

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 21

**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2021-22**

1915-1945 - Europa, Stati Uniti

NUOVA FASE DELLA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Terza fase della rivoluzione industriale

- Per alcuni studiosi, che si protrae fino a metà secolo

1914-8 - Prima Guerra Mondiale

- Le estensioni coloniali delle potenze belligeranti (inizialmente solo europee, poi anche Stati Uniti, Giappone e Cina) allargano le dimensioni del conflitto a gran parte dei continenti (da cui il nome "mondiale")
- e i progressi tecnologici nei vari settori, messi al servizio delle esigenze belliche, contribuiscono a renderla la più devastante carneficina mai realizzata dall'uomo (fino ad allora)
- viene chiamata **Grande Guerra** e causa oltre 16 milioni di morti in soli 4 anni

1914-8 - Prima Guerra Mondiale

Vengono sfruttate le innovazioni tecnologiche recenti

- Macchine utensili
 - Lavorazioni meccaniche →
 - Acciai speciali →
- Grandi artiglierie a lunga gittata
 - Dicke Berta (42 ton),
Gamma (750 ton) ...
- Mitragliatrici
(derivate da quella di Maxim del 1884)

e ne vengono sviluppate altre ...



1914-8 - Prima Guerra Mondiale

1916-7-8: Carro armato

prima inglese e poco dopo francese e tedesco

- 400 anni dopo l'intuizione di Leonardo, grazie alla disponibilità di corazze d'acciaio e motori a combustione interna adeguatamente potenti e leggeri
- pone fine alla impasse della guerra di trincea
(le tattiche di battaglia sono ancora quelle tradizionali, tragicamente inadeguate al potere distruttivo delle nuove armi)



1914-8 - Prima Guerra Mondiale

Aereo da guerra

- Motore, avionica, armamenti
- Meccanismo di sincronizzazione mitragliatrice-elica: nascita degli aerei da caccia
- Bombardamenti aerei
- Palloni erostatici



Fokker Dr.I



Radio

- Sistemi sintonici, crittazione, trasmissioni direzionali



1914-8 - Prima Guerra Mondiale

Navi corazzate

- Motorizzate a turbina
- Velocità > 20 nodi
- Autonomia > 10.000 km
- Con artiglierie pesanti
- Calibri > 300 mm

HMS Dreadnought



Sommergibili

- Grande autonomia > 16.000 km
- Multi-siluri
- Guerra in Atlantico



1914-8 - Prima Guerra Mondiale

Gas tossici e venefici (devastanti)

1915: cloro gassoso usato dai tedeschi a Ypres, migliaia di vittime

1915: fosgene (cloruro di carbonile) usato dagli alleati

1917: iprite (dicloroetilsolfuro) usato dai tedeschi a Ypres

il cloro, già utile nell'industria tessile e nella potabilizzazione dell'acqua, diviene un mezzo di distruzione



1917 - Russia

RIVOLUZIONE D'OTTOBRE

Anche nella neonata Unione Sovietica lo sviluppo industriale evolve con notevole successo

- negli anni 30 il governo di Stalin attua una straordinaria e forzata industrializzazione, alimentata dalle imponenti risorse idroelettriche



Per Lenin e Stalin, in accordo con le teorie sullo sviluppo storico di Marx, il comunismo doveva emergere dalla sintesi tra politica e tecnologia

→ La tecnologia ha un ruolo centrale nella società sovietica

1917 - Russia

RIVOLUZIONE D'OTTOBRE

Ma anche:

- Espatrio di molti tecnici e scienziati (telecomunicazioni, medicina, meccanica) di primaria grandezza, mossi dalla intransigenza politica
 - quali: Zworykin e Sikorsky, ...
- Col tempo la rigidità culturale e l'assenza della spinta innovativa (dovuta a mancanza di mercato e di competizione) indirizzeranno il sistema industriale sovietico verso una progressiva sclerosi fino al collasso del 1989
 - Curiosamente simile a quella prodotta nella Francia del Settecento dal centralismo assolutistico del Re Sole, crollato nel 1789

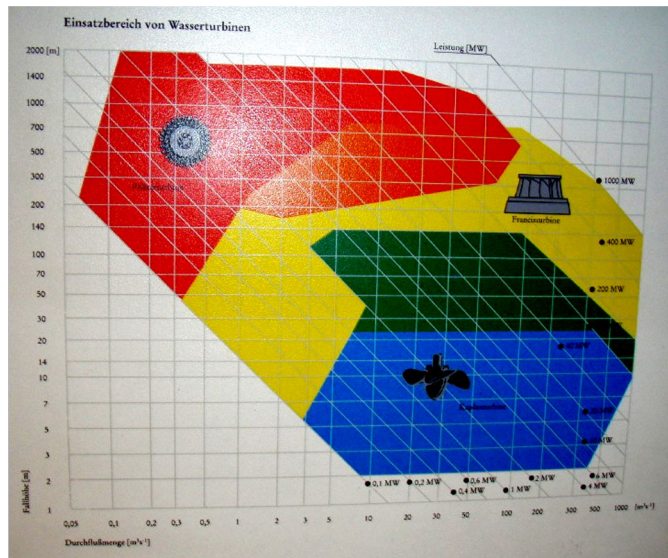
1920 - Austria

Turbina idraulica ad elica a passo variabile

Viktor Kaplan (1876-1934)

- proposta nel 1913
- motore primo ideale per il trascinamento degli alternatori nelle centrali idroelettriche a bassa prevalenza
- completa il quadro dei motori primi per centrali idroelettriche

