

**Liceo scientifico statale “Vito Volterra”-  
Ciampino**

# ***Pannelli fotovoltaici***



Percorso pluridisciplinare di Cirelli Gianmarco  
Classe “V H” Scientifico PNI a.s. 2013/2014

# Mappa concettuale

# Indice

## 1- Introduzione, sitografia e bibliografia

## 2- Il Sole

- 2.1) Struttura del Sole
- 2.2) Spettro di emissione solare e quantità di energia fornita alla Terra
- 2.3) Il Sole può essere considerato un corpo nero

## 3- Pannelli fotovoltaici

- 3.1) Breve cenno storico
- 3.2) Effetto fotoelettrico
- 3.3) Celle solari al silicio:
  - Teoria delle bande nei solidi cristallini
  - Drogaggio dei semiconduttori
  - Giunzione p-n
  - Realizzazione tecnologica di una cella solare al silicio
  - Efficienza di una cella al silicio
- 3.4) Celle solari ibride: Dye Sensitized Solar Cells di tipo Grätzel:
  - Funzionamento della cella e il suo rendimento
- 3.5) Vantaggi e svantaggi del fotovoltaico

## 4-La concezione ambivalente del periodo della seconda rivoluzione

## 5-Charles Dickens

- 5.1) Biography
- 5.2) Literary production
- 5.3) Hard times
  - Plot
  - themes
- 5.4) Negative effects of industrialisation

## 6-Futurismo

7.1) Filippo Tommaso Marinetti

7.2) Manifesto Tecnico della letteratura futurista

## 7-Umberto Boccioni

6.1) Biografia

6.2) Pittura futurista

- Caratteristiche della pittura futurista

6.3) La città che sale

# Introduzione

L'energia è una delle basi della società moderna. Attualmente i combustibili fossili rimangono la principale fonte di energia, ma la loro quantità limitata li sta rendendo sempre più costosi, senza parlare poi del notevole impatto ambientale che essi hanno sul nostro pianeta: la combustione di questi materiali infatti produce gas molto dannosi che non fanno altro che inquinare l'ambiente. Per questo motivo si sta investendo molto sulla ricerca di fonti di energia rinnovabile che producano energia pulita, come ad esempio quella solare: il Sole infatti produce grandi quantità di energia che arriva sulla Terra sotto forma di radiazioni luminose che devono essere convertite in elettricità; quest'ultima fase viene proprio svolta dai pannelli fotovoltaici. Purtroppo però, a causa della bassa efficienza e dei notevoli costi, il fotovoltaico è una tecnologia che richiede ancora notevoli miglioramenti, ottenibili soltanto attraverso la ricerca scientifica. Ed è proprio nell'ambito della ricerca che si inserisce il progetto del MIUR: "Studenti-ricercatori per cinque giorni", organizzato nel dipartimento di fisica dell'Università di Tor Vergata a Roma al quale ho personalmente partecipato. In questo stage si sono alternate lezioni teoriche e una vasta applicazione in laboratorio, durante la quale sono state realizzate celle di Grätzel. Questo percorso pluridisciplinare è quindi frutto della mia esperienza e mi ha permesso di comprendere non solo l'importanza della ricerca in ambito energetico ma anche come il problema ambientale legato alle fonti di energia non rinnovabile richiede un repentino intervento.

## Bibliografia

- Neviani, C. Feyles, *Geografia Generale*, Sei 2004
- L. Catena, F. Berrilli, I. Davoli, P. Proposito, *Studenti-Ricercatori per cinque giorni*, Springer 2013
- Caforio, A. Ferilli, *Il senso della fisica 3*, Le Monnier Scuola 2011
- L. Tomassini, *Livello di Fermi*, Enciclopedia Treccani 2008
- A.A.V.V. a cura di E.Crispolti- *Futurismo, 1909-1944*, Mazzotta, Milano, 2001
- A.A.V.V. a cura di Ester Coen- *Futurismo*, Art Dossier- Giunti
- A.A.V.V. *Boccioni*, Skira, Milano
- Guido Baldi, *La letteratura* vol.6, Paravia Bruno Mondadori Editori 2007, Varese

## Sitografia

- [it.wikipedia.org/wiki/sole](http://it.wikipedia.org/wiki/sole)
- [it.wikipedia.org/wiki/molulo\\_fotovoltaico](http://it.wikipedia.org/wiki/molulo_fotovoltaico)
- [it.wikipedia.org/wiki/struttura\\_elettronica\\_a\\_bande](http://it.wikipedia.org/wiki/struttura_elettronica_a_bande)
- [it.wikipedia.org/wiki/cella\\_di\\_Grätzel](http://it.wikipedia.org/wiki/cella_di_Grätzel)
- <http://www.gradesaver.com/author/charles-dickens/>
- <http://education-portal.com/academy/lesson/hard-times-by-charles-dickens-summary-analysis-quiz.html#lesson>
- <http://www.gradesaver.com/hard-times/study-guide/major-themes/>
- [http://www.filosofico.net/Antologia\\_file/AntologiaM/marinetti1.htm](http://www.filosofico.net/Antologia_file/AntologiaM/marinetti1.htm)

# Il Sole

Il Sole è la stella madre del sistema solare, attorno alla quale orbitano gli otto pianeti (tra cui la Terra), i pianeti nani, i loro satelliti, innumerevoli altri corpi minori e la polvere diffusa per lo spazio, che forma il mezzo interplanetario. Il Sole è una stella di medie dimensioni costituita principalmente da idrogeno (circa il 78%) ed elio (circa il 20%), cui si aggiungono altri elementi più pesanti presenti in tracce (circa 2%). Ha una temperatura superficiale di 5 777 K (5 504 °C), e per questo rientra tra le stelle di classe spettrale G (stelle gialle). Il Sole è una sfera di plasma quasi perfetta, e proprio grazie a questo suo stato, la sua velocità angolare varia a seconda della latitudine (a differenza della Terra).

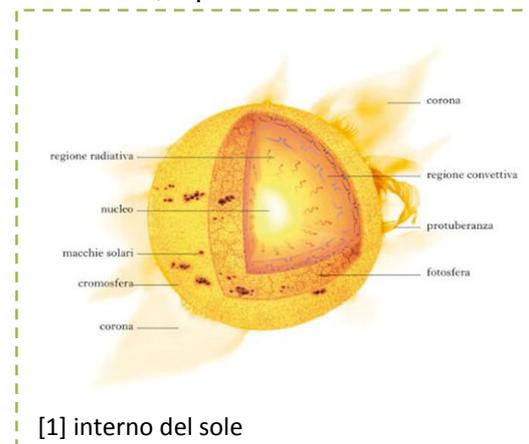
## 2.1) Struttura del Sole

La struttura interna del Sole<sup>[1]</sup>, come quella delle altre stelle, appare costituita di involucri concentrici; ogni strato possiede caratteristiche e condizioni fisiche ben precise, che lo differenziano dal successivo. Si individuano ben sei strati differenti che, a partire da quello più interno, sono:

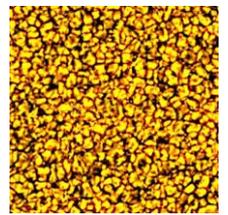
- **Il nucleo:** Il nucleo solare è la parte più interna del Sole, e di conseguenza la più calda (circa 15 milioni di kelvin), nella quale idrogeno ed elio si trovano allo stato di plasma. Al suo interno si svolgono le reazioni di fusione nucleare, responsabili della produzione di energia del Sole. Ha un raggio di circa 150000 km, pari a circa  $\frac{1}{4}$  del raggio totale.
- **Zona radiativa:** Situata all'esterno del nucleo, la zona radiativa ha uno spessore di circa 500000 km; essa assorbe l'energia prodotta dal nucleo e la trasmette per irraggiamento agli strati superiori. Pressione e

temperatura sono tali che la materia in questa zona è ancora allo stato di plasma, anche se non avvengono reazioni termonucleari.

