

Innhold

Forord	17
Forfatterens forord	19
Kapittel 1	
Det første vitenskapelige verdensbildet	21
1.1 Fra mytologi til kosmologi	21
1.2 Fysikkens språk er matematikk	22
1.3 Hvilken form har jorda, og hvor stor er den?	23
Eratosthenes' oppmåling av jordas omkrets	23
Aristarkos måler avstander i universet	25
1.4 Er jorda eller sola i ro i universets sentrum?	26
Manglende stjerneparallakse	26
Tre prinsipper for verden	27
Aristarkos' heliosentriske verdensbilde	28
1.5 Stjernenes, solas, månens og planetenes bevegelser sett fra jorda	28
Fiksstjernenes bevegelse sett fra jorda	29
Solas daglige og årlige bevegelse sett fra jorda	29
Planetenes bevegelser sett fra jorda	30
1.6 Aristoteles' bevegelseslære – naturlige og tvungne bevegelser	31
Tvungen bevegelse krever en ytre kraft	32
1.7 Et viktig mellomspill i middelalderen	33
1.8 Oppgaver	34
Kapittel 2	
Den kopernikanske revolusjonen	35
2.1 Kopernikus setter sola i sentrum	35
Den lille kommentar	36
Forklaringen på planetenes «sløyfebevegelse» er jordas bevegelse	38

2.2	Kopernikus' vei til verket Om himmelfærenes rotasjoner	38
	Kirkens menn heier på Kopernikus.	39
	Mottakelsen av det heliosentriske systemet	41
2.3	Tycho Brahe måler opp himmelen på nytt	41
	Det tychoniske verdensbildet – et kompromiss	42
2.4	Kepler oppdager at planetenes baner likevel ikke er sirkler	44
	Prinsippet for de regulære mangekantene	44
	Keplers 2. og 1. lov.....	45
	Keplers 3. lov.....	46
2.5	Oppgaver	48
Kapittel 3		
	Galileos kamp mot det aristoteliske verdensbildet	49
3.1	Galileo ser verden i kikkerten	49
	Månen har fjell og daler, og Jupiter har mange måner.....	51
3.2	Det kreves bevis for jordas rotasjon	52
3.3	Galileos treghetslov – jevn fart trenger ingen kraft	52
3.4	Tyngdeakslerasjonen er konstant	55
3.5	Oppgaver	56
Kapittel 4		
	Matematisk beskrivelse av bevegelser	57
4.1	Forflytning og fart	57
	Forflytning.....	57
	Gjennomsnittsfart.....	59
	Konstant fart.....	61
	Momentanfart	63
4.2	Akselerasjon	63
	Gjennomsnittsakselasjon	64
	Konstant akselerasjon	67
4.3	Fire likninger for bevegelser med konstant akselerasjon	68
	Merton-matematikernes utledning av fire bevegelseslikninger.....	71
4.4	Galileo bruker likningene til å beskrive fritt fall	73
4.5	Galileos relativitetsprinsipp og transformasjonslikninger	79
	Treghetssystemer.....	80
	Likninger som oversetter bevegelser mellom treghetssystemer.....	81
4.6	Oppgaver	83
Kapittel 5		
	Skrått kast	85
5.1	Uavhengighetsprinsippet og treghetsloven	85
5.2	Skrått kast – fritt fall i vertikal og horisontal retning	88
	Horisontal utgangsfart	88
	Skrå utgangsfart.....	92
5.3	Oppgaver	97

Kapittel 6

Newton forklarer bevegelser i hele verden	99
6.1 Annus mirabilis – 1665–1666.....	99
Sentripetalakselerasjonen – akselerasjonen inn mot sirkelens sentrum	100
Hovedtrekkene i Newtons utledning av uttrykket for sentripetalakselerasjonen ..	102
Newton beregner månens sentripetalakselerasjon mot jordas sentrum	102
Sentripetalakselerasjonen ved jordas ekvator.....	103
6.2 Hvilken kraft holder månen i sin bane rundt jorda	104
6.3 Newtons bevegelseslover.....	106
Hvilken kraft holder planetene i sine baner, Newton?.....	107
Newtons tre bevegelseslover	108
Newtons 1. lov – treghetsloven	108
Newtons 2. lov – kraft, masse og akselerasjon	110
Tyngdekraften og sentripetalkraften.....	112
Newtons 3. lov – kraft er en vekselvirkning mellom to legemer.....	112
6.4 Hovedtrekkene i Newtons utledning av gravitasjonsloven.....	114
Noen konsekvenser av gravitasjonsloven	116
Keplers 3. lov blir en naturlov	116
Sol–jord–måne	117
Halley's komet	117
Jordas form.....	117
6.5 Gravitasjonslovens mottakelse	118
6.6 Oppgaver.....	119