Campi di utilizzo di turbine Pelton, Francis, Kaplan



1919-20 - Olanda, UK, USA



Radiodiffusione commerciale (usando know-how bellico)

1919: Olanda – PGCG, prime trasmissioni pubbliche commerciali

1919: UK - Marconi Research Center, prime trasmissioni pubbliche

1920: USA - KDKA di Westinghouse, prima stazione commerciale autorizzata

1920: Argentina - LOR

1922: USA - 563 stazioni funzionanti

- servizio radio dalla Casa Bianca (USA)
- Nasce un nuovo mercato con grandi potenzialità sociali ed economiche

Tecnologia radio



Apparecchi radio degli anni '20 – basati sui tubi termoelettronici
London Science Museum

Tecnologia radio



Ricevitori radio a valvole degli anni '30-'40

1922 - Italia

1922: Avvento al potere del fascismo

1922-1944: era fascista

ETA' DEI TOTALITARISMI

1928-1953: Stalinismo

1933-1945: Nazismo

1936-1975: Franchismo ...

... Portogallo, Ungheria, ... America latina, Africa, Asia

- Ideologie politiche basate su teorie scientifiche (errate) che impongono visioni fondamentaliste, imposte come assolute ed indiscutibili
 - imposte con la propaganda diffusa dalle tecnologie dell'informazione vecchie e nuove, strumenti di indottrinamento
- uso perverso dei mezzi di informazione

1923 - Italia

Riforma scolastica

Giovanni Gentile (1874-1944)

sulle orme di **Benetto Croce (1866-1952)**

Licei: impostazione classico-umanistica (latino, greco, filosofia, ...), per le classi dirigenti, permettono l'accesso all'università

- il maestro incarna lo spirito eletto, il cui insegnamento l'allievo deve accogliere passivamente ... per diventare un giorno anche lui spirito eletto, libero ed autonomo, → l'acculturamento va subito passivamente!

Scuole tecniche, per il popolo (comprendenti matematica e scienze e le tecniche, considerate importanti solo a livello professionale!)

- impone la “dittatura dell'idealismo”*, relegando scienza e tecnica a pseudo-cultura (principi che in parte perdurano tuttora nella società italiana)
- L'impostazione gentiliana “rende la scuola generalista, ... , non incoraggia ma spesso frena la discussione, l'indipendenza e l'originalità di pensiero, nonché la specializzazione, al contrario di quanto avviene nella scuola inglese e soprattutto in quella americana”.**

* Lucio Lombardo Radice

** Luca Cavalli-Sforza

1923 - Italia

Scuola di altri paesi

In altri paesi la formazione scientifico-tecnica ha preso direzioni decisamente diverse: si pensi al modello tedesco, a quello inglese o, meglio, a quello americano

anche altri paesi hanno già intrapreso questa strada, come la Francia, con la sua gloriosa tradizione di matrice illuministica, ed i paesi nordeuropei (Olanda, Belgio, Danimarca, Norvegia, Svezia, Finlandia, ...)

sono metodi educativi molto più attenti alla scienza e tecnologia che trovano la loro massima espressione nel modello universitario anglosassone, tuttora incontestabile e oggi ampiamente imitato (anche il Cina, India, Corea, ...)

1924 - Stati Uniti

Facsimile (fax) elettronico

Harry Nyquist (1889-1976) di ATT

- Su linea telefonica

Precedenti elettromeccanici

1843: A. Bain (GB)

1847: F. Bakewell (GB)

1856: Giovanni Caselli (Toscana)

primo fax (pantelegrafo) di successo con ampia diffusione in Francia dal 1865 (Parigi-Lione) - poi caduto in oblio a causa della cattiva gestione e della concorrenza del telegrafo, più rudimentale, ma anche più semplice, robusto ed economico

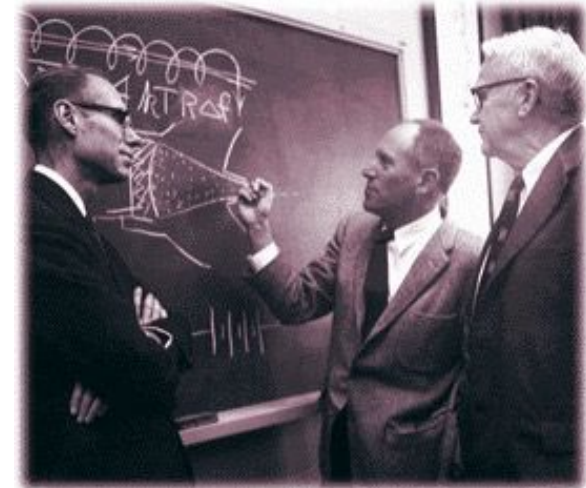


1924 - Stati Uniti, Ungheria

Fase pionieristica della teoria dell'informazione
in gran parte sviluppata nei laboratori ATT

1924: **Harry Nyquist** (1889-1976) di ATT

definizione di telegraph speed,
larghezza di banda



1928: **Ralph Hartley** (1888-1970)

di Bell Labs, i laboratori di ricerca di ATT, istituiti nel 1925

definizione dell'informazione di un messaggio, codifica

1929: **Leo Szilard** (1898-1964) - Ungheria

collegamento tra informazione ed entropia

1927 - Stati Uniti

Negli anni successivi la teoria dell'informazione viene sviluppata ai Bell Labs, nati da ATT, ad opera di:

- **Harold Black** (retroazione negativa)
- **Harry Nyquist** (teorema di stabilità, diagramma di Nyquist)
- **Hendrik Bode** (diagramma di Bode)
- **Ralph Hartley** (amplificatore parametrico, misure logaritmiche, trasformata di Hartley)

Bell Labs:

- scuola pionieristica di tecnologia dell'informazione costituita da poche persone che operano a stretto contatto, in un contesto fortemente creativo e stimolante, sostenuto da una cultura aziendale votata all'innovazione
- un po' come per la meccanica metallica inglese a cavallo tra '700 e '800

1927 - Stati Uniti

Amplificatore a retroazione elettronica
- *feedback negativo*

Harold S. Black (1898-1983) *di Bell Labs*

- Riduzione della distorsione
- Applicazioni fondamentali in tutti i sistemi di gestione del segnale e non solo



- La retroazione, nata molto prima, entra nel mondo dell'informazione:
- Precedenti studi teorici su regolazione e stabilità dinamica, dalla metà del XIX secolo: G. B. Airy (GB), J. C. Maxwell (GB), E. Routh (GB-CAN), A. Hurwitz (D), A. Ljapunov (R), A. Stodola (Slowakia), H. Poincaré (F)

1927 - Stati Uniti

Orologio al quarzo

Warren Morrison ai Bell Labs

- Precisione migliorata di un ordine di grandezza rispetto agli orologi meccanici (fino a 0,5 s/dì)
- Usato originariamente per fissare gli standard di frequenza nelle telecomunicazioni

1967: orologio al quarzo da polso
precisione di 0,2 s/dì
anni 1980: vasta diffusione



1923 - Spagna, Gran Bretagna

Autogiro

Juan De La Cierva (1895-1936)

- Archetipo dell'elicottero
- Combina le caratteristiche di aereo e di elicottero



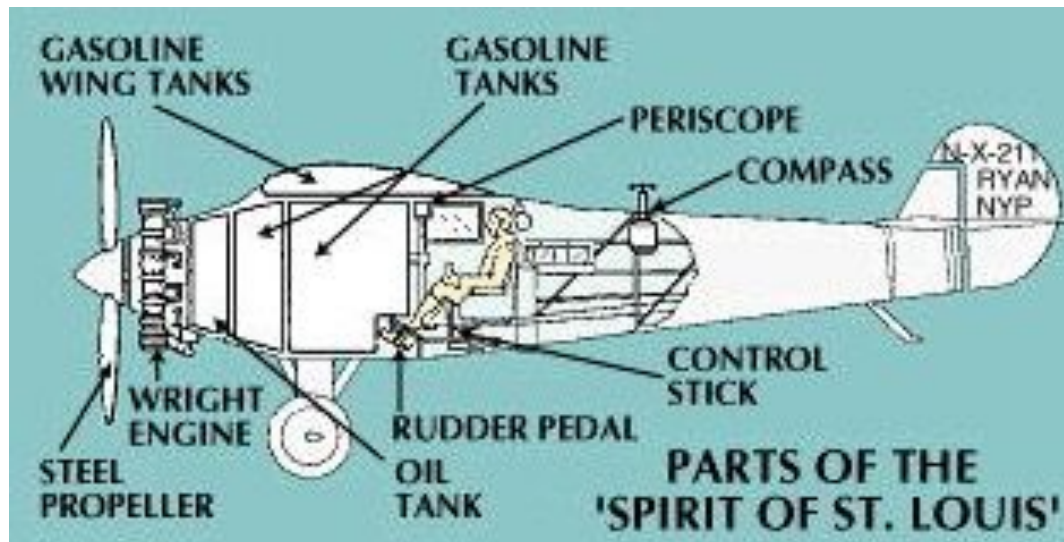
1927 - Stati Uniti

Trasvolata atlantica senza scalo in solitaria con aereo

Charles Lindbergh (1902-1974)

- 5750 km da New York a Parigi alla velocità media di 188 km/h, in 33,5 h
- aereo monoposto monomotore 240 CV monoala a struttura mista (alluminio), modificato, specialmente nei serbatoi maggiorati
- grande avventura connessa dall'innovazione tecnologica
- afferma una configurazione di velivolo che avrà grande diffusione

n.b.: 1919: trasvolata da Terranova all'Irlanda di Alcock e Brown



1930-1933 - Italia

Epoca di grandi imprese aviatorie (età d'oro dell'aviazione)

Trasvolate atlantiche senza scalo con formazione di idrovolanti

Italo Balbo (1896-1940)

1930: Orbetello - Rio de Janeiro con 12 Savoia Marchetti SM55A

1933: Roma - Chicago a/r con 24 idrovolanti



1929 - Stati Uniti, Europa, ...