- **Zona convettiva:** La zona convettiva ha uno spessore di circa 200 000 km e si trova nella porzione esterna del Sole. L'area è caratterizzata da temperature e densità inferiori a quelle degli strati sottostanti; di conseguenza, energia e calore non possono essere trasferiti per irraggiamento, ma attraverso moti convettivi. La materia più calda e meno densa viene portata in superficie, dove cede parte della propria energia termica; una volta raffreddata, la materia sprofonda di nuovo alla base della zona convettiva, dove riceve nuovamente il calore proveniente dalla zona radiativa (correnti convettive). A differenza dello strato sottostante, dunque, nella zona convettiva la materia è in costante movimento.

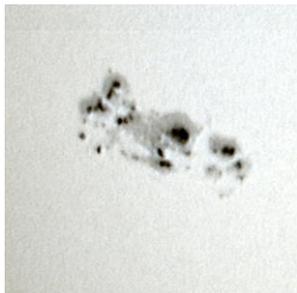


- **Fotosfera:** è lo strato visibile del Sole, ha uno spessore di 300 km e riceve e filtra la grande quantità di energia prodotta all'interno del Sole. Ha una temperatura media di 6000 K, che determina il colore giallo caratteristico del disco solare. E' sede di fenomeni come: i **granuli**<sup>[2]</sup>, cioè zone più luminose e più calde delle zone circostanti,

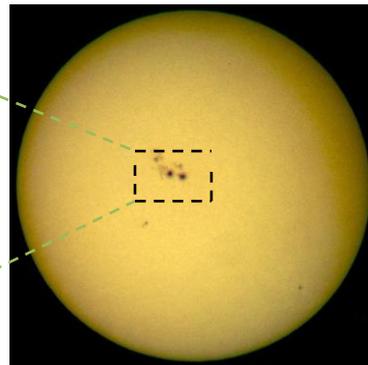


[2] granuli

che appaiono e scompaiono continuamente, che fanno sembrare la fotosfera in continua ebollizione; le **macchie solari**<sup>[3]</sup>, ovvero aree depresse più fredde, che appaiono quindi più scure, con una zona d'ombra e una di penombra. Esse si generano alle medie latitudini, si spostano verso l'equatore solare per poi scomparire del tutto. Le macchie solari sono caratterizzate ognuna da un proprio campo magnetico, tutti uguali tra loro, ma che nel corso del tempo può invertire la propria polarità;



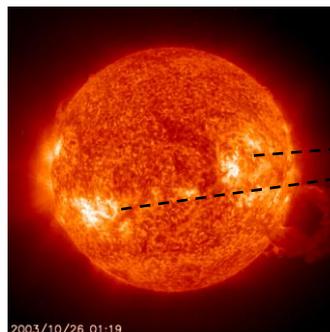
[3] macchie solari



- **Cromosfera:** Al di sopra della fotosfera si trova una sottile fascia spessa circa 2000 km, chiamata cromosfera. È un sottile involucro costituito da gas rarefatto che appare di colore rossastro, visibile solamente durante le eclissi totali di Sole. La colorazione rossastra è dovuta agli atomi di idrogeno che, alle basse pressioni, emettono radiazioni di tale colore. La cromosfera è interessata da diversi fenomeni emissivi di origine magnetica: i **brillamenti**<sup>[4]</sup> (esplosioni di luce ed energia, legate alle macchie solari, durante le quali vengono emesse diversi tipi di radiazioni), **protuberanze**<sup>[5]</sup> (enormi getti di materiale incandescente che raggiungono grandi altezze) e le **spicole** (lingue di idrogeno incandescente che penetrano anche nella corona solare).



[5] protuberanza



[4] Brillamenti

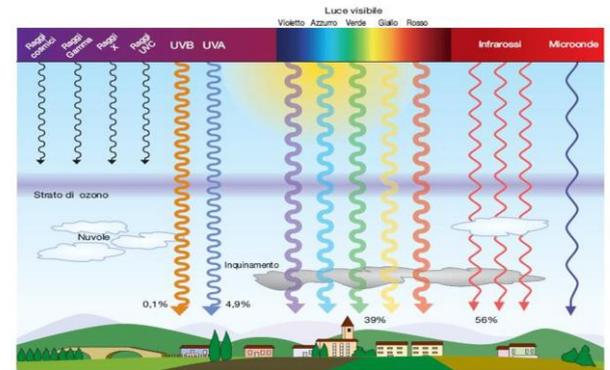
- **Corona solare:** È lo strato più esterno del Sole, che diventa sempre più rarefatto man mano che ci si allontana dal centro della stella. A causa dell'elevata energia cinetica delle particelle che la compongono, la corona ha una temperatura molto più elevata di quella della cromosfera, anche se si tratta di uno strato più esterno. Talvolta alcune particelle ionizzate (protoni- elettroni) si separano da questo strato grazie alla loro energia cinetica e vanno a costituire il **vento solare**, che entrando in collisione con l'atmosfera terrestre è causa di **aurore polari**<sup>[6]</sup>.



[6] aurora polare

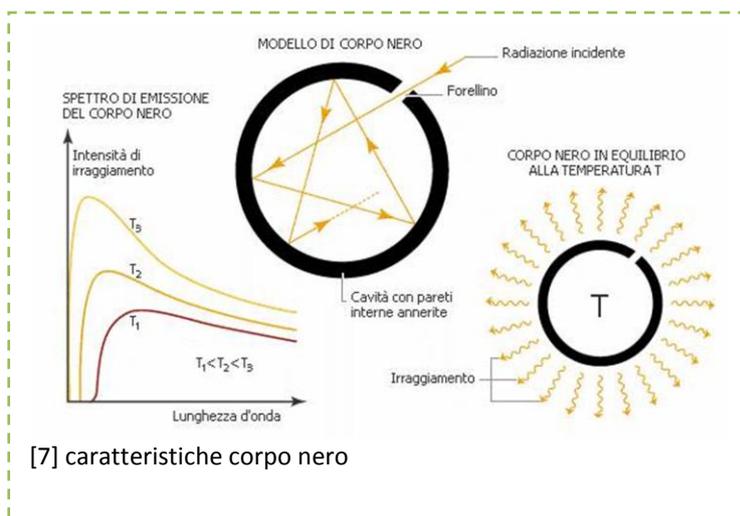
## 2.2) Spettro di emissione del Sole e quantità di energia fornita alla Terra

Sulla Terra giungono ben 165000 TW giornalieri di energia proveniente dal Sole, che corrisponde a circa 10 volte il consumo giornaliero mondiale (l'irraggiamento però non è uniforme su tutta la superficie della Terra). Lo spettro di emissione della luce solare che arriva sulla Terra ha una forma a campana, con il suo picco in prossimità della luce visibile, in particolare in prossimità della luce verde.



## 2.3) Il Sole può essere considerato un corpo nero

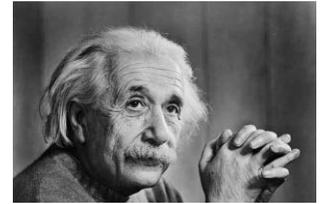
Un **corpo nero**<sup>[7]</sup> è un corpo in grado di assorbire tutte le radiazioni elettromagnetiche che riceve e che, se riscaldato, emette in tutte le frequenze assorbite. Il Sole, la cui temperatura superficiale si aggira intorno ai 6000 K, è un tipico esempio di corpo nero, che a tale temperatura brilla di luce propria (Un altro esempio di corpo nero è anche la pupilla dei nostri occhi).



[7] caratteristiche corpo nero



# Pannelli fotovoltaici



## 3.1) Breve cenno storico

- 1839: Alexandre Edmond Becquerel osservò come era possibile generare della corrente elettrica durante reazioni chimiche indotte dalla luce;
- 1883: Charles Fritts costruisce una prima cella solare con efficienza inferiore al 1%;
- 1905: Albert Einstein definisce l'effetto fotoelettrico;
- 1946: Russel Ohl brevetta la moderna cella solare;
- 1954: nei laboratori Bell di Murray Hill, in New Jersey, viene costruita la prima cella solare a tutti gli effetti.

