

□

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 18

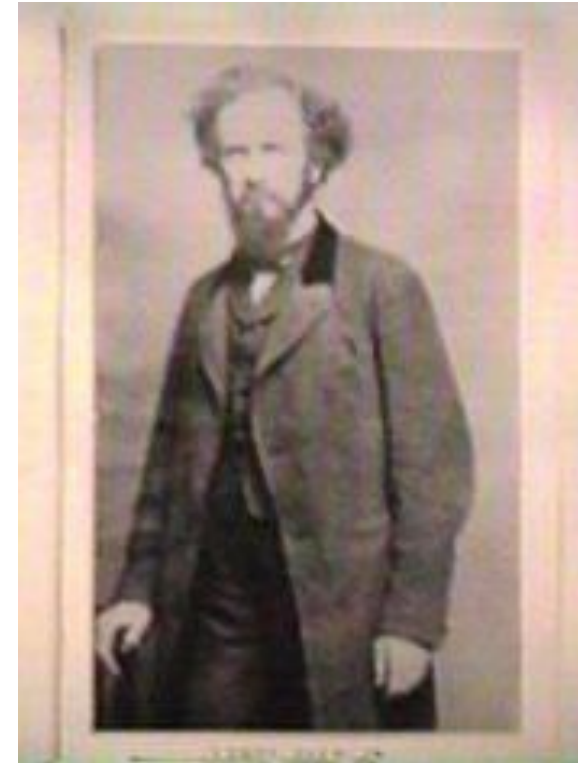
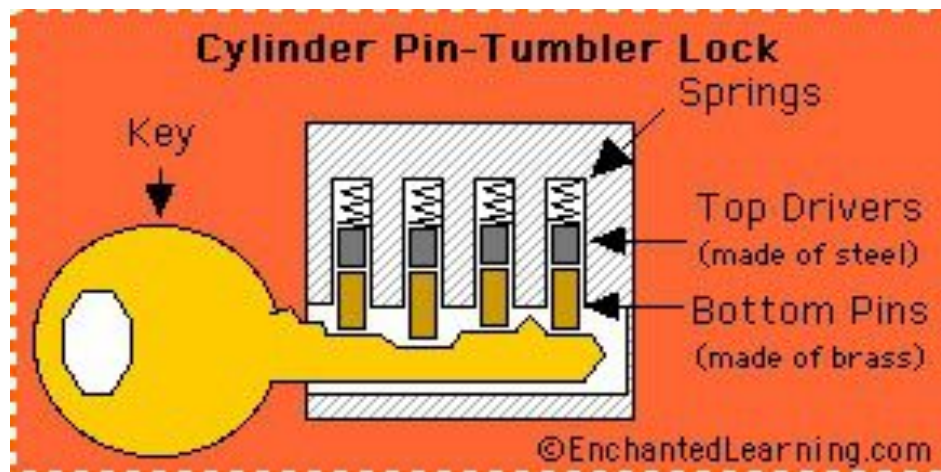
**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2021-22**

1861 - Stati Uniti

Serratura di sicurezza

Linus Yale (1821-1868)

- chiave piatta e sagomata + cilindro
- Semplice, economica e sicura



1861 - Stati Uniti

Linea telegrafica transcontinentale New York - San Francisco

Western Union Telegraph Company

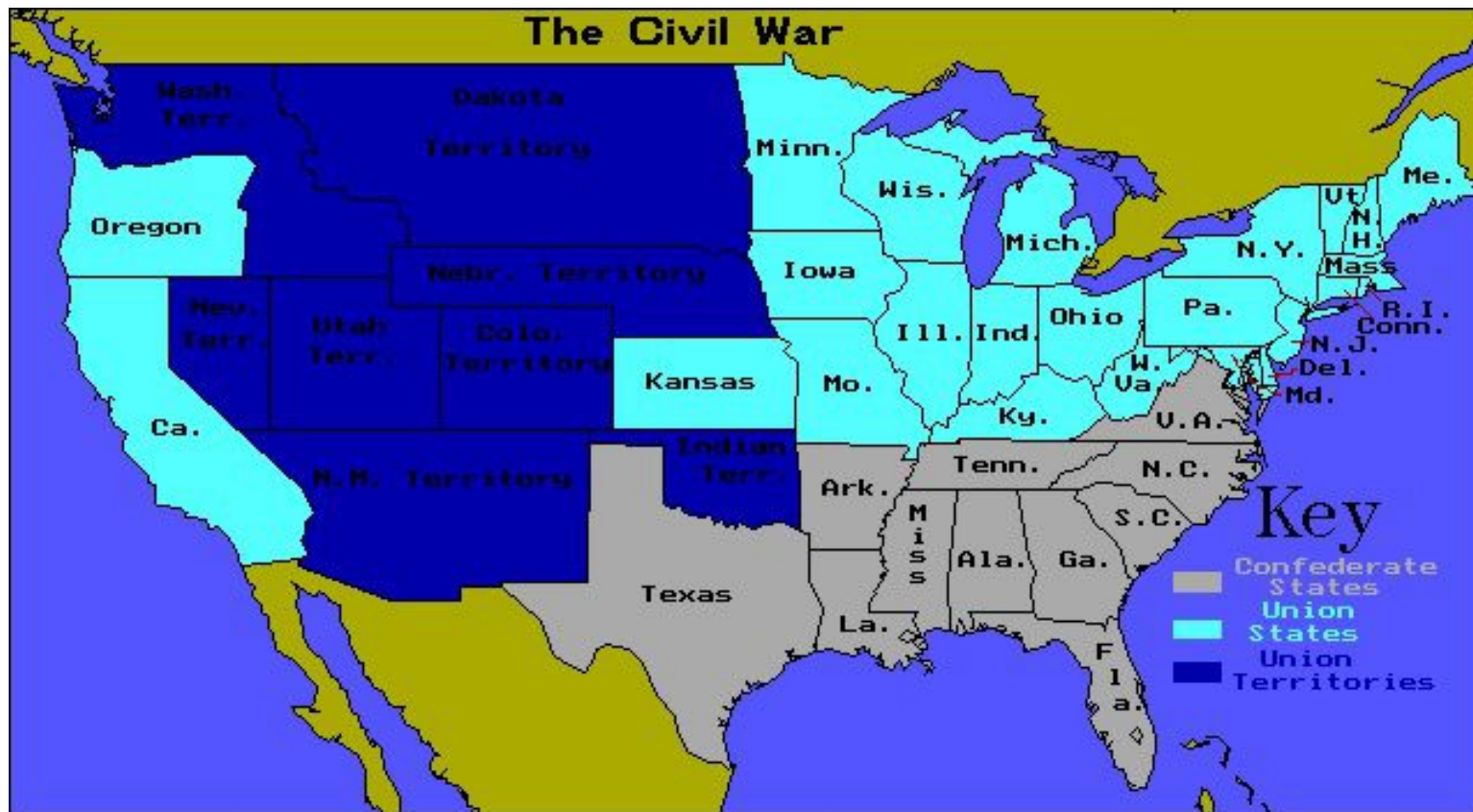
- 1800 miglia (2900 km)
- Utilizza relè elettromagnetici per la rigenerazione dei segnali (senza di essi oltre ~50 km l'attenuazione diventa eccessiva)
-
- La trasmissione dei messaggi da costa a costa avviene in pochi minuti (contro 10 giorni necessari con i Pony Express)



1861-65 - Stati Uniti

Guerra di secessione americana

- Scontro tra due modelli di sviluppo economico: agricolo e schiavista (sud) e industriale e mercantile (nord)



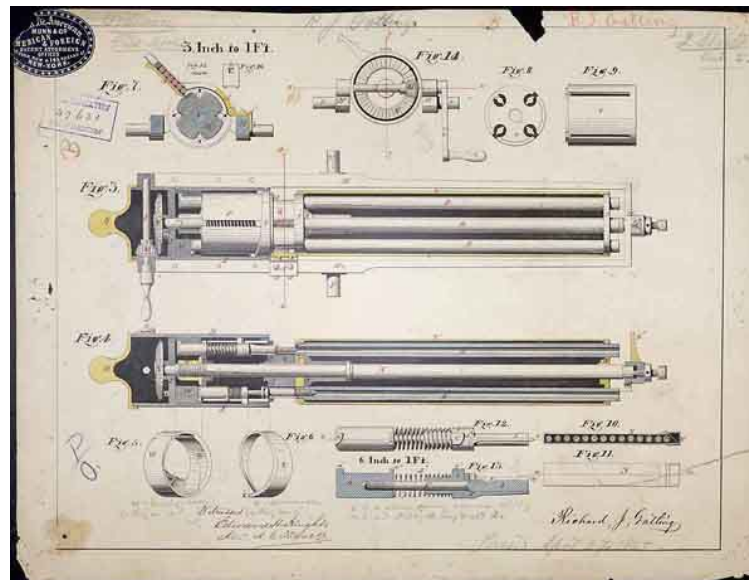
1862 - Stati Uniti

Nuove tecnologie belliche

Mitragliatrice Gatling

Richard J. Gatling (1818-1903)

- grande potenza di fuoco, terribilmente efficace
- 1865: brevetto



1861-65 - Stati Uniti

Uso massiccio di nuove tecnologie belliche

- Sottomarini bellici azionati
- a forza muscolare
 - **Alligator** - marina unionista
 - Ideato da **Brutus de Villeroi (F)**
 - 1862: tentativi falliti di entrata in servizio
 - **Hunley** - marina confederata
 - 1864: Primo affondamento
- Artiglieria pesante
- Mine antiuomo
- Corazzate con corazza in acciaio
- Palloni aerostatici (ricognizione)
- Telegrafo