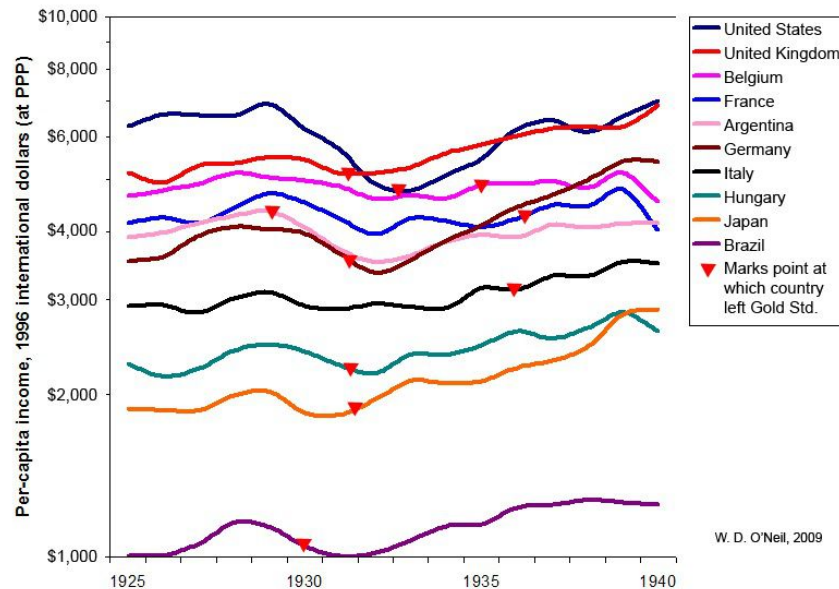
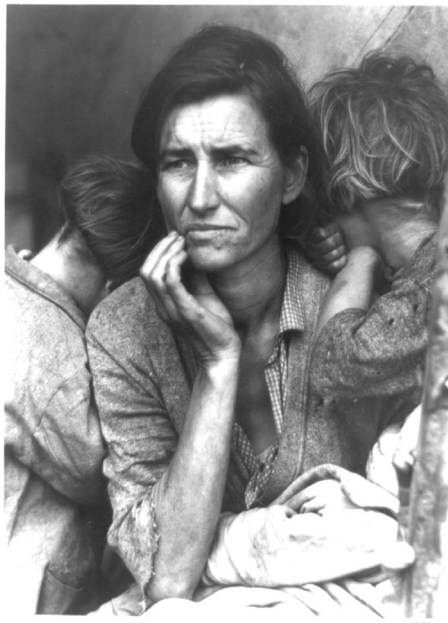
Crisi economica - **grande depressione**

innescata negli Stati Uniti da un crollo della borsa di Wall Street

- Stati Uniti:

1929-1933: Great Depression – saturazione del mercato dell'automobile

1933-1938: New Deal



1931 - Stati Uniti

Empire State Building a NY

- H = 381 metri
- 102 piani
- Struttura in acciaio
- Costruito in 14 mesi

- Batte il record della torre Eiffel
(e del Chrysler Building a NY in USA)
- Edificio più alto al mondo per ~40 anni



GRAS ZEPPELIN
EMPIRE STATE BUILDING 1931

1937 - Stati Uniti

Golden Gate Bridge, San Francisco

- L = 1280 metri
- Struttura in acciaio
- Progetto di Joseph Baermann Strauss (1870–1938)
- Costruito in 4 anni, vincendo forti resistenze, finanziato in parte da obbligazioni private e dalla Bank of America di Amadeo Peter Giannini
- Ponte sospeso più lungo al mondo, per 27 anni

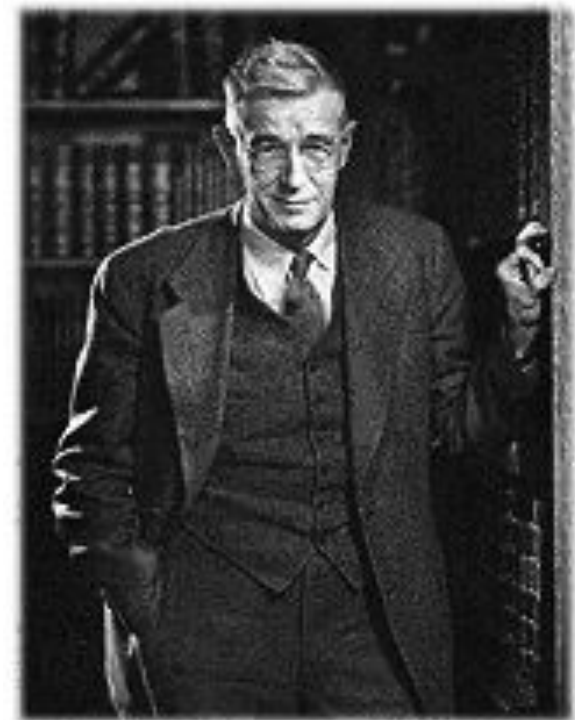


1931 - Stati Uniti

Calcolatore elettromeccanico analogico
Differential Analyzer

Vannevar Bush (1890-1973) al MIT

- usa tubi elettronici, motori elettrici, ...
- Le quantità da calcolare sono rappresentate da grandezze fisiche aventi comportamento ad esse “analogo”:
 - es.: rotazioni di ruote per angoli proporzionali alla quantità rappresentata
- Risolve sistemi di equazioni differenziali a 18 variabili
- Per affrontare problemi di calcolo scientifico (analisi di grandi reti elettriche) altrimenti impossibili da risolvere



1931 - Stati Uniti

Ciclotrone

Ernest Orlando Lawrence (1901-1958)
all'Università di Berkeley

- Primo acceleratore: macchina complessa per ricerca scientifica avanzata
- Concepito da Leo Szilard nel 1929

- Nasce la fisica delle alte energie
- Nasce la Big Science, ricerca pura svolta da grandi gruppi di ricerca organizzati, che richiede imponenti risorse finanziarie e rilevanti apporti di tecnologia e ingegneria