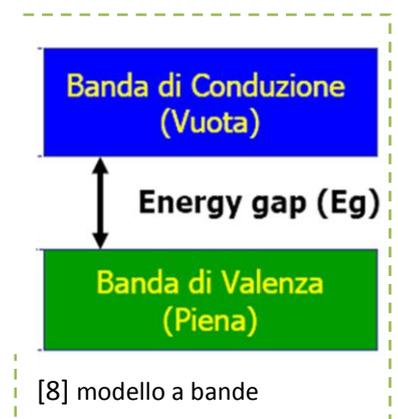
Per comprendere l'effetto fotovoltaico è necessario conoscere la **meccanica quantistica**, teoria sviluppata nel periodo tra le due guerre grazie al contributo di scienziati come Einstein, Fermi, Heisenberg, ecc...

## 3.3) Celle solari al Silicio:

### Teoria delle Bande<sup>[8]</sup> nei solidi cristallini

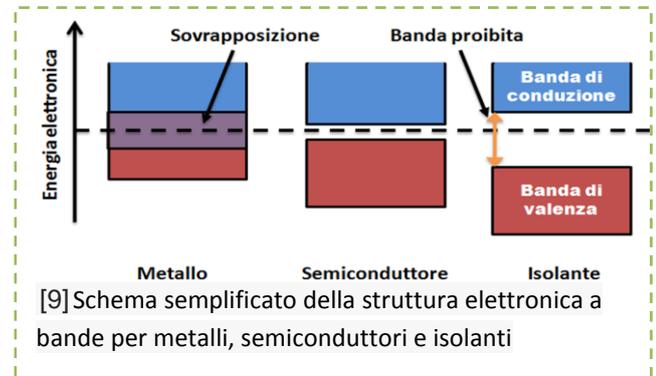
Gli elettroni all'interno di un atomo possiedono un livello energetico, ovvero il loro stato è descrivibile mediante valori caratteristici di energia. Nella fisica dello stato solido la struttura elettronica a bande (o più semplicemente struttura a bande) di un solido descrive la gamma di energie che ad un elettrone di un certo materiale è "consentito" o "proibito" possedere. La struttura elettronica di un solido è più in generale di un materiale, determina molte caratteristiche fisiche del sistema. In un solido, in cui molti atomi di un elemento si avvicinano l'uno all'altro per formare un cristallo, ogni livello atomico dell'elemento si allarga in una banda: quest'ultima non è altro che un insieme di livelli molto ravvicinati tra loro. La formazione di queste bande è dovuta al **principio di esclusione di Pauli**, secondo il quale due elettroni di uno stesso sistema non possono occupare la medesima regione di spazio a meno che i loro stati quantici non si differenziano per lo spin. Ad ogni modo esistono tre tipi di bande:

- **Banda di valenza:** è la banda più elevata contenente elettroni, detti appunto di "valenza" perché sono quelli appartenenti al guscio elettronico più esterno dell'atomo.
- **Banda di conduzione:** è la banda elettronica a più bassa energia tra quelle non occupate.
- **Banda proibita (Energy-gap):** è una banda in cui gli elettroni non possono stazionare, da qui il termine "proibita".



Da tenere in considerazione è anche il **Livello di Fermi**, dal nome del celebre fisico italiano, corrisponde al livello energetico più alto occupato dagli elettroni alla temperatura dello zero assoluto. Le proprietà elettriche dei materiali dipendono dal modo in cui le bande sono riempite, dalla posizione del livello di Fermi e dalla gap tra la banda di valenza e quella di conduzione<sup>[9]</sup>. Da ciò si possono distinguere tre diversi tipi di materiale:

- **Conduttori:** nei conduttori le Bande di valenza e di conduzione sono vicinissime tra loro, talvolta anche sovrapposte, in quanto la gap proibita è quasi inesistente; il livello di Fermi quindi si trova all'interno della banda di valenza. Tutto ciò permette agli elettroni di valenza di spostarsi con facilità nella banda di conduzione e di tornare con altrettante facilità in quella di valenza.
- **Isolanti:** negli isolanti la gap proibita è dell'ordine di 7eV(electronvolt) o maggiore, un valore troppo elevato affinché gli elettroni di valenza si spostino verso quelli di conduzione (il livello di Fermi è spostato verso la banda di conduzione).
- **Semiconduttori:** in questi materiali l'energy gap è nell'ordine di circa 1 eV; in questo caso gli elettroni se "eccitati" si spostano nella banda di conduzione, ma non così facilmente come nei conduttori. Inoltre, a differenza di isolanti e conduttori, all'aumentare della temperatura aumenta la conducibilità dei semiconduttori.

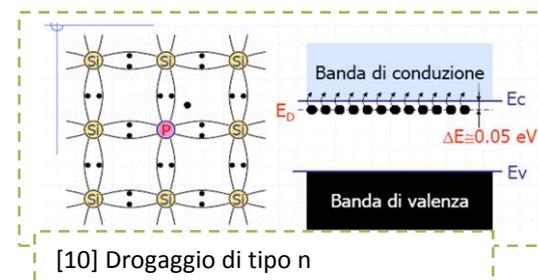


Il terzo tipo di materiali è quello più usato nella costruzione di celle solari in quanto si presta maggiormente all'effetto fotovoltaico. Più precisamente, molto utilizzato come semiconduttore è il **silicio**, con una Energy gap di 1.1 eV.

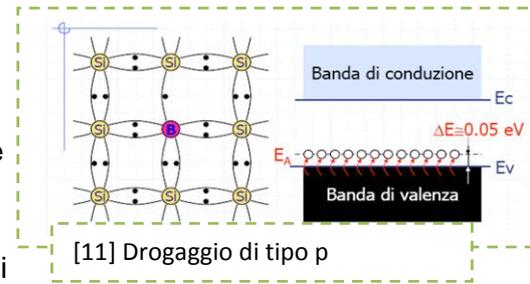
### Drogaggio dei semiconduttori

L'effetto fotoelettrico prevede che un fotone, colpendo un semiconduttore, ecciti un elettrone, spostandolo sulla banda di conduzione e creando una lacuna nella banda di valenza (coppia elettrone-lacuna). Tuttavia, se si considera un semiconduttore intrinseco, cioè "puro", terminata la fase di eccitazione l'elettrone ritornerà alla sua posizione iniziale e in questo modo non si riuscirebbe a dividere le coppie elettrone-lacuna, creando un flusso di cariche elettriche ordinate. Per questo motivo è necessario "drogare" il semiconduttore, ovvero inserire atomi di altri elementi nel semiconduttore per aumentarne la conducibilità, secondo la proporzione 1:10000000. In base al tipo di atomi inseriti, si può parlare di :

- **Drogaggio di tipo n<sup>[10]</sup>:** vengono inseriti atomi di elementi del V gruppo, come il fosforo, che aumentano il numero di elettroni disponibili: infatti, sebbene il fosforo presenti 5 elettroni di valenza, soltanto 4 sono impegnati in legami con altrettanti atomi del semiconduttore, mentre quello rimasto può essere facilmente trasferito nella banda di conduzione. Per questo motivo gli elementi del V gruppo sono detti **donatori**. Il livello di Fermi così si sposterà poco al di sotto della banda di conduzione, essendo uguale al livello energetico degli elettroni in eccesso collocati proprio in quel punto.



- **Drogaggio di tipo p<sup>[11]</sup>**: in questo caso si inseriscono atomi di elementi appartenenti al III gruppo, come il Boro; questo tipo di elementi porta alla formazione di una lacuna, per questo vengono anche detti **accettori**, perché sono in grado di accettare un elettrone ciascuno. In questo caso l'energia di Fermi si posiziona vicino la banda di valenza e corrisponde proprio all'energia delle lacune, che si andranno a collocare appena al di sopra della banda di valenza.

