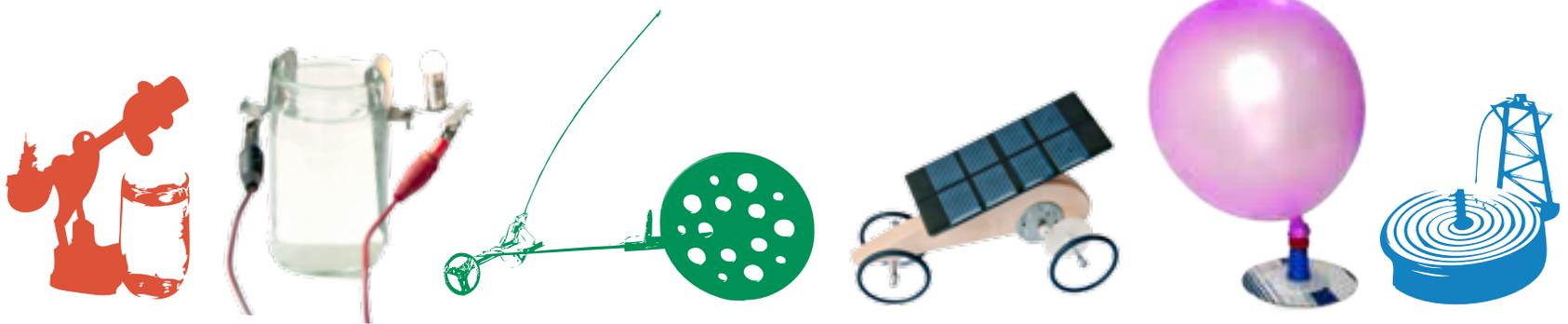




Energy Transformer

Le mille facce dell'energia sostenibile



PROVINCIA AUTONOMA
DI TRENTO



AGENZIA PROVINCIALE
PER L'ENERGIA



AGENZIA PROVINCIALE PER
LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
SETTORE INFORMAZIONE E MONITORAGGI



RETE TRENTINA DI EDUCAZIONE
AMBIENTALE PER LO SVILUPPO
SOSTENIBILE

PROGETTO CONGIUNTO



Agenzia Provinciale per la
Protezione dell'Ambiente
SETTORE INFORMAZIONE E MONITORAGGI



Rete Trentina di Educazione Ambientale
per lo Sviluppo Sostenibile



Agenzia Provinciale per l'Energia

Responsabile Progetto

Franco Torrìsi (APE)

Coordinamento

Monica Tamanini (APPA)

Gruppo di lavoro testi

Franco Torrìsi (APE), Monica Tamanini (APPA),
Ennio Pepe (APPA)

Realizzazione e assemblaggi dei dimostratori

Ennio Pepe (APPA), Roberto Lever (APPA),
Franco Torrìsi (APE)

Progetto Grafico

Mugrafik

Impaginazione

Sara Rossi

Immagini

Archivio APE Agenzia Provinciale per l'Energia

Organizzazione visite e allestimenti

Anna Piccoli, Ennio Pepe, Claudio Bazzanella,
Lucia Rigotti, Susanna Moratelli ed educatori
ambientali della Rete trentina di educazione
ambientale di APPA

Ringraziamenti

Paolo Fedel, Vittorio Napoli



Carta proveniente da foreste correttamente gestite.

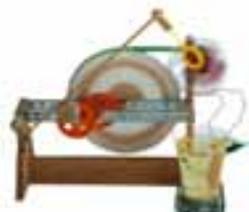


Energy Transformer

Le mille facce dell'energia sostenibile

"LA QUALITÀ DELLA VITA È FIGLIA DELLA QUALITÀ DEL PENSIERO"
Provincia Autonoma di Trento





Il presupposto di fondo da cui scaturisce la presente pubblicazione è che un sempre maggior numero di persone comprende che il modello economico basato sul facile accesso ai combustibili fossili sta inesorabilmente tramontando perché non più compatibile con gli standard medi di qualità della vita e dell'ambiente.

Si rende necessario impostare strategie basate sull'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili ed eco-compatibili e sviluppare una rigorosa e diffusa pratica dell'efficienza e del risparmio per realizzare un modello economico di produzione e consumo più vicini all'uomo e all'ambiente. Queste riflessioni non possono prescindere dal considerare che l'innovazione tecnologica è il terreno di coltura ideale dal quale trarre le idee che traducono le conoscenze tecnico-scientifiche in buone soluzioni pratiche. Ecco allora una pubblicazione come questa, frutto di un progetto congiunto tra Agenzie della PAT impegnate a migliorare la qualità dell'ambiente in cui viviamo, che si pone l'ambizioso obiettivo di fare da pungolo alle menti più giovani e fertili per stimolarle su un tema che, volenti o nolenti, permea il nostro quotidiano e lo condiziona pesantemente.

La formula scelta è quella di una didattica leggera che parla con un linguaggio accessibile a tutti e che racconta la fenomenologia energetica usando dispositivi e dimostratori che insegnano divertendo. Una palestra per cittadini curiosi e consapevoli dove ci si allena con concetti di ampio orizzonte o con fenomenologie e tecnologie con le quali siamo in contatto quotidianamente e che cerca di sviscerare col metodo ludico e critico.

Un importante confronto per i giovani, per dare loro qualche strumento che li aiuti a guardare al futuro con più padronanza, più informazione e più speranza. I giovani che dobbiamo pensare come i futuri protagonisti attivi dell'innovazione e di un cambiamento che, auspicabilmente, guardi ad un modello di società in pieno equilibrio con la biosfera, un equilibrio vitale per l'intera Umanità.

E' un passo che si affianca ad altre azioni che la nostra Provincia sta mettendo in atto per spianare quel percorso verso la sostenibilità economica da tempo intrapreso sul nostro territorio per anticipare il futuro e il suo miglioramento.

Ben venga, dunque, questo ausilio didattico utile ad insegnanti e studenti di una scuola che informa ed educa all'osservazione obiettiva e critica utilizzando efficaci strumenti di lettura del presente e che sollecita la costruzione di lungimiranti scenari per il futuro.

Alberto Pacher

Assessore ai Lavori Pubblici, Ambiente e Trasporti

La presente pubblicazione riporta la descrizione di un'attività didattico-formativa, denominata felicemente Energy Transformer: le mille facce dell'energia sostenibile, di seguito definita ET. Questa iniziativa ha visto i suoi esordi nel 2007, come Progetto congiunto tra Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente (APPA), Agenzia provinciale per l'energia (APE) e Dipartimento Istruzione. L'intento era quello di stimolare l'interesse di studenti e cittadinanza verso i temi della sostenibilità energetica, ma anche quello di integrare i programmi scolastici che non riservavano al tema dell'energia, e a tutti i numerosi aspetti ad essa correlati, uno specifico spazio.

I forti segnali d'allarme che l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Comitato intergovernativo per i cambiamenti climatici) stava lanciando alle Istituzioni nazionali ed internazionali sui cambiamenti climatici aveva posto l'esigenza di mettere a punto un piano di diffusione e sensibilizzazione sul tema del risparmio e dell'uso efficiente dell'energia e soprattutto la necessità di informare e far conoscere l'enorme potenziale rappresentato dalle fonti rinnovabili di energia.

L'IPCC marcava il bisogno di interventi per mitigare ed adattarsi ai prevedibili forti impatti che il mutamento climatico avrebbe avuto sulla vita di milioni di persone e sui processi economici dell'intero pianeta e suggeriva di accelerare, nel contempo, la rimodulazione dei piani energetici nel senso di uno sviluppo meno dipendente dalle fonti fossili. Le suddette previsioni si sono rivelate purtroppo errate per difetto poiché i dati sui cambiamenti climatici mostrano segnali di gravità crescente, e talora molto oltre le previsioni.

Se si considera il tutto inserito nel quadro a tinte fosche dell'attuale stato di fragilità e incertezza in cui versa l'economia globale, molto probabilmente correlabile anche ai mutamenti climatici e alla crisi energetica, il lavoro di ET si conferma una scelta appropriata e lungimirante.

Da allora, APE ed APPA, hanno incrementato notevolmente gli interventi e le attività di diffusione e sensibilizzazione. APE ha messo in campo annuali bandi incentivanti per sostenere l'introduzione sul territorio delle tecnologie di risparmio, efficienza per l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia ed ha elaborato un'architettura normativa per regolamentare e favorire la costruzione di edifici nell'ottica della sostenibilità e del basso consumo di energia.

APPA ha potenziato, via via, la quantità e la qualità dei suoi interventi sul territorio, soprattutto nelle scuole, attraverso gli operatori della Rete trentina di educazione ambientale e i laboratori territoriali. In parallelo a tali attività, il percorso ET, ha dato un sensibile contributo alla crescita culturale di una buona fetta della popolazione scolastica infatti in questi anni il percorso espositivo, portato nelle scuole è stato apprezzato da molte migliaia di studenti di ogni ordine e grado.

Sul fronte del grande pubblico il percorso-mostra ET, in tandem con la parte prettamente istituzionale, è stato visto presso lo stand di APE-APPA in occasione delle numerose edizioni di mostre e fiere presenti sul territorio della nostra provincia, da decine di migliaia di cittadini che hanno affollato lo stand. Lì sono state fornite importanti informazioni sulle tecnologie di risparmio energetico incentivate dalla PAT e contemporaneamente i visitatori hanno trovato ricchezza di stimoli e conoscenze sulla fenomenologia energetica ed hanno potuto apprezzare l'efficacia e le modalità divulgative applicate.

Ci auguriamo che questa pubblicazione possa servire da aggiornamento e da supporto per studenti ed insegnanti nel lavoro di reinterpretazione di un concetto che, svincolato dalla disciplina scolastica, si possa arricchire invece di connotazioni più attuali e trasversali per rispondere, vista la situazione, anche alle necessità di urgenza.