Kapittel 7

Anvendelser av Newtons lover.....	121
7.1 ΣF – hvordan summere krefter?	121
7.2 Tyngdekraft og normalkraft	122
To teknikker i vertikal sats.....	126
7.3 Å dekomponere en kraft.....	135
7.4 Normalkraft og tyngdekraft på skråplan	137
7.5 Kinetisk og statisk friksjon	139
Statisk friksjon.....	140
Friksjonskoeffisienter	140
Snordraget.....	145
7.6 Luftmotstand.....	146
7.7 Sentripetalkraft.....	149
7.8 Oppgaver.....	154

Kapittel 8

Kraftstøt og bevegelsesmengde	157
8.1 Kraftstøt og forandring i bevegelsesmengde.....	157
Betydningen av tiden for forandring i farten.....	158
Kraftstøt og bevegelsesmengde	158

8.2	Kortvarige sammenstøt	160
	Rettlinjet støt	160
	Skjevt støt.....	163
8.3	Loven om bevaring av bevegelsesmengde	168
	Støt der legemene hefter seg sammen.....	171
	Når bevegelsesmengden før støtet er null.....	171
	Bevaring av bevegelsesmengde i et skjevt støt	174
8.4	Oppgaver	176
Kapittel 9		
Arbeid, kinetisk og potensiell energi		179
9.1	Arbeid i fysikken	179
9.2	Totalt arbeid er lik forandring i kinetisk energi	183
	Noen krefter utfører ikke arbeid og endrer derfor ikke legemets kinetiske energi	184
9.3	Tyngdekraftens arbeid	186
	Tyngdekraftens arbeid og kinetisk energi.....	187
9.4	Arbeid utført av krefter i vertikal retning	196
9.5	Fjærkraftens arbeid	198
9.6	Tyngdekraftens arbeid og potensiell energi	204
	Elastisk potensiell energi.....	207
9.7	Effekt	207
9.8	Oppgaver	208
Kapittel 10		
Kraftmoment og likevekt		211
10.1	Tyngdepunkt og støtteflate	211
	Tyngdepunktet til noen symmetriske legemer.....	214
10.2	Likevekt	214
10.3	Kraftmoment – kraftens evne til å sette et legeme i rotasjon	216
	Likningene for likevekt	218
	Musklers kraftmomenter om ledd i kroppen.....	222
10.4	Oppgaver	228
Kapittel 11		
Rotasjon		231
11.1	Vinkelforandring	231
	Grader og radianer.....	232
11.2	Vinkelfart	233
	Vinkelfart og fart	234
	Sentripetalakselerasjon	237
11.3	Vinkelakselerasjon	238
	Vinkelakselerasjon og akselerasjon	238

11.4	Newton's 2. lov for rotasjon	239
	Trehetsmomentet om en akse.....	239
	Trehetsmoment til noen legemer	240
	Anvendelser av Newton's 2. lov for rotasjon	242
	Fysisk pendel	245
11.5	Spinnbevaring.....	248
	Delspinn kan utlikne hverandre.....	251
11.6	Oppgaver.....	252

Kapittel 12

	Periodiske bevegelser.....	253
12.1	Periodisk bevegelse.....	253
12.2	Amplitude, periode og frekvens til en svingende fjær.....	255
	Amplitude	255
12.3	Kraft, akselerasjon og fart	259
12.4	Fjærer er harmoniske oscillatorer.....	261
	Vertikal harmonisk oscillator.....	262
12.5	Pendelsvingninger.....	264
12.6	Bølger	267
12.7	Stående bølger – et resultat av bølger som overlapper.....	270
12.8	Lydbølger – effekt og intensitet	271
	Bølgens intensitet avtar med kvadratet av avstanden fra kilden.....	272
12.9	Doppler-effekt – relativ frekvens og bølgelengde	274
12.10	Oppgaver.....	277

Kapittel 13

	Stoffer i fast-, væske- og gassform.....	279
13.1	Massetetthet.....	279
13.2	Egenskaper til stoffer i fast form	282
	Termisk ekspansjon	282
13.3	Egenskaper til stoffer i væskeform.....	285
	Overflatespenning	285
	Termisk ekspansjon	286
13.4	Egenskaper til stoffer i gassform.....	287
	Atmosfæren – luftlaget som omgir jorda.....	287
13.5	Trykk i fluider i likevekt	288
13.6	Atmosfæretrykket ved havoverflaten og høyere opp	289
	Overtrykk	291
13.7	Trykk i væsker	292
	Måling av trykk	296
13.8	Pascals lov – trykket på overflaten transporteres til hele væsken.....	298
	Anvendelser av Pascals lov.....	298
	Barometer og manometer måler trykk	302