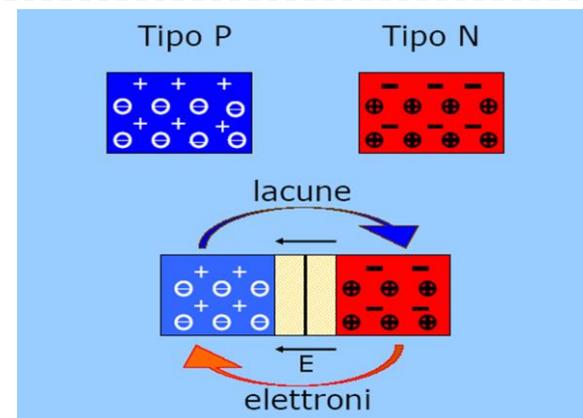


[11] Drogaggio di tipo p

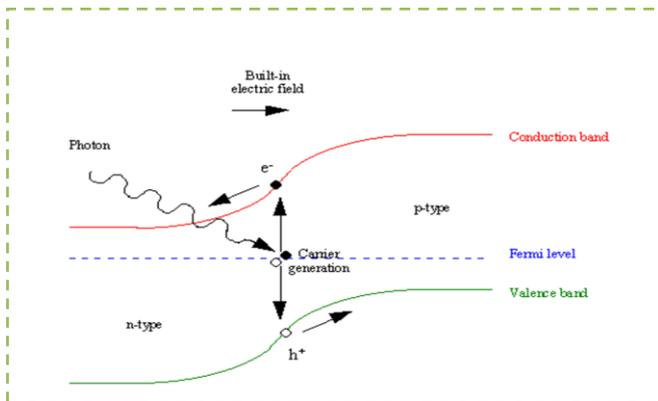
Alla base del funzionamento di una cella solare c'è proprio la giunzione che si viene a creare mettendo a contatto due semiconduttori: uno di tipo *n* e uno di tipo *p*.

### Giunzione p-n<sup>[12]</sup>

La parte in cui vengono messi a contatto semiconduttori drogati in modo differente (zona di svuotamento) viene chiamata Giunzione p-n. Tale giunzione, è composta da due zone: una con un eccesso di elettroni (strato n) e una ad eccedenza di lacune (strato p). Tra le pareti di questa regione di svuotamento è presente un campo elettrico che permetterà la separazione di carica. Infatti, quando un fotone colpisce la giunzione generando una coppia elettrone-lacuna, si viene a costituire un processo di diffusione per cui gli elettroni di conduzione del semiconduttore drogato n migrano verso quello di tipo p e le lacune di quest'ultimo si spostano verso quello di tipo n.



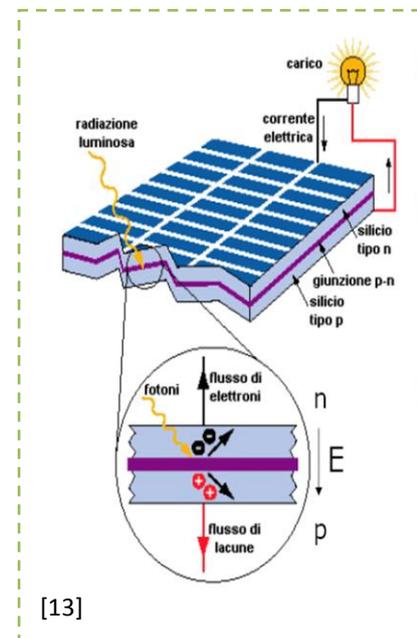
[12] Schema semplificato di una giunzione p-n



[12] Quando un fotone viene assorbito, si crea una coppia elettrone-lacuna che il campo elettrico interno provvede a separare e convogliare verso gli elettrodi.

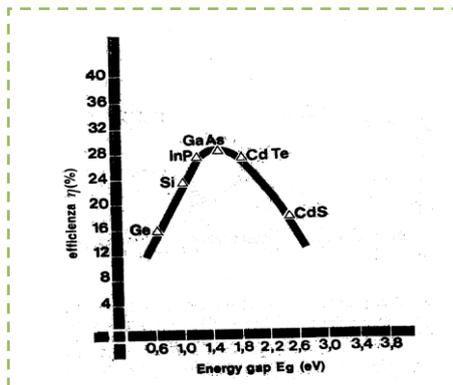
### Funzionamento di una cella solare al Silicio<sup>[13]</sup>

Quando la giunzione viene illuminata, si genera una coppia elettrone-lacuna (e-h) nelle zona n-p; questa coppia viene poi separata: ci sarà così un flusso di elettroni verso il semiconduttore di tipo p e una di lacune verso quello di tipo n, realizzando **l'effetto fotovoltaico**. Proprio il campo elettrico presente nella regione di svuotamento permette questa divisione; le cariche così formate vengono fatte passare in un circuito esterno chiuso sotto forma di corrente.



[13]

### Efficienza di una cella solare



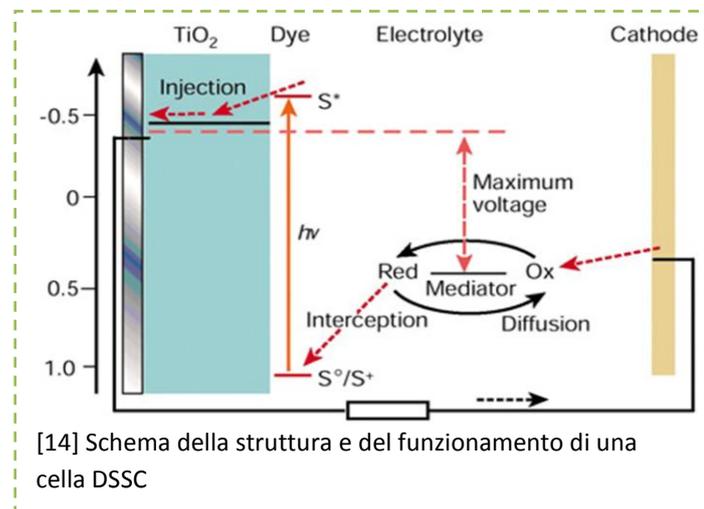
Il parametro più importante di una cella solare è la sua efficienza, che si ricava come il rapporto tra la potenza ottenuta dalla cella e quella della radiazione solare incidente sulla sua superficie. L'efficienza delle celle al silicio è del 24%, mentre le più efficienti, ed anche le più costose, sono quelle realizzate utilizzando l'arsenuro di gallio GaAs che, con un rendimento del 28-32%, viene impiegato nelle missioni spaziali

### 3.4) Celle solari ibride: Dye Sensitized Solar Cells di tipo Grätzel

Sono delle particolari celle costituite da due vetri conduttori, che fungono da elettrodi, separati da uno strato di biossido di titanio ( $TiO_2$ ), da un pigmento, o dye, e dalla soluzione elettrolitica; Il pigmento scelto per queste celle DSSC è l'antocianina. Il primo strato sulla sinistra è costituito da  $TiO_2$ , ossido di titanio posto su un vetrino conduttivo che costituisce un anodo. Sull'enorme area di titania, che ha appositamente una forma porosa o microcristallina per incrementare la superficie di contatto, è posta l'antocianina, che si ricava per esempio dalle more oppure dai fiori di biscus. Tra il catodo e il dye infine viene posto un elettrolita nel quale avverranno poi reazioni redox.

#### Funzionamento della cella e il suo rendimento<sup>[14]</sup>

Quando la cella è in funzione, la luce solare attraversa l'elettrodo trasparente superiore, colpendo il dye depositato sulla superficie di  $TiO_2$ . La radiazione solare che colpisce il colorante con sufficiente energia per essere assorbita crea uno stato eccitato della molecola di antocianina, da cui un elettrone può essere "iniettato" direttamente nella banda di conduzione del  $TiO_2$ , grazie all'effetto di prossimità, e da lì si muove verso il vetrino conduttore. L'effetto di prossimità infatti evita che l'elettrone eccitato del dye ritorni nel suo stato originario.



