

## Indice

Lezione numero 1	<b>Caratteristiche generali degli acceleratori.</b> <i>Classificazione degli acceleratori</i> ..... 1 <i>Unità di misura</i> ..... 1 <i>Caratteristiche generali</i> ..... 2 <i>Tipi di acceleratori e Timeline</i> ..... 2	5 Ottobre 2001
Lezione numero 2	<b>Acceleratori elettrostatici, a induzione, circolari, lineari.</b> <i>Cockcroft-Walton</i> ..... 4 <i>Van de Graaf</i> ..... 4 <i>Tandem</i> ..... 5 <i>Acceleratori circolari</i> ..... 6 <i>Il betatrone</i> ..... 7 <i>Il microtrone</i> ..... 8	8 Ottobre 2001
Lezione numero 3	<b>Acceleratori elettrostatici, a induzione, circolari, lineari.</b> <i>Il ciclotrone</i> ..... 10 <i>Il sincrociclotrone</i> ..... 12 <i>Il sincrotrone</i> ..... 12 <i>Storage ring e beam collider</i> ..... 13	10 Ottobre 2001
Lezione numero 4	<b>Acceleratori elettrostatici, a induzione, circolari, lineari.</b> <i>Acceleratori lineari</i> ..... 14 <i>Alvarez Linac</i> ..... 14 <i>Electron Linac</i> ..... 16 <i>Induction Linac</i> ..... 17 <i>RFQ</i> ..... 17	12 Ottobre 2001
Lezione numero 5	<b>Acceleratori elettrostatici, a induzione, circolari, lineari.</b> <i>Accelerazione di particelle ultrarelativistiche</i> ..... 19 <i>Radiazione di sincrotrone</i> ..... 20 <b>Formulazione Hamiltoniana: spazio di fase e teorema di Liuville, emittanza, moto lineare, matrice di trasferimento e matrice di fascio, interpretazione statistica dell'emittanza.</b> <i>Formulazione Hamiltoniana, spazio delle fasi e teorema di Liuville</i> ..... 21 <i>Coordinate nello spazio delle fasi, emittanza</i> ..... 24	15 Ottobre 2001
Lezione numero 6	<b>Formulazione Hamiltoniana: spazio di fase e teorema di Liuville, emittanza, moto lineare, matrice di trasferimento e matrice di fascio, interpretazione statistica dell'emittanza.</b> <i>Coordinate nello spazio delle fasi</i> ..... 26 <i>Emittanza trasversa</i> ..... 27 <i>Emittanza longitudinale</i> ..... 27 <i>Equazione di moto e matrice di trasferimento</i> ..... 28 <i>Lenti sottili</i> ..... 30 <i>La matrice di fascio <math>\sigma</math></i> ..... 34	17 Ottobre 2001

