

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 19

**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2020-21**

1885-88 – Russia e Polonia, UK

1885: Saldatura ad arco elettrico con elettrodo di ottone

Nikolai Bernardos (RU), Stanislav Olszewski (PL)

- Tecnica di saldatura tuttora diffusissima

Precedente:

1835: Invenzione del procedimento, senza giungere allo sfruttamento commerciale (perché l'energia elettrica costa ancora molto)

James Bowman Lindsay

1888: Saldatura a resistenza

Elihu Thomson (1853-1937) – (US)

- permette lavorazioni prima impossibili nell'industria meccanica pesante (automobilistica)
- fondamentale nella nuova industria metallurgica
- tuttora diffusissima



1889-98 - Gran Bretagna - USA

1889: Acciaio rapido di Mushet

Robert Mushet (1811 - 1891)

- acciaio al tungsteno (12-21%)
- utensili ad alta resistenza
- sopportano temperature elevatissime senza perdere il taglio
- tagliano l'acciaio dolce a 46 m/min, senza lubrificante

1898: acciaio rapido di Taylor e White (USA)

Frederick W. Taylor (1856 - 1915)

- acciaio al tungsteno sottoposto ad un particolare trattamento a caldo
- per utensili in grado di lavorare più velocemente e più a fondo

1878-1907 – UK, Italia, F

1878: Forno elettrico ad arco – brevetto

1880: Forno elettrico ad arco – uso industriale

Wilhelm Siemens (1823-1883)

1898: Altoforno ad arco elettrico per acciaio

Ernesto Stassano (1859-1922)

1907: altoforno ad arco

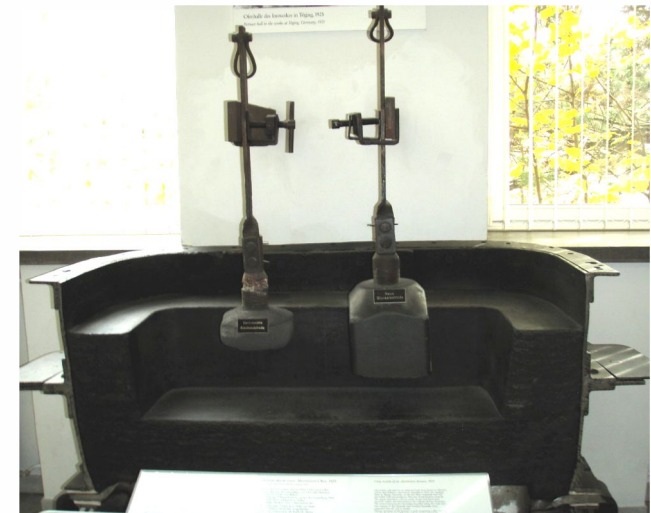
Paul Héroult (1863-1914)

prima realizzazione importante in USA

- Temperature controllate e molto più elevate di quelle degli altiforni a combustione
- Assenza di sostanze contaminanti
- Controllo accurato della composizione
- Produzione di varie leghe di acciaio
- Sostituisce l'acciaio al crogiolo



Milano - Museo della Scienza e della tecnologia



Monaco - Deutsches Museum

Altoforni ad arco attuali

Tecnologia ampiamente usata

Arco con elettrodi in grafite

Valori tipici attuali

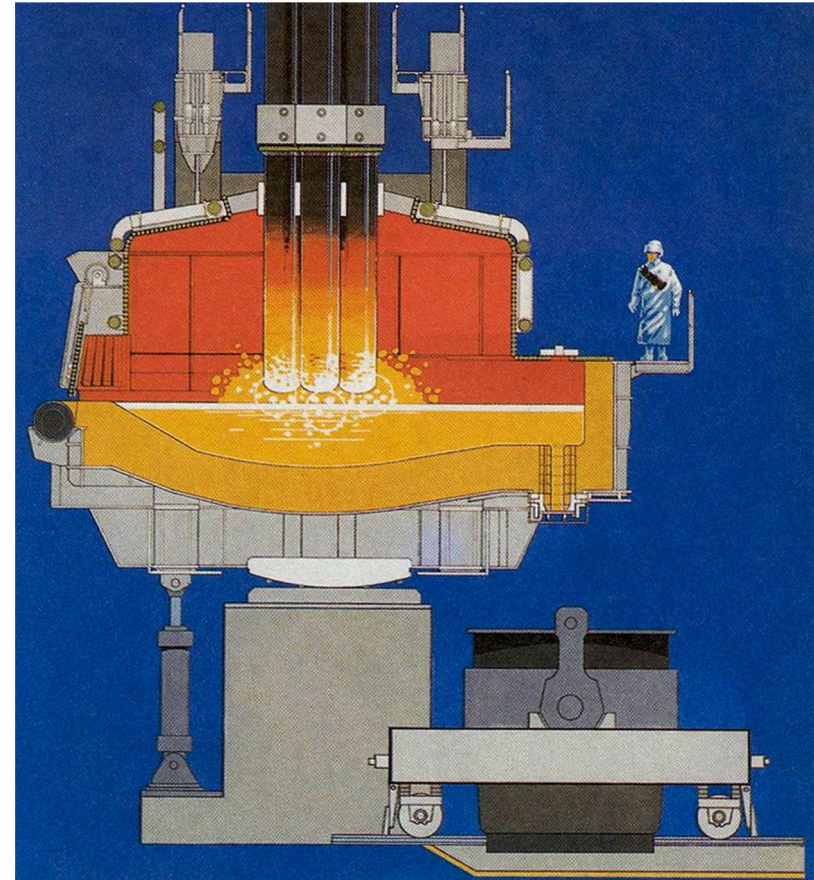
- corrente alternata trifase a 50 Hz
600-1000 V, 50-80 kA, 1000 kVA/t
- oggi anche in corrente continua

Temperature:

- Arco: 3500° C
- Letto fuso: 1800° C

Utilizza rottami

- Il ferro è perfettamente riciclabile



Evoluzione della siderurgia

- 1400 a.C. forgiatura del ferro degli Ittiti
- 1200 a.C. diffusione delle tecniche di forgiatura
- 500 a.C. diffusione di utensili in ferro
- 400 acciaio serico (indiano)
- 1400 fusione della ghisa in Europa
- 1490 laminatoi di Leonardo
- 1709 fusione del ferro in acciaio col coke di Darby
- 1740 acciaio al crogiolo di Huntsman
- 1745 laminatoio industriale di Polhem (1783 di Cort)
- 1768 puddellaggio dell'acciaio
- 1784 forno a riverbero e puddellaggio di Cort
- 1796 laminatoio a vapore
- 1855 altoforno per acciaio ottimo ed economico di Bessemer
- 1864 altoforno a rigenerazione Martin-Siemens
- 1871-88 acciai speciali (tungsteno, manganese, nichel,...)
- 1878 altoforno elettrico a rigenerazione di Siemens
- 1899 altoforno ad arco elettrico di Stassano,
- 1907 altoforno ad arco elettrico di Hérault ...

