

Massimo Guarnieri

DA HABILIS A JOBS: DUE MILIONI DI ANNI CON LA TECNOLOGIA

Per una cultura tecnologica

ISBN 978-88-9385-164-0

© Copyright 2019

Società Editrice Esculapio s.r.l.

Via Terracini, 30 – 40131 Bologna

www.editrice-esculapio.com – info@editrice-esculapio.it

Con il sostegno di Padova University Press



In copertina: Homo Habilis e Steve Jobs, illustrazione di Alberto Guarnieri

Impaginazione: Laura Brugnoli e Laura Tondelli

Fotoritocchi di Francesca Guarnieri

Layout Copertina: Laura Tondelli

Stampato da: LegoDigit - Lavis (TN)

Printed in Italy

Le fotocopie per uso personale (cioè privato e individuale, con esclusione quindi di strumenti di uso collettivo) possono essere effettuate, nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla S.I.A.E del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Tali fotocopie possono essere effettuate negli esercizi commerciali convenzionati S.I.A.E. o con altre modalità indicate da S.I.A.E. Per le riproduzioni ad uso non personale (ad esempio: professionale, economico o commerciale, strumenti di studio collettivi, come dispense e simili) l'editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre un numero di pagine non superiore al 15% delle pagine del volume.

CLEARedi - Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali Corso di Porta Romana, n. 108 - 20122 Milano.

e-mail: autorizzazioni@clearedi.org - sito: <http://www.clearedi.org>.



... per gli uomini non esiste un più sicuro mezzo di farsi migliori di quanto non lo sia la coscienza del passato.

Polibio

Una lunga e lenta sequenza di scoperte ed invenzioni ha reso possibile il nostro modo di vivere odierno. Il progresso dell'umanità è stato spesso erratico ed imprevedibile, ma le buone idee vengono raramente dimenticate. Esse vengono mutate e copiate e in tal modo diffuse in un processo evolutivo che trasforma le cose voluttuarie di un'epoca nelle necessità di quella successiva.

Bamber Gascoigne, FRSL

*Ad Alberto e Francesca
che hanno tollerato
che così spesso mi smaterializzassi
per finire nelle pagine di questo libro.
Alla memoria di mio padre,
che non sapeva molto di tecnologia
ma mi ha insegnato ad amare.*

Massimo Guarnieri



INDICE GENERALE

Prefazione	xxiii
1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	1
1.1 Cosa è la Storia della Tecnologia?	1
1.2 Quando inizia la Tecnologia.....	3
1.3 Prima dell’Uomo.....	3
2 L’ETÀ DELLA PIETRA FINO AL MESOLITICO	7
2.1 Prima dell’uomo	7
2.2 Gli <i>Homo</i> e il paleolitico inferiore	9
2.3 Uomo moderno e paleolitico superiore	17
2.4 Mesolitico.....	25
2.4.1 Transizione verso il Neolitico	28
3 NEOLITICO E INIZIO DELLA PRIMA RIVOLUZIONE TECNOLOGICA.....	31
3.1 Allevamento	31
3.2 Agricoltura secca.....	33
3.3 Prima rivoluzione tecnologica.....	37
3.4 Comparsa di villaggi complessi	41
3.4.1 RegISTRAZIONI, gettoni, bulae.....	42
3.4.2 Aumento dell’aggressività e guerra.....	43
3.5 Canestri e terracotta	44
3.6 Agricoltura irrigua	46
3.7 Navigazione.....	47
3.8 Filatura e Tessitura.....	47
3.9 Cultura di Ubaid.....	48
3.10 Primi Sumeri – Cultura di Uruk.....	50
3.10.1 Rivoluzione urbana – periodo di Uruk.....	50
3.10.2 Guerra e schiavitù.....	51
3.11 Comparsa di altre culture neolitiche.....	51
3.11.1 Civiltà neolitiche europee	51
3.11.2 Altre culture neolitiche.....	52
4 DALLA PIETRA AL BRONZO	55
4.1 Prodromi dell’uso dei metalli.....	55
4.2 Età del rame	56
4.2.1 Eneolitico	56
4.2.2 Diffusione dei metalli.....	57

4.3	Età del bronzo	59
4.3.1	Primo bronzo	59
4.3.2	Affermazione del bronzo	61
4.4	Civiltà sumerica nella prima età del bronzo.....	62
4.5	Egitto dalla pietra al rame.....	66
4.6	Levante e la mezzaluna fertile.....	67
4.7	Rame e bronzite il vicino oriente.....	67
4.7.1	Europa	67
4.7.2	Civiltà dell'Indo.....	68
4.7.3	Valle del Fiume Giallo (Cina).....	69
4.7.4	America	69
5	DALLA PREISTORIA ALLA STORIA	71
5.1	Scrittura e danaro	71
5.1.1	Prime scritture (3000 a.C.).....	71
5.1.2	Denaro (3000-2500 a.C.).....	72
5.2	Primo apogeo sumerico (3000–2800 a.C.).....	73
5.3	Unificazione egizia e Antico Regno (3000–2500 a.C.).....	75
5.3.1	Tecnologia egizia all'inizio del III millennio.....	75
5.3.2	Misura del tempo per gli egizi	78
5.3.3	Edifici monumentali e piramidi.....	79
5.3.4	Altre innovazioni del XXV secolo a.C.....	80
5.4	Fine della prima rivoluzione tecnologica	81
5.5	Civiltà esotiche verso il XXV secolo a.C.....	82
5.5.1	Civiltà dell'Indo.....	82
5.5.2	Estremo Oriente	84
5.5.3	Europa	86
5.5.4	America	87
6	CIVILTÀ DEL BRONZO	89
6.1	Akkad, il primo impero (2340–2180 a.C.).....	89
6.1.1	Schiavitù ed energia meccanica	90
6.2	Impero sumerico (2100–1800 a.C.).....	91
6.3	Egitto del Medio Regno (2055–1790 a.C.).....	92
6.4	Creta minoica (2000–1600 a.C.)	93
6.5	Impero Amorreo (1792–1595 a.C.).....	96
6.6	Egitto degli Hyksos e del Nuovo Regno(1700–1186 a.C.).....	99
6.7	Grecia arcaica (1600–1200 a.C.).....	105
6.8	Crisi del XII secolo a.C.	107
6.9	Culture esotiche (1600–1000 a.C.).....	107
6.9.1	Grandi colonizzazioni	107
6.9.2	Cina.....	108
6.9.3	America meridionale e centrale.....	108
7	PRIME CIVILTÀ DEL FERRO.....	111
7.1	Impero ittita (1800–1200 a.C.).....	111
7.1.1	Primo ferro (1500–1350 a.C.).....	112
7.1.2	Civiltà emergenti dopo la crisi del XII secolo.....	113
7.2	Impero Assiro (1100–609 a.C.)	115
7.2.1	Tecnologia assira	116

7.3	Civiltà di mercanti.....	120
7.3.1	Fenici (1200–146 a.C.).....	120
7.3.2	Greci (800–325 a.C.).....	123
7.3.3	Lidi (700–547 a.C.).....	126
7.3.4	Sabei (X–I secolo a.C.).....	127
7.4	Altre civiltà del ferro.....	128
7.4.1	Etruschi (1000–100 a.C.).....	128
7.4.2	Romani (VIII secolo a.C.).....	130
7.4.3	Egizi delle dinastie XXIII e XXVI.....	130
7.5	Impero caldeo (612 – 539 a.C.).....	131
7.6	Impero persiano (550 – 330 a.C.).....	132
7.7	Il ferro in estremo Oriente.....	135
7.7.1	India della civiltà vedica (1500–500 a.C.).....	135
7.7.2	Cina (XII–V secolo a.C.).....	135
8	CIVILTÀ GRECA ED ELLENISTICA.....	137
8.1	Apogeo della grecia classica (VI – IV secolo a.C.).....	137
8.1.1	Atene del V secolo a.C.....	138
8.1.2	Grecia del IV secolo a.C.....	144
8.2	Egemonia macedone (IV – III secolo a.C.).....	145
8.2.1	Filippo II.....	145
8.2.2	Alessandro.....	147
8.2.3	Alessandria d'Egitto.....	150
8.2.4	Tecniche ellenistiche nel III secolo a.C.....	157
8.3	Altri sviluppi tecnologici in Europa intorno al III secolo a.C.....	161
8.3.1	Prima ingegneria idraulica romana.....	161
8.3.2	Siderurgia celtica.....	161
8.4	Estremo oriente.....	162
8.4.1	Cina degli stati combattenti (481 – 221 a.C.).....	162
8.4.2	India dei Maurya (321 – 185 a.C.).....	163
8.5	America centrale.....	164
8.5.1	Maya (XX secolo a.C. – 250 d.C.).....	164
9	CIVILTÀ ROMANA.....	165
9.1	Dalla repubblica all'impero.....	165
9.1.1	Sviluppi tecnologici nella Roma repubblicana.....	166
9.1.2	Sviluppi tecnologici in epoca tardorepubblicana.....	168
9.1.3	Vitruvio e il De Architectura.....	171
9.2	Roma imperiale.....	171
9.2.1	Sviluppi tecnologici all'inizio dell'impero.....	172
9.2.2	Basi tecnologiche della supremazia romana.....	178
9.2.3	Elementi della tecnologia romana.....	179
9.2.4	Fabbisogni energetici a Roma.....	192
9.2.5	Decadenza dell'impero.....	195
9.2.6	Aspetti Tecnologici.....	196
9.2.7	Caduta dell'impero d'Occidente (476 d.C.).....	198
9.3	Persia Sasanide (224 d.C – 651).....	198
9.4	Cina dal 221 a.C. al 581 d.C.....	199
9.4.1	Primi imperi nazionali.....	199
9.4.2	Sviluppo tecnologico e scientifico.....	201