13.9	Oppdrift – Arkimedes' prinsipp	304
	Oppdriften – når trykket er større på undersiden enn på oversiden	304
	Oppdrift kan brukes til å bestemme tettheten til en ukjent væske.....	308
	Arkimedes og kongens krone	310
13.10	Oppgaver	311

Kapittel 14

Fluidier i flyt		313
14.1	Strømlinjet flyt – partiklene følger strømlinjer.....	313
14.2	Masseflyten er konstant	314
14.3	Trykkforskjell gir kraft	318
	Hvordan måle farten til en væske i et rør?	319
	Noen hverdagserfaringer som Bernoullis likning kan forklare.....	322
14.4	Bernoullis likning	324
14.5	Oppgaver	326

Kapittel 15

Elektrisitet og (litt) magnetisme		329
15.1	Ladninger tiltrekker og frastøter hverandre.....	329
	Ladninger forsvinner ikke – de flytter bare på seg	331
15.2	En moderne modell for elektrifisering.....	331
15.3	Elektrifisering ved kontakt, induksjon og polarisasjon	332
	Kontakt	332
	Induksjon	333
	Polarisasjon	333
	Elektroskopet – instrumentet som kan bestemme fortegnet til ladningen	334
15.4	Coulombs lov – elektrisitetens gravitasjonslov	335
	Platekondensator – motsatt ladde metallplater	338
15.5	Elektriske feltlinjer og feltstyrke	340
	Kraft og akselerasjon mellom kondensatorplater	346
15.6	Arbeid, potensiell energi og potensial	348
	Elektrisk arbeid og forandring i kinetisk energi	351
	Potensiell energi omkring en ladning.....	352
15.7	Ekvipotensialflater	356
	Kapasitans	356
15.8	Kort om magnetisme og magnetiske feltlinjer.....	357
15.9	Oppgaver	359

Kapittel 16

Elektrisk strøm – elektroner i bevegelse		361
16.1	Elektroner flyter i metaller.....	361
16.2	Elektronstrøm	363
16.3	Ladningsstrøm – eller bare strøm.....	366
16.4	Batteriet er energikilden	369
16.5	Resistivitet og resistans.....	371

16.6	Spenning, resistans og strøm	373
	Kretsdiagram	374
16.7	Elektrisk effekt	375
16.8	Oppgaver	376
Kapittel 17		
	Elektriske strømkretser	379
17.1	Ekvivalentresistans og strøm i en seriekobling	379
	Amperemeter – strømmåler	382
17.2	Batteriers indre resistans	383
17.3	Ekvivalentresistans og strøm i en parallellkobling	385
17.4	Kretser med både serie- og parallellkoblinger	390
	Voltmeter	396
17.5	Kretser med batterier i serie og parallell	397
17.6	Oppgaver	399
Kapittel 18		
	Refleksjon og speilbilder	401
18.1	Refleksjonsloven	401
18.2	Refleksjonsloven og enkelhetsprinsippet	405
	Herons metode anvendes til å bestemme strålegangen	406
	Diffus refleksjon – lysstråler i alle retninger	408
18.3	Speilbilder i plane speil	410
	Virtuelt bilde – et bilde som ikke finnes	410
18.4	Speilbilder i konkave speil	413
	Speilbildets avhengighet av objektets posisjon	418
	Objektet er mellom F og V	419
	Speilbilde fra konvekst speil	420
	Parabolske speil	420
18.5	Oppgaver	422
Kapittel 19		
	Brytning og totalrefleksjon	423
19.1	Brytningsloven	423
	Den magiske mynten	426
19.2	Brytningsloven og enkelhetsprinsippet	428
19.3	Rømer oppdager at «lyset tøver, nøler»	429
19.4	Grensevinkel og totalrefleksjon	431
	Totalrefleksjon kan fange lys og frakte det over store avstander	432
	Luftspeiling	435
19.5	Oppgaver	437

Kapittel 20

Kampen om lysets natur	439
20.1 Newtons eksperimenter med sollys og prismer.....	439
20.2 Experimentum crasis.....	441
20.3 Newtons partikkelmodell for lys.....	443
Newtons lyspartikler følger refleksjons- og brytningsloven	443
20.4 Huygens' prinsipp.....	445
Hva skjer når en bølgefront møter en hindring?	447
Bølgefronter blir reflektert fra en vegg.....	449
Bølgefronter endrer retning når de endrer fart	450
20.5 Youngs superposisjonsprinsipp.....	452
Youngs dobbeltspalteeksperiment.....	454
Interferens i oljeflak og såpebobler	457
20.6 Fresnel entrer scenen og legger partikkelmodellen i grus	458
Young løser problemet med polarisasjon	460
20.7 Oppgaver	462