1865 - Stati Uniti

Fine della guerra di secessione

- Vittoria dell'Unione (nordista) sulla Confederazione (sudista)
- Vittoria del capitalismo industriale sul capitalismo agricolo latifondista
- Impulso allo sfruttamento industriale delle innovazioni tecnologiche ed allo sviluppo del grande capitale di ventura

→ decollo degli Stati Uniti come potenza industriale

1865 - ITU

International Telecommunication Union

- Primo ente di unificazione internazionale
- Stabilisce protocolli e standard che permettono l'unificazione dei diversi sistemi di telecomunicazione

- prima telegrafi
- poi telefoni
- ora internet

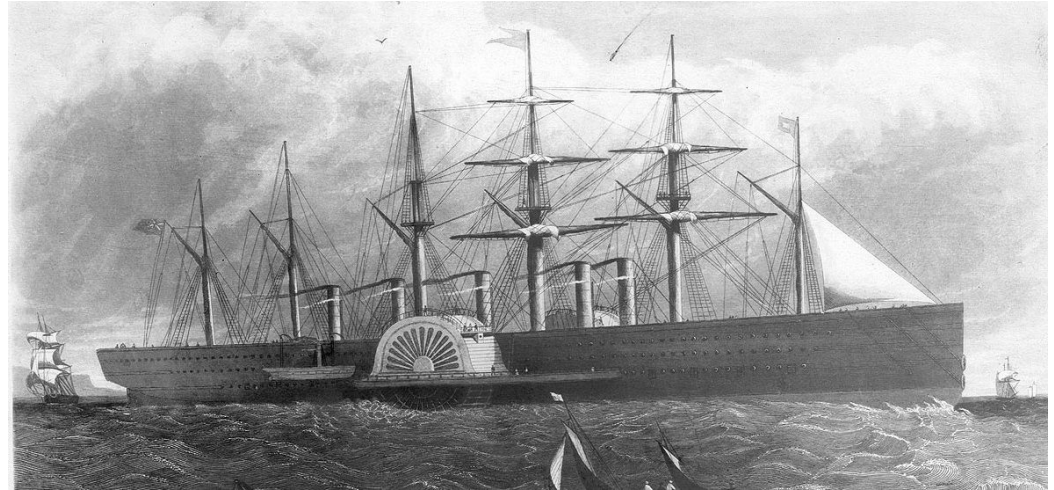


è merito suo se, ad esempio, è possibile telefonare da casa ad ogni angolo del mondo o comunicare in rete in tutta la Terra, o collegarsi a siti internet che stanno in un altro continente

1866 - Stati Uniti, Gran Bretagna

Cavo telegrafico transatlantico

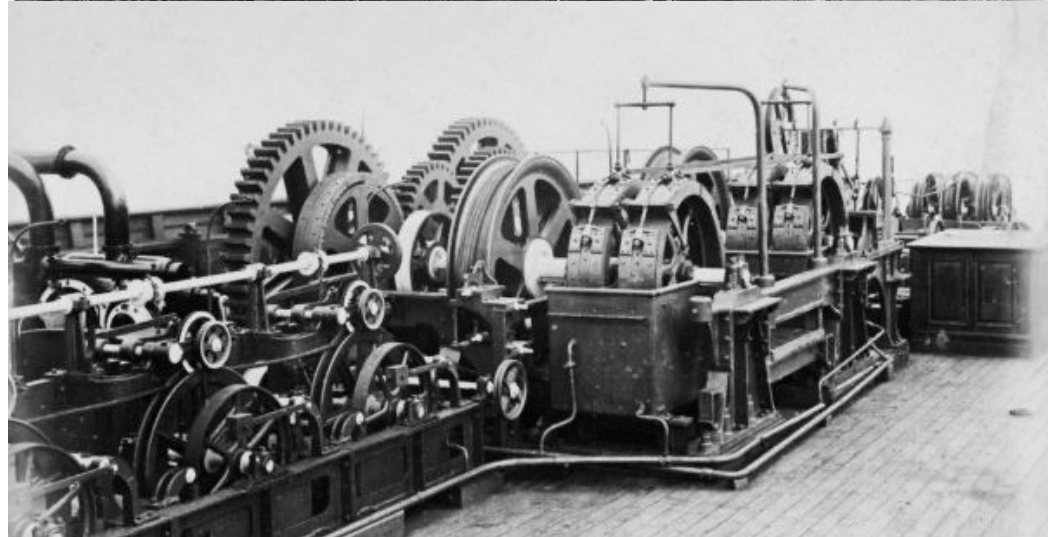
- compagnia anglo-americana
- oltre 4000 km
- posato dal Great Eastern
 - più grande nave esistente, di 211 metri, varata nel 1858



Precedenti:

Sondaggio del fondale oceanico di **Matthew Fontaine Maury**

1858: primo tentativo di posa - il cavo posato si guasta in poche settimane, dopo aver trasmesso circa 700 messaggi

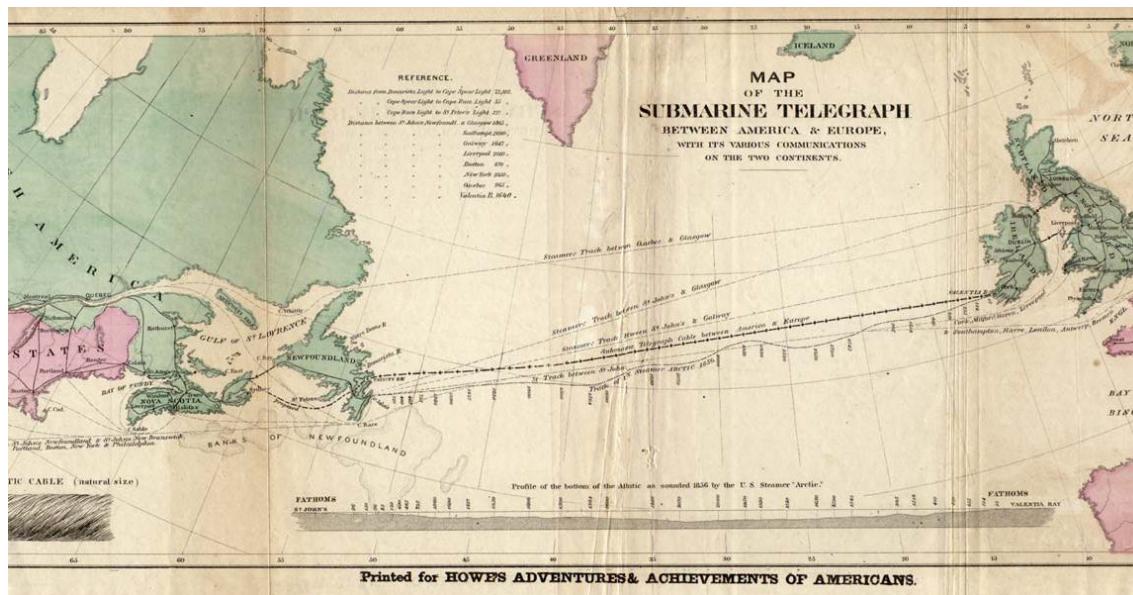


1866 - Stati Uniti, Gran Bretagna

Lord Kelvin (1824-1907) ed altri scienziati

Cavo telegrafico transatlantico

- Studi teorici, dispositivi speciali di ricezione
- Isolamento del cavo in guttaperca (plastica naturale simile alla gomma, non elastica ma flessibile, inattaccabile dall'acqua marina e ad altissima resistività elettrica) – disponibile da pochi anni
- I messaggi tra Europa e America sono trasmessi in pochi minuti invece che in settimane via nave

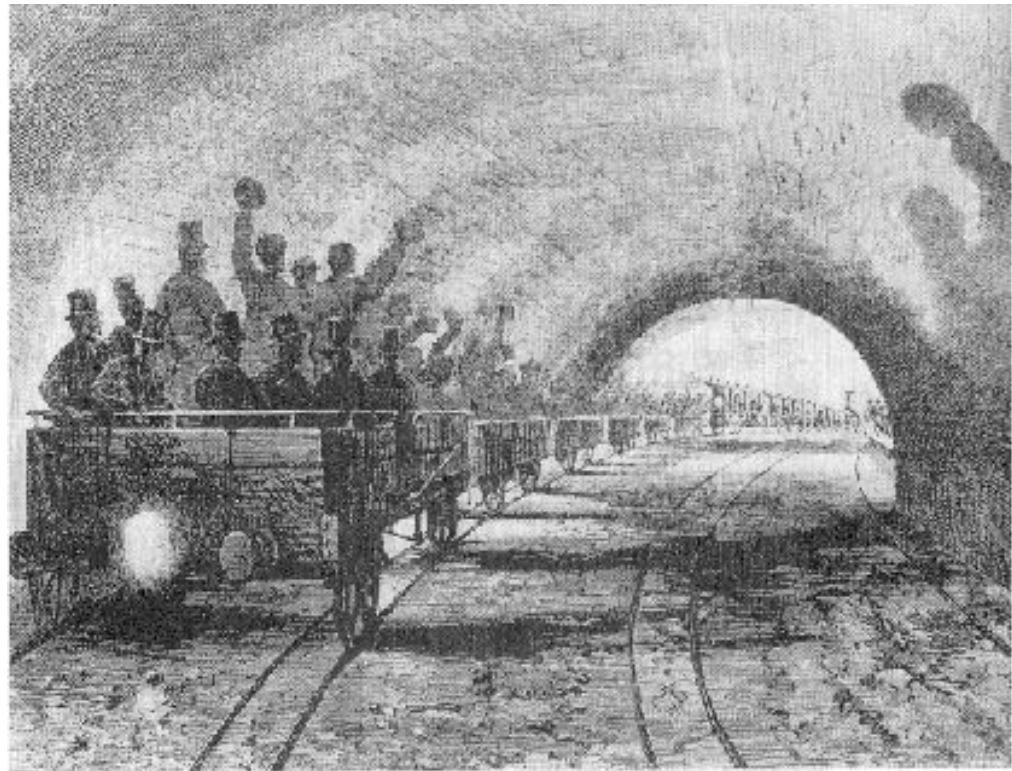


1863 - Gran Bretagna

Prima metropolitana, a Londra

- Inaugurazione della prima tratta Paddington-Farringdon
- Trazione a **vapore**
- 40.000 passeggeri il primo giorno