9.5	India dei Gupta (240–550 d.C.)	205
9.6	America	206
9.6.1	America meridionale	206
9.6.2	America centrale	206
10	ALTO MEDIOEVO E ISLAM	209
10.1	Impero Bizantino (480–600)	209
10.2	Alto medioevo in Occidente (VII–XI secolo)	211
10.2.1	Dopo la caduta di Roma	211
10.2.2	Rinascita carolingia (IX secolo)	213
10.3	Vichinghi e normanni (IX–XI secolo)	215
10.4	Epopèa arabo-islamica (642–1258)	216
10.4.1	Progresso culturale	218
10.4.2	Progresso scientifico (800–1200)	220
10.4.3	Progresso tecnico (800–1200)	223
10.4.4	Spagna moresca (711–1200)	225
10.5	Cina dal 600 al 1100	226
10.5.1	Dinastia Tang (618–907)	226
10.5.2	Dinastia Song (960–1279)	228
10.6	Altre civiltà del primo millennio d.C.	230
10.6.1	Africa	230
10.6.2	Oceania	230
11	ETÀ DEI COMUNI E DELLE CROCIATE	233
11.1	Feudalesimo (IX–XIII secolo)	233
11.2	Monasteri Latini (IX–XIII secolo)	235
11.2.1	Traduzioni dall'arabo dei testi classici e islamici	237
11.2.2	Primi interessi scientifici	237
11.3	Rivoluzione agricola (XI–XIII secolo)	239
11.4	Risveglio economico e mercantile	241
11.4.1	Repubbliche marinare e commerci marittimi	241
11.4.2	Urbanesimo e comuni	242
11.4.3	Trasporti, commerci e denaro	244
11.4.4	Studia (dall'XI secolo)	245
11.4.5	Inquisizione romana (1233)	247
11.5	Crociate (1096–1291)	247
11.5.1	Importazioni di tecnologia araba	248
11.6	Architettura gotica (dal 1137)	250
11.7	Una nuova rivoluzione tecnologica	252
11.8	Energia nel nuovo millennio	252
11.8.1	XI–XIV secolo: ruota idraulica	252
11.8.2	XII–XIII secolo: ruote eoliche europee	254
11.9	Altre innovazioni medievali	256
11.9.1	XIII secolo: produzione cartaria italiana	256
11.9.2	Meccanica in legno	257
11.9.3	Metallurgia e siderurgia	260
11.9.4	Energia termica e legno	262
11.9.5	Vetro e occhiali	262
11.9.6	Manoscritti tecnici	264
11.10	Tecnologia islamica nei secoli XII–XIV	266

11.11	Estremo Oriente nel nuovo millennio.....	268
11.11.1	Impero mongolo.....	268
11.11.2	Corea: stampa e scrittura alfabetica (1231–1270).....	270
11.11.3	Giappone feudale (1185–1333).....	271
11.11.4	Regno Khmer (802–1430).....	272
11.12	Rapporti Oriente–Occidente nell’innovazione tecnologica.....	273
11.13	America nel nuovo millennio.....	273
11.13.1	America centrale.....	273
11.13.2	America meridionale.....	274
11.13.3	America settentrionale.....	274
12	CRISI E SVILUPPI NEL TRECENTO.....	275
12.1	Affermazione marittima di Venezia.....	275
12.1.1	Galee e Arsenale.....	275
12.1.2	Schiavitù nel Medio evo.....	277
12.2	Crisi del Trecento.....	278
12.2.1	Sviluppi di tecnologia militare del Trecento.....	280
12.2.2	Guerra dei cent’anni (1337–1453).....	282
12.3	Tecnologie civili del Trecento.....	283
12.3.1	Ruote idrauliche e macchine lignee.....	283
12.3.2	Canali di navigazione.....	284
12.3.3	Metallurgia.....	284
12.3.4	Carta.....	285
12.3.5	Architettura.....	286
12.4	Tecniche contabili e finanziarie.....	287
12.5	Implicazioni economico-sociali.....	289
12.6	Orologi civici e astronomici.....	289
12.6.1	Astrai di Giovanni Dondi e di Richard of Wallingford.....	292
12.6.2	Strumenti astronomici.....	293
12.7	Estremo Oriente.....	293
12.7.1	Cina dei Ming (1368–1644).....	293
12.7.2	Corea.....	294
12.7.3	India.....	295
12.8	America.....	295
12.8.1	America settentrionale.....	295
12.8.2	America centrale.....	296
12.8.3	America meridionale.....	297
12.9	Oceania.....	299
13	RINASCIMENTO ITALIANO.....	301
13.1	Fioritura del Rinascimento.....	301
13.1.1	Fioritura delle tecniche rinascimentali.....	303
13.2	Metallurgia del Quattrocento.....	306
13.2.1	Armi metalliche.....	306
	Armi da fuoco portatili.....	308
13.2.2	Meccanica metallica di precisione.....	308
13.3	Produzioni tessili.....	310
13.4	Altri sviluppi del secondo Quattrocento.....	311
13.5	Caduta di Costantinopoli.....	313
13.6	Stampa a caratteri mobili.....	314

13.7	Ingegneri rinascimentali.....	317
13.7.1	Leonardo da Vinci (1452–1519).....	319
13.8.1	Metodo di Leonardo	327
13.9	A proposito del volo.....	327
14	LA SCOPERTA DI ALTRI MONDI	329
14.1	Esplorazioni Portoghesi	329
14.1.1	Prime esplorazioni atlantiche ed Enrico il Navigatore	329
14.1.2	Rotte verso le Indie: Bartolomeu Dias e Vasco de Gama	332
14.2	Esplorazioni Spagnole.....	333
14.2.1	Cristoforo Colombo e la scoperta dell’America	333
14.2.2	Conquiste spagnole in America.....	337
14.3	Italia del Cinquecento.....	338
14.3.1	Guerre d’Italia.....	338
14.3.2	Riforma protestante	340
14.3.3	Italia della Controriforma.....	340
14.3.4	Scontro cristiano-turco e battaglia di Lepanto.....	341
14.3.5	Scienza e tecnologia italiane del Cinquecento	342
14.4	Città tedesche nel Cinquecento.....	349
14.4.1	Rinascimento tedesco	350
14.4.2	Rodolfo II e la sua corte	352
14.5	Boom delle Provincie Unite	352
14.5.1	Tecnologia dei Paesi Bassi nel Cinquecento.....	354
14.6	Francia di Francesco I ed Enrico IV.....	356
14.7	Inghilterra di Enrico VIII ed Elisabetta I	357
14.8	Tecnologia Europea del Cinquecento.....	358
14.8.1	Meccanica	358
14.8.2	Chimica e materiali	359
14.8.3	Attività minerarie e metallurgia.....	360
14.8.4	Teatri di macchine	363
14.8.5	Meccanizzazione delle attività produttive.....	364
14.8.6	Tecniche di navigazione oceanica.....	366
14.8.7	Rivoluzione commerciale e scambio colombiano.....	368
14.9	Oriente.....	369
14.9.1	Cina	370
14.9.2	Giappone	371
15	INCONTRO TRA SCIENZA E TECNICA.....	373
15.1	Quadro politico europeo del Seicento.....	373
15.1.1	Guerra dei Trent’Anni (1618–1648).....	373
15.1.2	Secolo d’oro olandese.....	374
15.1.3	Inghilterra del Seicento	375
15.1.4	Francia di Luigi XIV (1643–1715)	376
15.1.5	Espansione coloniale europea.....	377
15.2	Tecniche al tempo di Galileo.....	378
15.2.1	Stampa e trattati tecnici	378
15.2.2	Chimica e pneumatica	381
15.3	Galileo Galilei (1582–1641).....	382
15.4	Rivoluzione scientifica	385
15.4.1	I Maestri.....	386