Kapittel 21

Elektromagnetisme – fra Ørsted til Maxwell	463
21.1 Ørsted oppdager elektromagnetismen	463
Ørsteds eksperiment og høyrehåndsregler	464
Ørsteds revansj.....	469
21.2 Faraday oppdager elektromotoren	470
Ampères oppdagelse	473
21.3 Elektromotorens virkemåte og anvendelse	474
Kommutatorens rolle	474
Hvorfor roterer sløyfen?	474
21.4 Faraday oppdager generatoren: strøm uten batterier!	480
21.5 Faradays induksjonslov.....	482
Indusert spenning og strøm	483
Generator: Kinetisk energi omformes til elektrisk energi.....	485
Arbeid + generator = strøm.....	485
21.6 Transformatoren	489
21.7 Er lys også et elektromagnetisk fenomen?	490
21.8 Oppgaver	493

Kapittel 22

Termodynamikk, spektroskopi og energikvanter	495
22.1 Temperatur og kinetisk energi.....	495
Den mest sannsynlige fordeling	497
Varme.....	498
22.2 Indre energi og varmekapasitet	498
Varmekapasitet.....	498
Energien til et system er bevart.....	499

22.3	Termodynamikkens 1. lov	500
	Likefordelingsprinsippet	500
22.4	Termodynamikkens 2. lov og entropi	501
	Boltzmanns statistiske tolkning av entropi	502
	Varmeledning og varmestrøm	503
22.5	Spektroskopi	503
	Spektrene avslører hvilke gasser sola omgir seg med	504
	Absorpsjons- og emisjonsspekter	504
22.6	«Svarte» legemers emisjon og absorpsjon av stråling	506
22.7	Stefan-Boltzmanns lov for den totale strålingsenergien	507
	Emissiviteten til overflater	508
22.8	Stefan-Boltzmanns lov anvendt på solstrålingen	509
	Årstidene	510
22.9	Wiens forskyvningslov	512
	Wiens strålingslov	513
22.10	Max Planck introduserer energikvanter i fysikken	513
	Planck lyktes i første omgang, men gleden ble kortvarig	514
22.11	Energien til vibrerende atomer endres i kvantesprang	516
	Einstein: Energien til vibrerende ladninger endres faktisk diskontinuerlig	518
22.12	Oppgaver	519

Kapittel 23

	Einsteins omkamp om lysets natur	521
23.1	Et kort portrett av Albert Einstein	521
23.2	Lysets fart er <i>ikke relativ</i> , men absolutt	524
23.3	Samtidig for deg, men ikke for meg	525
23.4	Den spesielle relativitetsteorien	527
	Transformasjonslikningen for tid	527
	Transformasjonslikningen for lengde	531
	Transformasjonslikningen for bevegelsesmengde og kinetisk energi	533
23.5	Masse og energi er koblet sammen	534
23.6	Den generelle relativitetsteorien	535
	Romtiden krummer rundt tunge legemer	535
	Solførørkelsen som gjorde Einstein til en verdensstjerne	538
23.7	Einsteins «absurde» lyskvanter (fotoner)	540
	Lyskvantenes mottakelse	541
	Likningen for fotoelektrisk effekt	542
	Likningen for fotoelektrisk effekt blir bekreftet	544
23.8	Lyskvantene får bevegelsesmengde og blir akseptert	544
23.9	Hvordan lyskvantene dukket opp i Einsteins entropilikning	546
23.10	Oppgaver	548

Kapittel 24

Oppdagelsen av elektronet, røntgenstråler, radioaktivitet og en kvanteteori

for hydrogenatomet	549
24.1 Det første atomet	549
Er atomet udelelig?	550
24.2 Utforskningen av strålingen i et katoderør	551
Er strålingen negativt ladde partikler eller elektromagnetisk stråling?	551
24.3 Röntgen oppdager en ny type stråling	552
24.4 Becquerels uranstråler	553
24.5 Curie oppdager nye radioaktive stoffer	554
Katodestrålen er en strøm av elektroner	555
24.6 Tre ulike stråler fra radioaktive stoffer	556
24.7 Atommodeller med elektroner	557
Thomsons atommodell	557
Nagaokas planetmodell	558
24.8 Rutherford eksperiment og kjernemodell	559
24.9 Bohrs vei til en kvantemodell for atomet	560
Bohr blir interessert i atomets oppbygning	562
Bohr utleder en formel for energien til atomenes grunntilstand	564
Strålingen fra atomer skyldes ikke elektronvibrasjoner	566
Lys emitteres når atomet foretar et kvantesprang	568
24.10 Atomteoriens mottakelse	570
24.11 Røntgenspekteret	571
24.12 Oppgaver	572