1880: 40 milioni di passeggeri all'anno



1867-8 - Gran Bretagna

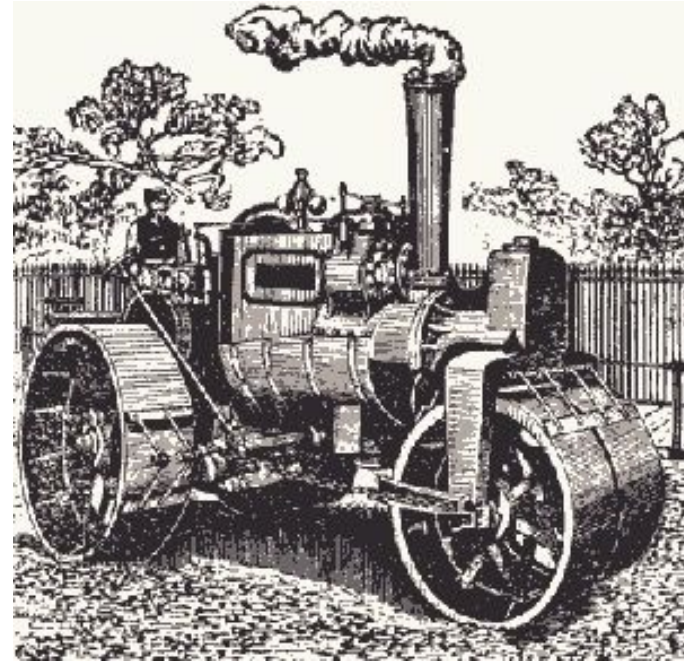
Sviluppo del traffico stradale

1867 Liverpool

- Rullo compressore stradale con motore a vapore

1868 Londra

- Primo semaforo (a bracci mobili)

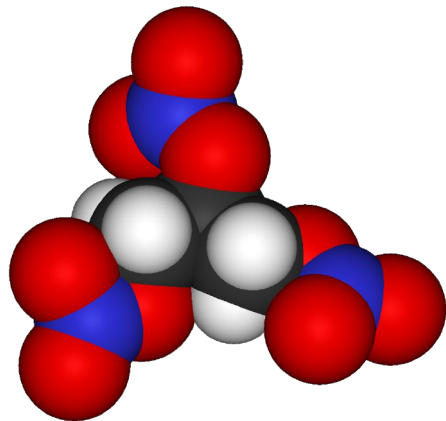


1847 - Piemonte

Nitroglicerina

Ascanio Sobrero (1812-1888)

- Primo esplosivo di nuova generazione
- Sostituisce la polvere da sparo in molte applicazioni



- usata anche se sconsigliata da Sobrero perché troppo pericolosa

1866 - Svezia

Dinamite

Alfred Nobel (1833-1896)

- Stabilizza la nitroglicerina (Sobrero, 1847) con polvere di zeoliti
- Ideata per il lavoro in miniera e per le grandi opere di scavo
- Immensa fortuna ottenuta dallo sfruttamento del brevetto
- Avvia una nuova generazione di esplosivi
 - 1875: gelignite – gelatina esplosiva (Nobel), più versatile della dinamite
 - 1886: poudre B (Paul Vieille), francese
 - 1887: balistite (Nobel), venduta all'Italia
 - 1889: cordite (Abel), britannica
- indispensabili a grande opere civili (galleria del San Gottardo 1883, canale di Panama 1914, ...)
- ma il cui potere distruttivo sarà tragicamente usato anche in guerra - in particolare nella Prima Guerra Mondiale



1849-1867-1892 - Francia

Cemento armato

calcestruzzo contenete struttura in ferro

Joseph Monier (1823-1906)

1849: giardiniere - invenzione casuale

1867: brevetto

- usato per contenitori e oggetti



François Hennebique (1842-1921)

- ingegnere - ne capisce il potenziale in edilizia
1900: prima casa in calcestruzzo armato (Parigi)
- → primi studi teorici

1892: diffusione

Primi anni del '900: diffusione in Italia (Daniele Donghi, prof. a Padova, ...)

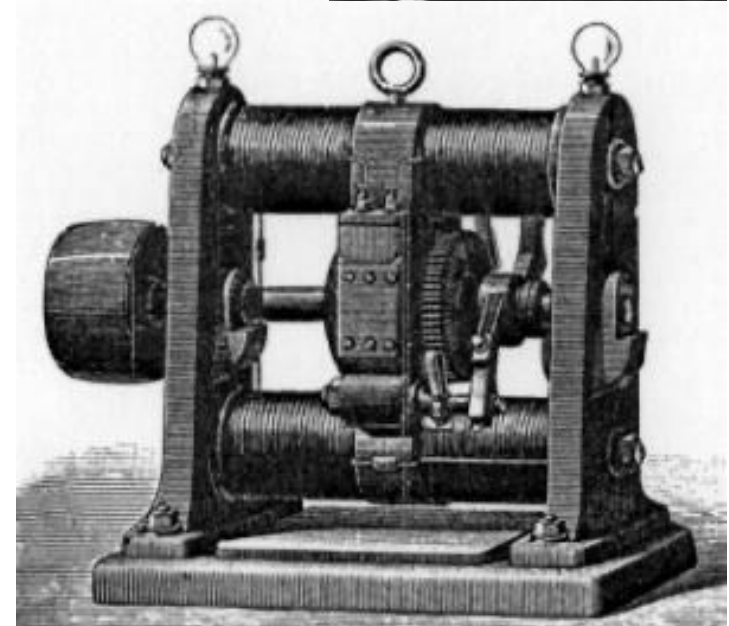


1869 - Belgio, Francia

Generatore elettromeccanico efficiente - *dinamo*

Zénobe Gramme (1819-1890)

- Usurpa le invenzioni di Pacinotti del 1860 e di Werner von Siemens del 1867
- Primo generatore elettrico industriale di potenze elevate ed energia “illimitata” efficiente e a costo accessibile
- Apre la strada a nuove vaste possibilità di impiego dell’elettricità su grande scala



1869 - Stati Uniti

Macchina per scrivere pratica

Christopher Sholes (1819-1890)

1873: commercializzata da Philo Remington

e portata al grade successo con produzione in serie



Modello Remington del 1876

1870 - Stati Uniti

Celluloide

John Wesley Hyatt (1837–1920) - US

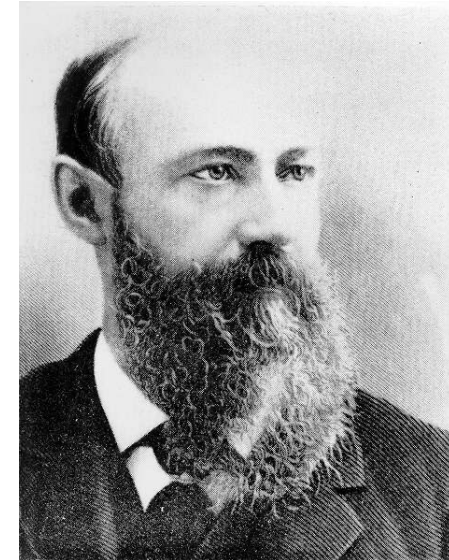
- Invenzione indotta da un premio di 10.000 \$ per un materiale sintetico sostitutivo dell'avorio
- materiale sintetico derivato dalla cellulosa, estrema plasticità a caldo

1861: già ottenuta da A. Parker (UK),
ma non sfruttata subito industrialmente

1872: Celluloid Manufacturing Company,

prima azienda di materie plastiche, ne avvia lo sfruttamento industriale

- Grande successo: usata in campo industriale (suppellettili), dentistico, supporto per emulsioni fotografiche e cinematografiche (pellicole), ...
- La cellulosa, dopo l'uso nella carta (1844) si avvia a diventare una sostanza chiave nello sviluppo di nuovi materiali sintetici (viscosa, cellofan, ...)