Arch. Giacomo Carlino

Servizio pianificazione energetica - APE

Dott.ssa Chiara Defrancesco

Settore informazione e monitoraggi - APPA

INDICE

Premessa	10
Fonti rinnovabili e sostenibilità	11
Un mondo di energie rinnovabili	12
Fonti fossili, effetto serra e riscaldamento globale	14
Kyoto e dintorni	15
Effetti dei cambiamenti climatici	16
Il Sole e la sua energia	17
Intenti pedagogici di ET	18
Correlazioni tra i temi di ET	19
Ma che cos'è quest'energia	21
Mostra Energy Transformer: le mille facce dell'energia sostenibile	23
ENERGIA ELETTROMAGNETICA	28 codice seriale_01
Ottica e onde elettromagnetiche	28
Occhiali multispettrali di Goethe	28
Polaroidi scompositori di luce - Specchio rifrattivo	28
Prisma ottico	28
Energia radiante	30
Motore a luce o radiometro di Crooks	30
Radiazione solare, termica e fotovoltaica	30
Veicoli solari	30
Lo zoo solare	30
Dimostratore effetto serra	32
Forno solare	32
Basetta fotovoltaica + telecomando a raggi infraross	32
Pozzo solare	34
Modello casa a risparmio energetico	34
Energia solare (impianti)	36
Centrale solare termodinamico	36
Campo fotovoltaico	36
Valigetta kit fotovoltaico	36
ENERGIA ELETTRICA	38 codice seriale_02
Energia elettrostatica	38
Lattina e palloncino	38
Elettroscopio a foglie e generatore piezoelettrico	38
Generatore TESLA per altissime tensioni	38
Elettricità e induzione magnetica	40
Correnti parassite di Foucault	40
Generatore elettrico ad induzione magnetica con led	40
Pendoli elettro-magnetici "empatici" (ad interazione di campo)	40
Motori e generatori elettrici	42
Motori elettrici e dinamo	42
Minigeneratore eolico	42
Motore-dinamo reversibili	42
ENERGIA CHIMICA	44 codice seriale _03
Voltmetro	44

Conduzione elettrica nei liquidi	44
Pila zinco-rame e batteria alluminio-ossigeno	44
ENERGIA TERMICA	46 codice generico _04
Calore, termoelettricità, fluido-gasdinamica	46
Calorimetro di Kelvin e papero bevitore	46
Altalena a molla bimetallica	46
Elicottero a cella Peltier	46
Materiali a memoria di forma	48
Sfera al plasma	48
Sistema termostatico	48
ENERGIA MECCANICA	50 codice seriale _05
Energia cinetica e potenziale elastica	50
Veicolo a trappola	50
Veicolo a palloncino	50
Revolver ad elastici	50
Pen transformer	52
Natante ad elastico	52
Onde e moti ondulatori	52
Ricevitore coherer con gabbia di Faraday	52
Tubo di Kundt con sonda acustica	54
Ondoscopio	54
Energia potenziale e idroeolica	54
Impianto idroeolico di El Hierro	54
PROPULSIONE VARIE	56 codice seriale _06
CD-craft	56
Hovercraft	56
Veicolo ad elica	56
Battello ad elica	58
Soda Rocket	58
Acceleratore magnetico di Gauss	58
Modello di vettura ad idrogeno	60
Cannone piezoelettrico a gas	60
MOTI PERPETUI APPARENTI	62 codice seriale _07
Moto perpetuo a elastico	62
Moto perpetuo a pila	62
La candela oscillante	62
KIT E APPARATI	64 codice seriale _08
Trasformazioni multiple	64
Generatore di bolle di sapone	64
Modello di officina meccanica	64
Braccio elettromeccanico	64
Glossario	68
Bibliografia	70
Sitografia	71

PREMESSA

L'opportunità di pubblicare questo manuale è frutto di una lunga e attenta riflessione anche perché la sua stesura, contrariamente alla consuetudine, è di qualche anno successiva alla data di esordio dell'iniziativa che intende illustrare e integrare.

Il percorso-mostra ET ha dato più motivi di soddisfazione, sia per gli inaspettati esiti di gradimento di pubblico, sia per l'efficacia dimostrata dai metodi della didattica applicata e per le forme innovative di diffusione adottate. Per tali ragioni si è ritenuto utile procedere alla pubblicazione di un documento che narrasse succintamente i contenuti informativi trattati nel progetto, i dispositivi utilizzati a tal fine e le modalità utilizzate per la loro divulgazione.

Quando nacque il Progetto ET, nel 2006, anche con il sostegno attivo e partecipato di Paolo Fedel di APPA, l'idea era di veicolare, ad un target di studenti della secondaria di primo grado, una considerevole mole di argomenti connessi al tema dell'energia. Si intendeva espandere questo tema di grande attualità nelle sue interconnessioni climatico-ambientali e di sostenibilità; ciò anche perché, all'epoca, il tema non trovava ancora il dovuto spazio nei curricula scolastici.

Da allora sono passati alcuni anni, molte cose sono cambiate, e quella intuizione si è rivelata lungimirante vista la centralità che il tema energia ricopre oggi sia sul piano economico-sociale sia su quello climatico-ambientale.

La domanda di contenuti relativi alla tematica energetica, soprattutto nella sua accezione che la lega al "modello economico sostenibile", è destinata a crescere ulteriormente fino a diventare, verosimilmente, un'istanza improcrastinabile anche rispetto all'adeguamento agli standard formativi europei che insistono sul legame tra modello culturale e modello di sviluppo.

L'esigenza, imposta dalla contingente situazione di forte crisi economico-ambientale, di offrire strumenti efficaci per la formazione di giovani preparati ad affrontare le sfide di un futuro prossimo e denso di epocali cambiamenti, pone il "nodo energetico" in posizione rilevante, se non centrale.

E' utile premettere e ribadire che il testo non ha alcuna pretesa di esaustività rispetto ad un argomento così complesso e vasto. Piuttosto si distingue, ma non si sostituisce, dai testi scientifico-tecnici sull'energia, per il taglio innovativo della didattica con la quale si vuole sperimentare una diversa prospettiva da cui osservare l'argomento.

Diffondere la disciplina dell'energetica significa trasferire un sapere caratterizzato da forte trasversalità di contenuti e questo deve essere attuato con forte attenzione ai metodi utilizzati per soddisfare le esigenze del variegato ed esigente pubblico degli studenti dei vari ordini.

A tal fine la formula pedagogica adottata è stata quella pragmatico-informale, che tralascia l'approccio manualistico, che caratterizza la stragrande maggioranza dei testi scolastici (anche on line), per abbracciare una modalità ludico-sperimentale che potenzia il fascino dei contenuti e motiva l'attenzione dei discenti più disincantati.

Il percorso espositivo ET mira a coinvolgere il fruitore attraverso un approccio-guida mutuato dalla psico-neuropedagogia di Bruner che poggia la sua strategia veicolare sulla sensorialità e sull'emozione per trasferire, in modalità "friendly", concetti e competenze solitamente considerate complesse ed ostiche.

Nel percorso la formula è sostenuta da una trama di implicazioni che estende la sua efficacia educativa ai legami dell'energia con i nostri comportamenti quotidiani (e relativi effetti) i quali, se attuati con consapevolezza e senso critico, contengono un potenziale importante per la pratica della sostenibilità. Tali richiami sono un tipico filo conduttore della mostra ET.

Al lettore docente il presente manuale riporta linee guida, contenuti e una strategia didattica all'altezza del compito. L'energia, che è da sempre un tema cardine nel cammino dell'Umanità e parametro chiave di ogni economia, non può essere trattata alla stregua di una disciplina complementare alla fisica; deve occupare invece un posto rilevante nello spettro culturale di ogni discente e deve essere adeguatamente trasmessa.

Le nozioni che si sperimentano nella mostra ET servono a fornire un bagaglio base di informazioni per affrontare con adeguata consapevolezza la sfida di un cambiamento di prospettiva "epocale" che i dati geo-climatici, forniti quotidianamente dalla cronaca, ci spronano ad attuare al più presto.

In particolare, questo percorso-mostra veicola i suoi contenuti in chiave sperimentale per favorire una lettura analitico-critica quale utile esercizio per chi sarà chiamato ad individuare ed applicare appropriate risposte ai non facili problemi di una realtà in continua evoluzione.

Il testo si divide in tre parti: la prima racconta come è nato il Progetto ET e include contenuti preliminari e propedeutici al cammino della mostra; la seconda descrive le strategie pedagogiche e la struttura della percorso-mostra; l'ultima parte elenca i dimostratori che si vedono durante le visite guidate spiegandoli sinteticamente e arricchendo la spiegazione con corollari vari.

Dove è già stata presentata

Il viaggio stimolante, affascinante e curioso proposto nella mostra ET, dopo la sua prima apparizione alla fiera "Fa' la cosa giusta" nell'autunno del 2007, è già stato apprezzata da decine di migliaia di studenti sia del primo che del secondo ciclo, che, attraverso la sua versione itinerante leggera (Valigetta Energy Trasformer), è stata vista in moltissime scuole della provincia. Basti ricordare che soltanto nel periodo tra il gennaio 2010 e il maggio 2011 la mostra è stata visitata da 1755 studenti di 93 classi.

La mostra ET, fin dal 2007, è anche presente presso fiere e mostre tra le quali:

Fiera Fa' la cosa giusta a Trento (dal 2007 al 2012)
Domo a Trento (dal 2009 al 2012)
EnergEtica a Imer (2008 e 2010)
Ecofiera a Tione (dal 2009 al 2011)
ExpòRivaHotel a Riva d/G (dal 2009 al 2011)
Valsugana Expò a Borgo V. (dal 2009 al 2011)
Casafutura a Condino nel 2010

Visite guidate

Si ricorda che la gestione didattica e delle visite guidate del percorso-mostra ET sono coordinate da APPA attraverso modalità di prenotazione ed organizzazione che si possono trovare sul sito:

<http://www.appa.provincia.tn.it/>

Tel 0461 497713 / 497779 - Fax 0461 497769
E-mail: educazioneambientale@provincia.tn.it

FONTI RINNOVABILI E SOSTENIBILITÀ

Nel presente manuale, il Sole, insieme all'onnipresente concetto di energia, occupa a buon diritto il ruolo di protagonista soprattutto nell'ottica dell'attuale e futuro scenario energetico mondiale.

Sole, Energia, Ambiente formano una "triade" di concetti che, intersecandosi tra loro, declinano le molteplici forme della sostenibilità, concetto principe e obbligato punto di arrivo del percorso pedagogico ET. L'energia che proviene quotidianamente dal Sole, 970 trilioni di kWh al giorno, costituisce il motore che attiva tutti i cicli della biosfera di acqua, vento e biomasse.

Questa enorme quantità di energia fa crescere le foreste e i vegetali marini, alimenta le centrali idroelettriche, i campi fotovoltaici, i collettori termici e i forni a concentrazione, muove gli aerogeneratori, i veicoli solari e alimenta tutte le centrali di riscaldamento e teleriscaldamento (se a biomassa) e quelle di produzione dell'idrogeno se alimentate dal fotovoltaico. Tutti questi sistemi si "nutrono" della stessa energia che vede nella nostra stella la fonte primaria che rende rinnovabili, e quindi sostenibili, i processi di queste tecnologie.

Si può affermare che la fonte energetica più affidabile, più economica e illimitata che conosciamo si trova a circa 150 milioni di km dal nostro pianeta; cosa ben diversa dalla fonte "petrolio" detto anche "sangue della terra". Il petrolio è una fonte energetica fossile che si estrae dal sottosuolo, inquinando e modificando l'ambiente, sempre a più caro prezzo e con approvvigionamenti molto fluttuanti e imprevedibili.

