt integral 13
bevægelse i planen 17 ff
bevægelse med konstant acceleration 18, 25
bevægelsesmængde-impuls-
brahe Tycho 41
brydning 88
brydningsforhold 89
brydningsloven 89
brydningsvinkel 89
bug (stående bølge) 73
bøjning 86
bølgefront 85
bølge, harmonisk 68
bølglængde 69
bølge, mekanisk 63
bølge, plan harmonisk 85
bølge, stående 73
bølgetallet 69
bølgetalsvektor 65
Cavendish forsøg 46
centralbevægelse 50
centrallegeme 50
centripetalacceleration 21, 32
centripetalkraft 24, 33
cirkelbevægelse 29
cirkelbev., jævn 30 ff
cirkelbev. ujævn 38 ff
cyklisk frekvens 53

Destruktiv interferens 92, 93
differentialkvotient 4
differentialligning-
for harmonisk sv. 59
for dampet sv. 205
for satellitbev. 185
differentiation 4
diffraction 88
dimensionsbetragtning 198
direktionsmoment 209
distributiv Lov 116
dobb. Log. papir 197
Doppler-effekt 95
 -relativistisk 174
drejningsmoment 117
dynamisk bestemmelse af inertimoment 207
dæmpet svingning 205
Eccentricitet 42
EDB-bestemmelse af satellitbaner 186
effekt 23, 100
egenfrekvenser 77
egensvingning 75 ff
Einsteins tog 150
ekliptika 43
elastiske kræfter 55
elastisk potentiel energi 58, 99
elastisk stød 113
elastiske transversalbølger 196
elementarbølger 88
ellipse 42
ellipsebevægelse 42, 51, 190
elongation 68
energiebevarelse
 - i harmonisk sv. 58
 - i konservativt kraftfelt 104 ff
 - i skråt kast 28
 - i tyngdefeltet 105
 - i vandret kast 26
energi, potentiel 101
energi, relativistisk 169 ff

energi, rotations 128 ff
Fart i cirkelbevægelse 31
Fart i plan bevægelse 19
fase 30, 53
fasehastighed 64
feltkraft 100
Fizeau 141
fjederkonstant 58
 -bestemmelse af 192
fjederkraft 56
forminvariant Love 144, 148
Foucault 141
frekvens 31
fysisk pendul 136, 207
Galilei's faldrende 212
Galilei-transformationen 142 ff
geocentriske opfattelse af integralet 14
gitter 94
gitterkonstant 95
gitterligning 94
griðningskræfter 105
gravitationskonstant 46
gravitationskræfter 41 ff
gravitationslov 45
grænseværdibegreb 3
Harmonisk bevægelse 53
harmonisk bølge 68, 66
harmonisk oscillator 66 ff
harmonisk svingning 53 ff
 - øvelse 192
hastighed 4
 -af en pil (øvelse) 192
 -i jævn cirkelbev. 31
 - harmonisk svingning 54
hastighedsvektor 18
heliocentriske opfattelse 41
homogent kraftfelt 101
Hookees Lov 55
Huygens princip 86
hvileenergi 172
hvilelængde 155
hvilemasse 165
hyperbel 92
hyperbelbevægelse 51

hældningskoefficient 3
højreskrue 116
ideale fjeder 56
ikke konservativ kraft 105
impuls 108 ff
impulsmoment 120
impulsmomentbevarelse 121, 124
impuls, relativistisk 186
impulsætning for et system af partikler 112
indfaldsloð 88
indre kræfter 110
inertialsystem 142
inertimoment 128 ff
integralregning 11 ff
interferens 71 ff
 -med lydølger 83
Jordens masse 47
Jævn cirkelbevægelse 29
Jævn bevægelse 24
Kasteparabel 27
kastevide 28
Keplers Lov 41
kinematik 1
kinetisk energi 105
kinematisk 172
knude 75
koherente bølgegrupper 93
konisk pendul 33
 -øvelse med 178
konsekvens af Lorentz-transformationen 155
konservativt kraftfelt 101
konstruktiv interferens 92
kontinuerlig funktion 7
koordinatsystem i rummet 97
kraftmoment 117 ff
 -med hensyn til en akse 97
kraftmomentsætning 121
kraftmomentsætning for et system af partikler 122
krydsprodukt 116
Kunøts rør 200
Kønigs sætning 133
Ligevægtsbetængelse 118
Longitudinalbølge 66
Lorentz-transformation 153 ff
Lydbølge 81
Lydens hastighed 82
 - i gasser (øv) 189
lysets bølglængde 94
lysets hastighed 140
lysets interferens 93
lyshastighedens invarians 146
Massemidtpunkt 107
massemidtpunktpartikel 111
massemidtpunktsætning 111
masse, relativistisk 165
masse tilregning 44
matematisk pendul 62
 - øvelse med 203
Maxwell-ligningene 146
mekaniske bølger 63
Michelson-Morley forsøg 147
model af mekanisk bølge 63
momentumacceleration 8
momentanhastighed 4
månens omløbstid 48
Newtons 2. lov 9
 -for et partikelsystem 111
Newtons gravitationslov 45
numerisk integration 185
Omløbstid 30
 -med hensyn til en akse 97
overtone 76
Parabelbevægelse 51
pendul, fysisk 136
pendul, matematisk 62
pendul, torsions 209
perturbationer 109
planeterne 43
potentiel energi 101
 - i tyngdefeltet 103
Q-værdi 113
Raketfremdrift 114
randbetængelse 76
refleksion af bølge 78, 87
refleksionslov 88
refleksionsvinkel 88
relativ hastighed 134
relativistisk
 -addition af hastigheder 161
 -Doppler effekt 174
 -energi 172
 -formulering af Newtons 2. lov 166
 -impuls 166
 -masse 165
 -mekanik 163 ff
 -neonens 77
 -rotation 128 ff
 -rotationsenergi 128
 -Rømer, Ole 140
Sammensat legemes bevægelse 107
satellitbevægelse 50
sekant 5
skråt elastisk stød 183
snovagt 47
stømfunktion 11
Steiners sætning 132
stift legeme 107
stighøjde 27
stødfrekvens 83
stående bølger 73
superpositionsprincip 71
svingningstid 53
Tangent 5, 19
tangentialacceleration 11