1870 - Stati Uniti

Prima grande compagnia petrolifera
Standard Oil (poi *Exxon*)

John Davison Rockefeller (1839-1937)

- formidabile espansione della produzione e creazione di fatto di un monopolio (con azioni al limite della legalità)



In pochi anni Rockefeller diviene l'uomo più ricco del mondo

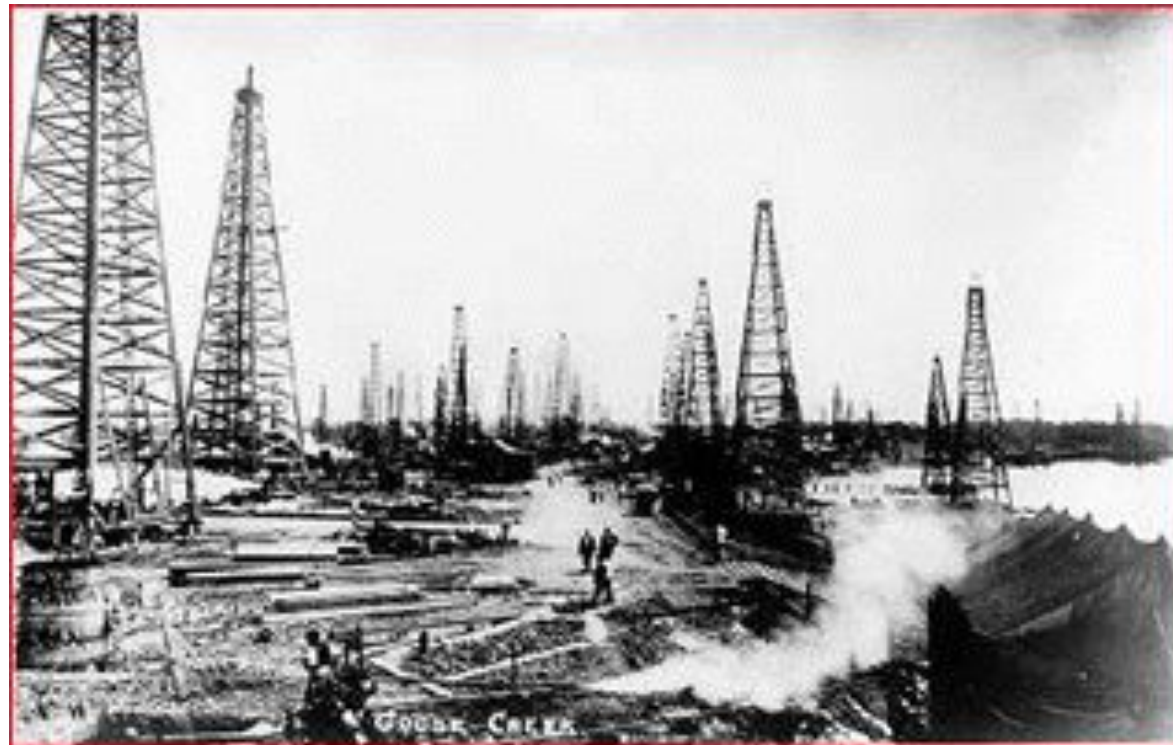
non solo lui: la **Branobel** di Alfred Nobel e fratelli
accumula un'enorme fortuna con i pozzi petroliferi russo-azzeri

1890 - Stati Uniti

Espansione dell'industria petrolifera

Per distillare cherosene

- Destinato all'illuminazione e riscaldamento
- Le frazioni leggere (benzina), considerate pericolose, sono prevalentemente scaricate nei fiumi



1867 - Spagna

Sommergibili a motore – *Ictineo II*

Narcis Monturiol i Estarriol (1819-1886)

1864: Provato in navigazione con azionamento muscolare
(dopo i modelli di Drebbel del 1620, David Bushnell del 1776,
Fulton del 1803, Ictineo I del 1859, ...)

1867: motorizzato con rudimentale motore a combustione interna
originale che alimenta una macchina a vapore

- Primo sommergibile a motore operativo



1867 - Germania

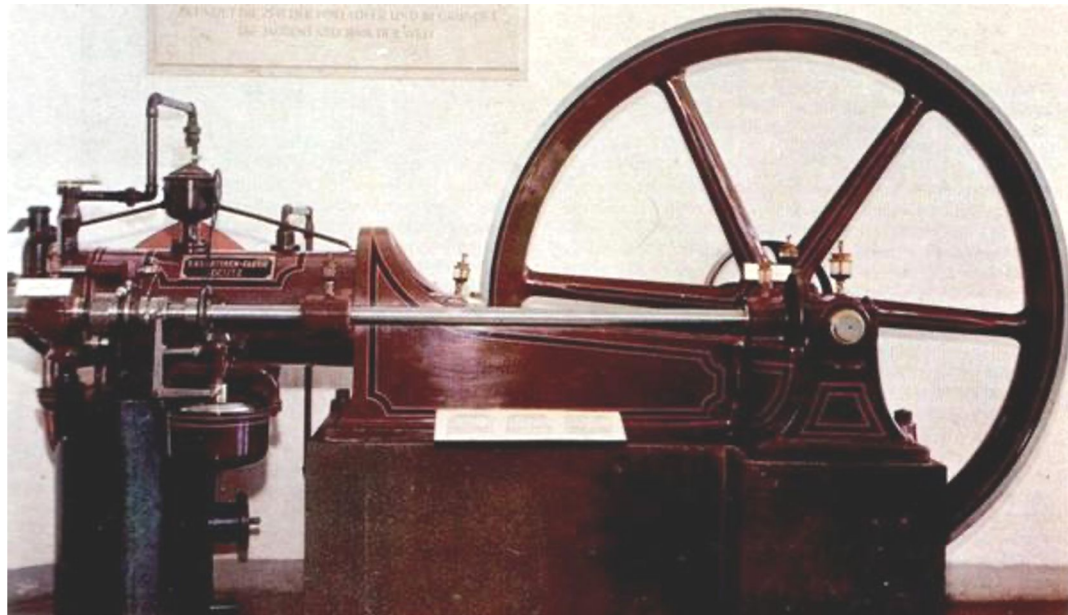
Motore a combustione interna a gas

Nikolaus A. Otto (1832-1891) e Heugen Langen (1833-1895)

- “uguale” a quello di Barsanti e Matteucci del 1853, rendimento del 12%
- Prodotto in 5000 pezzi, per uso statico in piccole fabbriche



Nikolaus August Otto
(1832 - 1891)



1870 – Germania-Austria

Veicolo sperimentale con motore a combustione interna

Siegfried Samuel Marcus (1831 –1898)

a benzina con carburatore

1872: primo brevetto sul carburatore

- Prototipo senza sviluppo industriale immediato

1888: industrializzazione con un'azienda morava

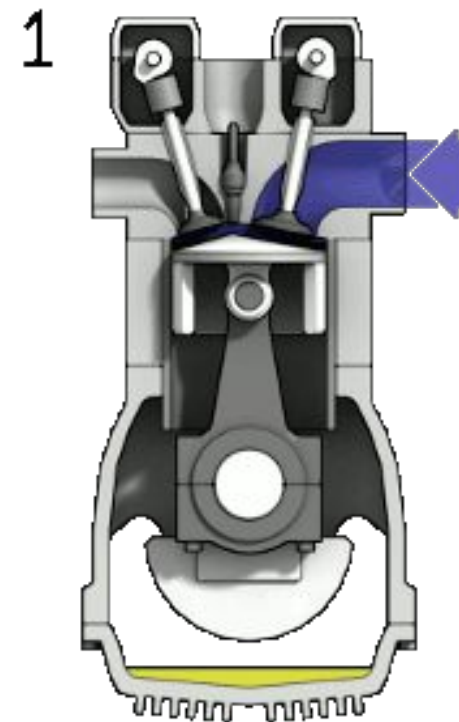


1876 - Germania

Motore a combustione interna a gas a quattro tempi (ciclo Otto)

Nicholaus Otto (1832-1891) e Heugen Langen (1833-1895)

- Con compressione del gas e immissione tramite valvole
- Ciclo ideato nel 1860 da Alphonse Baeu de Rochas (Francia)
- Prodotto in 50.000 pezzi



1869 - Egitto, Francia

Canale di Suez

Progetto: **Luigi Negrelli** (1799-1858)

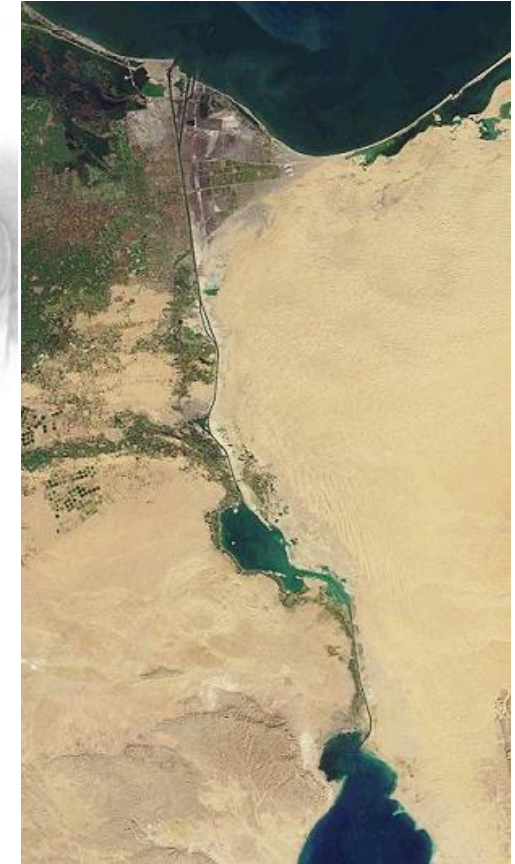
- Ingegnere civile italo-austriaco
- 163 km tra Mar Rosso e Mediterraneo