Nonostante ciò, i combustibili di origine fossile, coprono, ancor oggi, più dell'80% dei consumi energetici del nostro Paese comportando pesanti effetti economici, ma soprattutto ambientali, che si riverberano sulla salute umana e sul clima.

Gli effetti dell'impatto delle fonti fossili sull'habitat, già in atto da tempo e in continua intensificazione, hanno reso non più eludibile la necessità di un cambio di rotta. L'introduzione massiccia delle energie rinnovabili è inderogabile e necessaria per fronteggiare e mitigare gli effetti di quella che potrebbe essere la vera sfida dell'umanità nel millennio appena iniziato: il **riscaldamento globale**.

Negli ultimi decenni, tuttavia, l'impegno e gli strumenti che il Governo locale e nazionale ha messo a disposizione per sostenere il risparmio, l'efficienza e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia, stanno alimentando segnali di ottimismo. Tali iniziative hanno prodotto significativi progressi sia in termini di adozione delle nuove tecnologie energetiche, ad es. 11 GW di fotovoltaico installati in Italia a fine 2011, sia in termini di ricaduta culturale sulla popolazione ormai abbastanza sensibile e consapevole dell'esigenza di superare l'attuale stato di crisi. La presente pubblicazione si inserisce tra le iniziative messe in atto dalla **Provincia Autonoma di Trento** per promuovere, soprattutto nei giovani, conoscenza e bagaglio culturale, quali strumenti per un corretto sguardo sul difficile momento e da cui muovere i passi per imboccare la via del cambiamento.

UN MONDO DI ENERGIE RINNOVABILI

Il poster illustrato fa parte della dotazione della mostra ET ed intende rappresentare un ipotetico sistema energetico a rete nel quale i modi di produzione dell'energia, interconnessi tra loro, rappresentano processi tecnologici e cicli naturali che trovano nel Sole la fonte energetica che li attiva, fatta eccezione per la fonte geotermica, che è rinnovabile, ma endogena.

Questa immagine d'insieme vuole veicolare informazioni sulle molteplici tecnologie energetiche oggi disponibili (solare, biomasse, idrogeno, idroelettrico, eolico, ecc.) per aiutare a distinguerle e per eliminare dubbi ed equivoci sul loro impiego e sulla loro diffusione.

Questo poster si presta inoltre ad un uso didattico-interattivo poiché dotato di una versione con una numerazione identificativa delle diverse tecnologie dalla quale si genera una sorta di gioco di ricerca della corrispondenza tra nomi e immagini da individuare sul poster stesso. Questo ausilio migliora e stimola l'ampliamento e l'approfondimento della comprensione delle tecnologie illustrate.

Spunti per il docente

Tra i tanti spunti sui temi dell'ecosostenibilità, dai quali il docente può ampliare e guidare la discussione in classe, possiamo suggerire i seguenti:

- **riconversione energetica** (risparmio, efficienza, fonti rinnovabili, nuove tecnologie,..),
- **processi produttivi** ("chiusi", diversificati, efficienti e attenti all'ambiente e alla responsabilità sociale d'impresa),
- **certificazione edilizia e degli elettrodomestici,**
- **mobilità sostenibile** (bici, veicoli a idrogeno, ibridi, elettrici, car sharing, car pooling, efficienza dei motori, bike sharing, mezzi pubblici,ecc.),
- **ottimizzazione dell'uso di materie prime e riuso delle secondarie con recupero e riciclo degli scarti,**
- **bioregionalizzazione economica,**
- **turismo responsabile,**
- **sostegno alla biodiversità** (culturale, ambientale e recupero di metodi e specie neglette),
- **filiere alimentari brevi,**
- **bioedilizia,**
- **autoproduzione,**
- **medicina alternativa,**
- **movimenti culturali di decrescita,**
- **social business,**
- **transition town e green economy.**

Il mondo delle rinnovabili

Il poster può avere un'ulteriore ed importante funzione: può raccontare una proposta semplificata di un ipotetico modello energetico sostenibile che non fa ricorso alle fonti fossili, ma solo a forme e tecnologie energetiche che non impattano sull'habitat e sul clima. Tale modello energetico, vicino a quello di un sistema energetico della decrescita, mostra come con le fonti rinnovabili si possano realizzare molte delle attività quotidiane senza incidere negativamente sui parametri di qualità ambientale. Tale modello è in grado di comprendere i cicli produttivi, la mobilità e le attività dell'abitare, processi strettamente connessi tra loro. Questo manifesto aiuta a decifrare nelle sue molteplici sfaccettature il paradigma della sostenibilità aiutando a comprendere tutte le componenti di un quadro, che seppur complesso, è la strada maestra da seguire.





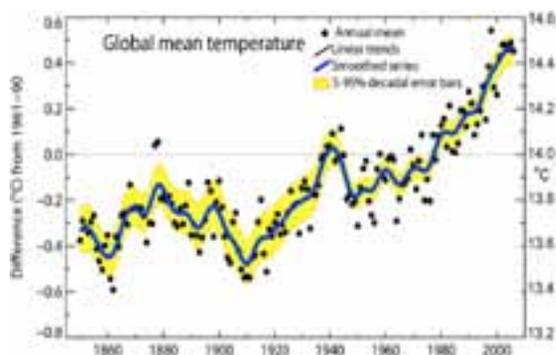
FONTI FOSSILI, EFFETTO SERRA E SURRISCALDAMENTO GLOBALE

Questa pubblicazione non può sottrarsi al tentativo di chiarire la correlazione, ormai confermata da tutti gli Istituti di Ricerca Internazionali, che lega **l'uso dei combustibili fossili, l'effetto serra, i cambiamenti climatici e l'innalzamento della temperatura globale**. Capire ciò aiuta ad accettare l'urgenza di un cambiamento su ampia scala del modello energetico e l'esigenza di adattarsi e mitigare gli effetti sul clima anche attraverso l'adozione di opportune scelte e comportamenti quotidiani.

Petrolio: Sole "fossile"

Bisogna premettere che le fonti energetiche fossili sono un "lascito solare" di molto tempo fa, allorquando, durante diverse ere geologiche, durate decine di milioni di anni, il Sole ha nutrito colonie di micro e macro-organismi animali e vegetali che vivevano nella biosfera. I loro resti sono stati poi sottoposti, in assenza d'ossigeno, a cicli di alte temperature ed elevate pressioni durante diverse attività geologiche che li hanno convertiti in giacimenti di petrolio, carbone, torba, metano e sciisti bituminosi. I prodotti di queste trasformazioni sono quel "concentrato di energia solare" che chiamiamo combustibili fossili.

Ebbene, in poco più di un secolo, questo "concentrato", accumulatosi lungo molti milioni di anni, è stato estratto e usato intensivamente soprattutto come combustibile, e quindi bruciato, per il riscaldamento, la trazione, la produzione di energia elettrica, ecc.. Come conseguenza della combustione ingenti quantità di CO₂ sono state prodotte ed emesse in atmosfera.



Il grafico mette in risalto l'andamento medio delle temperature e mostra come i 12 anni più

caldi siano compresi tra il 1996 e il 2006 (fonte: CNR- Consiglio Nazionale delle Ricerche)

Quale relazione lega la CO₂ con i cambiamenti climatici? L'anidride carbonica, come anche altri gas climalteranti presenti nella troposfera terrestre (CO₂ oltre a metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo), incrementa l'"opacità" dell'aria rispetto alla radiazione infrarossa (calore) in uscita dalla Terra agendo quindi come il vetro di una serra. In altre parole la troposfera risulta trasparente alla radiazione solare in entrata, permettendo ai raggi solari di penetrarla, ma diventa invece una "trappola" rispetto alla radiazione infrarossa che viene rilasciata dalla superficie terrestre di notte e che, invece di fuoriuscire, viene riflessa verso il basso producendo un effetto di lento surriscaldamento della superficie terrestre (riscaldamento globale).

Foreste e oceani non sono stati in grado di assorbire e neutralizzare tale notevole quantità di CO₂ emessa in così breve tempo (circa 3 Mld di ton/anno) e la concentrazione di anidride carbonica nell'aria è incrementata da circa 280 ppmv (parti per milione in volume), in epoca preindustriale, sino alle attuali 370-380 ppmv: la più alta mai registrata in 20 mila anni. Si deve considerare anche l'"inerzia climatica" ovvero il ritardo tra l'evento e i suoi effetti, rappresentati in questo caso dallo scostamento tra la variazione della quantità di anidride carbonica immessa in atmosfera e gli effetti, sul clima; **questi ultimi possono presentarsi anche con 70 - 100 anni di ritardo**. Molto probabilmente le stranezze climatiche di questi anni sono l'effetto della produzione di CO₂ degli inizi del XX secolo.

Si consideri che tale incremento può portare a sconvolgimenti climatici con ripercussioni anche gravi sull'habitat sulla vita umana e sul sistema economico globale.

L'attuale congiuntura energetica, economica ed ambientale globale ne è una conseguenza. Ciò deve portare a riflettere sui gravi effetti derivanti dall'uso abnorme e sconsiderato che è stato fatto nell'ultimo secolo di queste "riserve di sole" fossili, materie che avrebbero potuto e dovuto essere sfruttate con più buonsenso e parsimonia.

Il petrolio è una materia prima preziosa, esauribile e molto adatta a creare manufatti con mille applicazioni specifiche che non si possono ottenere con altri materiali naturali. L'uso dunque

di questa risorsa deve prediligere tali impieghi e finalità piuttosto che quello poco ottimale di combustibile perché altamente inquinante e destabilizzante per i cicli naturali.

L'estrazione intensiva di petrolio ha portato recentemente (nel 2008) ad un primo punto di non ritorno, detto picco di **Hubber**, oltre il quale l'estrazione di idrocarburi risulta sempre meno economicamente conveniente. Preservare e usare al meglio questa risorsa è anche una precondizione utile alla transizione energetica che altrimenti rischia di non essere indolore.

Petrolio ed economia

Questa importante risorsa strategica è da tempo al centro degli appetiti economici di multinazionali e grandi potenze visto che il controllo delle aree di estrazione di questa fonte garantisce giganteschi profitti.

Per questo motivo molte delle più salienti date della storia dell'ultimo secolo (crisi economiche e conflitti bellici anche recenti) sono state segnate da un complesso intreccio tra interessi economici, politici, strategico - militari tra i paesi su i cui territori si trovano i giacimenti più ricchi (es. Arabia Saudita) e le nazioni le cui economie poggiano sui combustibili fossili.

Una risorsa fisicamente limitata, anche se abbondante, non può rimanere così a buon mercato per tanto tempo. In pochi decenni, i paesi industrializzati ne hanno estratta a piene mani senza avere la lungimiranza di pensare alle sue conseguenze e senza prefigurare gli scenari del dopo petrolio.