Nel frattempo, la molecola del colorante ha perso un elettrone e si decomporrà se non gliene viene fornito un altro. Una volta giunto sul vetrino, l'elettrone passa attraverso un circuito producendo corrente, per poi tornare attraverso il secondo vetrino conduttore nell'elettrolita dove, attraverso reazioni redox, si ricongiunge con l'antocianina. L'efficienza di queste celle solari organiche è ancora molto bassa (10-11%), ed inoltre esse tendono a degradare facilmente. Ma il bassissimo costo di produzione e la grande disponibilità di questi materiali spinge i ricercatori ad investire risorse su questo tipo di pannelli fotovoltaici, al fine di portare la loro efficienza ai livelli di quelle al silicio.

### 3.5) Vantaggi e svantaggi del fotovoltaico

Tra i vantaggi del fotovoltaico vi è che è una fonte di energia rinnovabile proporzionata alla vita umana, ma soprattutto che è ecologica e che non prevede emissioni di anidride carbonica e smog. Purtroppo però necessita anche di accumulatori di energia nelle ore notturne, ha un forte impatto visivo e ambientale e i costi per Watt sono ancora troppo elevati rispetto per esempio al petrolio.



impianto fotovoltaico aperto in California, USA



inquinamento atmosferico

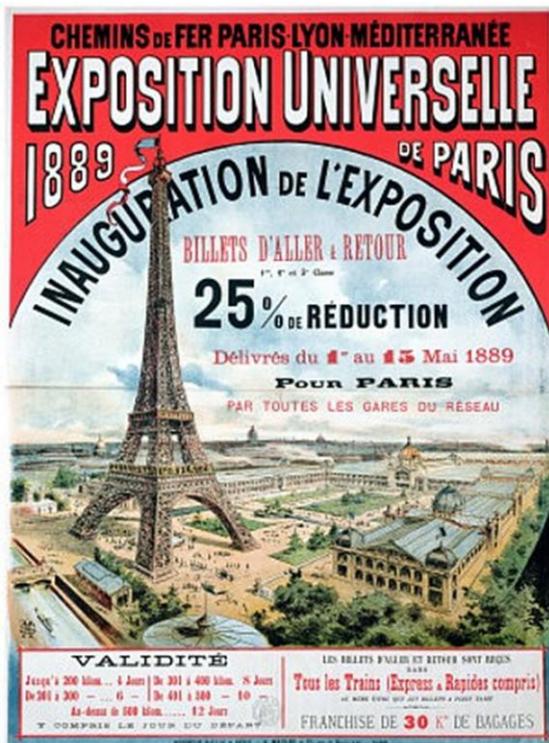
# La concezione ambivalente del periodo della seconda rivoluzione industriale sulla questione delle fonti di energia non rinnovabile

La grande disponibilità in passato di combustibili fossili, come il petrolio e il carbone, ha portato all'avvento della seconda rivoluzione industriale, ovvero quel processo di sviluppo industriale il cui inizio viene cronologicamente riportato al periodo compreso tra il congresso di Parigi (1856) e quello di Berlino (1878) e che giunge a pieno sviluppo nell'ultimo decennio del 1800<sup>[1]</sup>. Nella seconda metà dell'Ottocento l'Europa occidentale estese e consolidò la propria presenza



locomotiva a vapore

nel mondo. Il suo prestigio si fondava sulla superiorità in campo scientifico e tecnologico e sulla potenza industriale e capitalistica, rafforzato in seguito alla scoperta di nuove fonti di energia, come il petrolio e l'elettricità, all'utilizzo di nuovi sistemi di comunicazione e di trasporto, al dominio incontrastato del commercio mondiale. Intanto le grandi potenze europee portavano a termine le conquiste coloniali, soprattutto in Africa, spinte dal desiderio di procurarsi nuovi mercati di vendita per i prodotti nazionali e di accaparrarsi materie prime e risorse energetiche a basso costo.



manifesto dell'esposizione universale a Parigi del 1889

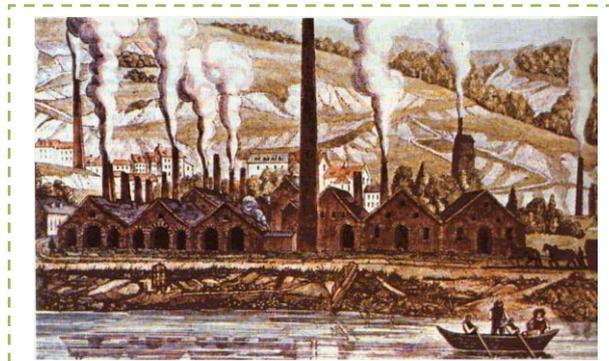
A questo prodigioso sviluppo industriale, che si protrasse fino agli inizi del Novecento e che interessò altri Stati del mondo, come gli U.S.A. ed il Giappone, è stato dato il nome di *Seconda rivoluzione industriale*. In Europa, nel periodo tra il 1850 ed il 1914, si assistette ad una serie di cambiamenti importanti, che mutarono la vita del continente. La grande disponibilità di combustibili e il loro facile trasporto infatti, uniti ad un grande sviluppo tecnologico, hanno portato a profondi cambiamenti nel campo dei trasporti. Per esempio il sistema ferroviario, uscito dalla fase pionieristica, ebbe uno sviluppo senza precedenti; in alcuni paesi le ferrovie ebbero un incremento del 900%, mentre nel 1883 l'ingegnere tedesco Gottlieb Daimler brevettò il primo motore a benzina efficiente e, pochi anni dopo, apparve

la prima vettura a benzina. L'invenzione dell'automobile si rivelerà di straordinaria importanza, con effetti rivoluzionari sulle abitudini e lo stile di vita dei paesi industrializzati,

soprattutto nei primi decenni del XX secolo. Ovviamente questo grande sviluppo industriale basato sull'utilizzo di fonti di energia non rinnovabile non portò solo conseguenze positive, ma cambiò radicalmente le condizioni economico-sociali dell'Europa. Alla fine del XIX secolo l'industria aveva quasi sostituito l'agricoltura, che fino ad allora era stata la principale risorsa economica di molte nazioni. Milioni di persone si trovarono a vivere e lavorare in enormi centri industriali dove le condizioni di vita erano discutibili, la maggior parte degli stabilimenti era male areata e male illuminata, il lavoro era spesso pericoloso, gli orari gravosi ed i salari molto scarsi. Peggio di tutti stavano le donne ed i bambini, costretti a lavorare in condizioni pressoché di schiavitù. Nei centri sorti intorno alle fabbriche la popolazione aumentò rapidamente favorendo l'immigrazione interna dei contadini dalle campagne. A tutto ciò,

non corrispose un adeguato e razionale sviluppo urbanistico, le città sorsero in modo caotico, si costituirono nuove abitazioni ovunque vi fosse spazio, causando così l'aumento smisurato ed incontrollato dei fitti. Le città industriali vennero in pochi anni circondate da enormi periferie sub-urbane, tetre e malsane, specialmente nel periodo anteriore alle scoperte medico-scientifiche. La rapida diffusione di questi centri ne rese impossibile la pianificazione, l'igiene era

pressoché sconosciuta e la sovrappopolazione favoriva sempre più la criminalità e le malattie. Uno dei primi che si preoccupò di denunciare le conseguenze sociali della seconda rivoluzione industriale fu Charles Dickens, scrittore inglese che visse nella seconda metà dell'Ottocento e che criticò nei suoi romanzi la nuova società industriale, descrivendo la miseria e le pessime condizioni di vita dei ceti più bassi di Londra.