1890 - Stati Uniti

Tabulatore elettrico

Herman Hollerith (1860-1929)

- Selezionatore e contatore
- Prima macchina elettrica per la gestione dei dati

- Commissionato dall'Ufficio del Censo del Governo Federale
- Grande successo
- Uso delle **schede perforate** per l'immissione dei dati



1886 - Stati Uniti, Francia

Metodo elettrolitico di produzione dell'alluminio a basso costo

Charles M. Hall (1863-1914) e

Paul L. Héroult (1863-1914)

- 1825: Hans Oersted isola il metallo
 - da metallo prezioso a economico, grazie all'energia elettrica a basso costo
 - Inizia l'uso industriale su vasta scala
 - nasce la grande industria elettrochimica
- 1888: Pittsburgh Reduction Company
(ALCOA dal 1907) in USA
- richiede molta energia elettrica a basso costo:
→ fabbrica trasferita dalla centrale al Niagara

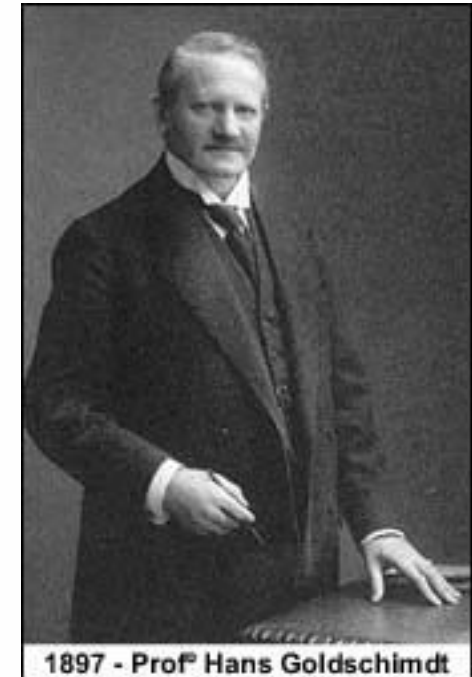


1895 - Germania

Processi di riduzione alluminotermica

Hans Goldschmidt (1861-1923)

- richiede $>2200^{\circ}\text{C}$
 - ottenuti con riscaldamento elettrico
 - fa uso di alluminio (ora disponibile a basso costo)
 - Permette di produrre a basso costo metalli liberi altrimenti poco accessibili
 - cromo, manganese, molibdeno, tungsteno (fonde a 3422°C), ...
 - Indispensabili negli acciai speciali
 - Dopo qualche anno, sfruttandone il grande calore in un processo secondario, è sviluppata la saldatura Termit
- Caso esemplare di interdipendenza tecnologica



1897 - Prof. Hans Goldschmidt

1892-3 – Francia e Canada, USA

Carburo di calcio

Thomas Leopold Willson (1860-1915)

Henri Moissan (1852-1907)

- grazie al forno elettrico (>2000 C)
- usato nella produzione di acetilene per illuminazione



Carburo di silicio - *carborundum*

Edward G. Acheson (1856-1931)

già con Edison a Menlo Park

- materiale ceramico refrattario e abrasivo
 - ad altissima resistenza meccanica
 - permette nuove lavorazioni meccaniche industriali
- richiede molta energia elettrica a basso costo:
→ fabbrica collocata dalla centrale al Niagara



1894 - Gran Bretagna

Viscosa - seta artificiale (rayon)

Charles F. Cross (1855-1935) e

Edward J. Bevan (1856-1921)

- inventata nel loro laboratorio privato
- prima fibra sintetica industriale di successo,
- sviluppata dalla cellulosa di legno (economica), che, trattata con soda, dà come prodotto intermedio una soluzione sciropposa

- Precedente:

1884: seta artificiale di H. B. de Chardonnet

1906: inizio della produzione nelle industrie Courtaulds



1889 - Francia

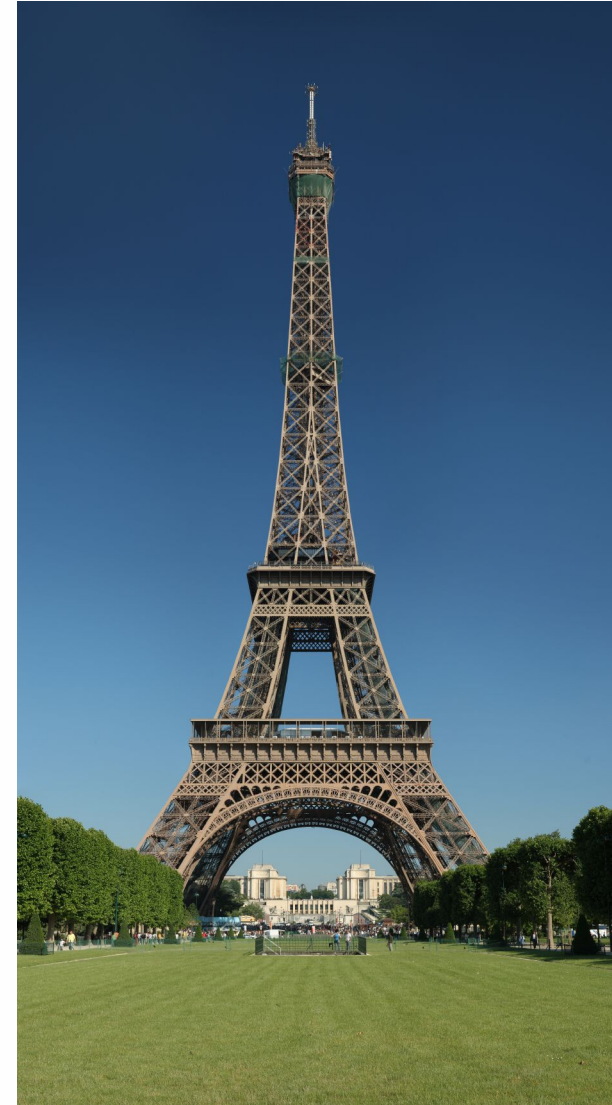
Torre Eiffel

Gustave A. Eiffel (1832-1923)

Grande pioniere delle strutture in acciaio

1881: struttura metallica della Statua della Libertà,...

- Struttura in ferro
- H = 324 metri
- 10.000 ton
 - Ideata come struttura temporanea per l'esposizione universale di Parigi
 - considerata un orrore tecnologico
- Edificio più alto al mondo per 40 anni
- Celebra l'epoca delle grandi costruzioni edili in ferro



1884 - Francia

Autovettura tricicla con motore a vapore

De Dion - Bouton

- Precedente: 1878 Jacquot
- 1900 primo produttore mondiale di autovetture
- 1900 Stati Uniti: oltre il 40% delle automobili è a vapore

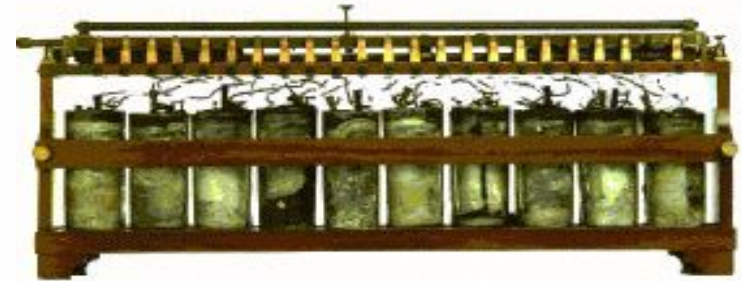


1858-1881 - Francia

1858: accumulatore piombo-acido

Gaston Planté (1834-1889)

- L'energia a basso costo prodotta dai generatori elettromeccanici promuove la produzione di batterie ricaricabili



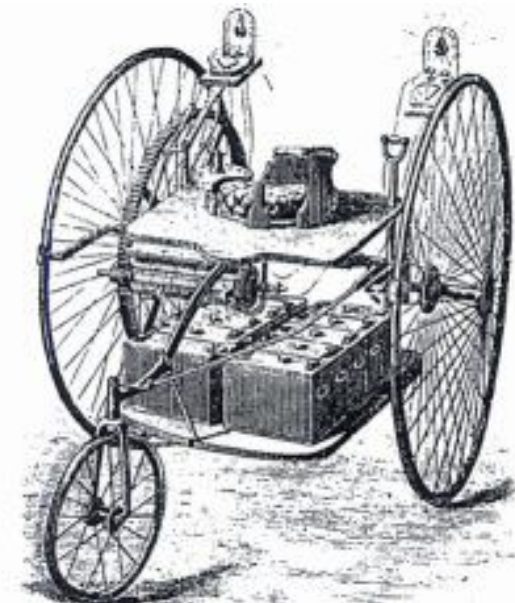
1881: Accumulatore elettrico ricaricabile di uso pratico

Camille Alphonse Faure (1840-1898)

- Industrializzato con notevole successo
- Ricaricabile tramite dinamo (a basso costo)