15.4.2	La nuova scienza e la tecnica.....	388
15.4.3	Le accademie scientifiche.....	389
15.5	Avanzamenti tecnici.....	391
15.5.1	Primi strumenti e macchine calcolatrici.....	391
15.5.2	Vapore, pressione e Vuoto.....	395
15.5.3	Meccanica.....	398
15.5.4	Strumenti ottici.....	400
15.5.5	Carta.....	401
15.5.6	Ingegneria statale nella Francia del Re Sole.....	402
15.6	Egemonia della tecnologia europea.....	404
15.7	Estremo Oriente.....	405
15.7.1	India moghul: Taj Mahal (1652).....	405
15.7.2	Penetrazione culturale occidentale in Oriente.....	405
16	I LUMI E IL VAPORE.....	407
16.1	Quadro politico europeo.....	407
16.2	Prime macchine a vapore.....	408
16.2.1	Il vapore in Francia: Denis Papin (1647–1714).....	408
16.2.2	Problema minerario e avvento del vapore.....	409
16.3	Siderurgia del Settecento.....	412
16.3.1	Problema siderurgico inglese.....	412
16.3.2	Metallurgia moderna e calore.....	413
16.4	Rivoluzione agricola inglese.....	414
16.5	Navigazione e misura della longitudine.....	417
16.6	Illuminismo e tecnologia.....	421
16.6.1	Automi del Settecento.....	423
16.7	Altri aspetti dell'evoluzione tecnologica.....	424
16.7.1	Industrializzazione svedese - Polhem (1690–1746).....	424
16.7.2	Elettrologia: Kleist e Musschenbroek (1745–6).....	425
16.7.3	Colonie americane e Benjamin Franklin (1741–1784).....	426
16.8	Nuovi ambiti tecnologici.....	427
16.8.1	Materiali.....	427
16.8.2	Strade e mobilità.....	428
17	ALBORI DELLA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE.....	431
17.1	Quadro politico del secondo Settecento.....	431
17.2	Albori della Rivoluzione Industriale.....	431
17.3	Telai automatici francesi.....	434
17.4	Industria tessile inglese.....	436
17.4.1	Fabbrica serica di Lombe (1717).....	436
17.4.2	Spola volante di di Kay (1730).....	436
17.4.3	Filatoi inglesi.....	437
17.4.3	Telai motorizzati.....	439
17.4.4	Aspetti sociali.....	440
17.5	Nuovi paradigmi chimici.....	441
17.5.1	Prima chimica industriale – acido solforico.....	441
17.5.2	Albori della chimica moderna.....	442
17.6	Industria siderurgica inglese.....	443
17.7	Nuove macchine a vapore.....	446
17.7.1	Macchine a vapore di Watt (1736–1819).....	446

17.8	Rivoluzione energetica.....	452
17.8.1	Impatto della macchina a vapore in Gran Bretagna.....	452
17.8.2	Diversificazione dell'impiego del vapore	453
17.8.3	Prodromi della propulsione a vapore.....	454
17.8.4	Inarrestabile ascesa del vapore	455
17.8.5	Energia dell'acqua e del vento.....	458
17.9	Meccanica	459
17.10	Altri sviluppi tecnologici di fine Settecento.....	461
17.10.1	Primi voli in pallone (1783)	461
18	L'EPOCA DELLE RIVOLUZIONI	463
18.1	Rivoluzioni di fine Settecento	463
18.2	Tecnologie britanniche	466
18.2.1	Illuminazione pubblica a gas	466
18.2.2	Sviluppi in campo tessile	468
18.2.3	Produzione in serie	470
18.2.4	Progressi nella stampa	471
18.2.5	Rete stradale inglese	472
18.3	Tecnologie Tedesche	473
18.4	Tecnologie francesi	474
18.4.1	Chimica	474
18.4.2	Produzione a parti intercambiabili (1790).....	475
18.4.3	Telegrafo ottico di Chappe (1791)	475
18.4.4	Sistema metrico decimale (1793)	476
18.4.5	Politecnici e università popolari (1794).....	477
18.4.6	Telaio di Jacquard (1804).....	478
18.4.7	Primi motori a combustione interna (1807)	478
18.5	Tecnologie statunitensi	479
18.5.1	Prime industrie tessili statunitensi.....	479
18.5.2	Produzioni a parti intercambiabili (1809-1813).....	481
18.6	Mobilità nautica a Vapore.....	481
18.6.1	Navigazione fluviale di linea.....	482
18.7	L'elettricità diventa dinamica	484
18.7.1	La grande invenzione di Volta (1799)	484
18.7.2	Humphry Davy e l'elettrochimica (1806-08).....	486
18.7.3	Prospettive aperte dalla pila elettrochimica	486
18.8	Altri aspetti tecnologici di inizio Ottocento	487
19	ESPANSIONE INTERNAZIONALE DELLA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE	489
19.1	Quadro politico postnapoleonico	489
19.1.1	Assetto internazionale	489
19.1.2	Gran Bretagna.....	489
19.2	Meccanica Metallica	494
19.2.1	Meccanica metallica inglese.....	494
19.2.2	Meccanica pesante Europea	498
19.2.3	Meccanica tedesca.....	498
19.2.4	Meccanica agricola britannica (1828-30)	500
19.3	Stati Uniti.....	500
19.3.1	Meccanica statunitense.....	500
19.4	Ferrovia a vapore.....	502

19.4.1	Primordi.....	502
19.4.2	Affermazione della ferrovia a vapore.....	506
19.4.3	Tecnologie pneumatiche.....	510
19.4.4	Funicolari.....	511
19.5	Navigazione oceanica a vapore.....	512
19.5.1	Navigazione oceanica a ruota.....	512
19.5.2	Navigazione oceanica a elica.....	514
19.5.3	Cartografia marina moderna.....	517
19.6	Reti idriche e dighe.....	517
19.7	Materiali.....	518
19.8	Sinergie tra scienza e tecnologia.....	519
19.8.1	Macchine calcolatrici di Babbage.....	519
19.8.2	Nascita della termodinamica.....	522
19.8.3	Prime turbine idrauliche moderne.....	522
19.9	Politecnici e istituti tecnici tedeschi.....	524
19.10	Incontro tra tecnologia e arti Figurative.....	525
19.10.1	Camera oscura.....	525
19.10.2	Fotografia.....	526
19.11	Biciclette.....	527
19.12	Altre invenzioni.....	529
19.12.1	Tecnologia medica: stetoscopio (1817).....	529
19.12.2	Invenzioni pratiche (1826–1851).....	530
20	ELETTROTECNICA E NUOVE MATERIE.....	533
20.1	Prime tecnologie elettriche.....	533
20.1.1	Pile elettrochimiche.....	533
20.1.2	Nascita dell'elettromagnetismo.....	534
20.1.3	Macchine elettriche rotanti.....	536
20.1.4	Telegrafo elettrico.....	541
20.1.5	Affermazione delle reti telegrafiche.....	546
20.1.6	Processi elettrolitici (1838–1865).....	549
20.1.7	Illuminazione elettrica.....	550
20.2	Chimica e materiali.....	552
20.2.1	Soda.....	552
20.2.2	Acido solforico (1859).....	554
20.2.3	Gomme naturali.....	555
20.2.4	Fosforo (1845).....	557
20.2.5	Carta di cellulosa (1844).....	557
20.2.6	Esplosivi moderni e Nobel.....	558
20.2.7	Celluloide – primo materiale sintetico (1856-1870).....	559
20.2.8	Composti azotati e fertilizzanti artificiali (1850).....	560
20.2.9	Coloranti artificiali industriali.....	561
20.2.10	Acciaio.....	562
20.2.11	Scienza dei materiali – Rottura a fatica (1855).....	565
21	VERSO LA MATURITÀ INDUSTRIALE.....	567
21.1	Gran Bretagna all'apice.....	567
21.1.1	Infrastrutture urbane.....	569
21.2	Prime produzioni industriali americane.....	570
21.2.1	Macchine agricole (1834–67).....	570