1859-1869: Costruzione – compagnia franco-egiziana di Ferdinand **Marie Vicomte de Lesseps** con manovalanza egiziana

costruito in 10 anni

- impiega 1.500.000 uomini, dei quali 125.000 muoiono per il colera
- successivo intervento di grandi macchine da scavo
- apre una rotta breve verso l'Asia: notevole impulso ai commerci
 - supremazia dei piroscafi (i velieri non possono transitarvi)
 - ... e penetrazione coloniale europea in Africa



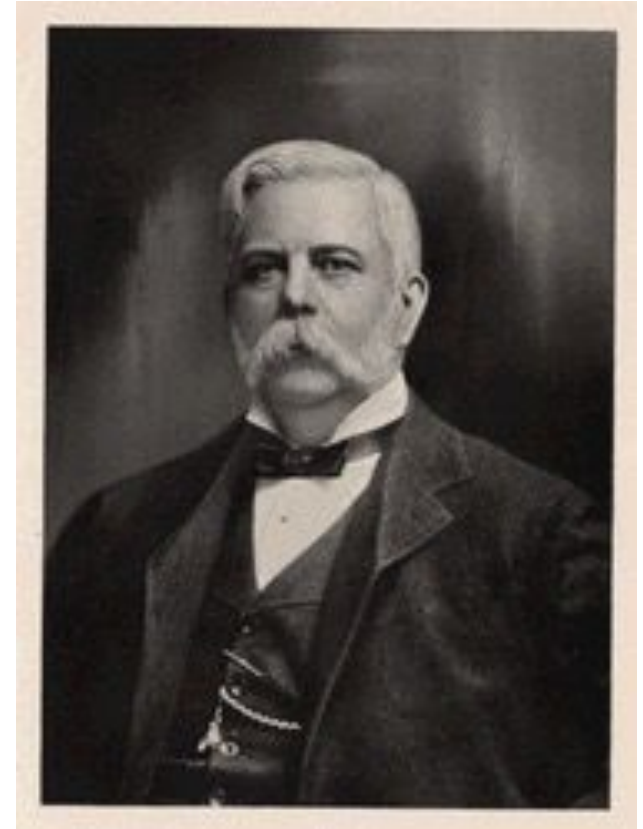
1869 - Stati Uniti

Freno ad aria per convogli ferroviari

George Westinghouse (1846-1914)

Sfruttato industrialmente tramite la:
Pittsburgh Westinghouse Air Brake Company

- permette la frenatura simultanea su tutte le ruote dei vagoni di un convoglio ferroviario
- dispositivo provvidenziale, permette l'uso di convogli di sempre maggiori peso, lunghezza e velocità, prodotti con i nuovi acciai a basso costo



1869 - Stati Uniti

Completamento della prima
ferrovia transcontinentale

Council Bluffs – Sacramento, 2849 km

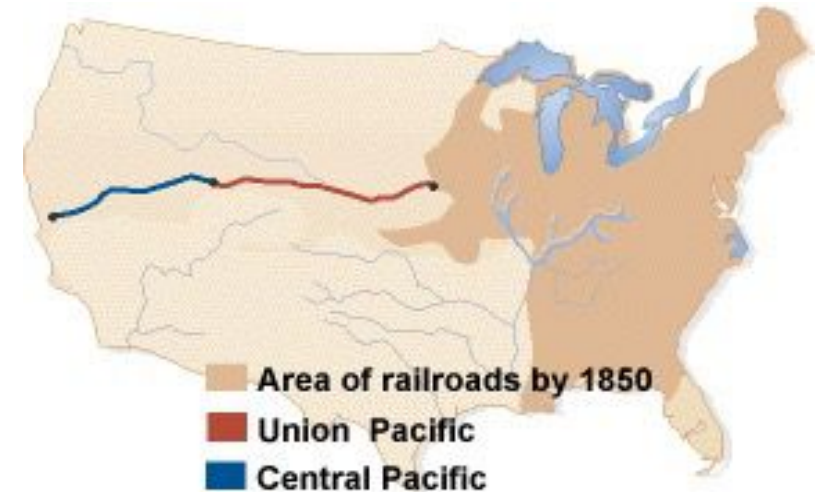
- Prima ferrovia in alta quota (2000 m slm)
- Primo uso della nitroglicerina (insuccesso)
- 6 anni, 2000 operai morti
- Usa nuovi binari e convogli di lunghezza e velocità inedite, prodotti con i nuovi acciai a basso costo

Unisce la nazione, crea gli Stati Uniti

Altre ferrovie di grande lunghezza

1880-1890: transcaucasica Mar Caspio - Mar Nero

1891-1917: transiberiana Mosca - Vladivostock (oltre 10.000 km)



1871 - Italia

Traforo del Frejus

Germain Sommelier (1838-1922), Sebastiano Grandis (1817-1892), Severino Grattoni (1815-1876)

- 12.847 metri da Bardonecchia a Modane, sulla linea ferroviaria Torino-Chambery
- costruita per esigenze commerciali
- realizzata con
 - perforatrice pneumatica di Sommelier
 - dinamite di Nobel
 - velocità di scavo di due ordini di grandezza maggiore che con i mezzi tradizionali
- prima delle grandi gallerie che permettono alle ferrovie di attraversare le catene montuose



Sviluppo ferroviario

Con la diffusione delle ferrovie i tempi di viaggi subiscono una drastica contrazione

- si riducono le distanze apparenti e così il mondo sembra diventare più piccolo ed accessibile
- inducono nuove esigenze ed abitudini:
 - Le esigenze di sincronizzazione degli orari delle città (imposte da ragioni di sicurezza di traffico) richiedono maggiore precisione nella misura del tempo (cronometri ferroviari)
 - Si impone il concetto di ora nazionale che scalza quello dell'ora locale cittadina, nato nel medioevo con gli orologi delle torri civiche

1873 - Germania

Macchina frigorifera efficace ad etere metilico

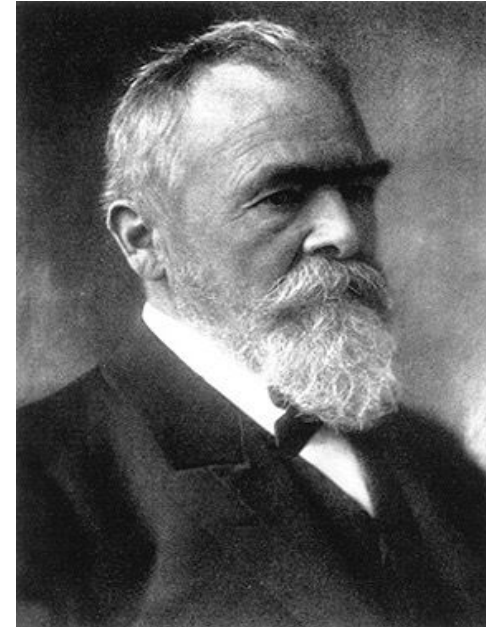
Carl von Linde (1842-1934)

1834: precedente brevetto di Perkins

1876: uso dell'ammoniaca (proposta nel 1857)

1877: inizio della diffusione commerciale

1895: liquefazione dell'aria



- Importante uso nel trasporto di derrate alimentari su grandi distanze (trans- e inter-continentali), in espansione anche grazie alla velocità dei trasporti garantita da ferrovia e piroscafi in acciaio motorizzati a vapore

1873-1896 - Paesi Occidentali

Le grandi realizzazioni ferroviarie segnano anche la saturazione delle reti ferroviarie e la contrazione degli investimenti in impianti e macchine

GRANDE DEPRESSIONE

Iniziata in Gran Bretagna e poi estesa a Stati Uniti e Germania

- prima grande crisi industriale
- innescata da “banali” contingenze finanziarie e borsistiche
- esaurimento della seconda fase della prima rivoluzione industriale
- sovrapproduzione e comparsa di nuovi concorrenti industriali: Austria, Russia, Italia, Giappone
- mercati mondiali invasi dai cereali prodotti da Stati Uniti, Canada, Argentina, crisi dell’agricoltura europea
- riduzione di prezzi, profitti e investimenti, concorrenza, guerre doganali

1873-1915 - Paesi Occidentali

SECONDA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

- Nuove tecnologie: elettricità, chimica, petrolio, acciaio a basso costo, materie sintetiche
- Nuovo impiego di tecnologia e scienza, applicate sistematicamente alla produzione
- Concentrazione logistica industriale (favorita dalle nuove tecnologie energetiche)
- Formazione di nuovi oligopoli e monopoli (centri di potere economico)
- Passaggio al capitalismo organizzato ed alle società industriali a capitale azionario (intervento della grande finanza)
- Nuovo profilo di ingegnere (ingegnere industriale)

1873-1915 - Paesi Occidentali

Aspetti sociali:

- Diffusione dei sindacati, organizzazioni di massa del movimento operaio (rivendicazioni e scioperi anche di milioni di lavoratori)
- Nascita dei partiti popolari
- Affermazione del movimento socialista (capace di incidere sulla vita politica nazionale, ottenendo miglioramenti e riforme) che mira all'organizzazione internazionale dei lavoratori

Karl Marx (1818-43)