→ Prime automobili elettriche pratiche,

→ idonee all'uso urbano (autonomia limitata, strade extraurbane impraticabili)



1894 - Stati Uniti

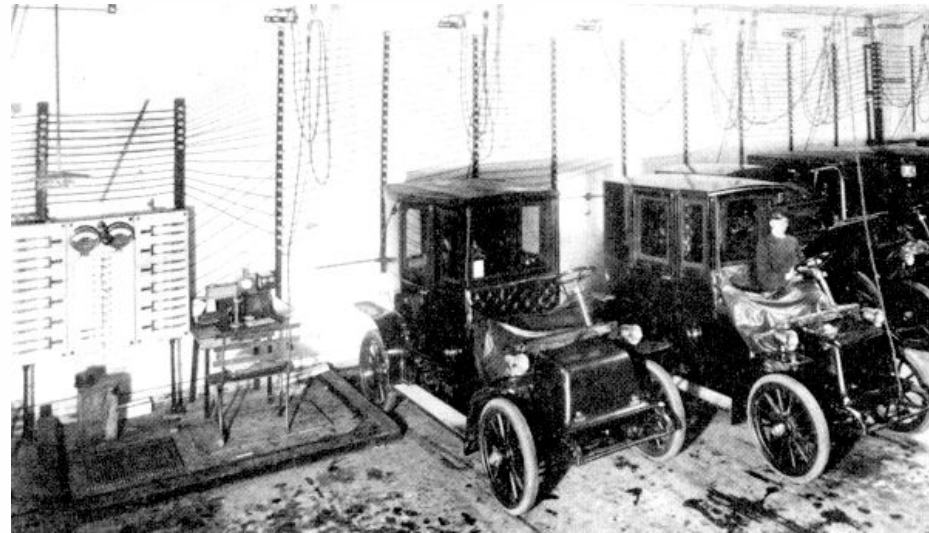
Diffusione dell'automobile con motore elettrico

- Funziona molto meglio dell'automobile con motore a combustione interna ed è più pratica da usare anche dell'auto a vapore ma ha scarsa autonomia (va benissimo in città)

1899: un'auto elettrica stabilisce il record di velocità = 100 km/h



1899: Jamais Contente (100 km/h)



1909: modelli commerciali in ricarica

1884-8 - Russia, Spagna, Francia

Sommergibili elettrici con batterie ricaricabili

1884: modello per lo zar

Stefan Drzewiecki (1844-1938) per lo Zar

1888: Peral (Spagna)

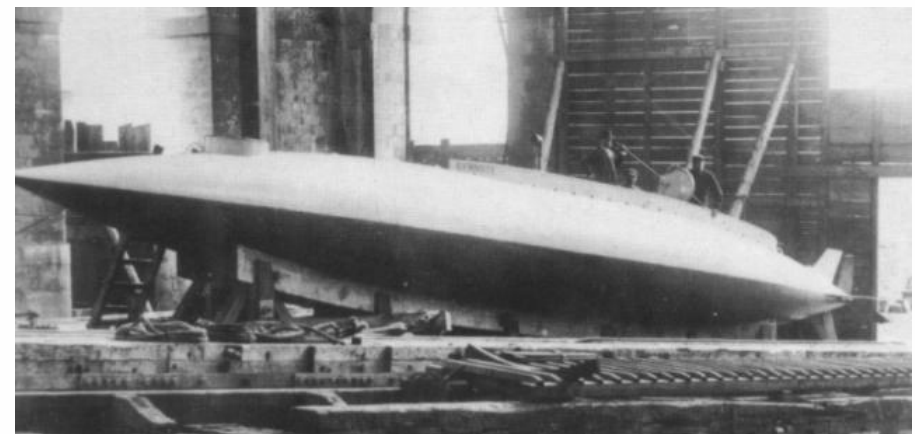
Isaac Peral (1851-1895)

- 4,7 nodi di velocità, armato con torpedini lanciabili in immersione

1888: Gymnôte (Francia)

Gustave Zede (1825-1891)

- 4,3 nodi di velocità, armato con due torpedini



1890 - Italia

Sommergibile “Delfino”

Giacinto Pullino (1837-1898)

Ammiraglio ed ingegnere navale

- 95 ton di dislocamento in superficie,
propulsione elettrica con batterie ricaricabili,
dotato di innovazioni come periscopio e bussola giroscopica



1897 - Stati Uniti

Sommergibile

John Phillip Holland (1841-1914), ingegnere irlandese

- Doppia propulsione
 - in emersione: motore a combustione interna (motore Otto da 45 Hp)
 - in immersione motore elettrico (110 V, con accumulatori al piombo)
- 5 uomini di equipaggio, concezione moderna (zavorra, cassoni di assetto, armi)



1879 - Gran Bretagna (Scozia)

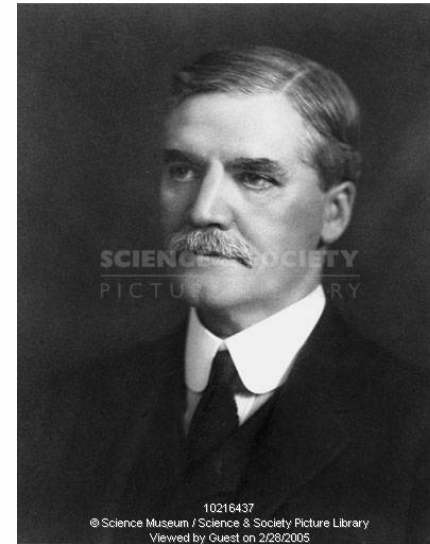
Motore a combustione interna
a due tempi

Dugald Clerk (1854-1932)

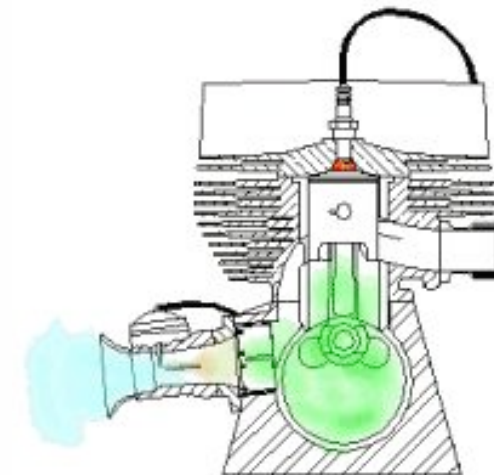
1894: compressione del gas
nel cilindro senza valvole

Joseph Day (1855-1946)

- Motori compatti di piccola potenza e piccole dimensioni
- Vastissimo uso attuale
 - ciclomotori, motori marini fuoribordo, tagliaerba, motoseghe, ...