21.2.2	Macchine per cucire (1834-51)	573
21.2.3	Ascensore di sicurezza (1852).....	574
21.2.4	Serratura di sicurezza (1861)	575
21.2.5	Guerra di secessione e tecnologie belliche (1862-65).....	575
21.2.6	Macchina per scrivere (1869)	578
21.3	Invenzioni italiane	579
21.3.1	Cembalo scrivano di Ravizza (1855).....	579
21.3.2	Pantelegrafo di Caselli (1856)	580
21.3.3	Telefoni italiani	581
21.4	Altre innovazioni europee	582
21.4.1	Siluri e sommergibili	582
21.4.2	Macchine da calcolo (1851-75).....	583
21.4.3	Macchine frigorifere (1859-1873)	585
21.4.4	Macchine per fonti rinnovabili	585
21.5	Conservazione degli alimenti e chimica alimentare	586
21.6	Grandi opere civili.....	590
21.6.1	Grandi Canali	590
21.6.2	Tunnel sottomarini.....	592
21.6.3	Urbanistica	592
21.7	Maturità delle reti ferroviarie (1869-73)	593
21.7.1	Effetti dell'affermazione della ferrovia.....	595
22	SECONDA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE.....	597
22.1	Seconda rivoluzione industriale (1873-1915).....	597
22.1.1	Lunga depressione (1873-1796)	597
22.1.2	Comparsa di una nuova fase industriale (1860-1915).....	598
22.2	Telefono di Bell (1876).....	603
22.3	Potenza dell'elettricità.....	605
22.3.1	Accumulatori elettrici e pila a secco (1859-1886)	605
22.3.2	Edison e la Factory of inventions (1876).....	606
22.3.3	Siemens e la trazione elettrica (1879).....	610
22.3.4	Altri mezzi di trasporto elettrici	613
22.3.5	Corrente alternata (1881).....	614
22.3.6	Applicazioni industriali dell'energia elettrica	622
22.4	Elettricità per l'informazione	624
22.5	Associazioni professionali ed esposizioni internazionali	626
22.6	Chimica e materiali	627
22.6.1	Chimica	627
22.6.2	Acciaio.....	628
22.6.3	Altri metalli industriali	637
22.6.4	Cemento armato (1867).....	639
22.6.5	Petrolio (1859).....	641
22.6.6	Asfalto	643
22.6.7	Carburi	644
22.7	Attività minerarie.....	645
23	MACCHINE E MOBILITÀ DEL SECONDO OTTOCENTO.....	647
23.1	Meccanica complessa.....	647
23.2	Bicicletta moderna	648
23.3	Turbine	651

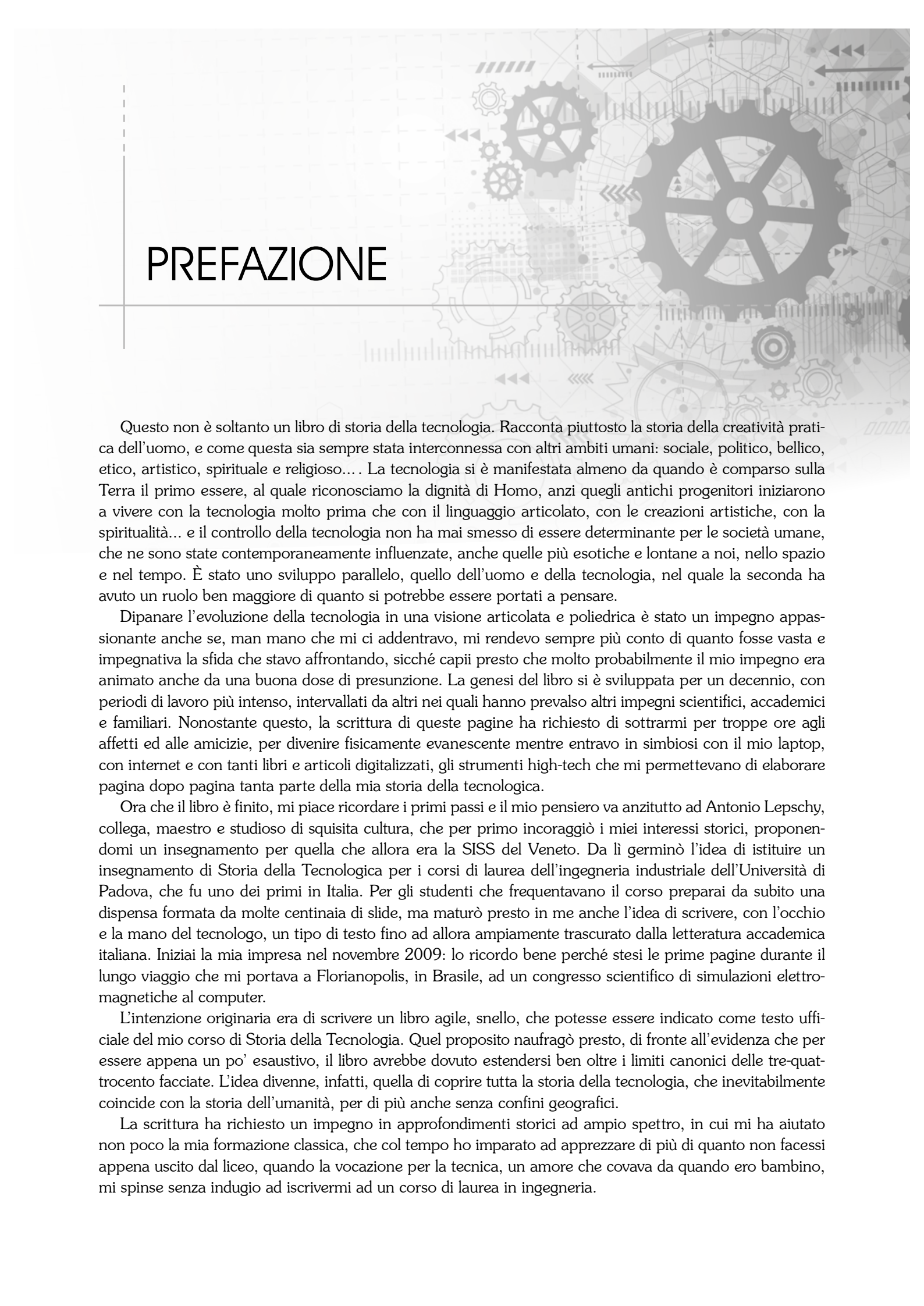
23.4	Motori a combustione interna - MCI.....	656
23.4.1	Motori a combustione interna a gas	656
23.4.2	Motori a combustione interna a combustibile liquido	659
23.5	Automobili.....	663
23.5.1	Automobili e altri veicoli a vapore (1878).....	663
23.5.2	Automobili elettriche (1881)	664
23.5.3	Veicoli con motore a combustione interna (1884-5)	666
23.6	Conquista dell'aria	672
23.6.1	Volo planato.....	672
23.6.2	Prodromi del volo a motore	674
23.7	Registrazione e riproduzione della realtà	676
23.7.1	Registrazione e riproduzione sonora	676
23.7.2	Registrazione e riproduzione visive	678
24	NUOVO SECOLO, NUOVE TECNOLOGIE.....	685
24.1	Quadro complessivo.....	685
24.1.1	Aspetti organizzativi	686
24.1.2	Aspetti tecnologici.....	687
24.1.3	Università tecniche.....	688
24.1.4	Nascita della fisica moderna	690
24.2	Affermazione dell'energia elettrica.....	690
24.2.1	Sistemi in corrente continua	690
24.2.2	Sistemi in corrente alternata	691
24.2.3	Impieghi dell'energia elettrica	697
24.3	Wireless: le trasmissioni radio	702
24.4	Metallurgia e meccanica	706
24.4.1	Leghe speciali.....	706
24.4.2	Macchine e organi meccanici.....	708
24.5	Avanzata dell'automobile.....	710
24.5.1	Raid Pechino-Parigi (1907).....	710
24.5.2	Ford Model T (1908)	711
24.5.3	Avviamento elettrico (1911)	712
24.5.4	Taylor e l'organizzazione scientifica del lavoro di fabbrica (1911).....	713
24.6	Automobile e petrolio.....	714
24.6.1	Estrazione del petrolio (1927)	715
24.6.2	Cracking del petrolio.....	717
24.6.3	Gas e Carbone	718
24.7	Chimica industriale.....	719
24.7.1	Prime materie plastiche.....	719
24.7.2	Chimica industriale tedesca	720
24.8	Tecnologie mediche	723
24.8.1	Farmaci.....	723
24.8.2	Apparecchiature mediche.....	724
24.9	Nuovi paradigmi architettonici	726
25	UN MONDO PIÙ ACCESSIBILE.....	729
25.1	Volo motorizzato.....	729
25.1.1	Dirigibili - Zeppelin (1900-1908).....	729
25.1.2	Più pesante dell'aria, ma vola (1903)	730
25.2	Grande Mobilità.....	734