Per comprendere meglio le dimensioni dell'impatto provocato dall'estrazione e dal consumo massiccio di petrolio vediamo qualche numero. Solo negli USA, nel 1971, si estraevano circa 9 milioni di barili al giorno (1 barile=159 litri). Si pensi inoltre che ogni kg di combustibile fossile bruciato (benzina, gasolio, carbone) produce dai 2,3 ai 3,6 kg circa di CO₂.

Considerando i limiti della Terra e i numerosi parametri fisico-climatici che la governano, risulta piuttosto chiaro, allora, quanto la CO₂ possa giocare un ruolo chiave nei fenomeni climalteranti e nell'effetto serra (vd. dimostratore relativo).

KYÔTO E DINTORNI

Consapevoli della gravità della situazione, molti Governi, già dal 1992, promossero un lungo processo di negoziazione per porre severi limiti alla produzione di anidride carbonica da parte degli stati industrializzati e, non senza qualche difficoltà, elaborarono nel 1997 il Protocollo di Kyôto, primo passo per affrontare i mutamenti climatici.

Molti Stati aderirono all'accordo e, con l'adesione della Russia, il protocollo risultò sottoscritto da parte dei paesi complessivamente responsabili del 55% delle emissioni globali, ente minimo per l'avvio della fase successiva fase operativa, nonostante il rifiuto della firma di Stati Uniti e Australia responsabili di circa il 36% delle emissioni.

Il protocollo mirava a fissare valori limite di riduzione delle emissioni dei gas climalteranti da raggiungere entro il periodo 2008-2012 rispetto alle emissioni dell'anno di riferimento 1990. I numerosi incontri successivi raccontano di un percorso irto di difficoltà finalizzato a raggiungere un punto di equilibrio volto a mettere d'accordo gli Stati aderenti tenendo in considerazione anche le esigenze delle potenze emergenti le quali, non avendo contribuito alle emissioni negli anni passati, vantavano un "diritto" ad emettere di più negli anni futuri. Purtroppo, gli obiettivi fissati sono stati in gran parte disattesi mentre il bilancio dei costi dei cambiamenti climatici si sta facendo ogni giorno più pesante e dai contorni indefinibili.

Il mondo immette in atmosfera ancora 6.000 Mln di tonnellate di CO₂ all'anno (2011), 3.000 provenienti dai Paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo; se il protocollo di Kyôto fosse stato rispettato si sarebbe dovuti arrivare nel medesimo periodo ad immetterne 5.850.

Rinnovabili e opportunità occupazionali

Il protocollo di Kyôto sta spingendo i Governi di molti paesi ad attivare un mercato di titoli e crediti, detti **certificati verdi**, che vengono negoziati tra industrie ed enti di Stati diversi e che sono obbligatoriamente acquistati da coloro che producono CO₂ perché utilizzano fonti energetiche convenzionali e venduti a coloro che producono beni senza emettere CO₂. Questo ciclo virtuoso spinge l'apparato industriale ad ammodernarsi tecnologicamente generando nuove opportunità di lavoro nel campo delle energie rinnovabili.

Stanno nascendo delle società, dette ESCO (Energy Service Company), che si occupano della gestione dei certificati verdi e di tutte quelle attività richieste da enti e aziende collegate all'abbattimento dei costi attraverso il risparmio e l'efficienza dei processi: un'opportunità di lavoro offerta dalle energie rinnovabili.

La Germania, che da anni investe nelle "tecnologie verdi", ha creato quasi un milione di posti di lavoro. Cambiare stili di vita ed adottare sistematicamente tecnologie energetiche efficienti e derivanti dalle fonti rinnovabili d'energia, ovvero dal Sole, diventa non solo un dovere dei singoli Governi nazionali e locali, delle Organizzazioni sopranazionali e di ogni singolo cittadino, ma può rappresentare un'opportunità di sviluppo sostenibile e di creazione di posti di lavoro per uscire in modo intelligente dalla crisi economica.

L'attuale congiuntura economica, frutto della finanziarizzazione dell'economia e della speculazione spinta, sta creando molti problemi sia alle società povere come a quelle avanzate e questa situazione non aiuta a comprendere la gravità e la complessità delle vere cause fisico-antropiche della crisi globale. Le soluzioni che si tendono ad adottare sembrano piuttosto accentuare gli effetti dell'emergenza generando sfiducia e allarme sociale. Al netto di questi effetti, la ricerca delle soluzioni finalmente sembra muoversi in direzione del risparmio e di una "efficientizzazione dell'economia", peraltro confermando che le cause della crisi risiedono in un modello di consumo irrazionale ed inefficiente che tende a creare beni e servizi ad un costo energetico non coerente con quello ottimale possibile.

Il vero risparmio si attua sia con un'attenta politica di gestione delle risorse energetiche sia con il rispetto del territorio; il territorio è un bene di interesse primario perché costituisce la fonte di sostentamento delle popolazioni e il punto di partenza di ogni politica economica seria. Purtroppo va segnalato un dato piuttosto allarmante: **il 22 agosto 2012 è stato l' "Overshoot Day", ovvero il giorno in cui si sono esauriti i beni naturali che il pianeta può rigenerare in un anno** (Fonte: Global Footprint Network). Tale data si posta di anno in anno sempre più indietro: nel 1987 fu il 19 dicembre (nel 1965 si consumava lo 0,7%). **Di questo passo entro la metà del secolo ci serviranno le risorse di due pianeti!**

IPCC

Sono 130 i Paesi che fanno parte dell' IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (Comitato intergovernativo per i cambiamenti climatici) che è l'istituzione delle Nazioni Unite incaricata di monitorare i cambiamenti climatici. Si tratta di un comitato formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, la World Meteorological Organization (WMO) e l'United Nations Environment Programme (UNEP) che, relativamente al riscaldamento globale, ha il compito di elaborare i modelli che sono alla base di accordi internazionali, primo tra tutti il Protocollo di Kyoto.



EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Secondo i modelli climatici elaborati dall'IPCC, la temperatura aumenterà tra 1,4 °C e 5,8 °C nel periodo tra il 1990 e il 2100, provocando vistosi mutamenti climatici, tra cui un aumento del livello del mare dovuto all'espansione termica e allo scioglimento dei ghiacci continentali e montani. **L'incremento della temperatura media del pianeta, registrato attraverso un miliardo di misurazioni, è stato dal 1950 ad oggi di 1°C (studio indipendente Berkeley Earth Surface Temperature 2011).**

Dal 1970 ad oggi il numero e l'intensità dei cicloni tropicali sono aumentati considerevolmente. In Antartide si sta registrando un aumento della temperatura (fino a 2,5 °C in 50 anni) e un aumento della velocità di scioglimento dei ghiacciai che ha portato ad un bilancio negativo della calotta occidentale antartica. Contemporaneamente si sta assistendo all'assottigliamento del ghiaccio marino in Artico con una riduzione fino al 10% per decade dei ghiacciai continentali della Groenlandia e dell'Alaska. Si è calcolato che il volume di ghiaccio della Groenlandia che defluisce verso la costa è passato da 90 km³ l'anno nel 1996 a 220 km³ l'anno nel 2005; negli ultimi anni il fenomeno presenta una crescita esponenziale. Altri cambiamenti climatici quali alluvioni, siccità e onde di calore, possono ridurre i rendimenti

dei terreni agricoli o causare estinzioni di specie biologiche; inoltre le maggiori temperature hanno contribuito alla comparsa di alcune specie come la zanzara tigre e numerosi pesci e anche di malattie tropicali nell'area del Mediterraneo. Con questo quadro generale della situazione è difficile prevedere con certezza cosa accadrà in futuro anche perché i processi climatici non seguono percorsi lineari e gli scenari dei cambiamenti climatici futuri possono essere i più imprevedibili sia nei tempi che nelle conseguenze. Per fare un esempio, una forte variazione della circolazione oceanica meridionale (Sud-Nord), unita ad una relativa riduzione del ramo più a Nord della corrente del Golfo, con una forte ricircolazione nella zona subtropicale (frutto della diminuzione della salinità nelle acque atlantiche dovute allo scioglimento dei ghiacci artici della Groenlandia), potrebbe innescare addirittura un raffreddamento di parte del continente occidentale europeo.

Si deve riflettere anche su altre ripercussioni che i cambiamenti climatici stanno esercitando sui processi oceanici:

→ riduzione dell'albedo (radiazione solare riflessa) dei ghiacci polari e innalzamento del livello dell'acqua;

- riduzione della salinità nelle masse d'acqua delle correnti suboceaniche con rallentamento della colonna d'acqua;
- acidificazione delle acque oceaniche;
- rischio scomparsa barriere coralline;
- intensificazione dei fenomeni meteorologici estremi.

Si consideri inoltre che piccoli scostamenti degli equilibri geoclimatici, in assenza di processi di retroazione positiva (detto anche biofeedback), tendono ad accentuare i fenomeni stessi. Si può fare l'esempio dello scioglimento dei ghiacci e della conseguente riduzione della radiazione solare riflessa (albedo) che, assorbita invece dall'acqua (fino al 90%), va a rafforzare il surriscaldamento. Oppure, altro esempio, con lo scioglimento del permafrost, strato di terreno perennemente ghiacciato in area siberiana, si possono liberare grosse quantità di gas metano con conseguente incremento dell'effetto serra, essendo il metano un gas climaterante più attivo della CO₂. Non va inoltre dimenticato che l'aumento delle temperature medie favorisce il ricorso a dispositivi di climatizzazione domestica che funzionano con elettricità la cui produzione avviene in molti casi da centrali alimentate da fonti fossili che incrementano l'effetto serra.



Nebulizzatore a ultrasuoni

IL SOLE E LA SUA ENERGIA

Il Sole, la nostra stella che dista 150 Mln di km, è la fonte energetica che consente la vita sul nostro pianeta. Il Sole di mezzogiorno, in una giornata limpida, ci investe, **in un'ora**, con la quantità di energia che l'umanità utilizza in un anno.

Ma attraverso quale forma ci arriva tutta questa energia da così lontano? Ci arriva attraverso le onde elettromagnetiche che viaggiano nel vuoto alla velocità di 300.000 km/s (la velocità della luce).

Questo tipo di energia, che impiega circa 8 minuti ad arrivare sulla Terra dal Sole viaggiando nel vuoto, attraversa l'atmosfera terrestre e si trasferisce su tutti i corpi e le masse che investe (terra, acqua, piante, edifici, ecc.). Una parte di questa energia viene assorbita e una parte riflessa; quella assorbita si trasforma in altri tipi di energia con ulteriori passaggi. E dove va a finire tutta questa "ricchezza" energetica? La ritroviamo convertita nel calore e nel movimento delle masse d'aria che contengono o meno i corpi nuvolosi, nel ciclo delle biomasse (mondo vegetale) e, in parte, anche nell'energia del moto ondoso e delle maree ovvero nell'energia mareomotrice o eolomotrice.