Kapittel 25

Atomet i kvantemekanikkens lys	573
25.1 Werner Heisenberg: Sirkelbanene må ut av atomet	573
25.2 Erwin Schrödinger: Kvantepengene må ut av atomene	575
25.3 Elektronenes bølgefunksjon	576
Elektroner og interferensmønster	578
25.4 Uskarphetsrelasjonene	579
Den fysiske tolkningen av uskarphetsrelasjonen	580
25.5 Kvantetall	581
25.6 Elektronstrukturen i atomer med mange elektroner	582
Paulis utelukkelsesprinsipp	583
25.7 Bohr vs. Einstein om tolkningen av kvantemekanikken	584
Likheter og ulikheter mellom Bohr og Einstein	584
Einsteins tankeeksperiment som skulle felle kvantemekanikken	585
Er kvantemekanikken fullstendig?	587
25.8 Oppgaver	588

Kapittel 26

Atomkjernen, radioaktivitet, fisjon og fusjon	589
26.1 Rutherford første kjernemodell	589
Det må være elektroner i atomkjernen	590
Kjernene har ikke så mange protoner som modellen krever	590

26.2	Endelig dukker nøytronet opp.....	591
	En sterk kjernekraft er limet mellom nukleonene.....	591
26.3	Atomkjernens nukleoner.....	592
	Atommasseenheten u.....	593
26.4	Atomkjernens form og tetthet.....	593
26.5	Massedefekt, bindingsenergi og stabilitet	594
	Bindingsenergi per nukleon og stabilitet	596
26.6	Radioaktivitetens natur	597
	α -henfall.....	597
	β -henfall.....	598
	β^+ -henfall	599
	γ -henfall.....	600
26.7	Halveringstid og aktivitet.....	601
	Fra N_0 til N radioaktive kjerner etter en tid t	602
	Karbon 14-datering	602
	Radioaktive stoffer i naturen – naturlig bakgrunnsstråling.....	603
26.8	Fisjon og fusjon.....	604
	Kjernefisjon.....	604
	Kjernefusjon	605
	Fusjon fra hydrogen til helium i solas indre	606
	Hvor lenge vil sola skinne?.....	607
26.9	Oppgaver.....	607

Kapittel 27

	Kosmologiens og universets historie.....	609
27.1	Himmelen er full av stjerner	610
	Newtons statiske univers	610
27.2	Ny og bedre kikkert	611
	Astronomen Herschel oppdager en ukjent planet.....	611
	Herschel måler den relative avstanden til stjerner.....	611
27.3	Endelig ble en stjerneparallaksevinkel målt	612
	Hensiktsmessige måleenheter for avstander i universet.....	613
27.4	Leavitt og lyset fra kefeidene	615
	Melkeveien er <i>vår</i> galakse	618
27.5	Fysikken gjør sitt inntog i astronomien	618
27.6	Hubbles lov	619
27.7	Har universet en begynnelse?.....	620
	Fra kosmos til kaos.....	621
	Universets alder	622
27.8	Hvor kommer alle grunnstoffene fra?.....	622
	Big Bang-teoriens seier over Steady State-modellen.....	623
27.9	Universets historie: fra ingenting til allting	624
	En stjerne blir født	625
	Supernova og sorte hull	627
27.10	Oppgaver.....	628

Litteraturliste	629
Appendiks A	633
A1 Likninger	633
A2 Løse opp parenteser	634
A3 Andregradslikning	635
Appendiks B – trigonometri	636
B1 Pytagoras' setning	636
B2 De trigonometriske funksjonene sinus, cosinus og tangens	636
B3 Motstående og hosliggende kateter	637
B4 Inverse trigonometriske funksjoner	639
Appendiks C	641
C1 Skalare størrelser	641
C2 Vektorstørrelser	641
Appendiks D – tabeller	643
D1 Fundamentale SI-enheter	643
D2 Fysiske størrelser og avledede SI-enheter	643
D3 Fundamentale fysiske konstanter	644
D4 Astronomiske data	644
D5 Tallprefikser	645
D6 Deler av det greske alfabetet	645
Fasit	647
Register	655