25.2.1	Ferrovia	734
25.2.2	Transatlantici e Titanic (1912)	737
25.2.3	Ecoscandaglio (1904)	738
25.3	Nascita dell'elettronica (1904-6)	738
25.4	Comunicazioni radio	741
25.5	Epoca della Grande Guerra	744
25.5.1	Prima Guerra Mondiale (1914-1918)	744
25.5.2	Tecnologie belliche	745
25.5.3	Rivoluzione russa (1917)	748
25.6	Dopoguerra ed Età dei totalitarismi	749
25.6.1	Fascismo	750
25.6.2	Nazismo	751
25.6.3	Soluzioni autarchiche	751
25.6.4	Diffusione della radio	752
25.6.5	Turbina Kaplan (1919)	755
25.7	Età d'Oro del volo	756
25.7.1	Trasvolate eroiche	758
25.7.2	Trionfo dei più pesanti dell'aria	761
25.8	Altri sviluppi tecnologici tra le due guerre	765
25.8.1	Fotografia	765
25.8.2	Cinematografia	766
25.8.3	Invenzioni pratiche	767
26	DALLA GRANDE DEPRESSIONE ALLA SECONDA GUERRA MONDIALE.....	769
26.1	Quadro socio-economico postbellico	769
26.1.1	Grande depressione	769
26.2	Ingegneria civile degli anni trenta	770
26.2.1	Hoover dam (1935)	770
26.2.2	Empire State Building (1931)	771
26.2.3	Sydney Bridge (1932) e Golden Gate Bridge (1937)	772
26.2.4	Queensway (1934) ed altre gallerie	773
26.3	Mobilità Terrestre	774
26.3.1	Motori e veicoli	774
26.3.2	Fiat Balilla (1932)	777
26.3.3	Auto tedesche e Volkswagen (1937)	778
26.3.4	Ferrari (1940)	778
26.3.5	Evoluzione dei veicoli con motori termici	779
26.4	Grande chimica tra le due guerre	779
26.4.1	Combustibili sintetici	780
26.4.2	Chimica macromolecolare	780
26.4.3	IG-Farben (1925)	781
26.4.4	Du pont	782
26.4.5	ICI	783
26.4.6	Coloranti	785
26.4.7	Ceramiche pirofile	785
26.4.8	Fibra di vetro	786
26.5	Nuove frontiere tecnologiche	786
26.5.1	Avvio della teoria dell'informazione	786
26.5.2	Elaboratori meccanici ed elettromeccanici	788
26.5.3	Big Science	790

26.6	Espansione dell'elettronica	793
26.6.1	Prime televisioni	793
26.6.2	Microscopi elettronici (1931)	797
26.6.3	Registrazione audio	798
26.6.4	Radar	799
26.6.5	Elettronica industriale	800
27	SECONDA GUERRA MONDIALE	801
27.1	Quadro politico-bellico	801
27.2	Tecnologie Belliche	802
27.2.1	Aeroplani a pistoncini	802
27.2.2	Aeroplani a reazione e a razzo	803
27.2.3	Missili balistici	805
27.2.4	Elicotteri (1941-4)	808
27.2.5	Navi da guerra	809
27.2.6	Radar	810
27.2.7	Sonar	811
27.2.8	Elettronica	812
27.2.9	Bomba atomica	812
27.2.10	Guerra d'informazione ed elaboratore elettronico	819
27.2.11	Farmaci	823
27.2.12	Scienziati tedeschi alla fine della guerra	825
27.3	Programmi scientifici postbellici	826
27.4	Informatica postbellica	827
27.4.1	Elaboratori postbellici britannici	827
27.4.2	Elaboratori postbellici americani	828
27.4.3	Primi software	830
27.4.4	Teoria dell'informazione	831
27.5	Altri sviluppi dell'immediato dopoguerra	833
27.5.1	Orologio atomico (1949)	833
27.5.2	Industria di grande consumo	833
28	TERZA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE	837
28.1	Finanziamenti postbellici per ricerca e sviluppo	837
28.2	Materiali	838
28.2.1	Metallurgia del novecento	838
28.2.2	Petrolio e polimeri	840
28.3	Energia	843
28.3.1	Energia nucleare (1951)	843
28.3.2	Trasmissione in alta tensione in corrente continua - HDVC	845
28.4	Elettronica dello stato solido	846
28.4.1	Transistor (1947)	846
28.4.2	Prime applicazioni industriali	848
28.4.3	Silicon Valley (1951)	849
28.4.4	Espansione industriale internazionale del Giappone	851
28.4.5	Apparecchiature elettroniche americane	851
28.4.6	Apparecchiature elettroniche europee	855
28.5	Informatica	857
28.5.1	Elaboratori transistorizzati - seconda generazione	857
28.6	Terza rivoluzione Industriale: Informazione e automazione	861
28.7	Aviazione postbellica	862

28.7.1 Aerei sperimentali.....	862
28.7.2 Aeronautica militare a reazione.....	863
28.7.3 Trasporto aereo a grande distanza	865
28.8 Nuovi veicoli.....	868
28.9 Esplorazione marina.....	870
28.10 Produzione e conservazione degli alimenti.....	872
29 L'ETÀ DELLO SPAZIO E DELL'INFORMAZIONE.....	875
29.1 Conquista dello spazio.....	875
29.1.1 Programma spaziale sovietico	875
29.1.2 Programma spaziale statunitense	877
29.1.3 Satelliti per telecomunicazioni.....	879
29.1.4 Conquista della Luna (1969).....	880
29.1.5 Dopo la conquista della Luna.....	882
29.1.6 Programmi spaziali di altre nazioni.....	883
29.1.7 Sonde interplanetarie.....	883
29.1.8 Space Shuttle (1981-2011)	885
29.1.9 Telescopio spaziale Hubble (1990).....	886
29.1.10 Stazioni orbitanti	887
29.2 Computer per tutti.....	887
29.2.1 Microprocessori.....	887
29.2.2 Personal computer.....	891
29.2.3 Superelaboratori	894
29.2.4 Espansione dell'informatica	895
29.2.5 Affermazione delle tecnologie digitale.....	897
29.3 Telecomunicazioni e sistemi digitali.....	899
29.3.1 GPS – Global Positioning System (1978).....	899
29.3.2 Arriva la rete	900
29.3.3 ICT – Information and communication technology	902
29.3.4 Telefonia cellulare (1980).....	904
29.4 Tecnologie mediche	907
30 ALL'ALBA DEL TERZO MILLENNIO	913
30.1 Crisi energetiche e limiti dello sviluppo.....	913
30.2 Disastri tecnologici	916
30.3 ... E successi tecnologici	920
30.4 Prossime sfide.....	923
30.4.1 Energia	923
30.4.2 Altri settori tecnologici	933
30.4.3 Scacchiere tecnologico internazionale	937
31 LA TECNOLOGIA E NOI.....	941
31.1 Uomo natura tecnologia	941
31.2 La scatola nera	943
31.3 Come evolve la tecnologia.....	945
31.4 Rischi e timori	952
31.5 Homo technologicus	955
Bibliografia.....	959
Libri e articoli.....	959
Riviste.....	963

Siti (Ritrovati nel giugno 2019)	964
Principali fonti Iconografiche	965
Indice analitico	967

The background of the page features a complex, light gray graphic. It consists of several interlocking gears of different sizes, some with teeth pointing towards the viewer and others away. Overlaid on these gears are various circuit-like patterns, including straight lines, right angles, and small circles, reminiscent of a technical drawing or a schematic. The overall effect is one of mechanical complexity and technological precision.