Big Science

Grandi centri di ricerca scientifica e tecnologica

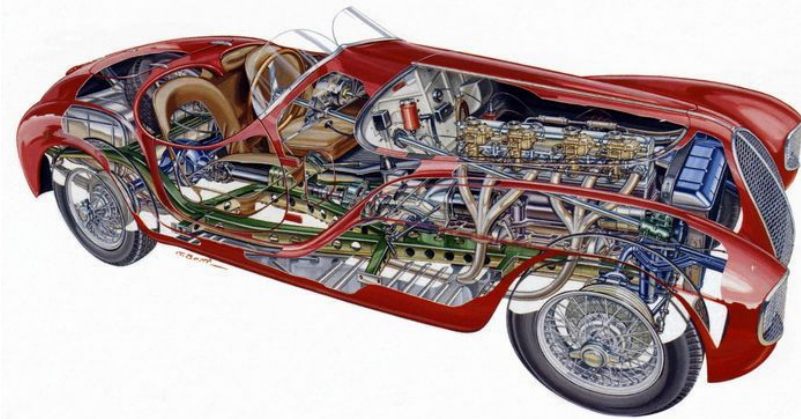
- Indispensabili per sviluppare ricerche di avanguardia costose e di lungo termine, non legate al nome di un singolo ricercatore
- Le doti di gestione manageriale divengono la risorsa critica, al posto delle capacità intuitive del singolo
 - Bell Labs (laboratorio privato con 13 premi Nobel, 1925)
 - Silicon Valley (comprensorio, super-laboratorio, 1951)
 - Cosmodromo di Baikonur (1955)
 - Cern (1954, Nobel a Rubbia e van der Meer nel 1984, Englert e W. Higgs nel 2013)
 - Nasa (1958)
 - Esa-Estec (1975)
 - ITER (avviato 2007... risultati dopo il 2035)

1929 - Italia

Enzo Ferrari: prima scuderia

1940: Auto Avio Costruzioni 815 → Ferrari

- Prima di tante auto super-sportive
- da competizione
- e da strada



Tradizione che perdura

- e rappresenta l'ambiguità della tecnologia:
- prestazioni estreme o sviluppo lungimirante?

1932 - Italia

Fiat 508 Balilla

- emula in Italia il successo della Ford T
 - 4 cilindri, 995 cm³
 - 20 HP a 3500 g/m
 - 80 km/h
- freni idraulici a tamburo
- robusta ed economica



1937 - Germania

Volkswagen

- Automobile per il popolo voluta da Hitler nel 1933
- Robusta ed economica
- Progettata da Ferdinand Porsche (1875-1951)
 - 900 cc
 - 22 HP
 - 100 km/h
- Straordinario successo mondiale con i modelli post-bellici
 - Prodotta per 65 anni
 - oltre 16 milioni di esemplari



1936 - Stati Uniti

Aereo da trasporto DC3 - Douglas Aircraft Co.

- Affidabile, robusto ed economico, 2 motori da 900 HP, struttura e superfici in alluminio
- 1600 km di autonomia, 280 km/h, 28 passeggeri,
- Rivoluziona il trasporto aereo e domina il mercato per vari decenni (oltre 16.000 esemplari) - in USA ha il sopravvento anche sul treno per i tragitti da costa a costa
- Aereo più longevo della storia (>60 anni)
- Segna la maturità dell'aviazione civile
 - Induce la riduzione delle distanze apparenti
 - e il mondo diventa ancora più piccolo

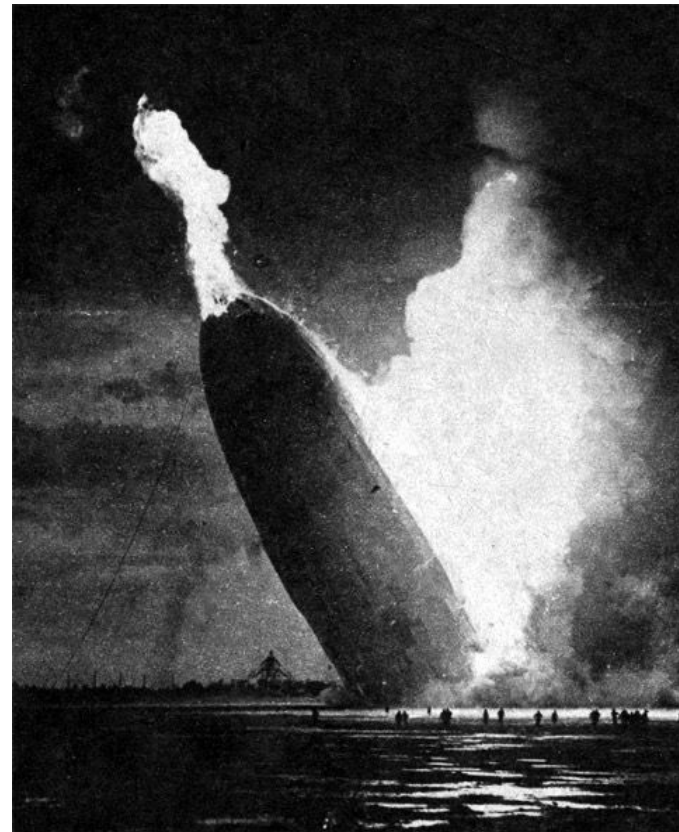


1937 - Stati Uniti

Disastro dello Zeppelin LZ129 Hindenburg

Durante l'attracco a Lakehurst in New Jersey (vicino a New York)

- Incendio dell'idrogeno di sostentamento
- 36 vittime su 97 passeggeri
- Precedenti: 1928 tragedia al polo nord del dirigibile Italia di Umberto Nobile ed altri ancora
- declino del dirigibile ... e delle tecnologie dell'idrogeno
- sopravvento dell'aereo