Anche quando ci abbronziamo su una spiaggia sfruttiamo direttamente l'energia del sole e impariamo a distinguere che ha due effetti: ci abbronziamo, ma possiamo anche scottarci. I raggi incidenti sulla nostra pelle (epidermide e derma) inducono due potenziali reazioni: la produzione di melanina quale difesa dell'organismo dai raggi UV-A e UV-B (abbronzatura) oppure gli eritemi (scottature) quale reazione della pelle all'azione termica alla radiazione solare.

Allo stesso modo i collettori solari catturano l'energia solare che li investe e la trasformano. Un collettore solare termico cattura la radiazione em (elettromagnetica) che lo investe e la trasforma in calore che riscalda il fluido vettore che circola nell'impianto. Nel caso di pannelli FV (fotovoltaici) l'energia radiante solare si converte, per effetto fotoelettrico, in corrente elettrica che può essere accumulata oppure immessa nella rete di distribuzione elettrica.

E' ancora l'effetto termico che attiva il ciclo dell'acqua sul pianeta facendo evaporare masse d'acqua dai mari verso gli strati alti dell'atmosfera che si trasformano in microcristalli di ghiaccio, le nuvole; l'effetto termico provoca anche il ciclo dei venti che sono il frutto dello spostamento di masse d'aria mosse da differenze di pressione e di temperatura.



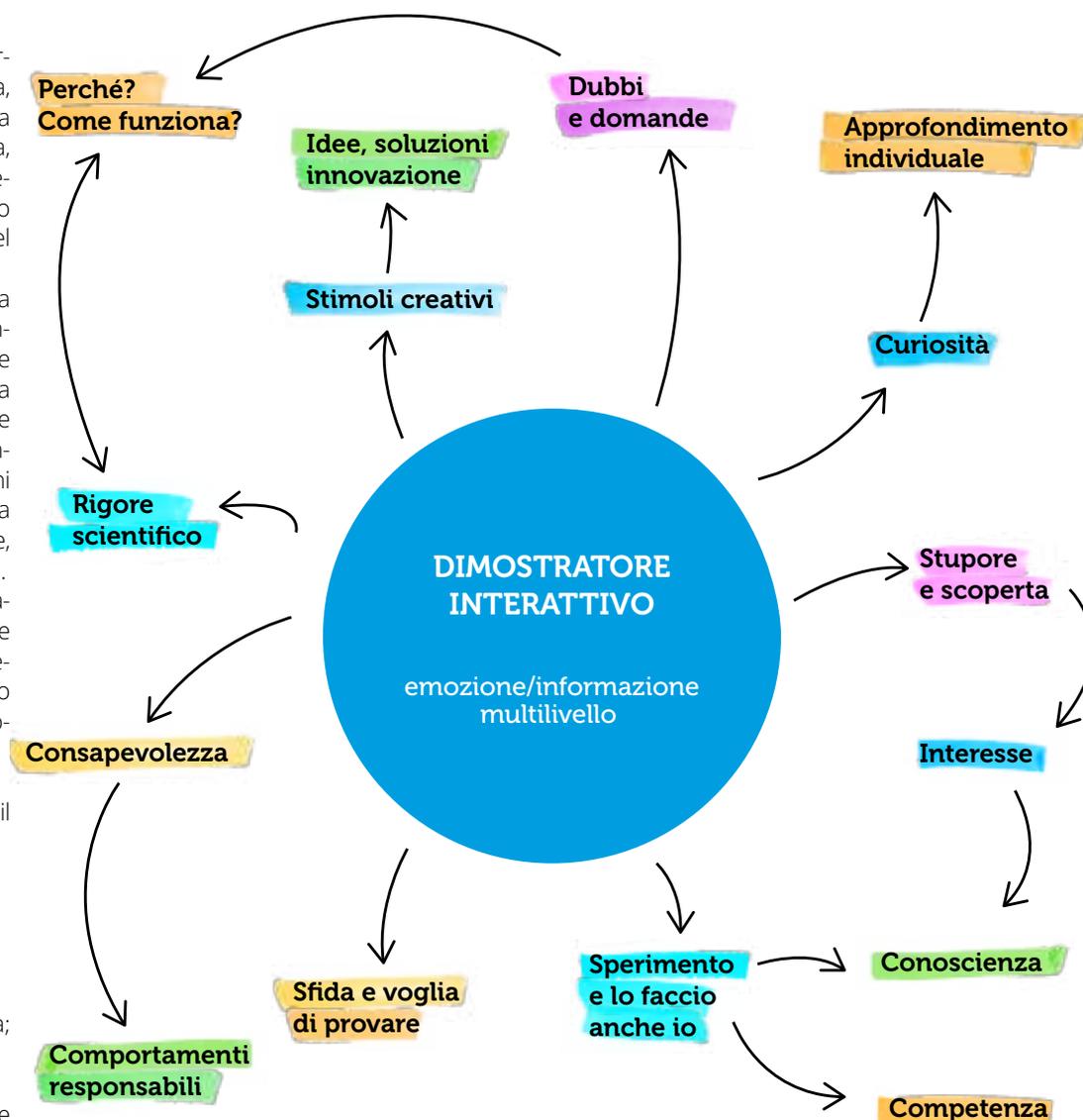
INTENTI PEDAGOGICI DELLA MOSTRA ET

L'idea di un percorso pedagogico sulle trasformazioni dell'energia e sulla sua fenomenologia, tanto variegata quanto esiziale per la nostra vita quotidiana e per la sopravvivenza del pianeta, deve poggiare su precisi strumenti di trasferimento delle conoscenze nei quali il metodo sappia conciliare linguaggio e complessità del tema.

L'energetica è una disciplina che, connotata fortemente dalla trasversalità delle sue valenze, può essere declinata e affrontata da diverse prospettive. La prospettiva scelta è stata quella che si è ritenuto sposasse al meglio la notevole interdisciplinarietà dei temi con il rigore scientifico, il tutto racchiuso in una cornice di azioni dimostrative della fenomenologia energetica imperniata sulla sorpresa, sulla manipolazione, sul gioco e sulla sollecitazione del senso critico. Ci si è quindi addentrati in una narrazione attraverso la quale, con l'energia quale baricentro e guida, si è cercato tradurre in esperienze e fenomenologie i numerosi aspetti che attengono al ciclo tematico: "clima-ambiente-fisica-tecnologia-storia-riuso-sostenibilità-economia".

Gli aspetti che si sono rivelati caratterizzanti il percorso ET sono i seguenti:

- forte interattività;
- coerenza con il risparmio e l'efficienza energetica, e le buone pratiche;
- ricchezza di passaggi logici;
- trasversalità tematica e multidisciplinarietà;
- modularità;
- innovatività;
- potenziamento conoscenze e competenze tecnico-scientifiche;
- multisensorialità (agire, costruire, calcolare, accendere, toccare, manipolare, provare, vedere, sentire...);
- attivazione di curiosità e stupore;
- attenzione al riuso creativo;
- riproducibilità;
- approccio ai sistemi complessi;
- stimolo alla riflessione, all'osservazione e al senso critico.



La mappa illustra la pedagogia e la rete concettuale delle relazioni sottese ai dimostratori della Mostra ET

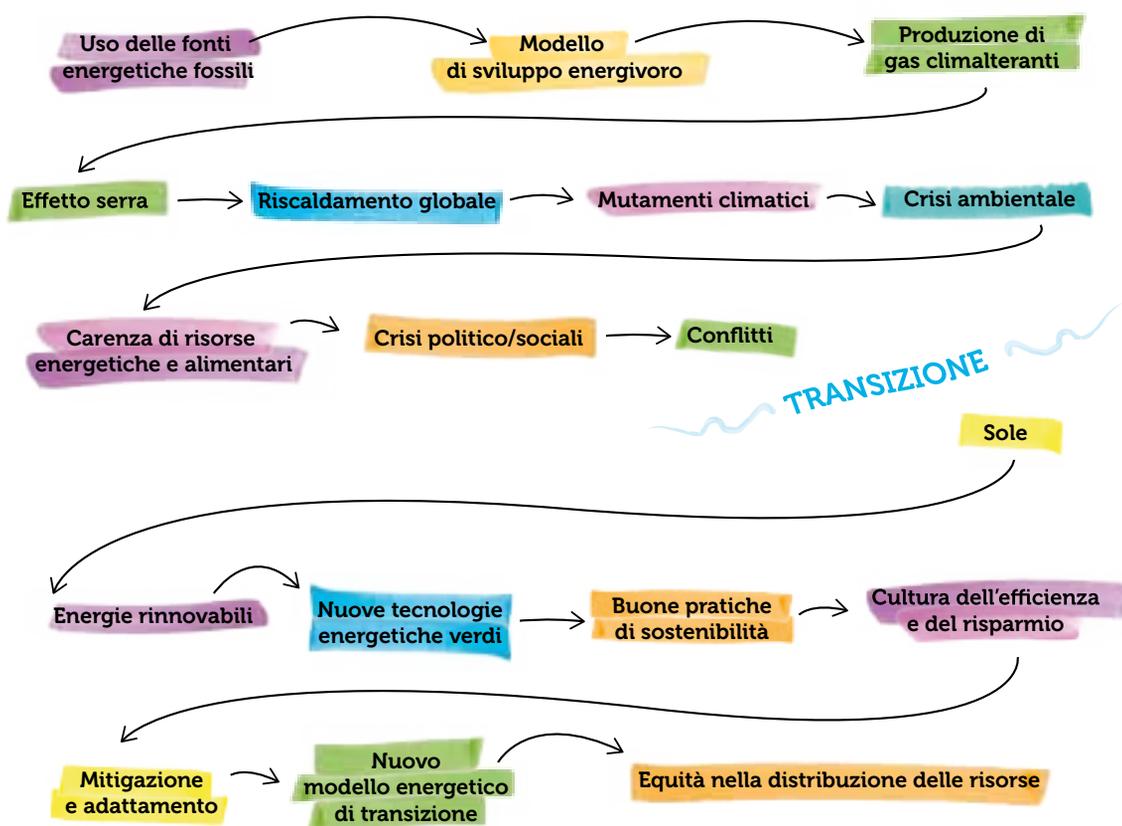
CORRELAZIONI TRA I TEMI DI ET

Si può ragionevolmente affermare che i mutamenti climatici, con le loro conseguenze "globali" (globali e locali), i conflitti regionali, i nuovi assetti politici, le dinamiche macroeconomiche, l'altalenante andamento delle borse, i sommovimenti sociali, sono tutti effetti e processi in qualche modo legati ad una precisa chiave interpretativa: uso, possesso, localizzazione, disponibilità, qualità e quantità delle risorse energetiche.