periferia tipica di una città industrializzata

# Charles Dickens

## 5.1) Biography

Charles Dickens was born in Portsmouth, England, on February 7, 1812, to John and Elizabeth Dickens. He was the second of eight children. John Dickens was imprisoned for debt when Charles was young. Charles Dickens went to work at a blacking warehouse, managed by a relative of his mother, when he was twelve, and his brush with hard times and poverty affected him deeply. He later recounted these experiences in the semi-autobiographical



novel *David Copperfield*. Similarly, the concern for social justice and reform which surfaced later in his writings grew out of the harsh conditions he experienced in the warehouse. As a young boy, Charles Dickens was exposed to many artistic and literary works that allowed his imagination to grow and develop considerably. He was greatly influenced by the stories his nursemaid used to tell him and by his many visits to the theater. Additionally, Dickens loved to read. Dickens was able to leave the blacking factory after his father's release from prison, and he continued his education at the Wellington House Academy. Although he had little formal schooling, Dickens was able to teach himself shorthand and launch a career as a journalist. At the age of sixteen, Dickens got himself a job as a court reporter, and shortly thereafter he joined the staff of *A Mirror of Parliament*, a newspaper that reported on the decisions of Parliament. During this time Charles continued to read voraciously at the British Library, and he experimented with acting and stage-managing amateur theatricals. His experience acting would affect his work throughout his life--he was known to act out characters he was writing in the mirror and then describe himself as the character in prose in his novels. Fast becoming disillusioned with politics, Dickens developed an interest in social reform and began contributing to the *True Sun*, a radical newspaper. Although his main avenue of work would consist of writing novels, Dickens continued his journalistic work until the end of his life. His connections to various magazines and newspapers as a political journalist gave him the opportunity to begin publishing his own fiction at the beginning of his career. He would go on to write fifteen novels.

## 5.2) Literary production

*Oliver Twist* and *Nicholas Nickleby* followed in monthly installments, and both reflected Dickens' understanding of the lower classes as well as his comic genius. In 1843, Dickens published one of his most famous works, *A Christmas Carol*. His disenchantment with the world's economic drives is clear in this work; he blames much of society's ills on people's obsession with earning money and acquiring status based on money. His travels abroad in the 1840s, first to America and then through Europe, marked the beginning of a new stage in Dickens' life. His writings became longer and more serious. In *David Copperfield* (1849-50), readers find the same flawed world that Dickens discovered as a young boy. The inspiration to write a novel set during the French Revolution came from Dickens' faithful annual habit of reading Thomas Carlyle's book *The French Revolution*, first published in 1839. When Dickens acted in Wilkie Collins' play *The Frozen Deep* in 1857, he was inspired by his own role as a self-sacrificing lover. He eventually decided to place his own sacrificing lover in the revolutionary period, a period of great social upheaval. On June 9, 1870, Charles Dickens died. He was buried in Poet's Corner of Westminster Abbey. His legacy is clear. In a whimsical and unique fashion, Dickens pointed out society's flaws in terms of its blinding greed for money and its neglect of the lower classes of society. Through his books, we come to understand the virtues of a loving heart and the pleasures of home in a flawed, cruelly indifferent world. Among English writers, in terms of his fame and of the public's recognition of his characters and stories, he is second only to William Shakespeare.

## 5.3) Hard Times

### Summary

The novel *Hard Times* explains what happens in the lives of those who lack independence of thought, creativity, and feelings. It is a novel written by Charles Dickens. The story is set in a fictitious city named Coketown, popular for its factories. The novel tells the story of Thomas Gradgrind, a wealthy man who believes strongly in factual things and rational ideas. Gradgrind has two children, Louisa and Tom. Gradgrind raises his children to believe in fact and they are not allowed to practice creativity or express feelings. After Gradgrind opens a

school in Coketown, he takes in and raises one of the students, Sissy, as a servant (Sissy's father was a performer in a circus and disappeared without taking Sissy with him). Gradgrind raises his children in a way he believes will benefit them in life, but things do not turn out the way as he expected.

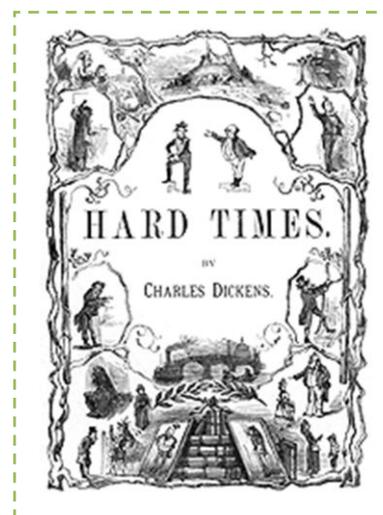
### Themes

**"Fancy" vs. "Fact":** The opposition between "fancy" and "fact" is illustrated from the earliest pages of the novel. Clearly, the Gradgrind school opposes fancy, imaginative literature and "wondering." Instead, they encourage the pursuit of "hard fact" and statistics through scientific investigation and logical deduction. But the Gradgrinds are so merciless and thorough in their education that they manage to kill the souls of their pupils. Sissy Jupe and the members of Sleary's circus company stand as a contrast, arguing that "the people must be amused." Life cannot be exclusively devoted to labor.

**A critique of materialism:** *Hard Times* focused on the difference, existing at Dickens's time, between the rich and poor, or factory owners and workers, who were forced to work long hours for low pay in dirty, loud and dangerous factories.

### 5.4) Negative effects of industrialization

Dickens, in his novel, criticises all social classes very strongly through satire except for the working class, which the author holds in higher esteem. In effect, the literary context at the time often portrayed the dangers of capitalism (based on the writings of Karl Marx). Dickens also writes about this, he shows that the rich are lower, morally speaking, than the poor. He criticises the middle and upper class: Mr. Bounderby is the principal character for this. He is portrayed as a very fat man "A big, loud man" which shows how prosperous and well-fed he is. In opposition, Stephen Blackpool, a Hand, is described as "A rather stooping, with a knitted brow, a pondering expression of face, and a



hard-looking head sufficiently capacious, on which his iron-grey hair lay long and thin". He is the opposite of Bounderby, thin, quiet and, of course, poor. Dickens portrays this through the description of Coketown. It is extremely negative: "or of brick that would have been red if the smoke and ashes had allowed it; but as matters stood it was a town of unnatural red and black". Dickens creates an image of Hell through the black and red colours. This then reflects on the working conditions of the Hands, who have to live in such conditions, namely Hell. The reference to "interminable serpents" in relation to the pillars of smoke rising from the factory also remind the reader of Hell because the snake, in biblical terms is the representation of evil (which is in itself a point of interest because of the fact that a biblical idea is used to describe a mechanical object, therefore progress, which opposes the idea of religion). Even the river, a natural phenomenon is turned bad by industrialisation: "It had a black canal in it, and a river that ran purple with ill smelling dye". There is a strong sensation of dirt, grime and disease that has probably spread to the workers. The workers themselves are affected by industrialisation. The town has become mechanised, everything is the same, all is monotonous and the workers follow suit: "inhabited by people equally like one another, who all went in and out at the same hours, with the same sound upon the same pavements, to do the same work". Dickens is trying to show that industrialisation has turned humanity itself into a machine, avoided of all feeling, originality and imagination.

# Futurismo

Completamente opposta all'azione di denuncia contro la nuova società industriale di Dickens sono la mentalità e l'ideologia su cui si basa il movimento dei futuristi. Il Futurismo è una delle Avanguardie storiche del Novecento, fondata ufficialmente il 20 Febbraio 1909 da Filippo Tommaso Marinetti, che pubblicò il Manifesto del Futurismo sul quotidiano parigino "Le Figaro". I valori su cui si fonda la visione del mondo di questo movimento letterario e artistico sono quelli della velocità, del dinamismo, dello sfrenato attivismo, considerati come simboli della moderna realtà industriale, che ha il suo emblema nel mito della macchina. Il culto dell'azione violenta ed esasperata respinge ogni forma di organizzazione politica, come il socialismo, il parlamentarismo e il femminismo, ed esalta un individualismo assoluto, in cui si può notare l'influenza del mito del superuomo di Nietzsche. Altro elemento importante del pensiero futurista è poi l'esaltazione della guerra come "sola igiene del mondo": i futuristi infatti aderirono all'ideologia interventista e militaristica. Inoltre, poiché il futurismo si prefigge il compito di esaltare la nuova società moderna, viene rifiutata tutta l'arte del passato, espressione di una civiltà ormai superata: addirittura arriveranno a voler distruggere qualsiasi opera d'arte del passato. I protagonisti della letteratura futurista furono Paolo Buzzi, Enrico Cavacchioli e Aldo Palazzeschi.