PREFAZIONE

Questo non è soltanto un libro di storia della tecnologia. Racconta piuttosto la storia della creatività pratica dell'uomo, e come questa sia sempre stata interconnessa con altri ambiti umani: sociale, politico, bellico, etico, artistico, spirituale e religioso... La tecnologia si è manifestata almeno da quando è comparso sulla Terra il primo essere, al quale riconosciamo la dignità di Homo, anzi quegli antichi progenitori iniziarono a vivere con la tecnologia molto prima che con il linguaggio articolato, con le creazioni artistiche, con la spiritualità... e il controllo della tecnologia non ha mai smesso di essere determinante per le società umane, che ne sono state contemporaneamente influenzate, anche quelle più esotiche e lontane a noi, nello spazio e nel tempo. È stato uno sviluppo parallelo, quello dell'uomo e della tecnologia, nel quale la seconda ha avuto un ruolo ben maggiore di quanto si potrebbe essere portati a pensare.

Dipanare l'evoluzione della tecnologia in una visione articolata e poliedrica è stato un impegno appassionante anche se, man mano che mi ci addentravo, mi rendevo sempre più conto di quanto fosse vasta e impegnativa la sfida che stavo affrontando, sicché capii presto che molto probabilmente il mio impegno era animato anche da una buona dose di presunzione. La genesi del libro si è sviluppata per un decennio, con periodi di lavoro più intenso, intervallati da altri nei quali hanno prevalso altri impegni scientifici, accademici e familiari. Nonostante questo, la scrittura di queste pagine ha richiesto di sottrarmi per troppe ore agli affetti ed alle amicizie, per divenire fisicamente evanescente mentre entravo in simbiosi con il mio laptop, con internet e con tanti libri e articoli digitalizzati, gli strumenti high-tech che mi permettevano di elaborare pagina dopo pagina tanta parte della mia storia della tecnologica.

Ora che il libro è finito, mi piace ricordare i primi passi e il mio pensiero va anzitutto ad Antonio Lepschy, collega, maestro e studioso di squisita cultura, che per primo incoraggiò i miei interessi storici, proponendomi un insegnamento per quella che allora era la SISS del Veneto. Da lì germinò l'idea di istituire un insegnamento di Storia della Tecnologia per i corsi di laurea dell'ingegneria industriale dell'Università di Padova, che fu uno dei primi in Italia. Per gli studenti che frequentavano il corso preparai da subito una dispensa formata da molte centinaia di slide, ma maturò presto in me anche l'idea di scrivere, con l'occhio e la mano del tecnologo, un tipo di testo fino ad allora ampiamente trascurato dalla letteratura accademica italiana. Iniziai la mia impresa nel novembre 2009: lo ricordo bene perché stesi le prime pagine durante il lungo viaggio che mi portava a Florianopolis, in Brasile, ad un congresso scientifico di simulazioni elettromagnetiche al computer.

L'intenzione originaria era di scrivere un libro agile, snello, che potesse essere indicato come testo ufficiale del mio corso di Storia della Tecnologia. Quel proposito naufragò presto, di fronte all'evidenza che per essere appena un po' esaustivo, il libro avrebbe dovuto estendersi ben oltre i limiti canonici delle tre-quattrocento facciate. L'idea divenne, infatti, quella di coprire tutta la storia della tecnologia, che inevitabilmente coincide con la storia dell'umanità, per di più anche senza confini geografici.

La scrittura ha richiesto un impegno in approfondimenti storici ad ampio spettro, in cui mi ha aiutato non poco la mia formazione classica, che col tempo ho imparato ad apprezzare di più di quanto non facessi appena uscito dal liceo, quando la vocazione per la tecnica, un amore che covava da quando ero bambino, mi spinse senza indugio ad iscrivermi ad un corso di laurea in ingegneria.

Il lavoro ha avuto la fortuna di beneficiare dell'aiuto di vari colleghi docenti di discipline che, pur essendo più o meno lontane dall'ingegneria, sono rilevanti ai contenuti del libro. Sono particolarmente grato all'amico Telmo Pievani, che fu il primo non-ingegnere ad incoraggiare il mio progetto, non solo con molti consigli mirati sui primi capitoli, relativi ad argomenti di antropologia che fanno parte della sua specifica competenza scientifica, ma anche con il sostegno generale al progetto. Devo ringraziare anche Massimo Vitale che, tra una missione archeologica e l'altra in Medio Oriente, ha avuto la pazienza di leggere le bozze di più capitoli e di fornirmi molti chiarimenti sugli antichi passaggi evolutivi dell'uomo e della tecnologia, permettendomi di effettuare molti miglioramenti al manoscritto originale.

Dopo avere condiviso con me i banchi del liceo, Federica Petraccia è stata tra i primi ad offrire generosamente la sua collaborazione leggendo molti capitoli che stavano prendendo forma e fornendomi vari consigli non limitati alla storia romana, che è l'ambito della sua specifica competenza professionale. Le sono grato anche per avermi messo in contatto con Marina Montesano, da me contattata solo con i mezzi telematici, che a sua volta mi ha offerto vari commenti sulle pagine relative al medioevo. Credo che i viaggi avventurosi svolti in gioventù in continenti lontani abbiano influenzato la scelta di Alessandra Pietrobon di dedicarsi al diritto internazionale e me ne rallegro, perché le sue competenze mi hanno illuminato sugli intricati rapporti tra le nazioni in temi scabrosi come quello delle armi nucleari. Anche con Raimondo Biondetti ho condiviso tante avventure di viaggio, ma non è certo da lì che deriva la sua eccellente competenza professionale nella diagnostica medica, che mi è stata utile per focalizzare funzioni e particolarità operative di tante tecnologie d'avanguardia del settore medico.

In effetti i viaggi sono stati importanti per la scrittura del libro. Non solo quelli figurati nel tempo, ovvi per il tema dell'opera. Non solo quelli giovanili e avventurosi ai quali alludevo più sopra, con i quali si consolidò l'interesse verso le culture esotiche e la loro storia, non solo tecnologica. Ma anche quelli più recenti, intrapresi sia per lavoro che per diletto, viaggi che mi hanno permesso di visitare in tanti paesi magnifici musei della scienza e della tecnica, fonti di innumerevoli informazioni e di tante delle immagini che arricchiscono il testo.

Un altro tipo di viaggio che ha avuto un ruolo fondamentale nella creazione del libro è quello sulle vie informatiche della grande rete globale, che mi ha permesso di accedere ad una miriade di fonti in formato elettronico, sia articoli pubblicati da riviste scientifiche, sia le versioni digitalizzate di testi storici che sono sempre più reperibili con libero accesso, grazie all'inestimabile opera di tante istituzioni culturali. In questo recupero di informazioni, mi sono reso conto di quanto Internet sia oramai diventata depositaria di una sconfinata cultura, a partire dalle stesse opere classiche che costituiscono il fondamento del nostro pensiero, o meglio dei nostri mille pensieri e delle nostre mille radici. Nondimeno, ho reperito moltissime altre informazioni in libri nel tradizionale formato cartaceo, la cui lettura sfogliando le pagine è sempre fonte di un'impareggiabile ed insostituibile gratificazione.

Un ringraziamento particolare va a due persone molto speciali e immensamente care. Alberto, dalla cui mano felice sono uscite le immagini che arricchiscono la copertina, e Francesca, la cui sensibilità al design ha prodotto le rielaborazioni di molte immagini contenute nel testo, spesso catturate dalla mia macchina fotografica. Ad entrambi debbo, ancor di più, la pazienza di avere sopportato il mio lungo lavoro e le discussioni tra un maturo professore e due giovani laureati che si stanno avviando alla vita professionale fatta di scienza tecnologia e creatività. Da esse sono scaturite molte osservazioni che popolano le pagine del libro.

Ottobre 2019

Massimo Guarnieri

CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

*I popoli che non si volgono indietro ai loro antenati
non sapranno neanche guardare al futuro*

Edmund Burke¹

1.1 COSA È LA STORIA DELLA TECNOLOGIA?

Cosa significhi la parola storia, più o meno lo sappiamo tutti, per averla studiata fin dalla scuola elementare. Per la parola *tecnologia* le cose stanno un po' diversamente. Se viene chiesto cosa essa sia, ci vengono istintivamente in mente computer, internet, telefonia cellulare, satelliti artificiali, automobili da competizione, aeroplani, nanotecnologie e cose simili. Non vi è dubbio che queste siano forme di tecnologia molto sofisticata e progredita, high-tech, come si dice spesso. Ma se dobbiamo studiare la storia della tecnologia non possiamo fermarci qui. Bisogna andare indietro nel tempo. E allora ci viene in mente il telegrafo, ... la macchina a vapore, ... la stampa, ... e ancora più indietro. Quanto? Ebbene: molto indietro. E per capire quanto dobbiamo esaminare il significato della parola tecnologia. Coniato nel 1769 dal tedesco Johann Beckmann² e introdotto in italiano all'inizio del XIX secolo, questo vocabolo è composto da due parole greche: *τέχνη* (*téchne*) e *λόγος* (*logos*).