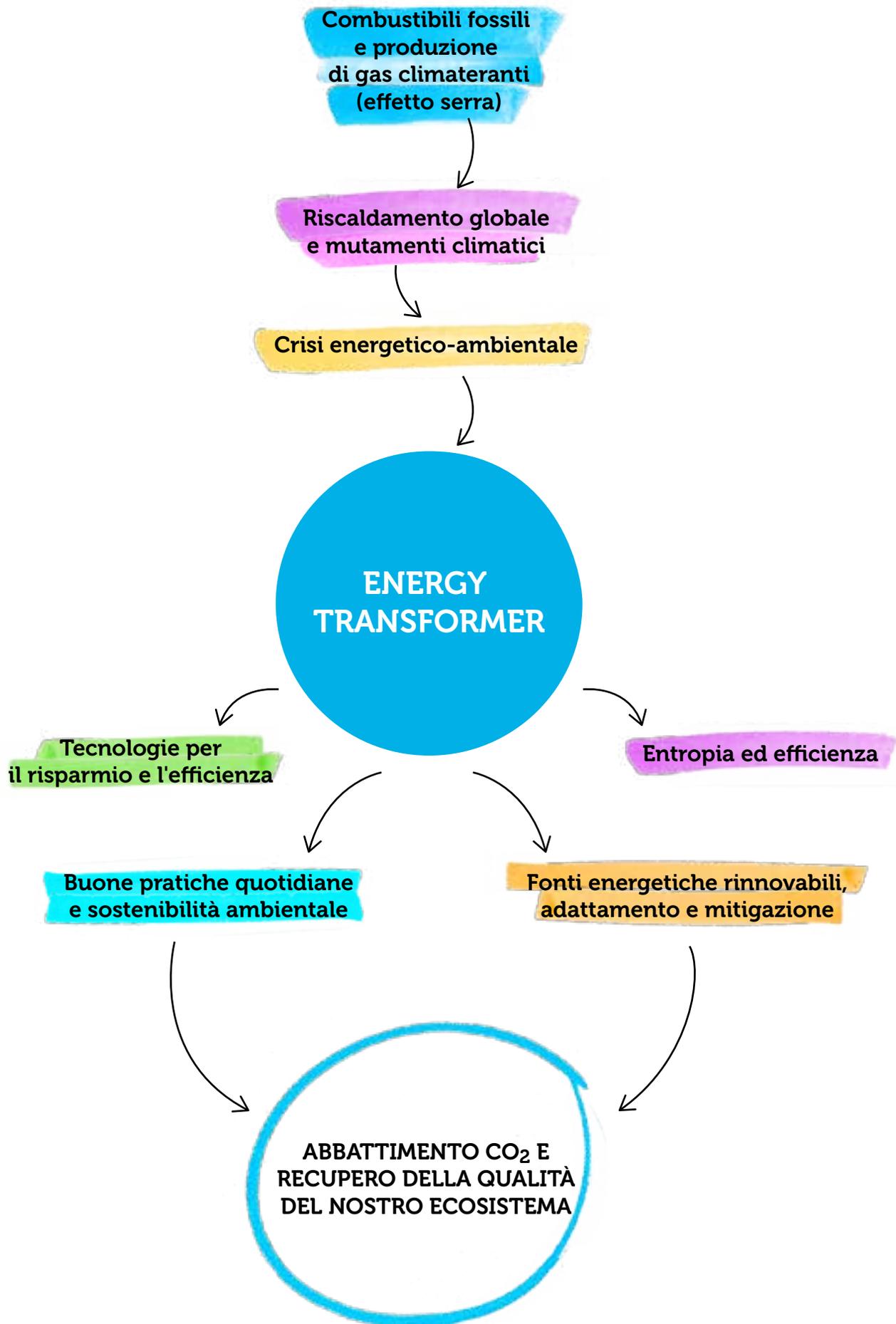
Si ritiene importante quindi che su questa interdipendenza siano edotti tutti i cittadini e in particolare quelle generazioni che si troveranno ad affrontare tutti questi nodi che il problema energetico porrà sul nostro/loro cammino e, verosimilmente, sino a quando il nuovo modello economico-energetico non sarà un dato di fatto.

La mostra è pensata, appunto, per trattare anche la trasversalità del tema e le sue infinite interconnessioni.

Dunque si è pensato ad un filo logico per aiutare a legare le varie implicazioni tra loro e ciò ha sortito lo schema sintetico che segue e che accompagna la narrazione del percorso ET.



Correlazioni tra i temi di ET



MA CHE COS'È QUEST'ENERGIA?

Fino a qualche tempo fa, per la maggior parte di noi, la parola "energia" significava poco più che una bolletta da pagare a fine mese. Non c'è mai stata grande consapevolezza, salvo in caso di black-out o durante qualche crisi petrolifera, del fatto che l'energia è alla base della storia dell'Uomo e del concetto stesso di vita ed è al tempo stesso alla base di ogni processo economico e di molti conflitti regionali in varie parti del pianeta.

Ebbene, le persone dovrebbero interrogarsi sul perché, pur essendo tale argomento così importante, se ne parli così poco.

Purtroppo negli ultimi anni una serie di eventi ha mutato rapidamente lo scenario energetico mondiale e quello che era un concetto piuttosto astruso e insieme scontato, con vaghi richiami scolastici, si sta rivelando il tema principe col quale fare i conti e attorno al quale si dovranno decidere domani scelte vitali.

Quando, all'inizio degli incontri nelle classi, gli operatori pongono agli studenti il maieutico quesito su quali siano le tre "cose" più importanti per la vita, tre studenti su quattro posizionano correttamente il concetto di energia al terzo posto dopo l'aria e l'acqua. Questa è un'interessante classificazione dell'importanza dell'energia: la terza cosa più vitale per l'esistenza di un essere umano!

Energia... Serve proprio darne una definizione?

Le definizioni aiutano a schematizzare e facilitano la memorizzazione dei concetti, ma rischiano di recintarne e irrigidirne la loro comprensione.

L'energia è per sua natura difficilmente incasellabile in una definizione semplice perché si manifesta in forme e modalità strettamente legate tra loro sia in termini macroscopici che microscopici.

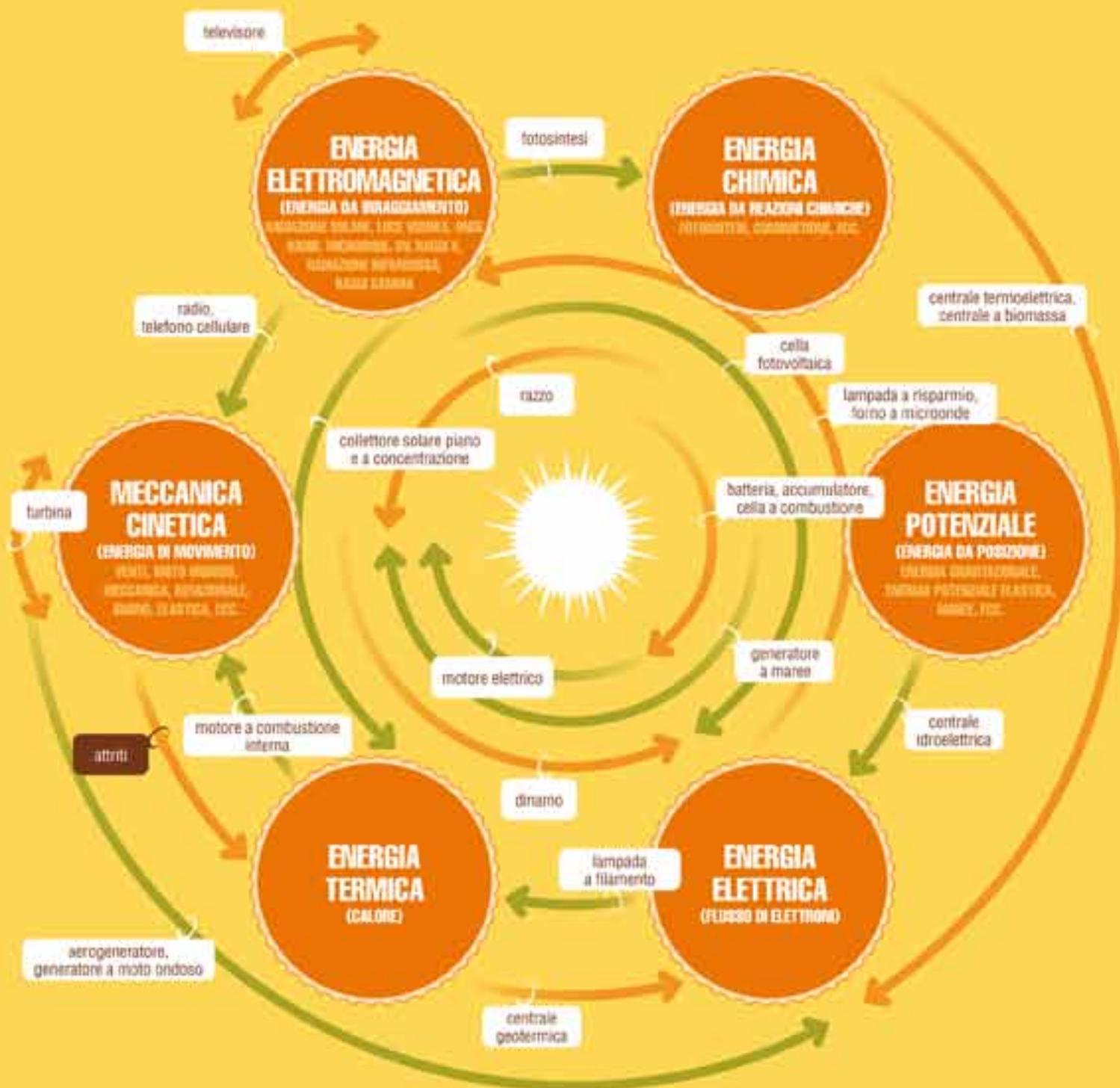
Attraverso la comprensione dei processi descritti e delle attività suggerite in questa pubblicazione ci si renderà conto che forse una definizione di energia è quasi superflua quando si siano approfonditi i suoi molteplici modi di apparire e nascondersi. Quando saranno conosciute le varieguate forme delle sue applicazioni e quando sarà studiata la sua "invasività" in tutti i processi naturali ed artificiali allora la sua natura più intima sarà svelata e compresa ed ogni classificazione risulterà superflua.

Ciò nondimeno non vogliamo sottrarci al dovere di fornire ai lettori più impazienti quella che risulta essere la definizione più diffusa di Energia...

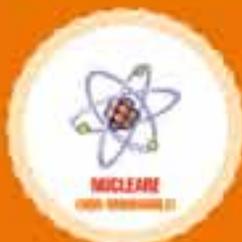
...l'attitudine di un corpo, o di un sistema, a produrre lavoro e a scambiare calore con l'ambiente che lo circonda.

Il poster illustra alcuni passaggi tra la forma energetica in entrata e quella in uscita di alcuni fenomeni o dispositivi di uso comune indicati sulle etichette. E' a disposizione anche la versione "muta" del poster, utile ausilio didattico, sulla quale le etichette possono essere apposte durante la discussione guidata dei processi di trasformazione corrispondenti.