## 6.1) Filippo Tommaso Marinetti

Nato ad Alessandria d'Egitto nel 1876, compì gli studi superiori a Parigi, laureandosi poi in Giurisprudenza all'Università di Genova. Di formazione cosmopolita, a diretto contatto con le novità della cultura parigina, scrisse in francese le sue prime opere. Nel 1905 fondò la rivista "Poesia" a Milano in cui pubblicava opere di nuovi scrittori, sia italiani sia francesi. Nel 1909 pubblicò sul giornale francese "Le Figaro" il Manifesto del Futurismo, che sancisce la nascita dell'Avanguardia. Nel 1912 pubblicò poi il Manifesto tecnico della letteratura futurista, in cui definiva le caratteristiche della scrittura letteraria futurista, essenzialmente alogica e analogica. Marinetti, oltre ad essere un grande scrittore, fu capace di suscitare energie intellettuali e di favorire il successo del Futurismo attraverso l'uso dei nuovi mass media, e servendosi anche dello scandalo e della provocazione. Marinetti, dopo aver esaltato l'impresa libica, prese parte alla Prima Guerra Mondiale; fu favorevole all'avvento del Fascismo in cui si illuse di vedere concretizzate le sue idee rivoluzionarie. Divenne così un intellettuale di regime, facendosi nominare nel 1929 accademico d'Italia. A poco a poco lo scrittore perse ogni ruolo propulsivo e morì a Bellagio, nell'ultima di quelle guerre in cui aveva sempre creduto.

## 6.2) Manifesto del Futurismo

I punti più importanti su cui si sofferma il Manifesto del Futurismo di Marinetti sono:

**1-NOI VOGLIAMO CANTARE l'amor del pericolo, l'abitudine all'energia e alla temerità.**

**2-Il coraggio, l'audacia, la ribellione, saranno elementi essenziali della nostra**

*poesia.*

**3-***La letteratura esaltò fino a oggi l'immobilità pensosa, l'estasi e il sonno. Noi vogliamo esaltare il movimento aggressivo, l'insonnia febbrile, il passo di corsa, il salto mortale, lo schiaffo e il pugno.*

**4-***Noi affermiamo che la magnificenza del mondo si è arricchita di una bellezza nuova: la bellezza della velocità. Un'automobile da corsa col suo cofano adorno di grossi tubi simili a serpenti dall'alito esplosivo... un'automobile ruggente, che sembra correre sulla mitraglia, è più bella della Vittoria di Samotracia.*

**5-***Noi vogliamo inneggiare all'uomo che tiene il volante, la cui asta attraversa la Terra, lanciata a corsa, essa pure, sul circuito della sua orbita.*

**6-***Bisogna che il poeta si prodighi con ardore, sfarzo e magnificenza, per aumentare l'entusiastico fervore degli elementi primordiali.*

**7-***Non v'è bellezza, se non nella lotta. Nessuna opera che non abbia un carattere aggressivo può essere un capolavoro. La poesia deve essere conseguita come un violento assalto contro le forze ignote, per ridurle a prostrarsi davanti all'uomo.*

**8-***Noi siamo sul promontorio estremo dei secoli!... Perché dovremmo guardarci alle spalle, se vogliamo sfondare le misteriose porte dell'Impossibile? Il Tempo e lo Spazio morirono ieri. Noi viviamo già nell'assoluto, poiché abbiamo già creato l'eterna velocità onnipresente.*

**9-***Noi vogliamo glorificare la guerra — sola igiene del mondo —, il militarismo, il patriottismo, il gesto distruttore dei libertari, le belle idee per cui si muore e il disprezzo della donna.*

**10-***Noi vogliamo distruggere i musei, le biblioteche, le accademie d'ogni specie, e combattere contro il moralismo, il femminismo e contro ogni viltà opportunistica o utilitaria.*

**11-***Noi canteremo le grandi folle agitate dal lavoro, dal piacere o dalla sommossa: canteremo le maree multicolori e polifoniche delle rivoluzioni nelle capitali moderne; canteremo il vibrante fervore notturno degli arsenali e dei cantieri incendiati da violente lune elettriche; le stazioni ingorde, divoratrici di serpi che fumano; le officine appese alle nuvole pei contorti fili dei loro fumi; i ponti simili a ginnasti giganti che scavalcano i fiumi, balenanti al sole con un luccichio di coltelli; i piroscafi avventurosi che fiutano l'orizzonte, le locomotive dall'ampio petto, che scalpitano sulle rotaie, come enormi cavalli d'acciaio imbrigliati di tubi, e il volo scivolante degli aeroplani, la cui elica garrisce al vento come una bandiera e sembra applaudire come una folla entusiasta. È dall'Italia, che noi lanciamo pel mondo questo nostro manifesto di violenza travolgente e incendiaria, col quale fondiamo oggi il Futurismo, perché vogliamo liberare questo paese dalla sua fetida cancrena di professori, d'archeologi, di ciceroni e d'antiquarii.*

Il manifesto ha un significato soprattutto ideologico, in quanto enuncia i principi fondamentali della rivoluzione futurista. Nell' opera i futuristi vengono contrapposti alla mentalità del passato, con i suoi valori morali, politici e artistico-culturali che coincidono con la morte. La vita è da ricercare invece nel movimento, in un'azione sempre energica e frenetica. Sul piano artistico il programma si basa su un netto rovesciamento dei canoni tradizionali:

all'ammirazione delle opere antiche si sostituisce una vera e propria estetica della velocità che celebra la macchina e la modernità. Quindi, come si legge dall'opera poi, Marinetti e i futuristi in generale non si preoccupano minimamente degli effetti negativi dell'industrializzazione della società, che ha fatto cadere i ceti più bassi in una condizione di miseria, in cui donne e bambini venivano sfruttati nelle fabbriche, le condizioni igieniche erano pessime e i salari molto bassi rispetto al numero di ore lavorative.

# Umberto Boccioni

## 7.1) Biografia

Boccioni nasce a Reggio Calabria il 19 ottobre 1882, da genitori romagnoli della provincia di Forlì, trasferiti in Calabria. La famiglia si sposta in seguito a Padova nel 1888 e poi a Catania nel 1897, dove Boccioni consegue il Diploma in un Istituto Tecnico. È nella città siciliana che il giovane Umberto inizia la collaborazione con alcuni giornali locali. Nel 1901 si trasferisce a Roma presso una zia e comincia a frequentare lo studio di un cartellonista. Risale a questo periodo il suo incontro con Severini, insieme al quale diventa discepolo di Giacomo Balla, dal quale entrambi si allontaneranno molto presto. È dell'aprile 1906 il suo primo soggiorno a Parigi, seguito da quello in Russia dopo pochi mesi. Tornato in Italia si stabilisce a Padova e si iscrive all'Accademia di Belle Arti di Venezia. Intraprende un altro viaggio verso la Russia ma si ferma a Monaco, in Germania. Al ritorno da questo soggiorno comincia a dipingere e a sperimentare i primi tentativi nel campo dell'incisione.