1937 - Stati Uniti

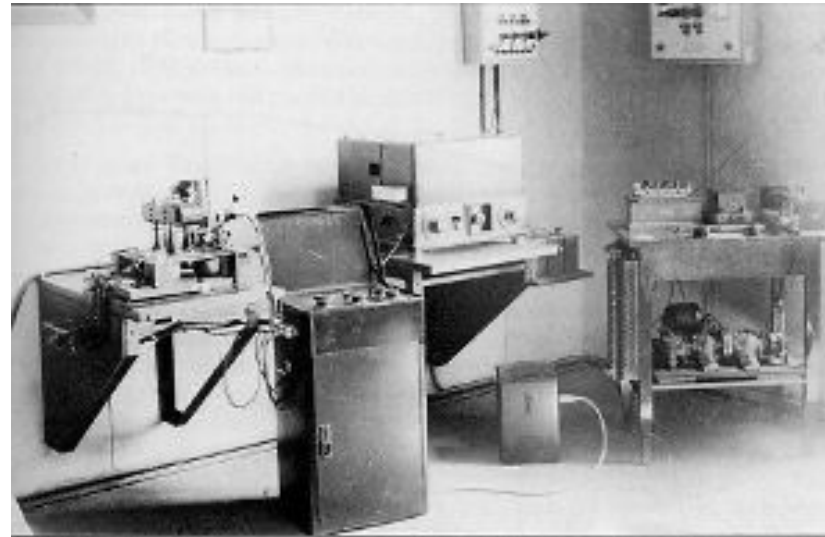


1924-9 - Germania

Elettroencefalografo (ideato nel 1924)

Hans Berger (1873-1941)

- In seguito alla scoperta delle “onde cerebrali” (fluttuazioni elettriche nel cervello, 1875) e studi successivi (1890, 1912, 1914) da parte di vari scienziati
- Diagnostica più sensibile dell'elettrocardiologia
- sviluppo della diagnostica medica in senso quantitativo, sfruttando elettromagnetismo ed elettronica



1925 - Germania

Combustibili/benzina sintetici

Franz Joseph Emil Fischer (1877-1947) e Hans Tropsch (1889-1935)

- alla Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Società Kaiser Wilhelm per l'Avanzamento delle Scienze)
 - società per la ricerca applicata – fondata nel 1911
 - ruolo importante di tali combustibili nella seconda guerra mondiale

Interessen-Gemeinschaft Farbenindustrie AG

IG Farben

- conglomerato di aziende operanti in campo chimico: BASF, Bayer, AGFA, Hoechst, ...
- poi anima finanziaria del regime nazista
- produttrice di Zyklon-B,

1930-7 - Germania

1930: Polistirolo (o polistirene)

IG-Farben

- Produzione industriale
- Già ottenuto nel 1839 da Eduard Simon (D) ma non sfruttato



1933: Stampa ad iniezione

- stoviglie in plastica,
- modelli per microfusione (al posto della cera)

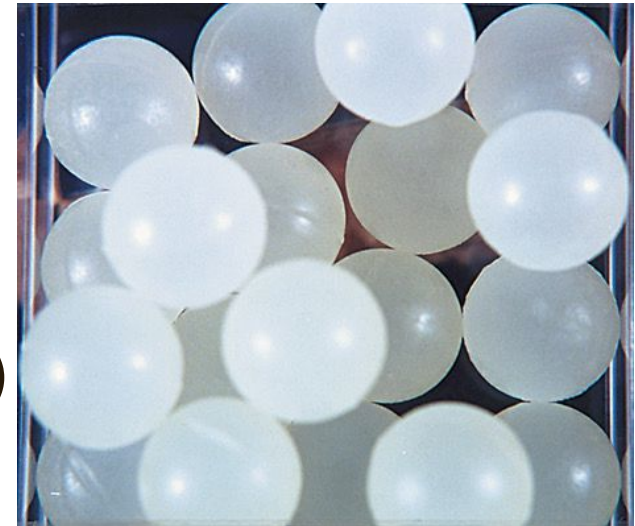
1954: Espanso

- isolamento ed imballi

1937: Poliuretani

IG-Farben

- espansi (schiume: materassi, imbottiture)
- espansi rigidi (isolamenti)
- compatti (componenti stampabili)
- elastici compatti (oggetti elastici)



1935 - Germania

Prontosil - primo sulfamidico

Gerhard Domagk (1895-1964) in IG Farben

direttore dei laboratori di patologia sperimentale
e di batteriologia

- 1932: studi preliminari
di Fritz Mietzsch e J. Klarer
- Straordinaria efficacia contro infezioni mortali
da streptococchi e da stafilococchi
(febbre puerperale, meningite)



1926 - Stati Uniti

Polivinilcloruro - PVC

Waldo Semon (1898-1999) in B. F. Goodrich

- Sostanza plastica flessibile (grazie ad additivi) ma non adesiva, da subito di vastissimo impiego
 - Oppure usata in forme rigide (tubazioni, ...)
 - Oggi terza materia plastica più usata – resa morbida e molto flessibile per mezzo di plastificanti – sostitutiva della gomma
 - Precedente produzione accidentale (non sfruttata)
- 1835: Henry Victor Regnault (F)
1872: da Eugen Baumann (D)
- Sviluppi:
 - co-polimeri a base di cloruro di polivinile
- 1927 in Union Carbide (USA)
1933 in IG Farben (D)



1931 - Stati Uniti

Neoprene

Wallace Carothers (1896-1937) e altri in Du Pont

- Prima gomma sintetica di successo commerciale
- Flessibile
- Resistente agli agenti chimici e alle forti escursioni termiche



1934 - Stati Uniti

Polimero 66 – *Nylon (poliamide)*

Wallace Carothers (1896-1937) in Du Pont

- da una ricerca costata 27 milioni di dollari
- prima fibra totalmente sintetica



1940: commercializzazione delle calze in nylon

- prodotto a basso costo di grande diffusione (al posto della seta) 4 milioni di paia venduti in poche ore, appena messe sul mercato
- usate come ... arma di seduzione dalle truppe americane in Europa
- ora anche per parti meccaniche come viti, boccole, ...