FONTI, FORME E TRASFORMAZIONI DELL'ENERGIA



ALTRE FONTI DI ENERGIA



MOSTRA ENERGY TRANSFORMER: LE MILLE FACCE DELL'ENERGIA SOSTENIBILE

Generalità

La mostra è costituita da diversi dimostratori interattivi, fruibili singolarmente ed in gruppo, che sono disposti ed organizzati seguendo un preciso tracciato che ha lo scopo di "smascherare" l'identità dell'energia attraverso il suo "comportamento", le sue "attitudini", le sue "manifestazioni" in situazioni diverse e sorprendenti.

La maggior parte degli esperimenti è occasione di spunto per suggerire riferimenti ad azioni e oggetti di uso quotidiano che, normalmente, non vengono considerati alla luce delle leggi fisiche che li dominano e delle trasformazioni energetiche che inevitabilmente determinano. Molte esperienze sono riproducibili in ambito casalingo con oggetti di recupero o molto economici e, ovviamente, un po' di manualità.

Con questa formula si tenta di coinvolgere i ragazzi in questa attività che, in tempi recenti forse troppo trascurata, è certamente un ottimo esercizio per affinare spirito di osservazione, consapevolezza, creatività, manualità.

Le varie "isole" di dimostratori sono comunque pienamente fruibili indipendentemente dal percorso previsto e possono costituire degli eventi indipendenti e mirati ad evidenziare una certa legge fisica o un aspetto dell'energia.

Struttura del percorso

La prima tappa del percorso è finalizzata alla presentazione della "protagonista" della mostra e quindi le esperienze avranno l'obiettivo di chiarire alcune definizioni fondamentali connesse al concetto di energia:

1. Cos'è l'energia

Concetto di forza

Concetto di lavoro (e misura dell'energia)

Concetto di potenza (lavoro nel tempo)

Energia, attitudine a compiere lavoro

Chiariti questi concetti preliminari si potrà tentare di conoscere il comportamento ed il "carattere" dell'energia realizzando esperienze che possano verificare le affermazioni qui sotto espresse.

2. Proprietà dell'energia

- l'energia è qualche cosa che è "contenuta" in un corpo (oggetto) o un sistema
- può passare da un corpo o da un sistema ad un altro
- si può immagazzinare e conservare
- può assumere forme diverse (meccanica, termica, elettrica,)
- può trasformarsi da una forma all'altra
- passando da un sistema ad un altro o trasformandosi non si perde ma si ritrova magari in diverse forme e su più corpi o sistemi
- l'energia non si può creare né distruggere
- in ogni trasformazione l'energia si conserva ma diminuisce la sua attitudine a compiere lavoro
- per molte migliaia di anni la fonte primaria di energia per l'uomo è stata il Sole

Chiariti i principi basilari che governano le trasformazioni energetiche una successiva serie di considerazioni basate sulle seguenti affermazioni saranno spunto per osservazioni e considerazioni inerenti la sostenibilità, i costi, le influenze delle politiche energetiche sull'economia e sul clima, ecc.:

- passando da un sistema ad un altro, o trasformandosi, l'energia può svolgere compiti utili
- alcune forme di energia si possono considerare "più utili" di altre



- fonti rinnovabili di energia sono da privilegiare
- trasferendosi e trasformandosi, parte dell'energia "si degrada" in forme meno facilmente utilizzabili
- si possono definire dei "costi energetici", legati al fatto che "costa" avere a disposizione energia in forma utilizzabile
- si esamineranno gli effetti, i costi e la tendenza all'esaurimento dei combustibili fossili e delle fonti non rinnovabili di energia

Esposizioni sperimentali

I dimostratori e i dispositivi sperimentali si possono raggruppare in modo da costruire più linee di percorso anche in funzione delle esigenze e del livello di competenza dei fruitori:

- esperimenti inerenti la forza, il lavoro, la potenza;
- esperimenti inerenti le diverse forme di energia;
- esperimenti inerenti i passaggi e le trasformazioni di energia;
- esperimenti e considerazioni inerenti la "perdita" o il "degrado";
- esperimenti e considerazioni inerenti il "costo energetico"

ma anche, e più in generale:

- esperimenti inerenti il sole
- esperimenti inerenti la luce
- esperimenti inerenti la sostenibilità
- esperimenti inerenti le buone pratiche
- esperimenti inerenti l'effetto serra e il cambiamento climatico
- esperimenti inerenti le fonti rinnovabili
- esperimenti inerenti l'idrogeno
- esperimenti inerenti l'elettricità
- esperimenti inerenti l'edilizia sostenibile
- esperimenti inerenti l'efficienza e il risparmio dell'energia.

Tali percorsi, estratti dall'itinerario più generale **ET**, costituiscono particolarità e occasione per verificare principi, processi, inferenze e ipotesi d'applicazione delle leggi fisiche ai diversi campi: tecnologico, produttivo, edilizio, ambientale, economico, ecc.. Le tappe e le schede dei dimostratori, da usarsi nei diversi percorsi, saranno indicati su un'area del sito di APPA e APE opportunamente predisposta.

Per meglio comprendere questi aspetti più complessi dell'energia sono stati realizzati modellini rappresentativi dei seguenti impianti:

- centrale idroelettrica
- centrale eolica
- centrale solare a pannelli auto-orientanti
- un esempio di cogenerazione e teleriscaldamento
- una piccola pompa di calore applicata ad un modellino di abitazione
- un modellino di casa a basso consumo
- sezione petrolio-dinosauro (modello inteso a evidenziare gli effetti ambientali dell'utilizzo della risorsa petrolio)
- un modello di autovettura funzionante a idrogeno con stazione elettrolitica di rifornimento

Un'altra proposta che integrerà in futuro la mostra e che potremmo definire l'"isola dell'allegro scienziato" proporrà esperimenti e giochi scientifici insoliti, sorprendenti, curiosi e facilmente riproducibili (anche ripresi da vecchi libri di scienza dilettevole) al fine di offrire ulteriori spunti di riflessione su tutto ciò che ruota attorno alla fenomenologia energetica. Inoltre, se gli spazi espositivi lo consentiranno, sarà allestita una stanza, con la possibilità di creare un ambiente buio, per effettuare insolite esperienze di ottica e acustica.

I dimostratori

I dimostratori che compongono e raccontano il percorso-mostra ET sono congegni, dispositivi, giochi e apparecchiature in molti casi autocostruiti o acquistati in kit di montaggio o realizzati con materiali di recupero.

Tra i fornitori dei materiali e dei dispositivi ringraziamo **www.opitec.com**, **www.cittadelsole.it**, **www.futurarnet.it**, **www.foxeltn.com**.

Cenni sull'allestimento

Per gli espositori e arredi per la mostra si sono impiegati articoli in cartone ondulato riciclato, forniti da ditte specializzate.

Quale sostegno per i piani espositivi si è considerato coerente l'impiego di casse, in cartone, che possono diventare i contenitori dei dimostratori stessi in caso di trasferta.

Alcune parti dei dimostratori sono frutto del "riuso creativo" di materiali o dispositivi di provenienza varia (recupero da laboratori, da linee di produzione industriale, parti di macchine, prototipi e quant'altro) utilizzati in sostituzione di parti che avrebbero dovuto essere realizzate ex-novo. Non manca, infine, qualche pezzo scelto per la sua singolarità ed esposto come oggetto di "corredo", ma con finalità di incuriosire il visitatore ed essere spunto per accrescimento di conoscenza scientifica e tecnica.

Macrocategorie

La classificazione adottata in questo testo per la narrazione della fenomenologia energetica e del suo carattere "trasversale", ha portato a raggruppare in macrocategorie i numerosi dimostratori (esperimenti, dispositivi, giochi e fenomeni) a seconda delle diverse forme di energia contenute e per affinità tipologica, come da elenco che segue (*):

1. **ENERGIA ELETTROMAGNETICA** (spettro onde elettromagnetiche, luce visibile, radiazione solare, ottica, campo magnetico)
2. **ENERGIA ELETTRICA** (elettrostatica, corrente elettrica, campo elettroco, elettrodinamica)
3. **ENERGIA TERMICA** (calore, attrito, fluido-gasdinamica, moti molecolari)
4. **ENERGIA CHIMICA** (fotosintesi, combustione, entalpia, elettrochimica)
5. **ENERGIA MECCANICA** (cinetica, potenziale, elastica, moti rotazionali, onde acustiche, oscillazioni, muscolare)
6. **PROPULSIONI DIVERSE**
7. **MOTI PERPETUI APPARENTI**
8. **KIT E APPARATI** con trasformazioni energetiche multiple

(*) Si tenga conto che i criteri di raggruppamento dei dimostratori osservano principi di funzionalità didattica, e non rigorosamente scientifici, in quanto le diverse fenomenologie manifestate sono difficilmente incasellabili in uno schema univoco.

L'energia nucleare, geotermica e quella derivante dalle fonti fossili (petrolio, carbone e metano) sono presenti nella narrazione e nella stretta trama di relazioni tra le varie fonti energetiche, ma non sono rappresentate con dispositivi e dimostratori specifici.



La scheda tipo e i suoi principi guida

Per raccontare un fenomeno o un processo energetico in modo stimolante e curioso, completo e rigoroso, si deve tentarne una descrizione ampia ed interconnessa al maggior numero di aspetti che a quel fenomeno sono associati o associabili in modo il più possibile verosimile.

Per attuare questa operazione si è cercato di attribuire ad ogni dimostratore un nome accattivante ed evocativo. Si è pianificato di illustrare con parole semplici il suo meccanismo di funzionamento; si sono riportate le trasformazioni energetiche manifestate; si sono cercate le situazioni o i dispositivi di uso quotidiano attinenti a tali processi; si sono fornite indicazioni sul come autocostruirsi, con materiali poveri, quel dispositivo o esperimento; si sono individuate le buone pratiche di sostenibilità associabili all'esperimento; si sono illustrati i fondamenti scientifico-tecnologici da cui deriva il fenomeno; si sono incluse semplici formule e qualche riferimento teorico-storico insieme ad altre riflessioni su fenomeni affini.