Lezione numero 7	<b>Formulazione Hamiltoniana: spazio di fase e teorema di Liuville, emittanza, moto lineare, matrice di trasferimento e matrice di fascio, interpretazione statistica dell'emittanza.</b> <i>La matrice di fascio <math>\sigma</math></i> ..... 37 <i>Evoluzione del fascio</i> ..... 37 <i>Lenti assialmente simmetriche</i> ..... 41 <i>Interpretazione statistica della matrice di fascio</i> ..... 43 <i>Distribuzione nello spazio delle fasi</i> ..... 44	22 Ottobre 2001
Lezione numero 8	<b>Formulazione Hamiltoniana: spazio di fase e teorema di Liuville, emittanza, moto lineare, matrice di trasferimento e matrice di fascio, interpretazione statistica dell'emittanza.</b> <i>Emittanza r.m.s.</i> ..... 46 <b>Campi magnetici a simmetria cilindrica: equazioni di moto e focalizzazione, matrice di trasferimento, matching e autoellissi, adiabatic damping.</b> <i>Equazioni del moto in un campo assialmente simmetrico</i> ..... 49 <i>Linearizzazione delle equazioni del moto</i> ..... 50	24 Ottobre 2001
Lezione numero 9	<b>Campi magnetici a simmetria cilindrica: equazioni di moto e focalizzazione, matrice di trasferimento, matching e autoellissi, adiabatic damping.</b> <i>Soluzioni generali delle equazioni del moto</i> ..... 54 <i>Matrice di trasferimento</i> ..... 55 <i>Traiettorie nello spazio delle fasi: le autoellissi</i> ..... 58 <i>Il problema generale del matching</i> ..... 59	26 Ottobre 2001
Lezione numero 10	<b>Campi magnetici a simmetria cilindrica: equazioni di moto e focalizzazione, matrice di trasferimento, matching e autoellissi, adiabatic damping.</b> <i>Il problema generale del matching</i> ..... 61 <i>Adiabatic damping</i> ..... 62 <b>Altri sistemi focalizzanti: edge focusing, magnete di analisi, quadrupoli magnetici e elettrostatici, matching e trasporto periodico, sistemi telescopici.</b> <i>Focalizzazione di bordo</i> ..... 65	29 Ottobre 2001
Lezione numero 11	<b>Altri sistemi focalizzanti: edge focusing, magnete di analisi, quadrupoli magnetici e elettrostatici, matching e trasporto periodico, sistemi telescopici.</b> <i>Il magnete di analisi</i> ..... 70	31 Ottobre 2001
Lezione numero 12	<b>Altri sistemi focalizzanti: edge focusing, magnete di analisi, quadrupoli magnetici e elettrostatici, matching e trasporto periodico, sistemi telescopici.</b> <i>Quadrupoli magnetici</i> ..... 73 <i>Quadrupoli elettrostatici</i> ..... 79 <i>Matching e trasporto periodico</i> ..... 80 <i>Sistemi telescopici</i> ..... 80	5 Novembre 2001
Lezione numero 13	<b>Approccio generale alla focalizzazione magnetica: equazioni di Hill, matrice di trasferimento, frequenza di focalizzazione, matching e autoellissi, la cella FODO.</b> <i>Approccio generale alle strutture periodiche focalizzanti</i> ..... 81 <i>Condizioni di stabilità</i> ..... 82 <i>La matrice di Twiss</i> ..... 83 <i>Frequenze di focalizzazione e funzione <math>\beta</math></i> ..... 84	7 Novembre 2001

Lezione numero 14	<b>Approccio generale alla focalizzazione magnetica: equazioni di Hill, matrice di trasferimento, frequenza di focalizzazione, matching e autoellissi, la cella FODO.</b>	9 Novembre 2001
	<i>Matching e autoellissi</i> .....	86
	<i>Spread di momento</i> .....	88
	<i>Smooth approximation</i> .....	89
	<i>Diagramma di stabilità per la struttura FODO</i> .....	90
Lezione numero 15	<b>Approccio generale alla focalizzazione magnetica: equazioni di Hill, matrice di trasferimento, frequenza di focalizzazione, matching e autoellissi, la cella FODO.</b>	12 Novembre 2001
	<i>La cella FODO simmetrica</i> .....	92
	<i>Trasporto telescopico nelle celle FODO</i> .....	96
	<i>Inserzioni</i> .....	96
Lezione numero 16	<b>Il complesso SPS del CERN.</b>	14 Novembre 2001
	<i>Il New 50 MeV Injector Linac</i> .....	97
	<i>Proton Synchrotron Booster (PSB)</i> .....	98
Lezione numero 17	<b>Il complesso SPS del CERN.</b>	16 Novembre 2001
	<i>Proton Synchrotron Booster (PSB)</i> .....	99
	<i>Proton Synchrotron (PS)</i> .....	99
	<i>Super Proton Synchrotron (SPS)</i> .....	100
Lezione numero 18	<b>Il complesso SPS del CERN.</b>	19 Novembre 2001
	<i>Il complesso del Tevatron al Fermilab</i> .....	101
	<i>Il lattice dell'SPS</i> .....	101
Lezione numero 19	<b>Il complesso SPS del CERN.</b>	21 Novembre 2001
	<i>Il lattice dell'SPS</i> .....	102
	<i>Ricostruzione dell'SPS con l'approccio FODO</i> .....	103
	<i>Cromaticità naturale</i> .....	103
	<i>Traformazione dell'SPS in un collider</i> .....	104
Lezione numero 20	<b>Il complesso SPS del CERN.</b>	23 Novembre 2001
	<i>Il LEP</i> .....	106
	<i>Il WNR Proton Storage Ring</i> .....	108
	<b>Risonanze: teoria e classificazione.</b>	
	<i>Risonanze</i> .....	109
Lezione numero 21	<b>Risonanze: teoria e classificazione.</b>	26 Novembre 2001
	<i>Risonanze intrinseche</i> .....	111
	<i>Trattazione generale delle risonanze</i> .....	112
	<i>Risonanze trasverse</i> .....	114
	<i>Lattice con un elemento non lineare</i> .....	114
Lezione numero 22	<b>Focalizzazione longitudinale: stabilità di fase per macchine circolari, adiabatic damping.</b>	28 Novembre 2001
	<i>Stabilità longitudinale</i> .....	117
	<i>Fattore di transito</i> .....	118
	<i>Ciclotrone isocrono</i> .....	119
	<i>Proton linac</i> .....	120