1938 - Stati Uniti

Teflon (poli-tetrafluoroetilene, PTFE)

Roy Plunkett (1910-1994) in Du Pont

- Alta resistenza alla corrosione, bassissimo attrito superficiale



1942 - Stati Uniti

Poliuretano (PU)

Donald Holmes (1910-1980) in Du Pont

imbottiture, isolamento termico,

...

studi precedenti:

1847 Wurtz (D)

1937 Otto Bayer (D)



1933 - Gran Bretagna

Polietilene (PE)

Reginald Gibson e Eric Fawcett in ICI Chemical
(conglomerato britannico fondato nel 1926)

1898: prima sintesi da parte di Hans von Pechmann,
senza sfruttamento, ottenuta per caso

1939: sfruttamento commerciale e successiva enorme
diffusione:

- Casalinghi, giocattoli, bottiglie, rivestimenti, tubazioni,
imballaggi, isolamenti elettrici, ...
(in sostituzione delle plastiche naturali)



1943 - Australia, Gran Bretagna, Stati Uniti

Sviluppi in chimica e biochimica

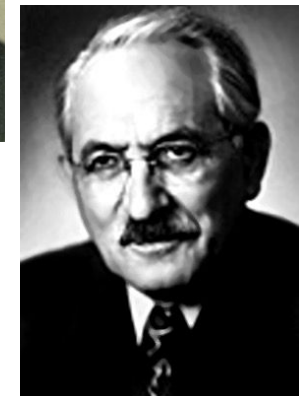
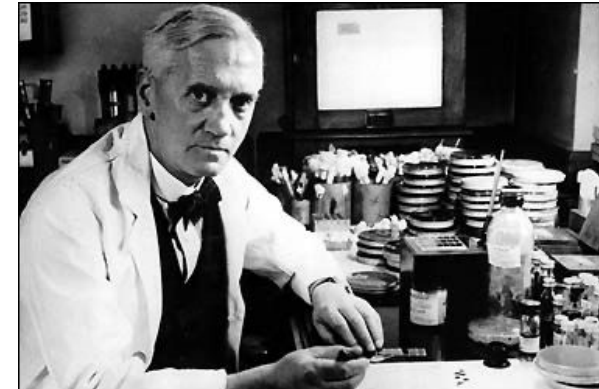
Penicillina (primo antibiotico)

1928: prime osservazioni

Alexander Fleming (1881-1955)

1943: chiarimento della struttura
e prime applicazioni
(per uso bellico)

Walter Florey (1898-1968) e
Ernst Chain (1906-1979)



1943: Streptomicina (antibiotico antitubercolosi)

Selman Abraham Waksman (1888-1973)

1948-9 Stati Uniti

Sviluppi in chimica e biochimica

1948: aureomicina (antibiotico)

Benjamin Duggar (1872-1956) - a 76 anni



1949: cortisone (antidolorifico e antiinfiammatorio)

Edward Calvin Kendall (1886-1972)

Mayo Clinic, USA-MN

Tadeus Reichstein (1897-1996)

- Sviluppando studi tedeschi svolti in tempo di guerra



1927 - Stati Uniti

Film sonoro

Il cantante di jazz

- I sistemi commerciali di sincronizzazione sonora sono studiati da **Eric Tigerstedt** (1887-1925) dal 1914, **Lee De Forest** (1873-1961) dal 1919, **Harvey Fletcher** (1884-1981) dal 1925, che nel 1933 sviluppa anche la stereofonia

La tecnologia entra sempre di più tra i mezzi di evasione e divertimento di massa, che danno origine a: nuovi imperi economici (in particolare negli Stati Uniti) ed a nuove forme di espressione artistica



1926 - Gran Bretagna

Televisione elettromeccanica

John L. Baird (1888-1946)

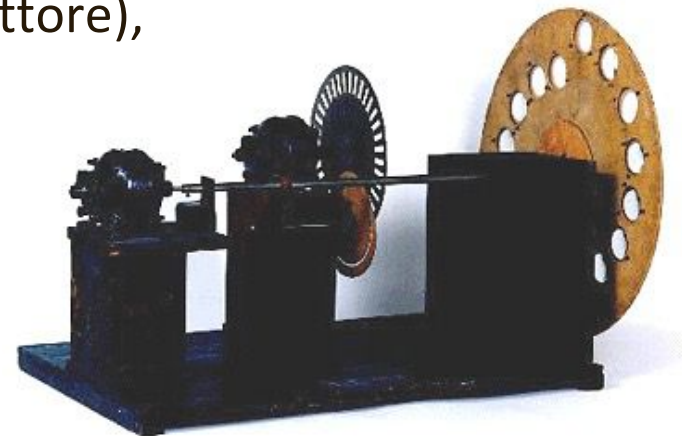
- collage di tecnologie
- trasmissioni sperimentali della BBC

usa:

- il disco di Nipkov del 1884 (scanner)
- un elemento fotosensibile al selenio (trasduttore),
- l'amplificatore elettronico basato sul triodo,
- l'archetipo del cinescopio

precedenti di inizio secolo:

prototipi scozzesi, russi, inglesi, francesi, ...