Deutsches Museum - Monaco



1884 - Gran Bretagna

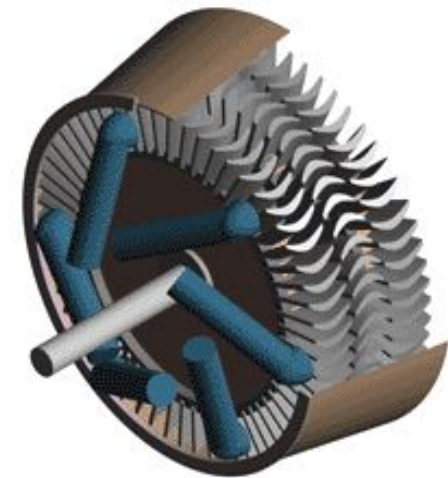
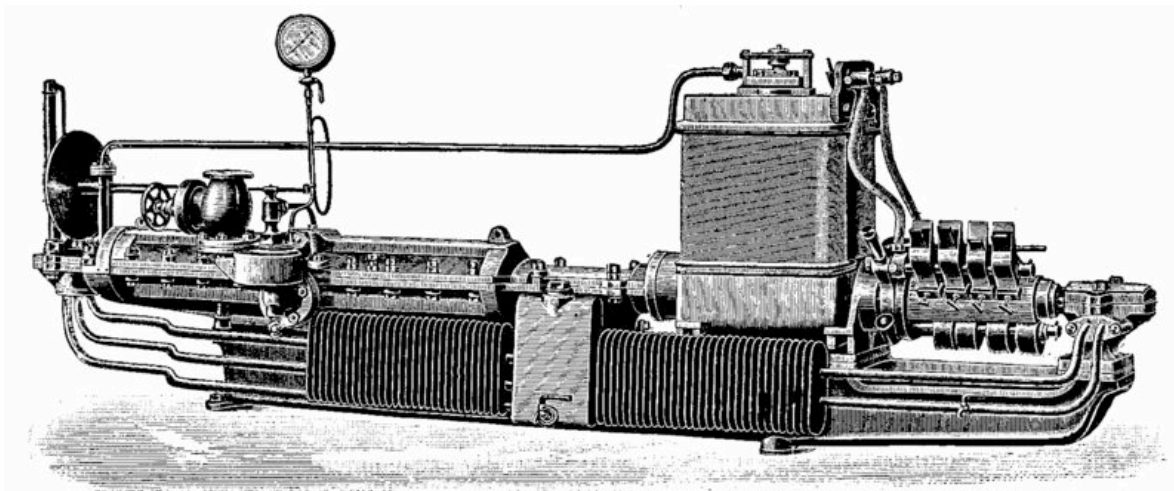
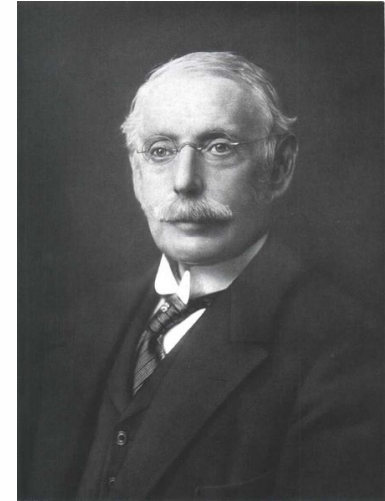
Turbina a vapore a reazione ad espansioni multiple

Charles A. Parsons (1854-1931)

1892: adozione del condensatore

→ rendimento superiore a quello di macchine alternative a stantuffo, potenza elevata

- dai 7,5 kW del primo modello, aumenta di 10.000 volte in pochi decenni, fino alle centinaia di MW



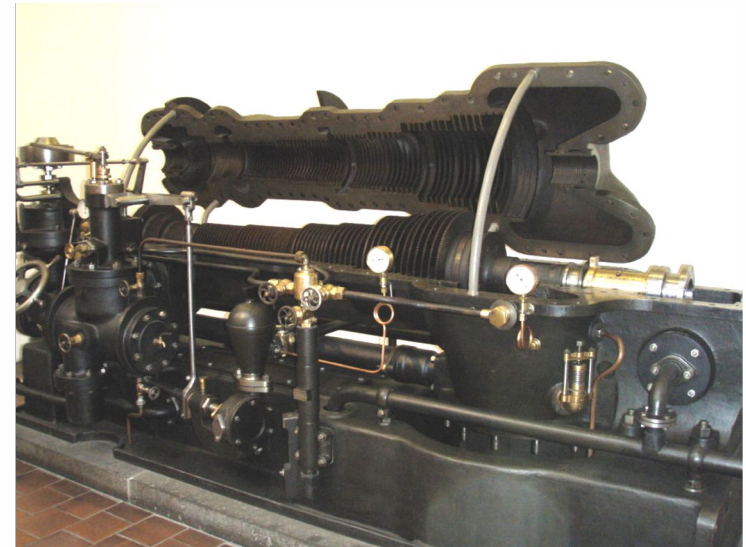
1884 - Gran Bretagna

Turbina a vapore a reazione
ad espansioni multiple

Charles A. Parsons (1854-1931)

Impieghi fondamentali:

- centrali elettrotermiche
 - immediatamente, anzitutto ad opera di **Westinghouse** per i suoi sistemi in corrente alternata
- piroscafi (diffusione nel XX secolo)
 - L'affermazione definitiva avviene nel 1894 di fronte alla regina Vittoria, con la dimostrazione di un piroscafo, la *Turbinia*, che con i suoi 34,5 nodi, surclassa in velocità le migliori navi dell'ammiragliato



Deutsches Museum - Monaco



1896 - Stati Uniti

Turbina a vapore ad azione a salti di velocità

Charles Gordon Curtis (1860-1953)

- erede della turbina a vapore ad azione di de Laval del 1878
- adottata nelle centrali termoelettriche di **General Electric**

1901: modello da 5000 kW

(mentre Westinghouse usa
le turbine a reazione Parsons)



1903: Turbina ad azione Esher Wiss 11 bar 365 kW
Deutsches Museum - Monaco

Nuovi motori

La macchina a vapore a pistone, che dalla metà del XVIII secolo aveva dato potenza alla rivoluzione industriale, si avvia ad un inesorabile declino, sostituita da motori più evoluti:

- Le turbine a vapore per l'elettrogenazione e la navigazione
- I motori elettrici per la trazione ferroviaria e gli azionamenti industriali
- I motori a combustione interna per la trazione stradale, ferroviaria e navale e gli azionamenti industriali

Come quasi tutte le innovazioni tecnologiche, anche la gloriosa macchina a vapore ha avuto un suo ciclo di vita con nascita, crescita, successo e declino

altri esempi: ruota idraulica, telegrafo, macchina da scrivere, disco in vinile, tubo a raggi catodici, calcolatrici meccaniche, ...

1885-88 - Gran Bretagna

1885: Bicicletta di sicurezza

John Starley (1854–1901)

- modello *Rover*
- di tipo moderno, con trazione a pedali e catena, freni al manubrio, ruote uguali



1888: modello americano

Albert Pope (1843-1909)

- “ispirato” alla bicicletta inglese di Starley
- forcella piegata in avanti per migliorare la stabilità



1887 - Gran Bretagna (Scozia)

Pneumatico in gomma gonfiato ad aria

John Boyd Dunlop (1846-1921) Scozia

Per migliorare la mobilità del triciclo del figlio

1888: brevetto

1889: Dunlop Pneumatic Tyre Co. Ltd (con altri finanziatori)

- Sfruttamento commerciale nelle biciclette e nei velocipedi



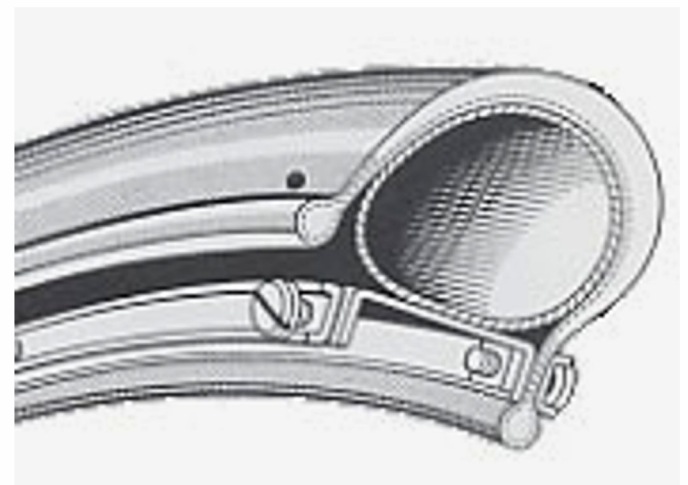
1891 - Francia

Camera d'aria smontabile

André (1853-1931) e Édouard (1859–1940)
Michelin

- Ideato da André
- primo pneumatico smontabile, perfeziona l'invenzione di Dunlop del 1888
- con esso Charles Terront vince la gara ciclistica Paris-Brest-Paris, di 1198 km (col secondo arrivato, Jiel-Laval dotato di pneumatici Dunlop, surclassa le biciclette a gomme piene)
 - Rapida affermazione

1894: Impiegato nei veicoli a motore contribuendo al loro successo



1882 - Italia (Padova)

Motore a combustione interna a due tempi con combustibile liquido e carburatore

Enrico Bernardi (1841-1919)

Professore a Padova

1882: usato per motorizzare un triciclo in legno "Pia"

1884: premiato all'Esposizione Internazionale di Torino

- Primo veicolo di tale tipo in Italia

Precedenti:

1826: Morey in USA (carburatore e automobile)

1863: Lenoir in Francia (carburatore e automobile)

1870: Marcus in Germania (carburatore e automobile)

1876: Luigi De Cristofolis (carburatore)



1885 - Germania

Autovettura tricicla con motore a combustione interna a quattro tempi a benzina

Karl Friederich Benz (1844-1929)

- 577 cc, 0,75 hp, raffreddato ad acqua
- primo uso del differenziale in un'automobile

1883: creazione di Benz & Cie.