- *τέχνη* significa: abilità, capacità creativa, arte, ingegnosità ed anche scienza, conoscenza. È analoga al vocabolo latino *ars-artis*, che vuol dire arte, originariamente con un doppio significato. Quello di creatività artistica, conservato oggi nelle parole: artista, arti Figurative, belle arti, ...e quello di abilità e conoscenza, conservato nelle parole ed espressioni: artigiano, stato dell'arte, regola d'arte, ed anche in proverbi come "impara l'arte e mettila da parte". Questi ultimi corrispondono al significato di abilità e capacità creativa che si affermò in epoca classica e che oggi attribuiamo alla parola "tecnica" e ai suoi derivati e composti.
- *λόγος* significa: discorso sistematico, trattazione sistematica.

Pertanto *tecnologia* vuol dire: *insieme organizzato di conoscenze, abilità e strumenti sia teorici che applicativi, volto all'ottenimento di risultati pratici, a conseguire una prestabilita utilità.*

Insistendo con le digressioni etimologiche, conviene considerare, e vedremo subito perché, un'altra parola, coniata nel 1854 dallo scozzese James Frederick Ferrier, *epistemologia*, che è pure composta da due vocaboli greci, *ἐπιστήμη* (*epistémē*) e ancora *λόγος*.

- *ἐπιστήμη* significa scienza, conoscenza ed anche abilità, capacità.

I suoi significati originali sono quindi simili a quelli di *τέχνη*, ma la parola *epistemologia* ne considera i primi, già prevalsi anticamente, sicché essa significa: *studio sistematico e critico dei fondamenti della conoscenza scientifica, ovvero filosofia della scienza.*

Che relazione esiste tra scienza, della quale si occupa l'*epistemologia*, e la tecnica, che pertiene alla tecnologia?

¹ Edmund Burke, *Reflections on the Revolution in France*, London: James Dodsley, 1790. (tr. it. *Riflessioni sulla Rivoluzione in Francia*, Roma: Ideazione, 1998).

² Johann Beckmann, *Anleitung zur Technologie*, Gottingen: Vanderhoeck und Ruprecht, 1802.

In senso lato oggi con Scienza intendiamo “sintesi di esperienza e ragione, acquisizione di conoscenze verificabili e criticabili pubblicamente (e quindi libera da ogni principio di autorità), che si è andata via via affermando ... finendo per divenire uno degli aspetti sociali che meglio caratterizzano, anche per le sue innumerevoli applicazioni tecniche, il mondo contemporaneo e i valori culturali che esso esprime”³. Si parla quindi di mondo scientifico, accademia scientifica, uomo di scienza, ... in un’accezione comprensiva anche degli aspetti applicativi.

In senso stretto invece si attribuisce a Scienza il significato di “insieme delle discipline fondate essenzialmente sull’osservazione, l’esperienza, il calcolo (come Matematica, Fisica, Chimica),” quindi di disciplina con carattere specificamente analitico-speculativo, contrapposta a Tecnica, nella quale riconosciamo il “patrimonio di conoscenze, sempre più specializzate e soggette a continua innovazione, che richiede un addestramento specifico in un sistema scolastico e nelle varie scuole politecniche nel quale la formazione matematica e scientifica assume un ruolo centrale” (Ingegneria, Architettura, ...)⁴. Molto sinteticamente, la scienza è il regno della scoperta e la tecnologia quello dell’invenzione. In queste accezioni Scienza e Tecnica indicano concetti complementari e si parla, ad esempio, di ricerca scientifica e tecnologica, al fine di evidenziare distintamente i due aspetti, dell’indagine analitica e della sintesi applicativa. Avremo modo di vedere che precisare la differenza tra Scienza e Tecnica ha importanza nella Storia della Tecnologia.

Da sempre la tecnologia è associata ai manufatti fisici, più di quanto non succeda per la scienza, religione, politica e ogni altra attività⁵. Ciò si estende oggi ai manufatti immateriali, come il software degli elaboratori. La tecnologia è da sempre intimamente connessa al mondo fisico: i manufatti sono centrali alla tecnologia, ne sono sia il fine che il mezzo.

Un pregiudizio diffuso induce ad identificare storicamente la tecnologia con la meccanica. Ciò deriva da un retaggio culturale che ha il suo fondamento nell’importanza che la meccanica ebbe nel medioevo e poi nella rivoluzione industriale. Tale pregiudizio oggi si è ampiamente ridimensionato grazie all’affermazione sensazionale di altri settori tecnici, come quello dell’informazione. Ma anche in passato tecnologie non meccaniche ebbero grande importanza. Ad esempio quelle edili, idrauliche e stradali ebbero un ruolo primario nell’affermazione della civiltà romana. E inoltre la tecnologia non riguarda solo l’ingegneria. Essa comprende, tanto per fare qualche esempio, l’agricoltura, la navigazione, la misurazione del tempo, la scrittura, le tecniche commerciali e bancarie ... alle quali non mancheremo di dedicare qualche attenzione. Vale la pena di precisare che l’ingegneria comprende anche, oggi più che in passato, contenuti scientifici, che sono indispensabili a concretizzare applicazioni tecnologiche complesse ed avanzate.

Detto questo, affrontiamo un’altra domanda. Perché vale la pena di conoscere la Storia della Tecnologia? Quantomeno per un motivo semplicissimo e di importanza capitale: imparare da dove veniamo ci aiuta a capire che dipende sostanzialmente da noi dove stiamo andando. Perché “conoscere il passato ci aiuta a progettare il futuro”, mentre dimenticarlo, ci condanna a ripetere gli errori. Ma posso anche aggiungere per la gratificazione che ci procura la consapevolezza delle origini e dell’evoluzione di un patrimonio di conoscenze del quale siamo partecipi e attori e che tanto condiziona la nostra vita. Con Nietzsche vorrei dire “Certo, noi abbiamo bisogno di storia, ma ne abbiamo bisogno in modo diverso da come ne ha bisogno l’ozioso raffinato nel giardino del sapere, ... Ossia ne abbiamo bisogno per la vita e per l’azione...”⁶.

Capire come la tecnologia si è evoluta nella storia dell’uomo ci permette di creare una cultura della tecnologia, oggi largamente assente specialmente nel nostro paese, sicché da un lato la tecnologia è vista con sospetto (o ignorata) dalla cultura tradizionale italiana, ancora fondamentalmente umanistico-gentiliana, e dall’altro la cultura tecnologica è trascurata da coloro che ne sono i depositari, talvolta, o spesso, inconsci: tecnici e tecnologi. Il fine di questo lavoro è accrescere la consapevolezza del ruolo che una tecnologia avanzata e responsabile ha nel garantire competitività al sistema economico nazionale, nel quadro dell’ineludibile globalizzazione, alla

³ Dal Dizionario Enciclopedico Treccani.

⁴ Per W. Brian Athur la Scienza è “un insieme di convinzioni morali: che la natura sia intrinsecamente conoscibile, che possa essere indagata, che le cause dei fenomeni possano essere isolate e che la conoscenza possa essere accresciuta dall’esplorazione controllata dei fenomeni stessi.” W. Brian Arthur: *The Nature of Technology – What It Is and How It Evolves*, Free Press, 2009 (tr. It. *La natura della tecnologia: che cos’è e come evolve*, Torino: Codice Edizioni, 2011, p. 54).

⁵ Brooke Hindle, *Emulation and Invention*, New York NY: New York University Press, 1981.

⁶ Friedrich Nietzsche: *Sull’utilità e il danno della storia per la vita*, Milano: Adelphi, 2003.

quale nuovi agguerriti competitori continuano a presentarsi, garantendo al tempo stesso uno sviluppo sostenibile. Per raggiungere l'obiettivo daremo una lettura dello sviluppo tecnologico rapportata agli eventi sociali, culturali, politici, economici, bellici, religiosi, tra i quali tale sviluppo si è realizzato e al tempo stesso rileggeremo alcuni fatti storici dal punto di vista tecnologico. Conoscere tutta la storia della tecnologia è un'impresa impossibile: anche in questo caso vale quanto Shakespeare fece dire ad Amleto: "In cielo ed in terra ci sono più cose, Orazio, di quante ne sogni la tua filosofia"⁷. Svolgere una trattazione ampia e comprensiva è oltre i propositi di questo libro. Ci accontenteremo di comporne alcuni frammenti, scegliendoli tra quelli più significativi. La nostra sarà dunque una storia della Tecnologia certamente lacunosa e di questo mi scuso fin da subito.