1926-7 – Ungheria, Giappone, Stati Uniti

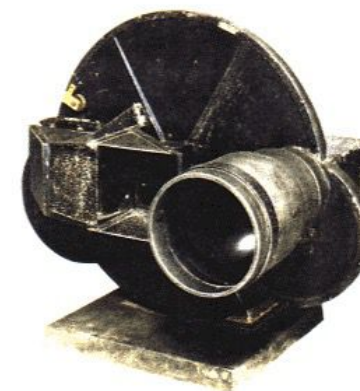
Televisione completamente elettronica

1926: **Kálmán Tihanyi** (1897-1947 H) “radioskop” progetto teorico di televisione totalmente elettronica

1926: **Kenjito Takayanagi** (1899-1990 J) ricevitore televisivo elettronico

1927: **Philo T. Farnsworth** (1906-1971 USA)

- Sistemi sperimentali
- Prima elettromeccanici e dal 1930 completamente elettronici



第1図 テレビジョン電話装置 昭和10年
(本体製造昭和8年)

1931 - Stati Uniti

Sistema televisivo elettronico

Vladimir Zworykin (1889-1982)

- russo naturalizzato americano
- sviluppa il sistema e i componenti
 - 1923: primo iconoscopio (immagine → segnale elettr)
 - 1928: cinescopio perfezionato (segnale → immagine)
 - 1929: iconoscopio perfezionato
 - 1929: primo sistema elettronico (sperimentale)
- Sostegno finanziario al progetto di RCA

David Sarnoff (1891-1971) direttore di RCA

- 1949: televisione a colori evoluta nel NTSC
(definizione del principio base:
scomposizione in luminanza e crominanza)



1936 - Gran Bretagna

Sistema televisivo elettronico pubblico

Isaac Shoenberg (1880-1963)

russo naturalizzato britannico

Anche in UK si afferma la TV elettronica



1935-6 - Germania

1935: Sistema televisivo elettronico tedesco

1936: Trasmissione in diretta delle Olimpiadi di Berlino

- Ricevuta in punti di visione pubblici
- Tecnologia applicata alla propaganda, usata dal regime nazista



1933 - Germania

AVVENTO AL POTERE DEL NAZISMO

- irrigidimento ideologico anche in campo scientifico e tecnico
- Impone un forte condizionamento allo sviluppo tecnico ed economico
- coinvolgimento delle grandi aziende: chimiche (IG Farben), siderurgiche (Krupp), elettromeccaniche (Siemens),
- e (solita) fuga di cervelli
 - Einstein, Schroedinger, Chain, Bloch,
- che continua con lo scoppio della II guerra mondiale e l'invasione di altri paesi
 - Szilard, Teller, Bohr, Biró, ...

Italia, 1938: leggi razziali → conseguenze simili

1934 - Germania

Registratore sonoro magnetico a nastro

F. Matthias (AEG), E. Schüller (BASF) e Semi J. Begun (1905-1995)

- Nastro magnetico su supporto *polimerico* prodotto dalla BASF di IG Farben
- prodotto avanzatissimo, che sorprende gli Americani quando se ne impossessano nel 1945

Precedenti:

- 1898 *telegrafono* a filo di ferro (V. Poulsen)
- *Registratore* a nastro d'acciaio Marconi-Stille



1937 - Germania, Stati Uniti

Microscopio elettronico
perfezionato

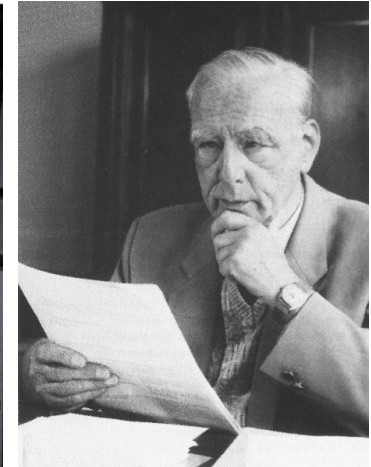
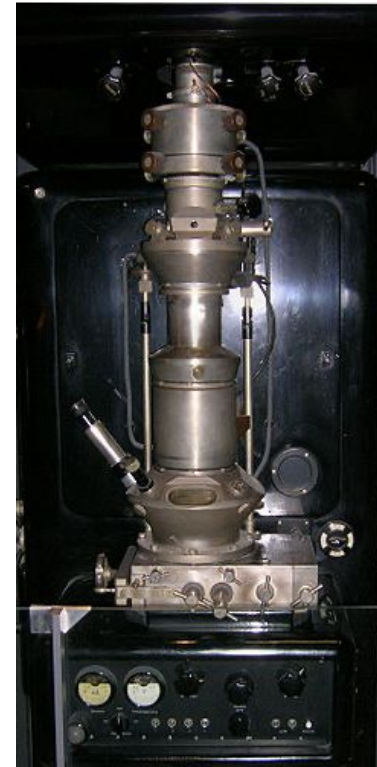
Ernst A. F. Ruska (1906-1988)

in Siemens

1931: ideazione (400 ingrandimenti)

1933: superamento dei microscopi ottici

Modello del 1933
Deutsches Museum



Microscopio elettronico

James Hiller (1915)

- Senza interazioni tra loro, a causa del clima politico
- Oggi: 2.000.000 di ingrandimenti



n.b.: concepito e brevettato da Leo Szilard del 1928