1886: inizio produzione

- prima azienda automobilistica

1890: trasformazione della società

L'auto di Benz è spesso definita erroneamente:

“prima automobile della storia”



1885 - Germania

Autovettura tricicla con motore a combustione interna a quattro tempi a benzina

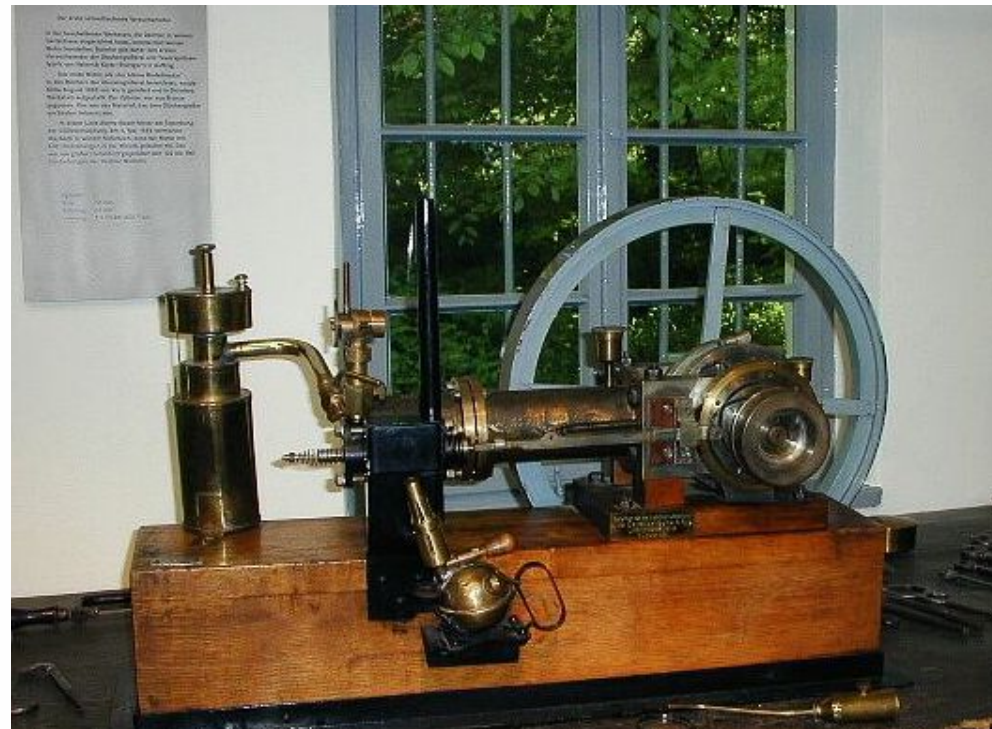
Karl Friederich Benz (1844-1929)



1885 - Germania

Motore a combustione interna a benzina, a ciclo Otto (4 tempi), con carburatore

Gottlieb Daimler (1832-1900) e Wilhelm Maybach (1846-1929)



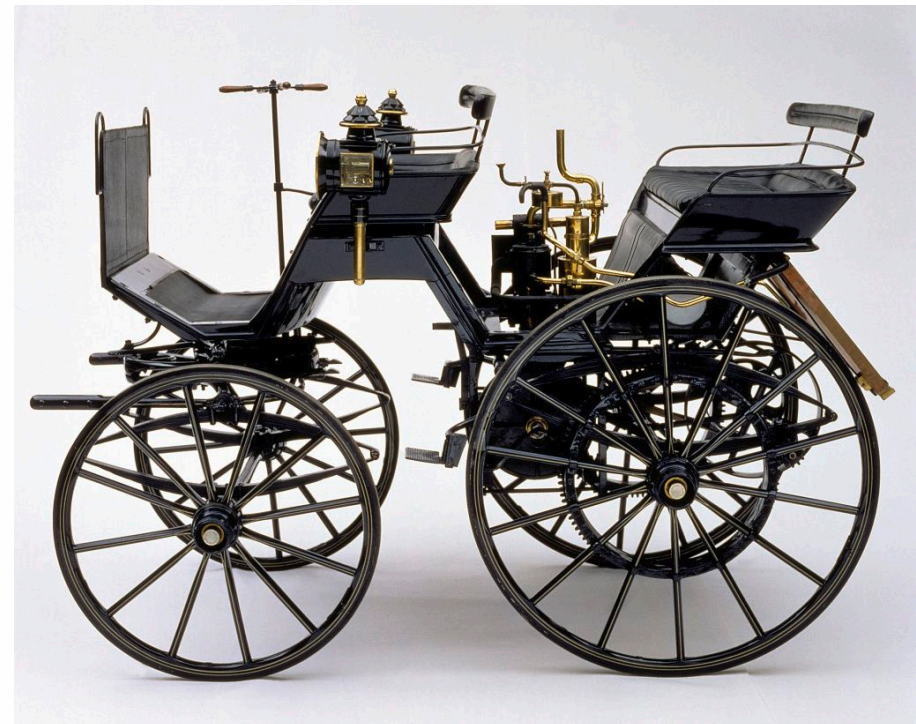
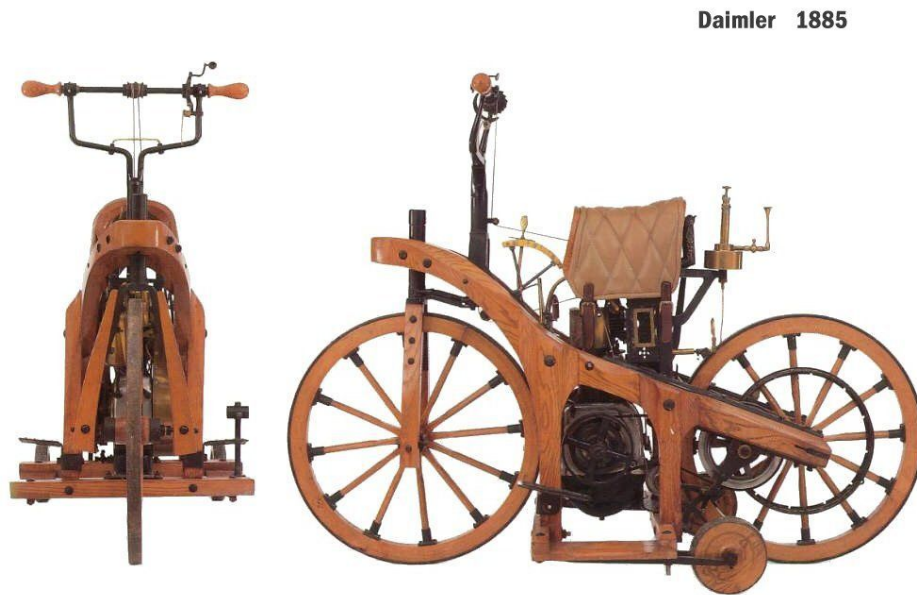
1885-6 - Germania

Mobilità con motore a combustione interna a quattro tempi

Gottlieb Daimler (1832-1900) Wilhelm Maybach (1846-1929)