Lezione numero 23	<b>Focalizzazione longitudinale: stabilità di fase per macchine circolari, adiabatic damping.</b> <i>Sincrotroni</i> .....	124	30 Novembre 2001
Lezione numero 24	<b>Focalizzazione longitudinale: stabilità di fase per macchine circolari, adiabatic damping.</b> <i>RF Matching</i> .....	130	3 Dicembre 2001
	<b>Estrazione dai sincrotroni: estrazione veloce ed estrazione lenta risonante.</b> <i>Kicker</i> .....	132	
	<i>Setti</i> .....	133	
Lezione numero 25	<b>Estrazione dai sincrotroni: estrazione veloce ed estrazione lenta risonante.</b> <i>L'estrazione dall'SPS</i> .....	137	5 Dicembre 2001
Lezione numero 26	<b>Iniezione: iniezione a single turn, multiturn e charge exchange.</b> <i>Inserzione single turn</i> .....	138	10 Dicembre 2001
	<i>Inserzione multiturn</i> .....	138	
	<i>Inserzione a scambio di carica</i> .....	140	
	<i>L'iniezione nel booster del Fermilab</i> .....	141	
Lezione numero 27	<b>Iniezione: iniezione a single turn, multiturn e charge exchange.</b> <i>Adiabatic bunching</i> .....	142	14 Dicembre 2001
	<b>Elettrosincrotroni: perdita di energia per radiazione, radiation damping.</b> <i>Elettrosincrotroni</i> .....	143	
	<i>Descrizione del moto verticale in presenza di radiazione</i> .....	144	
	<i>Iniezione ed estrazione per gli elettrosincrotroni</i> .....	147	
	<b>Colliders: luminosità, calcolo della luminosità per le macchine.</b> <i>Luminosità</i> .....	148	
	<i>Luminosità nei collider</i> .....	149	
Lezione numero 28	<b>Colliders: luminosità, calcolo della luminosità per le macchine.</b> <i>Luminosità nei collider</i> .....	150	17 Dicembre 2001
	<i>Formula generale per la luminosità</i> .....	151	
	<i>Controllo della luminosità</i> .....	151	
	<i>Macchine sporche e macchine pulite</i> .....	151	
	<i>LHC</i> .....	152	
Lezione numero 29	<b>Colliders: luminosità, calcolo della luminosità per le macchine.</b> <i>I magneti di LHC</i> .....	160	19 Dicembre 2001
	<b>Limiti dei sincrotroni e colliders: apertura dinamica, carica spaziale, tune shift, effetto fasci-fascio, decadimento della luminosità.</b> <i>Apertura dinamica</i> .....	161	
	<i>L'effetto di carica spaziale</i> .....	162	
	<i>Beam-beam tune-shift</i> .....	164	
Lezione numero 30	<b>Limiti dei sincrotroni e colliders: apertura dinamica, carica spaziale, tune shift, effetto fasci-fascio, decadimento della luminosità.</b> <i>Decadimento della luminosità</i> .....	165	9 Gennaio 2002
	<b>Leggi di scala per sincrotroni e colliders.</b> <i>Leggi di scala</i> .....	169	