1.2 QUANDO INIZIA LA TECNOLOGIA

In base alla definizione che ne abbiamo dato, la tecnologia inizia quando gli uomini, o meglio ominidi che anticiparono gli uomini moderni, cominciarono a realizzare arnesi utili alla loro esistenza. E questo avvenne davvero molto tempo fa, ben prima che comparissero altre espressioni squisitamente umane, come l'arte, la spiritualità, la scienza e lo stesso linguaggio.

Questa affermazione può scoraggiare. Dobbiamo davvero andare tanto indietro per parlare di tecnologia? Ovviamente potremo farne a meno, e parlare, ad esempio, solo di quella che si è sviluppata dalla rivoluzione industriale in poi. Ma ciò comporterebbe rinunciare a quanto è avvenuto all'epoca di Galileo e di Newton. E così via andando a ritroso. D'altronde è possibile intuire l'importanza di un'innovazione solo sapendo cosa esisteva prima e quanto essa abbia modificato le possibilità umane. Pertanto, volendo affrontare in modo sistematico la Storia della Tecnologia, conviene dedicare un po' di tempo ai suoi primordi e capire quanto essa sia indissolubilmente legata all'evoluzione ed alla storia dell'uomo. Questa scelta ci porta ad iniziare il nostro itinerario temporale vestendo i panni dei paleontologi.

1.3 PRIMA DELL'UOMO

Ma fa	
13.000	Nascita dell'universo – big bang
4.600	Formazione del sistema solare (e quindi della terra)
3.500	Primi batteri terrestri
1.400	Primi organismi unicellulari complessi (acquatici)
800	Primi organismi multicellulari
600	Primi organismi con parti solide (...scheletro → fossili)
550	Comparsa del phylum dei cordati (organismi dotati di cuore)
450	Primi organismi viventi non acquatici, vegetali e poi insetti ...
370	Primi cordati terrestri
300	Primi ovipari terrestri a guscio duro → comparsa dei dinosauri
220	Primi mammiferi
100	Primi placentati
70	Primi primati
65	Estinzione dei dinosauri
44	Affermazione dei mammiferi
40	Prime scimmie
30	Prime scimmie antropomorfe

Tabella 1.1

Prima dei primati (Ma fa=milioni di anni fa[†]).

[†]L'unità di misura del passato "anni fa" (in inglese "y BP=years before present"), ed i suoi multipli "ka fa" (migliaia) e "Ma fa" (milioni), di uso frequente in paleontologia ed archeologia, usa come origine convenzionale dei tempi l'anno 1950 dell'era volgare (d.C., dopo Cristo; in inglese A.D., Anno Domini), ovvero 0 y BP=1950 A.D., per ovviare al fatto che l'anno presente reale varia continuamente. In questo libro lo useremo solo per indicare epoche così remote che la differenza tra 1950 (presente convenzionale) e 2019 (presente effettivo di pubblicazione del libro) è risibile. Per indicare epoche storiche più vicine al presente faremo uso della datazione a.C. (avanti Cristo; in inglese B.C., Before Christ, o B.C.E. Before Common Era, per evitare riferimenti ad una particolare religione).

⁷ William Shakespeare: *Amleto*, atto I, scena V.



Figura 1.1

Esempi di tecnologie degli insetti: un termitaio alto alcuni metri (Litchefield National Park, Australia; MG) e celle in un alveare.



In effetti la tecnologia non è nemmeno una manifestazione peculiare del genere *Homo*, anzi, in senso generale essa ha anticipato l'uomo, dato che esistono varie forme di tecnologia animale. Tra gli insetti, formiche e termiti costruiscono abitazioni molto grandi e complesse dotate di sistemi di termoregolazione⁸ e le api alveari composti da celle esagonali di elevatissima regolarità geometrica (Figura 1.1) Tale costruzione è ben più raffinata di quanto possa sembrare, perché le api nel realizzarla risolvono un problema di ottimo: l'esagono è il poligono regolare che permette di tassellare un piano presentando il minimo perimetro a parità di area, ovvero con la minima quantità di cera a parità di miele contenuto⁹.

Gli uccelli sanno costruire nidi e l'uccello tessitore esibisce una straordinaria abilità eseguendo con le fibre vegetali nodi di qualità marinara (Figura 1.2). Tra i mammiferi i castori abbattano alberi per erigere dighe che comprendono canali ed abitazioni, accatastando spesso il materiale molto prima di iniziare la costruzione¹⁰ (Figura 1.2), e taluni scimpanzé arrivano a realizzare per percussione attrezzi di pietra (Figura 1.3).

Alcuni animali sanno gestire le informazioni, ed anche questa è tecnologia. Gli uccelli indicatori del Kenya indicano ai raccoglitori di miele umani la strada verso gli alveari selvatici per potersi cibare delle larve dopo che gli uomini li hanno aperti per raccogliere il miele¹¹.

⁸ Fatte le debite proporzioni tra i loro costruttori, i termitai, perfettamente ventilati, corrispondono a grattacieli alti oltre 650 metri, quanto il Burj Khalifa di Dubai, completato nel gennaio 2010, che con i suoi 636 metri al tetto e 828 all'antenna è per ora il grattacielo più alto mai costruito dall'uomo.

David Edward Bignell Yves, Roisin, Nathan Lo, *Biology of Termites: a Modern Synthesis*, Dordrecht: Springer, 2010.

⁹ Questa proprietà fu notata già in epoca classica da Pappo di Alessandria (ca.290 d.C.–ca.350 d.C.), che la descrisse in *Collectiones Mathematicae* V.

¹⁰ Dietland Müller-Schwarze, Lixing Sun, *The beaver: natural history of a wetlands engineer*, Itacha NY: Cornell University Press, 2003.

¹¹ W. R. J. Dean, W. Roy Siegfried, I. A. W. MacDonald, "The Fallacy, Fact, and Fate of Guiding Behavior in the Greater Honeyguide", *Conservation Biology*, 4 (1), (1990): 99–101.

Tutte queste abilità hanno una caratteristica comune: sono molto specialistiche ed esclusive. Il più abile scimpanzé non sa fare celle esagonali regolari come quelle delle api. Per sviluppare una tecnologia versatile e differenziata servono infatti caratteristiche biologiche e genetiche che mancano agli animali appena citati: altri esseri erano necessari per fare un passo deciso in questa direzione.



Figura 1.2

Esempi di tecnologie animali: nido dell'uccello tessitore (*Kalyan Varma in Wikimedia Commons*) e diga di castori.

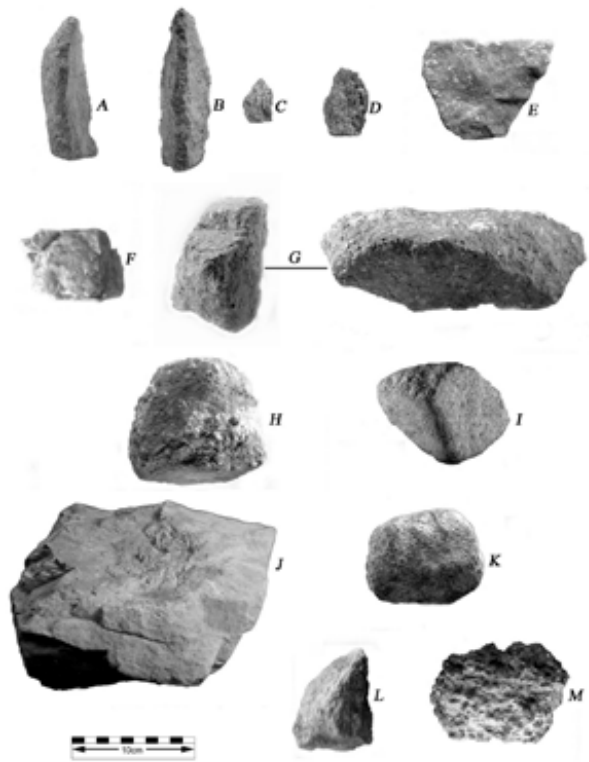


Figura 1.3

Esempi di tecnologie animali: utensili in pietra ottenuti per percussione da scimpanzé (datati 2300 anni fa¹²).

¹² J. Mercader, H. Barton, J. Gillespie, J. Harris, S. Kuhn, R. Tyler, C. Boesch: "4,300-Year-old chimpanzee sites and the origins of percussive stone technology" *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (9), (2007): 3043-3048.