1885: motocicletta

1886: autovettura quadricicla e una barca a motore



1892-3 - Germania

1892: Motore a combustione interna *Diesel*

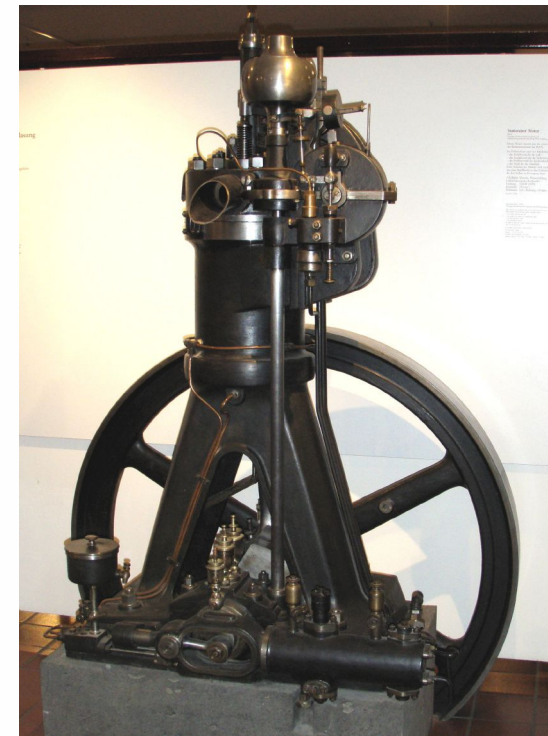
Rudolf Diesel (1858-1913)

- ideato in modo scientifico per ottenere combustione ottimale ed elevata efficienza
- affermazione molto lenta, per mancanza iniziale di iniettori ad alta pressione efficaci, che lo rendono non competitivo
- usato prima in grandi modelli statici e navali, poi per locomotive e camion,

1893: primo funzionamento
alimentato con olio di arachidi
(primo biodiesel!)



Rudolf Diesel
(1858 - 1913)



Deutsches Museum - Monaco

Evoluzione dei motori a combustione interna - MCI

1680 archetipo di Huygens e Papin

1807 archetipi di de Rivaz e Niépce

1826 archetipo di Morey

1833 archetipo a gas di Wright

1856 motore a gas di Barsanti e Matteucci $\eta=14\%$

1860 motore a gas di Lenoir $\eta=4\%$

1867 motore a gas di Otto e Langen $\eta=12\%$

1876 motore a gas a 4 tempi di Otto e Langen

1879 motore a gas a 2 tempi di Clerk

1882 carburatore e motore a benzina di Bernardi

1885 motore a benzina a 4 tempi di Daimler

1892 motore a olio di arachidi (poi a gasolio) di Diesel

1957 motore rotativo Wankel

1894 - Italia

Autovettura tricicla con motore a combustione interna (MCI) a 4 tempi e cambio a 3 marce

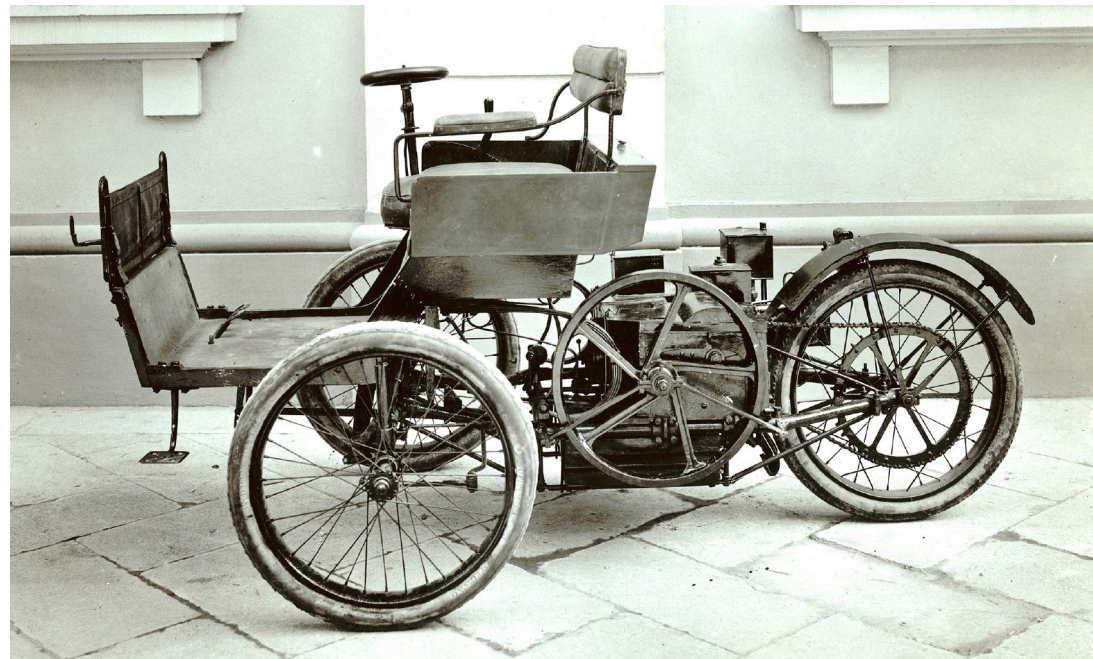
Enrico Bernardi (1841-1919)

- Tentativo di sfruttamento industriale
- Interessamento di Giovanni Agnelli sr



1882 - precedente:
triciclo in legno motorizzato
con il motore Pia

conservata nel
Museo di Macchine Enrico Bernardi
Dell'Università di Padova



1894 - Italia

Autovettura tricicla di Bernardi



1895 - Germania

Autobus con motore a combustione interna (MCI)

Karl Friedrich Benz (1844-1929)

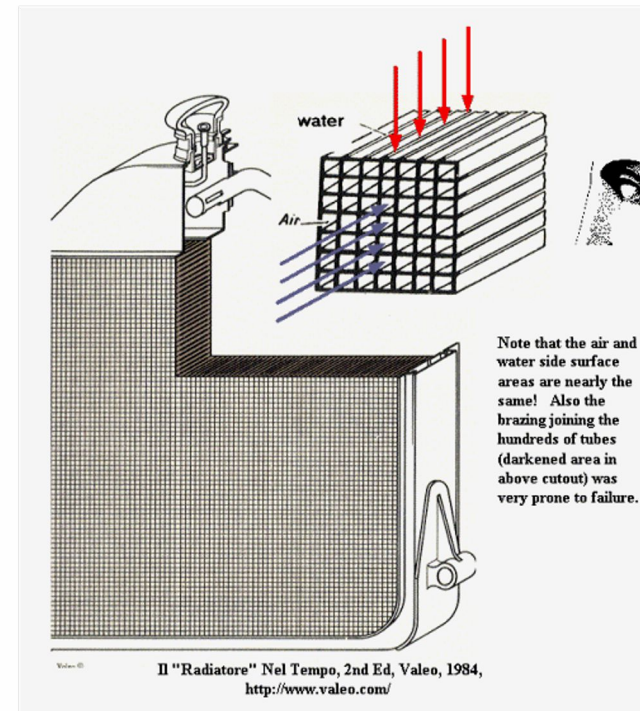


1897 - Germania

Radiatore automobilistico a nido d'ape

Wilhelm Maybach (1846-1929)

- Permette un efficace raffreddamento del MCI e quindi l'elevamento della potenza sviluppata ed un netto miglioramento delle prestazioni



1898 - Francia

Nuova automobile piccola e agile

Louis Renault (1877-1944)