1848: pubblica *Il Manifesto del partito comunista*

1867: pubblica il primo libro de *Il Capitale*

- fonda l'analisi storico-sociale dello sviluppo tecnologico: **riconosce alla tecnologia un ruolo primario nello sviluppo delle società**

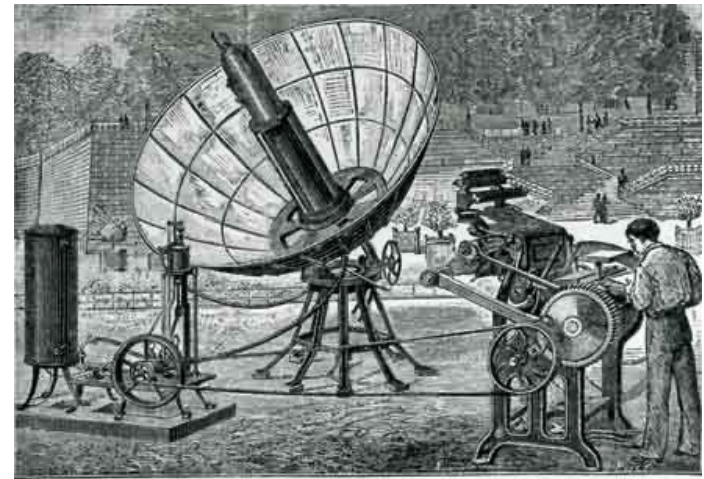
1878-82 - Francia

Macchina a vapore termosolare

Auguste Mouchout (1825-1912)

- impianto sperimentale con macchina a vapore alimentata da un generatore di vapore a radiazione solare con concentratore ed inseguitore
- ricerche iniziate nel 1866 a seguito del timore dell'esaurimento del carbone
- vive momento di grande successo
- poi abbandonata in seguito al calo del prezzo del carbone

- vari prodromi dall'inizio dell'800
- ricerche simili in USA qualche anno dopo
- idea rivelatasi feconda ... oltre un secolo dopo



PRINTING A JOURNAL BY SOLAR HEAT

1878 - Svezia

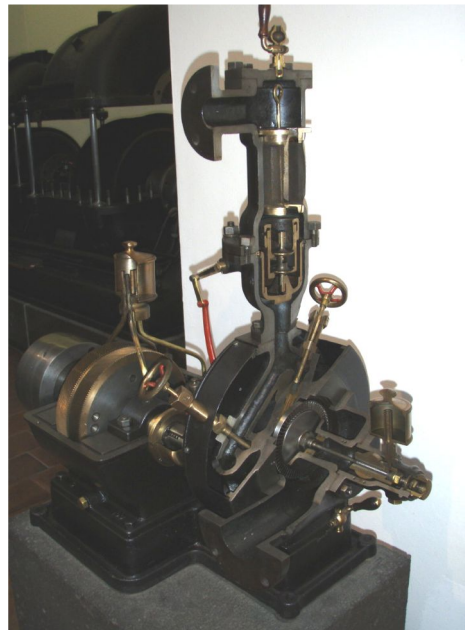
Turbina a vapore ad azione

Gustav de Laval (1845-1913)

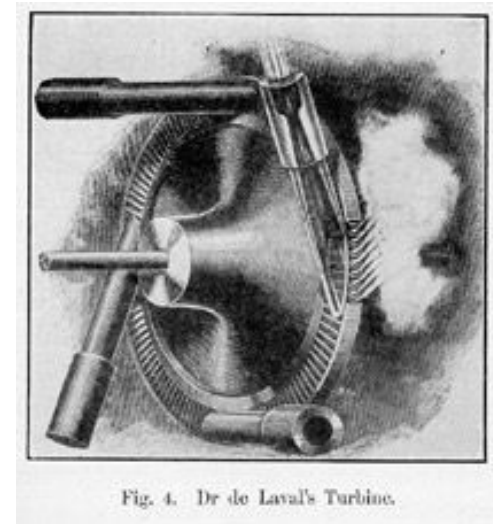
- Concepita per ricavare dal vapore il moto continuo invece che quello alternato
- Turbina ad alta velocità con ugelli per emissione supersonica
- Uso iniziale: azionare una centrifuga

Feconda di sviluppi:

- turbine a vapore di vario tipo
- turbina idraulica ad azione
- l'ugello troverà impiego anche in campo missilistico



Deutsches Museum - Monaco



1880 - Stati Uniti

Turbina idraulica ad azione

Lester A. Pelton (1829-1980)

- Diviene presto il motore primo ideale per il trascinamento degli alternatori nelle centrali elettriche ad alta prevalenza
- Oggi potenza fino a qualche MW



Deutsches Museum - Monaco



1876 - Stati Uniti

Telefono

Alexander Graham Bell (1847-1922)

- su ispirazione dell'invenzione di Meucci del 1857
- immediata diffusione in sostituzione del telegrafo ove ciò è possibile, ovvero su linee brevi, tali da produrre limitate attenuazione e distorsione dei segnali (i sistemi di amplificazione analogica non esistono ancora)
- straordinario successo commerciale
- altre invenzioni parallele: 1861 Reis (D), 1864 Manzetti (I), 1876 Gray (USA)



1876 - Stati Uniti

Thomas A. Edison (1847-1931)

con i guadagni del telegrafo quadruplex del 1874

Laboratorio industriale - Factory of inventions
a Menlo Park (vicino a New York)

- primo struttura di R&S (ricerca e sviluppo) finalizzata allo sviluppo di nuovi dispositivi, i cui brevetti sono poi venduti ad altri produttori
- Seguito nel 1887 da quello di West Orange, assai più grande (arriva ad accogliere 3000 dipendenti)

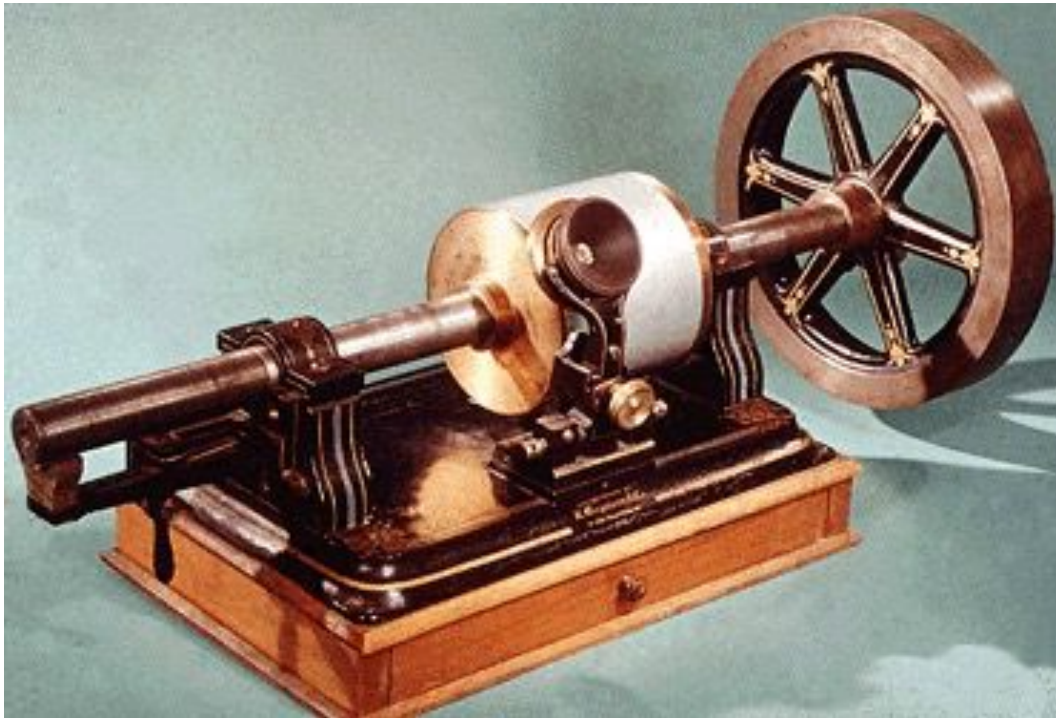


1877 - Stati Uniti

Fonografo a cilindro

Thomas A. Edison (1847-1931)

- Prima macchina per la registrazione e riproduzione del suono (completamente meccanica)



Registrazione fonografica
(Ada Jones 1909)

1878-9 - Gran Bretagna, Stati Uniti

Lampada ad incandescenza

1878: **Joseph W. Swan** (1828-1914)

- Dopo circa 30 anni di sperimentazione, resa possibile dalla pompa a mercurio per vuoto spinto di H. Sprengel (1865)

1879: **Thomas A. Edison** (1847-1931)

- Nell'ambito di un piano di aggressione del mercato dell'illuminazione pubblica e privata, detenuto da gas e lampade ad arco
- lampada a alta resistenza e bassa corrente, idonea a distribuzione derivata (= collegamento in parallelo di più lampade)