Umberto Boccioni

La vita artistica italiana è ancora fortemente ancorata alle vecchie tradizioni provinciali. Per questo sceglie come meta Milano, unica città dinamica, dove conosce Romolo Romani e frequenta Previati, dal quale riceve una certa influenza simbolista. Dopo la pubblicazione sul "Figaro" del primo manifesto futurista ad opera di Marinetti, Boccioni si avvicina al movimento avanguardista e nel 1910 scrive, con Carrà e Russolo, il "Manifesto dei pittori futuristi" e il "Manifesto tecnico della pittura futurista", firmati anche da Severini e Balla. Boccioni diventa il massimo e più rappresentativo esponente del movimento, sviluppando un linguaggio proprio e riconoscibile. Nel frattempo partecipa attivamente a tutte le iniziative, dalle lotte delle "Serate futuriste", organizzate nei teatri delle province italiane, alle mostre, da lui stesso allestite, nelle varie capitali europee, Parigi, Londra, Berlino, Bruxelles. Intanto scrive il "Manifesto della scultura futurista", le pagine principali della sua poetica, scolpisce e dipinge la serie delle opere dinamiche; dal 1913 collabora alla rivista "Lacerba", organizzata dal gruppo fiorentino capeggiato da Soffici. Lo scarso interesse per la sua arte da parte del pubblico italiano, e anche l'ostilità di certi ambienti culturali futuristi, come quello fiorentino, lo spingono a rifugiarsi nell'appoggio della madre, figura fondamentale e amatissima. Con l'inizio del Primo Conflitto mondiale nasce l'adesione di certi intellettuali all'interventismo. Boccioni, e come lui molti altri pittori, si arruola nei ciclisti e parte per il fronte. Nel frattempo

la sua arte si trasforma sull'onda delle nuove avanguardie europee. Collabora con la rivista "Avvenimenti" e si riavvicina al suo vecchio maestro Balla. Il 17 agosto 1916 muore dopo una caduta da cavallo nella periferia di Verona.

## 7.2) Pittura futurista

Si può parlare di pittura futurista solo dopo il 1910, quando gli artisti come Boccioni, Carrà, Russolo e Severini entrarono in contatto con Marinetti, massimo torico dell'Avanguardia futurista. Dal 1910 in poi si susseguirono le pubblicazioni di diversi manifesti e vennero organizzate molte serate: queste ultime creavano grande scompiglio tra gli spettatori. Soltanto nella primavera del 1910 vennero esposte pubblicamente le prime opere futuriste. Ad ogni modo le reazioni del pubblico erano sempre fortemente critiche nei riguardi di questo nuovo modo di dipingere: l'attacco più violento che i futuristi ricevettero fu quello di Ardengo Soffici, il quale venne punito dal gruppo di pittori che lo schiaffeggiarono pubblicamente a Firenze.

### Caratteristiche della pittura futurista

Anche il campo dell'arte figurativa risente dell'influenza marinettiana, dapprima nell'incitazione all'uso violento del colore e poi nella tematica: quella della macchina e quella del movimento. Ad ogni modo sarà soprattutto Boccioni a delineare i caratteri fondamentali della pittura futurista. I futuristi si distaccano dalla pittura classica tradizionale e realista, tutta la cultura del passato deve essere distrutta per lasciare spazio al progresso e alla modernità. Concetto fondamentale nella pittura futurista è quello del **dinamismo**: si cerca di rendere la velocità, ormai rappresentazione della modernità. Questa "sensazione dinamica" porta ad una frantumazione spaziale; scriveranno nel manifesto i futuristi: " lo spazio non esiste più! [...] I nostri corpi entrano nei divani su cui sediamo, e i divani entrano in noi, così come il tram che passa entra nelle case, le quali alla loro volta si scaraventano sul tram. [...] I pittori ci hanno sempre mostrato cose e persone poste davanti a noi. Noi porremo lo spettatore al centro del quadro". Per rendere questa globalità del moto nell'arte, il futurismo si



serve delle linee-forza, in quanto la linea agisce psicologicamente su di noi con un significato direzionale, supera la sua essenza di semplice segmento. Un altro concetto caro ai futuristi, ripreso sia dal Cubismo che da Bergson, è quello della **simultaneità**: si cerca di rappresentare l'oggetto da diversi punti di vista contemporaneamente, e l'effetto che si ottiene è come quello di una figura esplosa; non si cerca di raffigurare un'immagine così come appare, ma soltanto ciò che è rimasto impresso nella mente. Per esempio, nel dipinto "quelli che vanno" (1911) di Boccioni, il treno in corsa non viene rappresentato in modo realista, ma l'autore tenta di restituire all'osservatore l'immagine poco definita elaborata dalla mente del pittore: ecco quindi che le figure sul treno si sovrappongono, si mescolano e si intrecciano tra di loro e con l'ambiente circostante.



Umberto Boccioni (1910-1911), olio su tela, cm 199,3x301. New York, The Museum of Modern Art

### 7.3) La città che sale(1910-1911)

Quest'opera, la prima di stampo futurista di Boccioni, inizialmente aveva il titolo di "lavoro", che poi fu cambiato con l'attuale dopo la sua esposizione alla prima mostra futurista tenutasi a Parigi. Lo stesso pittore parlando del quadro affermerà la sua volontà di "innalzare alla vita moderna un nuovo altare vibrante di dinamica" attraverso questo quadro. Ad ogni modo, il tema della città che sale con i suoi palazzi circondati da enormi impalcature e la sua espansione vitale è ricorrente negli altri dipinti di Boccioni, inno al progresso inarrestabile e alla modernità. Sulla scena è rappresentato in primo piano un maestoso cavallo che, aiutato da alcuni uomini, sta trainando qualcosa; questo soggetto, rappresentato anche in secondo piano altre quattro volte, è simbolo del dinamismo universale e incarnazione di una perenne energia di natura. Sullo sfondo invece svettano le ciminiere di una centrale elettrica e molti oggetti simbolo di modernità, come il tram. Per quanto riguarda la tecnica pittorica, si sentono ancora le influenze del divisionismo: le pennellate sembrano come piccoli filamenti posti vicini tra loro e la pittura sembra così frammentata. Le figure vengono ritratte con i contorni quasi indefiniti proprio per dare l'idea del dinamismo.

# Conclusioni

L' utilizzo di fonti di energia rinnovabile, come quella solare, al posto dei combustibili fossili è ormai diventata una scelta obbligata, in quanto risolverebbe diverse problematiche:

(1) Per esempio in questo modo le emissioni di gas nocivi come l'anidride carbonica verrebbero fortemente ridotte se non addirittura azzerate del tutto, con un conseguente miglioramento ambientale.

(2) Un altro aspetto vantaggioso è invece di carattere economico: il mercato energetico mondiale infatti si basa sulla vendita del petrolio, il cosiddetto "oro nero" che purtroppo fa parte delle fonti non rinnovabili. Una volta che questo combustibile fossile inizierà a scarseggiare, probabilmente tra non molto tempo, si verificherà un grande aumento dei prezzi del petrolio dovuto alla carenza di nuovi giacimenti e al sempre crescente consumo mondiale; tutto ciò è dannoso per Nazioni come l'Italia che dipendono dall'estero nel campo dell'energia.

(3) Infine un'economia basata su fonti di energia rinnovabili potrebbe in parte allentare le tensioni in Medio Oriente, paese che vive in stato di guerra da oltre 40 anni a causa della sua posizione strategica e gli evidenti interessi economici (è un paese ricco di giacimenti petroliferi).

Ed è proprio per questi motivi che investire nella ricerca di fonti di energia rinnovabile è ormai diventata una priorità che per troppo tempo è stata trascurata e in particolare in Italia potrebbe dare grandi risultati. La nostra nazione, essendo fortemente irraggiata dal Sole, potrebbe utilizzare grandi quantità di energia rinnovabile. Gradualmente l'Italia sta capendo la sua enorme fortuna, ed oggi è seconda in Europa nella produzione di energia solare, dietro la Germania: ma molto ancora dovrà essere fatto per arrivare a costituire un'economia completamente fondata sull'uso di fonti di energia rinnovabile.