tangentialkraft 24
tidens relativitet 152
tidsforlængelse 157
torsionspendul 209
torsionsvingninger 209
totalrefleksion 90
translation 1, 107
transversalbølge 65
tvillingeparadox 158
tyngdefelt 103
tyngden på månen 49
tyngdepunkt 135
Uelastisk stød 113
udbredelsehastighed for bølger 64
 -Longitudinalbølgers 66
 -Lydens 82
 -transversalbølgers 195
undvigelsesfart 106
urelativistisk grænse 172
Vandbølger 63
vektorfunktion 17
vektorprodukt 116
vinkelhastighed 30
Yåre kræfter 110
Youngs forsøg 93
Youngs modul 53
yo-yo 139
Ækvivalens mellem masse og energi 169
æterhypotesen 146

Rettelser til Elementær Fysik 2

RETTELSESR TIL TRYKFEJL I ELEMENTÆR FYSIK 2

I Elementær Fysik 2 optræder der desværre enkelte meningsforstyrrende trykfejl. Hermed følger en rettellesliste.

side 19: lige under (2.5): "At (2.4) er" rettes til "At (2.5) er"

side 27: Næstsidste linie: " $v_0 \sin \omega t - gt = 0$ " rettes til " $v_0 \sin \alpha - gt = 0$ "

side 42: Sidste linie: " $e^2 = 1 - a^2/b^2$ " rettes til " $e^2 = 1 - b^2/a^2$ "

side 45: I ligning (2.5) den midterste ligning rettes m_p til m_s på højre side af lighedstegnet.

side 49: I eksempel 3.3 er ligningen efter $F_c = F_G$ ikke forkert, men den er lettere at forstå, hvis den skrives som:

$$M_j \left(\frac{2\pi}{T_j} \right)^2 a_j = G \frac{M_j M_s}{a_j^2}$$

side 55: Nederst: Relationerne ($F \sim L$) og ($F \sim \frac{1}{R}$) rettes begge til ($x \sim L$) og ($x \sim \frac{1}{A}$)

side 71: Nederst i (5.1) rettes " $f_2(t - \frac{x}{v})$ " til " $f_2(t + \frac{x}{v})$ "

side 76: Øverst i (7.3) rettes $\frac{2\pi}{\lambda}$ til $\frac{2\pi}{\lambda} \cdot a$

side 81: Næstsidste linie: "i bevægelsesbugen altså trykknude" rettes til "i bevægelsesknuden altså trykbug".

side 85: Linie 16: $\vec{x} = (x_1, x_2)$ rettes til $\vec{x} = (x, y)$

side 89: Betegnelserne for punkterne P, Q, R og S mangler på figuren, men deres betydning skulle fremgå af teksten nedenfor.

side 102: I (5.1.1) $\int_{(1)}^{(2)} -mgy \, dy$ rettes til $\int_{(1)}^{(2)} -mg \, dy$

side 113: $Q = -E_{kin}$ rettes til $Q = \Delta E_{kin}$

side 119: I 1. linie: "Kraftens arm" rettes til "kraftmomenterne"

side 122: 4. sidste linie: "impulssætningen" rettes til "impulsmomentsætningen"

side 122: 3. linie: Det sidste udtryk afsluttes med et numerisk tegn.

side 131: 5. linie: " $y^2 = x(2x - r)$ " rettes til " $y^2 = x(2r - x)$ " De øvrige steder, hvor udtrykket optræder er det korrekt.

side 134: 4. sidste linie: hvor $_$ er den øjeblikkelige... rettes til hvor ω er den øjeblikkelige...

side 138: I udtrykket for I mangler der et π i nævneren begge steder.