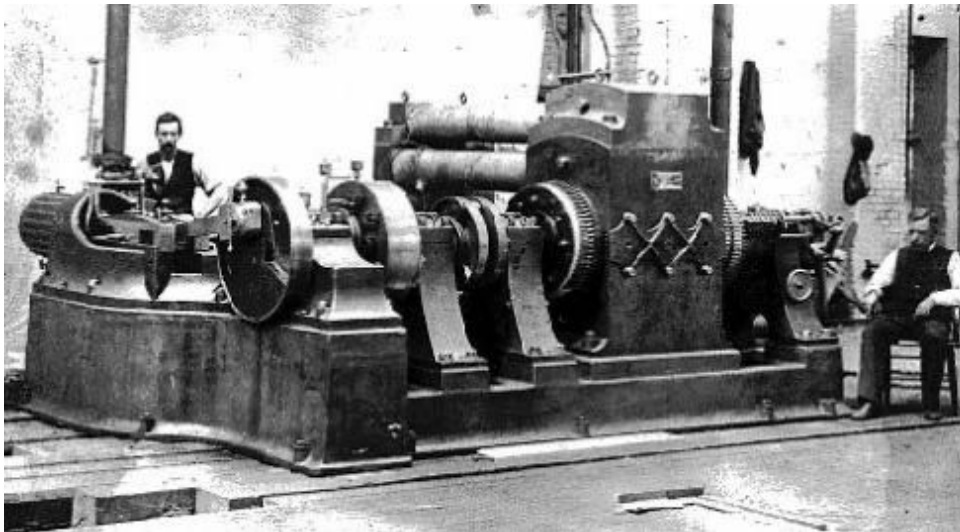


1882 - Stati Uniti

Thomas A. Edison (1847-1931)

1882 settembre: centrale elettrica in corrente continua per distribuzione commerciale a Pearl Street - Manhattan

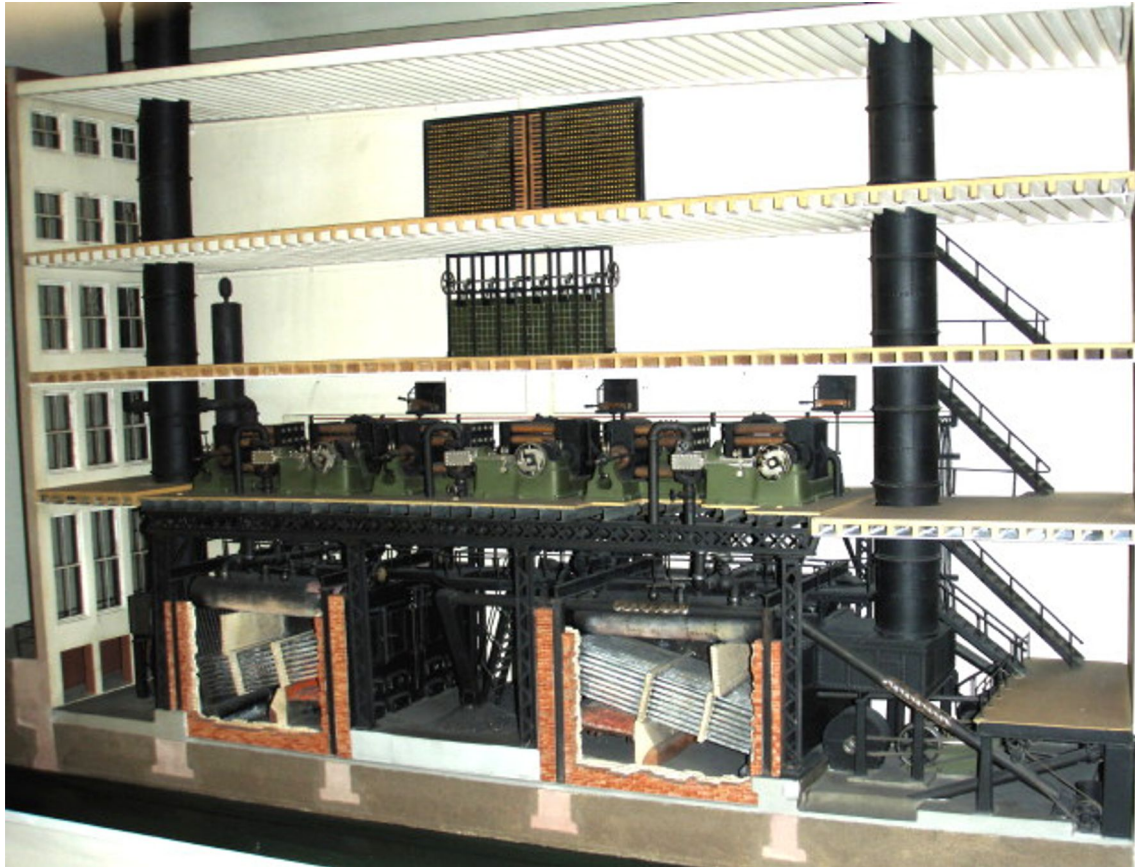
- sistema per la distribuzione commerciale dell'energia elettrica per illuminazione: l'utente compra l'energia, non il generatore



1882 gennaio: Holborn Viaduct a Londra impianto analogo per illuminazione pubblica, 2000 lampade (simile a precedente impianto di Siemens)

1882 - Stati Uniti

Centrale elettrica Edison di Pearl Street



1883: Santa Radegonda a Milano – impianto per illuminazione pubblica da 240 kW, simile a quello di Pearl Street – primo europeo di distribuzione commerciale “sistema Edison” e secondo al mondo

1882 - Stati Uniti

Centrale elettrica in corrente continua

Thomas A. Edison (1847-1931)

- sistema per la distribuzione commerciale dell'energia elettrica per illuminazione
 - Generatori Jumbo da 27 ton 100 kW (a rendimento molto basso)
 - Sistema in corrente continua a 110 V (non pericolosi)
 - Lampade a bassa corrente (primi modelli efficienti nel 1879)
 - Distribuzione derivata (molte lampade in parallelo)
 - Linee isolate ed interrate
 - Contatori per la fatturazione dell'energia (conta-carica elettrica)
- Realizzazione sostenuta dal capitale di ventura e da un'attenta promozione
 - Azionariato di grandi finanzieri (John Pierpont Morgan, ...)
 - Collocazione strategica: vicino a Wall Street
 - 80 clienti influenti: New York Times, finanzieri, banche,...

1879 - Germania

Werner von Siemens (1816-1892)

Tranvia elettrica

- Presentato alla Esibizione Industriale di Berlino
- Primo prototipo dimostrativo (2,2 kW a 150 V prelevati dai binari, senza batterie elettrochimiche a bordo)

n.b.: dopo una realizzazione simile in Russia del 1875



Werner von Siemens, 1845



1881 - Germania

Werner von Siemens (1816-1892)

Prima tranvia elettrica operativa

- Lichterfelde – Berlino, di 2,5 km
- 7,5 kW a 180 volt

1882: primo veicolo con
alimentazione aerea
(Berlino)



1880 - Germania

Werner von Siemens (1816-1892)

Ascensore elettrico

- Presentato alla Esibizione Industriale di Mannheim
- Insieme al dispositivo di sicurezza di Otis del 1852 dà impulso alla costruzione di edifici di molti piani
- Emulato in USA da Frank Julian Sprague (1857–1934) dal 1892
- L'affermazione dei **grattacieli**, anzitutto a New York e Chicago in USA, dipende anche da queste innovazioni, oltre che dalle nuove possibilità della **scienza delle costruzioni**, apertesesi con l'uso dell'**acciaio**



Home Insurance Building del 1884, di 10 piani, con struttura in acciaio e ghisa e Monadnock Building, di 17 piani, con struttura in acciaio e pareti portanti in mattoni, del 1893. Entrambi a Chicago, furono tra i primi grattacieli, resi possibili dal ferro e dagli ascensori di sicurezza, introdotti da Otis nel 1852

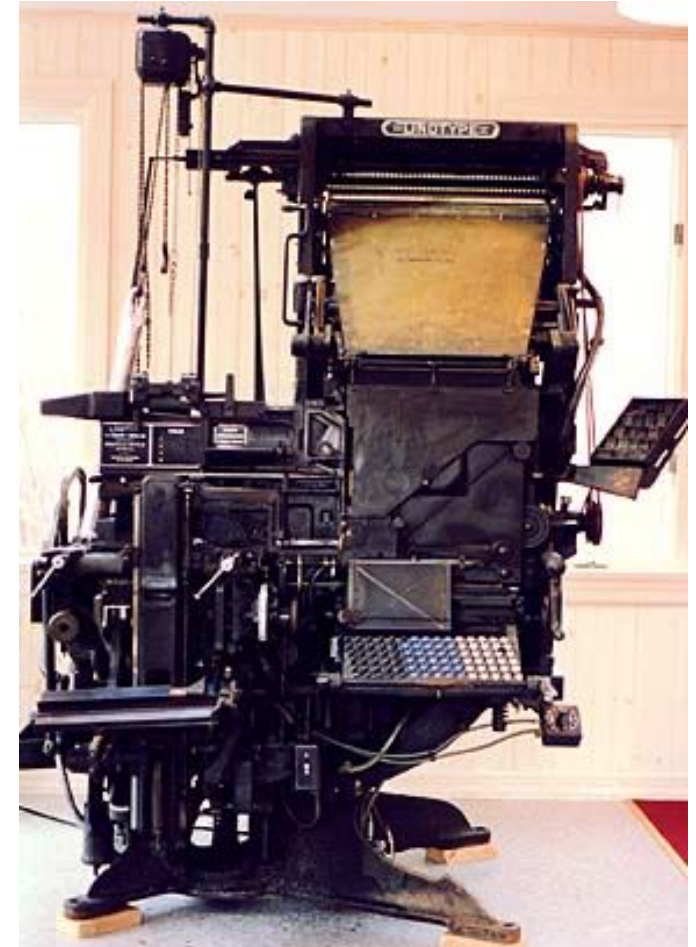
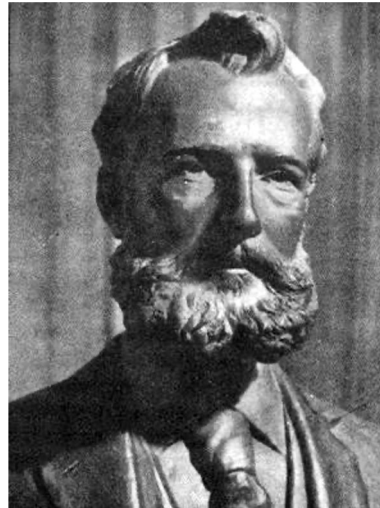
1881 - Stati Uniti