Appendice numero 1	<b>A brief history and review of accelerators</b> <i>P.J. Bryant</i> CERN	<b>Pagina 170</b>
Appendice numero 2	<b>Basic methods of linear acceleration</b> <i>J. Le Duff</i> <i>Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire</i>	<b>Pagina 182</b>
Appendice numero 3	<b>A short demonstration of Liouville's theorem</b> <i>M. Weiss</i> CERN	<b>Pagina 187</b>
Appendice numero 4	<b>Amortissement adiabatique des oscillations</b>	<b>Pagina 188</b>
Appendice numero 5	<b>New 50 MeV Injector Linac</b> <i>Tavola di acceleratore</i> CERN	<b>Pagina 189</b>
Appendice numero 6	<b>Proton Synchrotron Booster (PSB)</b> <i>Tavola di acceleratore</i> CERN	<b>Pagina 191</b>
Appendice numero 7	<b>Proton Synchrotron (PS)</b> <i>Tavola di acceleratore</i> CERN	<b>Pagina 193</b>
Appendice numero 8	<b>Super Proton Synchrotron (SPS)</b> <i>Tavola di acceleratore</i> CERN	<b>Pagina 196</b>
Appendice numero 9	<b>200-MeV Proton Linac</b> <i>Tavola di acceleratore</i> Fermilab	<b>Pagina 198</b>
Appendice numero 10	<b>8-GeV Booster</b> <i>Tavola di acceleratore</i> Fermilab	<b>Pagina 200</b>
Appendice numero 11	<b>200/500 GeV Synchrotron</b> <i>Tavola di acceleratore</i> Fermilab	<b>Pagina 202</b>
Appendice numero 12	<b>Tevatron</b> <i>Tavola di acceleratore</i> Fermilab	<b>Pagina 204</b>
Appendice numero 13	<b>The lattice of the SPS</b> <i>E.J.N. Wilson</i> CERN	<b>Pagina 206</b>
Appendice numero 14	<b>High-energy collider parameters</b> <i>ep, pp, pp Colliders</i>	<b>Pagina 210</b>
Appendice numero 15	<b>High-energy collider parameters</b> <i>e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> Colliders</i>	<b>Pagina 212</b>

Appendice numero 16	<b>The design of the WNR proton storage ring lattice</b> <i>R.K. Cooper and G.P. Lawrence</i> <i>University of California</i>	<b>Pagina 216</b>
Appendice numero 17	<b>Clinton P. Anderson Meson Physics Facility (LAMPF)</b> <i>Tavola di acceleratore</i> <i>Los Alamos</i>	<b>Pagina 220</b>
Appendice numero 18	<b>Extraction from the CERN SPS</b> <i>Y. Baconnier, P. Faugeras, K.H. Kissler, B. de Raad, W. Scandale</i> <i>CERN</i>	<b>Pagina 222</b>
Appendice numero 19	<b>Injection methods in the Fermilab Booster</b> <i>D.F. Cosgrove, C. Curtis, E. Gray, C. Hojvat, R.P. Johnson and C. Owen</i> <i>Fermilab</i>	<b>Pagina 226</b>
Appendice numero 20	<b>Elementary design and scaling considerations of storage ring colliders</b> <i>Alexander W. Chao</i> <i>Berkeley</i>	<b>Pagina 230</b>