1899 Fabbrica di automobili Renault coi fratelli **Fernand** e **Marcel**



1899 - Italia

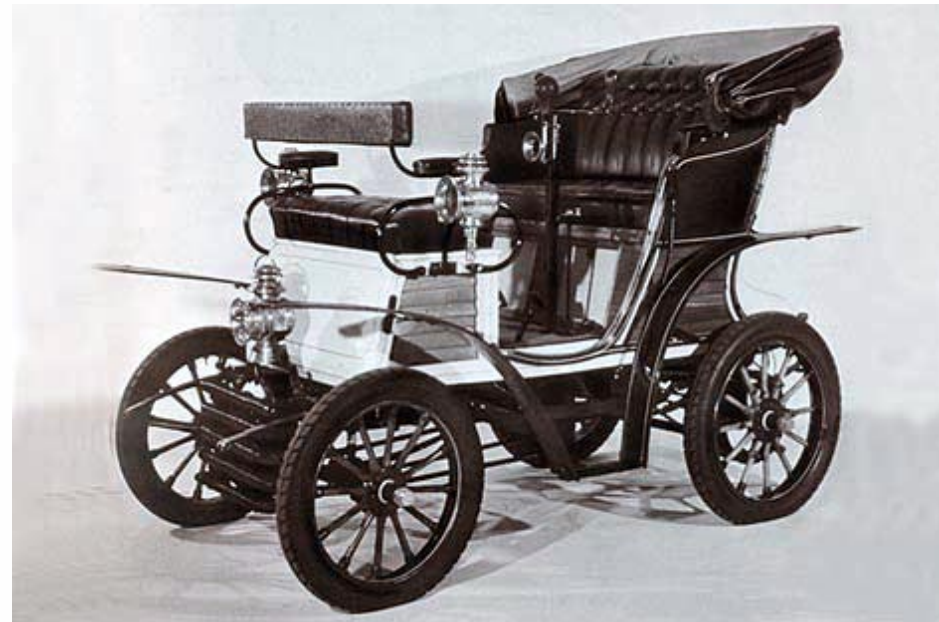
Costituzione della *Società Anonima Fabbrica Italiana Automobili Torino*

FIAT

Gruppo di investitori guidati da Giovanni Agnelli sr (1866-1945)

- lungimirante e interessato allo sviluppo tecnologico

Fiat 4 HP – 1899

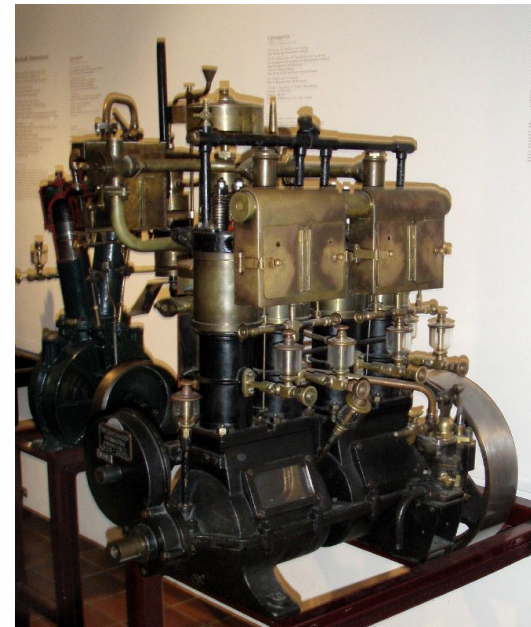
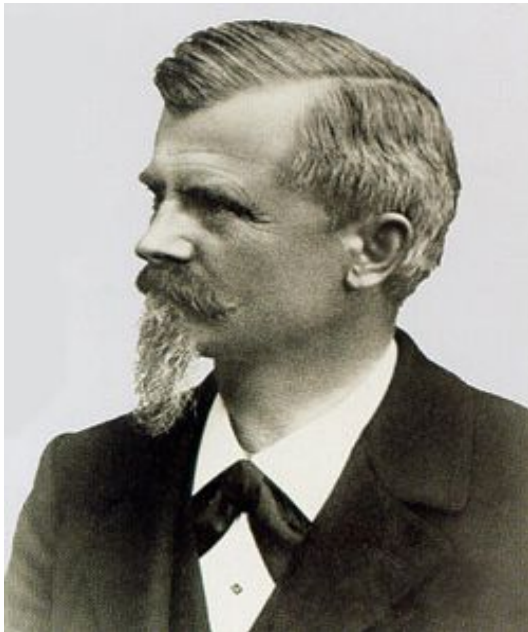


1901 - Germania

Prima automobile “moderna” - *Mercedes 35 hp*

Wilhelm Maybach (1846-1929)

Alla Daimler



Motore Daimler-Maybach
Deutsches Museum - Monaco

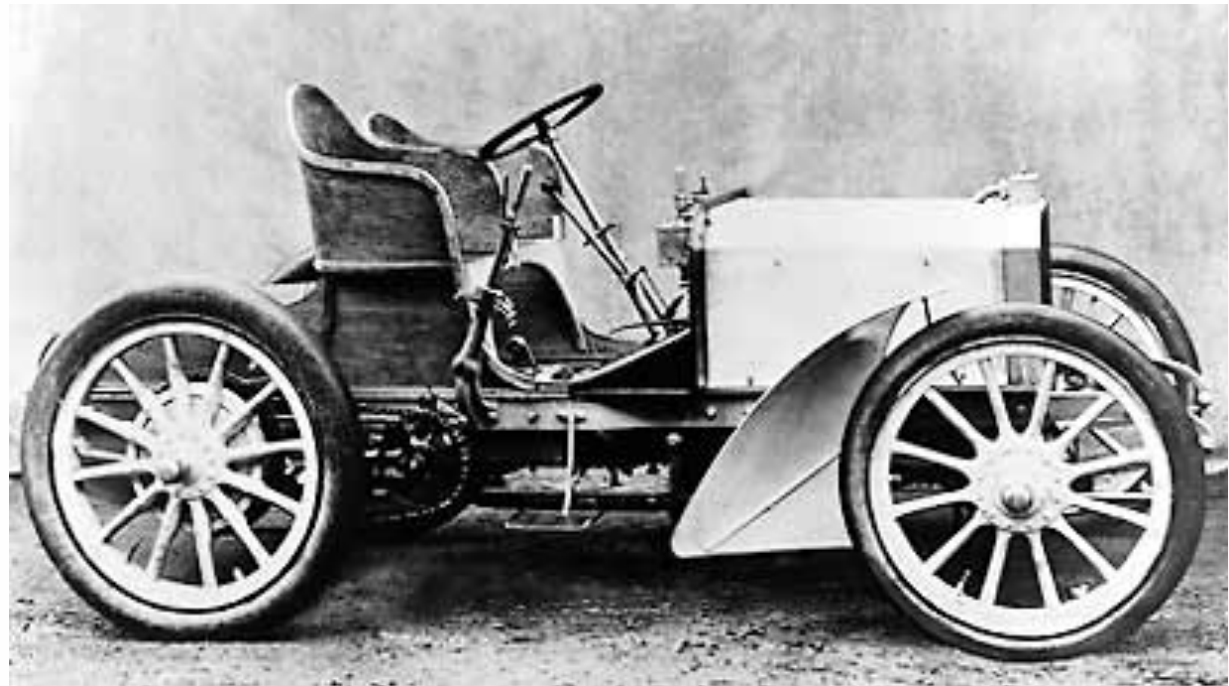
1901 - Germania

Prima automobile “moderna” - *Mercedes 35 hp*

Wilhelm Maybach (1846-1929)

Alla Daimler

- Le nuove automobili inducono lo sviluppo di freni più efficaci, di strade più sicure e confortevoli, ...



Evoluzione dell'automobile con motore a combustione interna nel corso dell'800

1807 automobilina di Rivaz (a idrogeno-ossigeno)

1863 prototipo di Lenoir (a gas)

1870 prototipo di Marcus (a benzina)

1882 triciclo in legno di Bernardi

1885 triciclo di Benz e motociclo di Daimler

1886 autovettura a 4 ruote di Daimler (e barca)

1888 pneumatico di Dunlop

1891 camera d'aria di Michelin

1894 automobile con motore elettrico

1895 autobus di Benz

1897 radiatore a nido d'ape di Maybach

1898 cambio di velocità di Renault

1901: Mercedes 35 hp di Maybach

1911 avviamento elettrico di Kettering

... e molto altro ...