Linotype

Ottmar Mergenthaler (1854-1899)

- compone automaticamente le linee di caratteri (type) formanti i testi per la stampa nelle tipografie
- velocizza moltissimo la stampa dei giornali e ne riduce i costi

1886: Usato dal New York Tribune



1882 - Gran Bretagna

Acciaio al manganese

Sir Robert Hadfield (1859-1940)

- tenore Mn 12-14%, sorprendentemente alto: a tenori più bassi la lega è fragile
- durezza e resistenza all'usura ottenuta per riscaldamento a 1000°C e rapido raffreddamento

1774: scoperta del manganese

- Macine per minerali, casseforti, organi meccanici (alberi e bielle, ingranaggi) di macchine, organi ferroviari
- Poi parzialmente sostituito dall'acciaio al nichel-cromo, ma tuttora ampiamente diffuso



1881 - Francia, Gran Bretagna

generatore secondario = trasformatore elettrico di potenza, in corrente alternata

Lucien Gaulard (1850-1888) e John D. Gibbs

- separazione galvanica ... e livelli diversi di tensione tra trasmissione e distribuzione
- apre la strada alla trasmissione dell'energia a grande distanza, in corrente alternata



1885: trasformatore a nucleo chiuso
O. T. Bláthy (H) alla Ganz (Budapest)



1884 - Italia

Trasmissione di energia elettrica in corrente alternata **Lucien Gaulard** (1850-1888) e **Galileo Ferraris** (1847-1897)

- Presentata all'Esposizione di Torino
- Impianto dimostrativo da 34 km, 2 kV 130 Hz tra Lanzo e Torino:
supera i limiti spaziali della trasmissione
in corrente continua



1885: via dei Cerchi (Roma) primo impianto

pubblico 22 kW, a 2 kV e 120 Hz trasformatori 2 kV / 20 V

1886: Grosvenor Gallery (Londra) impianto con trasformatori 2,4 kV / 100 V,
uno per utente, con primari in parallelo

1884 - Italia

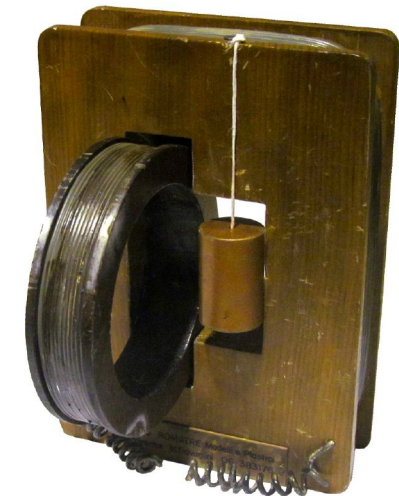
Studi su correnti alternate e motore asincrono

Galileo Ferraris (1847-1897)

1884: individua il fattore di potenza: chiarisce gli scambi di potenza in corrente alternata ($\cos\varphi$)

1885: principio del campo magnetico rotante ottenuto con due correnti alternate e primo prototipo del **motore ad induzione** o **motore asincrono** (ruota a velocità non rigidamente stabilita dalla frequenza delle correnti alternate)

1886: altri tre modelli più perfezionati



1887-8 - Stati Uniti

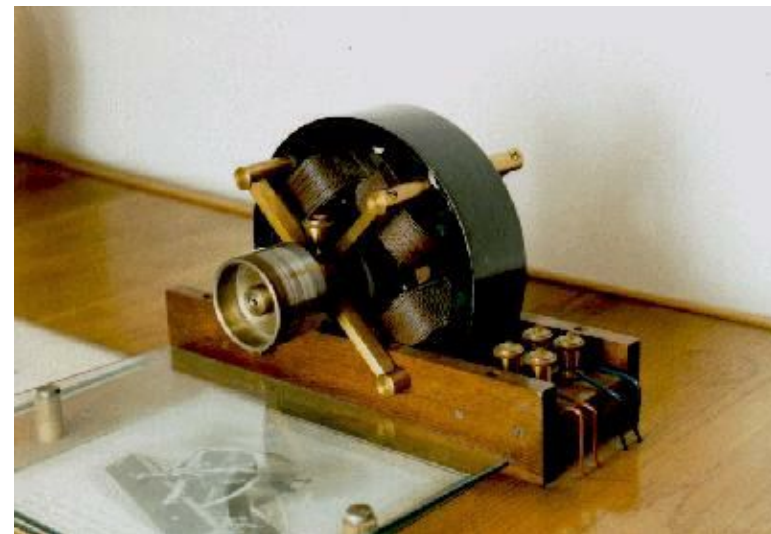
Nikola Tesla (1857-1943)

1887: Motore elettrico asincrono (ad induzione)

1888: brevetto

1991: sfruttamento industriale da parte di Westinghouse

- completa il quadro delle macchine fondamentali in corrente alternata
- l'energia elettrica in corrente alternata può essere distribuita commercialmente a distanza per alimentare sia illuminazione elettrica che azionamenti industriali



1890 - Stati Uniti

Guerra dei Sistemi (o delle Correnti) tra
Westinghouse che offre la corrente alternata e
Edison che offre la corrente continua

- Spietata, con propaganda senza esclusione di colpi

1890: Primo uso della sedia elettrica

- Penitenziario di Auburn (New York), con alternatore Siemens scelto dai sostenitori di Edison
- Per il New York Times: “... uno spettacolo disgustoso ...”
- Proclamata pericolosità della corrente alternata, impiegante tensioni elevate

1892: creazione di General Electric (fusione delle compagnie di **Edison** e di **Elihu Thomson**) per competere con Westinghouse nei sistemi in corrente alternata

1891 - Germania, Svizzera

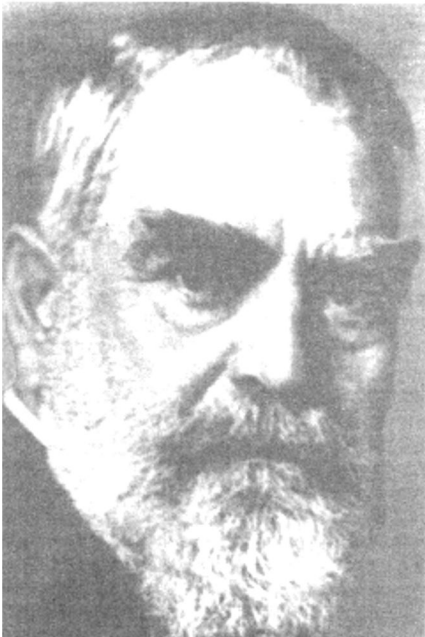
Sistema elettrico in corrente alternata trifase

Oskar F. X. Miller (1855-1934),

Michael Dolivo-Dobrowolsky (1862-1919) e

Charles E. L. Brown (1863-1924)

- Impianto dimostrativo Lauffen-Francoforte
175 km, 240 kW a 15 kV e 40 Hz
- per l'Esibizione Elettrotecnica Internazionale di Francoforte



1892-94

Maturità dell'elettrotecnica e della corrente alternata con approfondimenti teorici sviluppati da parte di diversi studiosi:

1892: parallelo delle macchine sincrone (Blondel e Boucherot)

1893: concetto di impedenza (Kennelly)

1893: concezione del metodo fasoriale (Steinmetz)

1893: modello della macchina asincrona trifase (Ferraris)

1894: modello della macchina sincrona trifase (Ferraris)

1894: diagramma circolare della macchina asincrona trifase
(Heyland → Ossanna)

■

1895-7 - Stati Uniti

Grande centrale elettrica in corrente alternata polifase alle cascate del Niagara

1895: prima installazione bifase da 3,5 MW 2,2 kV

- fornita da Tesla e Westinghouse

1897: potenziamento trifase a 35 MW 22kV

- fornito anche da General Electric
- primo uso sistematico industriale per elevate potenze

attrazione e sviluppo di industrie energivore

1895: Pittsburgh Reduction Company di Hall

1895: Carborundum Company di Acheson

1896: Castner-Kellner Alkali Company

1903: Development and Funding Company



Trasformatore GE da 830 kW
10 kV per la centrale al Niagara

≥1898 - Stati Uniti - Italia

>1898: Espansione della corrente alternata polifase

1898 centrale di Paderno d'Adda, 9 MW 13,5 kV

- maggiore impianto europeo
- diffusione dell'energia idroelettrica in Nord Italia grazie alle risorse alpine
- definitiva affermazione della corrente alternata polifase e della trasmissione a grande distanza =
dalle risorse idroelettriche
a città e grandi poli industriali