1853 - Gran Bretagna

Aliante

George Cayley (1773-1857)

Ingegnere, professore universitario, studioso del volo

- primo velivolo progettato su basi scientifiche
- più o meno è un paracadute governabile (esegue una planata controllata)
- Il collaudato eseguito dal suo giardiniere e cocchiere termina con un atterraggio rovinoso

- ma intuisce i principi del volo controllato: per dare portanza alle ali serve una spinta adeguata



Mechanics' Magazine,
MUSEUM, REGISTER, JOURNAL, AND GAZETTE.
No. 1520.] SATURDAY, SEPTEMBER 25, 1857. [Price 3d., Stamped 4d.
Edited by J. C. Robertson, 106, Fleet-street.

SIR GEORGE CAYLEY'S GOVERNABLE PARACHUTES.

Fig. 2.

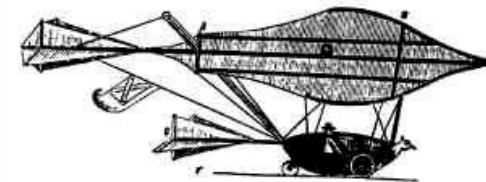
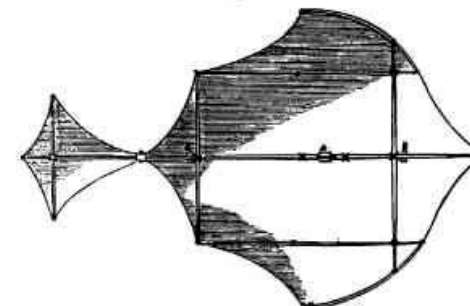


Fig. 1.



Precedenti:

- Voli rovinosi intorno al mille
- Voli rinascimentali di maggior successo
- Vari tentavi contemporanei privi di successo

1891 - Germania

Aliante operativo

Otto Lilienthal (1848-1896)

- prima macchina volante efficace
- simile al deltaplano
- vari modelli, commercializzati
- muore durante il collaudo di un nuovo aliante



London Science Museum



1877-90 – Italia, Francia

Motorizzazione dei velivoli

1877: piccolo elicottero dimostrativo

Enrico Forlanini (1848-1930)

(non pilotato) con motore a vapore senza caldaia

Si alza di 13 metri per 20 secondi

- negli anni successivi Forlanini realizza: dirigibili e aliscafi



1890: Aeroplano - Éole

Clément Ader (1841-1925)

1886: costruzione

1890: primo velivolo pilotato a motore (a vapore) che si stacca dal suolo di 20 centimetri per 50 metri, ma il volo non è controllato

1897: tentativo fallito di sollevarsi dell'Éole III



Éole III di Ader

1884 Gran Bretagna, Stati Uniti

Mitragliatrice automatica

Hiram Maxim (1840-1916)

- migliore della Gatling, non necessita di azionamento meccanico
- 11 colpi al secondo (potenza di fuoco di 1000 fucili)
- da essa sono derivati i modelli usati in guerra dal 1894 e poi nella prima guerra mondiale



1881-96 – Austria - Italia

La tecnologia si diffonde in medicina

Sfigmomanometro

1881: **Samuel Siegfried Karl Ritter von Basch** (1837-1905)

1896: **Scipione Riva-Rocci** (1863-1937)

Miglioramento

- Per monitorare il battito cardiaco in sala operatoria e poi per misurare la pressione arteriosa massima

1901: introduzione in Nord America
Harvey Cushing (USA)

1905: misurazione della pressione minima
Nikolai Korotkov (R)



*Sfigmomanometro
del Riva-Rocci (1896)*

1895-6 – Germania-Francia

1895: Scoperta casuale ufficiale dei raggi X

Wilhelm Röntgen (1845-1923)

1881: già osservati dall'ucraino Ivan Puluj
divulgazione limitata

1895: esperimenti simili di Tesla

1896: Diagnostica medica a raggi X,
inizio uso clinico dei raggi X

1898: sviluppo

Pierre Curie (1859-1906) e

Maria Sklodowska (1867-1934)

- a 3 anni dalla scoperta i maggiori ospedali del mondo sono già dotati di apparecchi a raggi X



1903 - Olanda

Elettrocardiografo

Willem Einthoven (1860-1927)

- Diagnostica medica quantitativa (dopo lo sfigmomanometro)
- Rileva gli impulsi elettrici del cuore, ossia l'elettricità biologica ipotizzata da Galvani, oltre un secolo prima



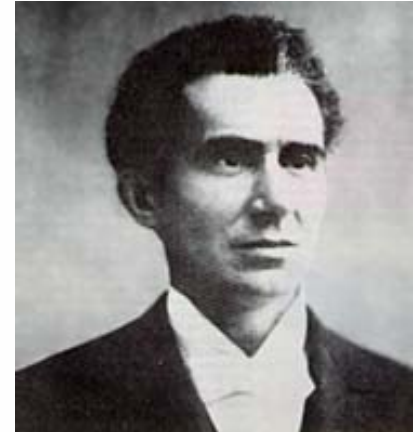
1887 - Stati Uniti

La tecnologia diventa spettacolo e cultura

Grammofono e disco fonografico

Emile Berliner (1851-1929)

- Meccanico, più evoluto del fonografo di Edison del 1877
- Usa il disco con solco a spirale che diventerà il disco di vinile



1895 - Francia

Cinematografo

Auguste (1862-1954) e

Louis (1864-1948) **Lumière**

- Primi film, con successo sensazionale
- *La sortie des usines Lumière*
- *Arrivée d'un train en gare*

Precedenti:

1888: Louis Le Prince: primo filmato di 2 minuti

1889: Edison: macchina da ripresa e kinetoscopio
(per visione individuale)

Nuova tecnologia al servizio dell'industria dello svago, diventa mezzo di creatività artistica e culturale e creatrice di nuovi imperi economici



1895 - Francia

Auguste (1862-1954) e Louis (1864-1948) Lumière



1895 - Italia

Trasmissione telegrafica con onde radio

Guglielmo Marconi (1874-1937)

- Precedenti:

1864: teoria elettromagnetica di J. C. Maxwell

1887: scoperta delle onde radio di H. Hertz

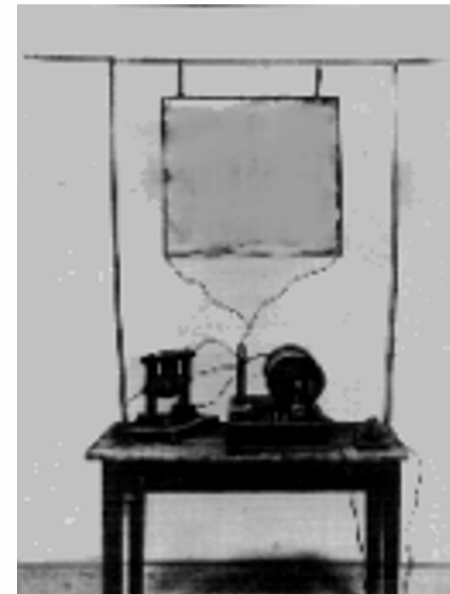
1890: coesore - rilevatore di onde radio di
D. Branly, oscillatore di A. Righi

1895: antenna ricevente di A. S. Popov

1895: antenna trasmittente di Marconi

1896: esperienze di Tesla

1897: Marconi ottiene brevetto britannico
e fonda nel Regno Unito
la prima azienda di radiotelegrafia



1901 - Gran Bretagna, Italia

Trasmissioni radio-telegrafiche transoceaniche

Guglielmo Marconi (1847-1937)

- col supporto di capitale di ventura britannico
- da Poldhu (Cornovaglia) a Terranova (Canada britannico)
- contro ogni ipotesi scientifica accreditata (la riflessione delle onde nella ionosfera è ancora ignota)
- contro l'ostilità delle compagnie proprietarie dei cavi transatlantici



VIEW OF FIRST STATION ERECTED IN CANADA IN GLACE BAY, 1902
from which the first wireless transatlantic messages were sent. An early Spring view when the ice from the Gulf of St. Lawrence packs around the coast