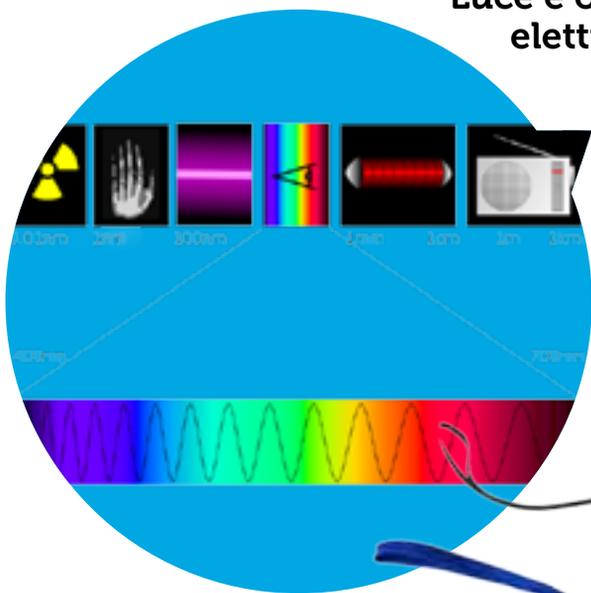
In sintesi le indicazioni che la scheda del dimostratore può contenere sono le seguenti:

- nome autodescrittivo
- macroarea energetica di appartenenza
- sottoarea energetica specifica di appartenenza
- le **Trasformazioni** energetiche manifestate
- descrizione del come funziona (**Come funziona**) (*)
- richiami al quotidiano di processi e fenomeni ai quali può essere correlato il dimostratore (**Dove lo trovo**)
- relazioni con le buone pratiche e la sostenibilità (connessione con la sostenibilità - elementi di risparmio, di benessere del clima, dell'ambiente e delle persone) (**Buone pratiche**)
- i casi nel mondo con selezione dei casi più strani e curiosi per altre considerazioni (**Lo sapevi?**)
- suggerimenti per la realizzazione del dimostratore con materiali poveri e di recupero (**Lo faccio io**)
- formule e riferimenti teorici (**Formule e dati**)
- spunti di riflessione (**Rifletti**)

(*) La pagina a fianco a quella delle schede riporta le corrispondenti immagini dei dimostratori per meglio descriverne visivamente il funzionamento.

Per motivi di spazio le schede complete saranno reperibili sul sito dedicato assieme ad altri approfondimenti per i docenti.

Luce e onde elettromagnetiche



Partendo dal fatto che ai nostri occhi risultano visibili solo le onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda (λ) compresa tra i 400 e i 700 nanometri (1nm=milionesimo di millimetro), possiamo iniziare il nostro viaggio sperimentale nel mondo dell'energia, con qualche emozionante gioco di scomposizione della luce visibile nelle frequenze che la compongono: i colori. Poi proseguiremo con tante altre emozionanti esperienze sulle mille facce dell'energia sostenibile in molte delle quali l'energia luminosa gioca un ruolo spesso fondamentale.

**I PROTAGONISTI
DELLA MOSTRA**

Energy Transformer

LE CATEGORIE ENERGETICHE

01	ENERGIA ELETTROMAGNETICA ONDE ELETTROMAGNETICHE LUCE VISIBILE RADIAZIONE SOLARE OTTICA CAMPO MAGNETICO	04	ENERGIA CHIMICA FOTOSINTESI COMBUSTIONE ENTALPIA ELETTROCHIMICA
02	ENERGIA ELETTRICA ELETTROSTATICA CORRENTE ELETTRICA CAMPO ELETTRICO ELETTRODINAMICA	05	ENERGIA MECCANICA CINETICA POTENZIALE ELASTICA MOTI ROTAZIONALI ONDE ACUSTICHE OSCILLAZIONI MUSCOLARE
03	ENERGIA TERMICA CALORE ATTRITO FLUIDO-GASDINAMICA MOTI MOLECOLARE	06	PROPULSIONI VARIE
		07	MOTI PERPETUI APPARENTI
		08	KIT E APPARATI

"SE ASCOLTO DIMENTICO, SE VEDO CAPISCO, SE FACCIO RICORDO"
Confucio

ENERGIA ELETTROMAGNETICA

OCCHIALI MULTISPETTRALI DI GOETHE

ELETTROMAGNETICA → ELETTROMAGNETICA

COME FUNZIONA

Le lenti di questi curiosi occhiali sono un filtro a reticolo di diffrazione (lastra di materiale trasparente con incisioni) che disperde la luce nelle sue componenti cromatiche; le fonti di luce e gli oggetti illuminati appaiono così contornati da un'aura che presenta varie gradazioni di colore appunto una cornice multispettrale.

TRASFORMAZIONI

L'energia che giunge ai nostri occhi, di natura elettromagnetica, eccita i coni della retina dell'occhio i quali la trasformano in segnale elettrochimico che giunge al cervello attraverso il nervo ottico che a sua volta la trasforma in immagine.

BUONE PRATICHE

Usare questo tipo di occhiale, oltre ad essere divertente, porta ad una visione della realtà molto singolare che ci ricorda che quello che vediamo non è sempre così inequivocabile ed oggettivo. Vi sono anche occhiali che deformano in molti modi il campo visivo o che moltiplicano n-volte l'immagine come fanno gli occhi di alcuni insetti.

POLAROIDI SCOMPOSITORI DI LUCE – SPECCHIO RIFRATTIVO

ELETTROMAGNETICA → ELETTROMAGNETICA

COME FUNZIONA

I filtri polarizzatori sono come "pettini" che filtrano la luce in base al piano di oscillazione dell'onda elettromagnetica. Se applichiamo alcuni strati irregolari di nastro adesivo su un pezzo di polaroid e lo sovrapporriamo ad un altro pezzo di filtro, ponendolo in controluce, osserviamo un gioco di campiture colorate che mutano il loro colore se ruotiamo uno dei filtri rispetto all'altro.

TRASFORMAZIONI

Il processo ottico in questo caso è molto diverso rispetto al precedente (e piuttosto complesso da spiegare), ma anche in questo esperimento i colori osservati dipendono dalle frequenze contenute nella luce che incide sui due polarizzatori e che i due film polarizzanti riescono a separare in base alla rotazione del piano di oscillazione delle varie frequenze ad opera dei diversi spessori del nastro adesivo.

BUONE PRATICHE

Gli occhiali con lenti polarizzanti consentono di rendere meno fastidiosa la luce e di vedere più nitidamente proteggendo contemporaneamente gli occhi da un inutile eccesso di radiazione luminosa.

PRISMA OTTICO

ELETTROMAGNETICA → ELETTROMAGNETICA

COME FUNZIONA

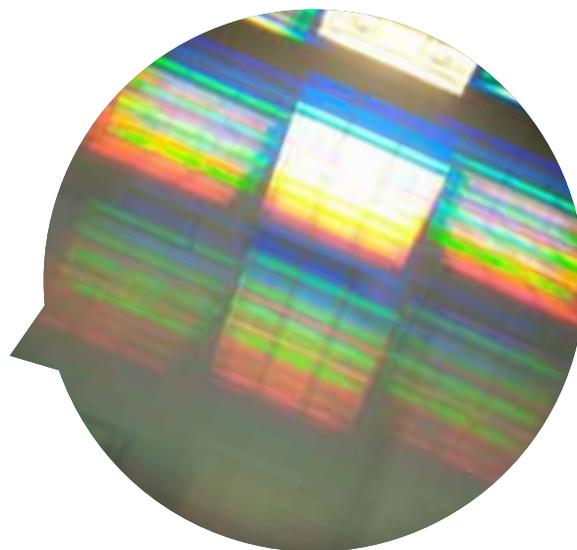
La radiazione che incide su una delle facce di un prisma solido a base triangolare, di materiale trasparente, subisce due rifrazioni ed esce dalla faccia opposta dispersa nelle sue componenti cromatiche.

TRASFORMAZIONI

Anche in questo caso non ha luogo nessuna trasformazione perché la luce subisce solamente la deviazione delle sue componenti cromatiche. Ciò accade perché la radiazione passa tra due materiali, aria-vetro, con indici di rifrazione diversi; l'angolo con cui viene deviata la luce dipende dalla frequenza delle sue componenti, cioè dal colore.

BUONE PRATICHE

Spesso su specchi d'acqua o nei porti si osservano galleggiare sull'acqua strati oleosi dai riflessi iridescenti (colori dell'iride): è probabile si tratti dell'effetto di perdita o sversamento di idrocarburi (gasolio, benzina) che galleggiando sull'acqua hanno un effetto simile a quello del prisma. È un empirico metodo di osservazione di inquinamento.

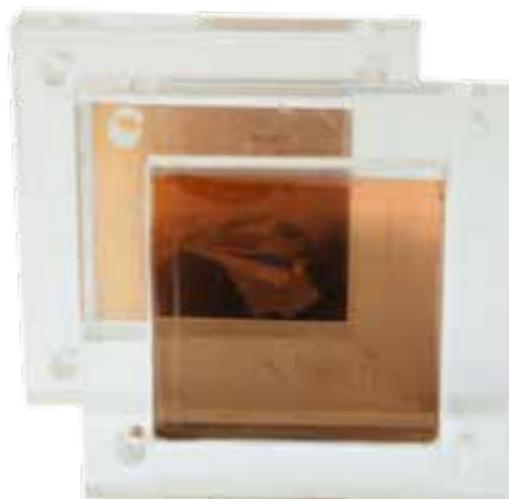


_0101

Specchio con reticolo diffrattivo per scomporre, nelle sue componenti cromatiche, la luce riflessa.



_0102



_0103

Le gocce d'acqua in sospensione nell'aria dopo un temporale agiscono come miliardi di piccoli prismi e scompongono la luce bianca del sole nelle sue componenti cromatiche: l'arcobaleno



_0104

MOTORE A LUCE O RADIOMETRO DI CROOKS

ELETTROMAGNETICA → TERMICA → MECCANICA (ROTAZIONALE) → TERMICA (ATTRITO)

COME FUNZIONA

Un mulinello con quattro palette con facce nere e riflettenti è posto tramite uno spillo su un supporto all'interno di un'ampolla di vetro che contiene gas rarefatto. L'idea del suo inventore era di dimostrare la natura anche corpuscolare della luce (quanti di luce), attraverso gli impulsi che i corpuscoli avrebbero dovuto esercitare sulle palette.

Quello che succede invece è che quando la luce colpisce la faccia scura delle palette, questa si riscalda maggiormente rispetto a quella chiara e quindi le molecole del gas contenuto nell'ampolla, che ne vengono a contatto, rimbalzano con più energia. Per reazione il lato scuro delle palette è spinto in verso opposto e il moto di rotazione risulta in senso anti orario.

TRASFORMAZIONI

L'energia radiante che incide sulle palette si trasforma in parte in calore ed in parte in energia cinetica di rotazione del mulinello. Per una spiegazione più dettagliata si veda la scheda sul sito di APPA.

BUONE PRATICHE

Possiamo osservare che il funzionamento del dispositivo è in buona parte dovuto al fatto che si sono tolti gli attriti in modo che possiamo osservare qualcosa che assomiglia alla "pressione della luce". L'attrito è una potente causa di dissipazione di energia. Quindi, un programma di efficienza energetica non deve mai trascurare le perdite energetiche dovute agli attriti.

VEICOLI SOLARI

ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Il principio di funzionamento è basato sul fatto che l'energia elettrica generata dalla cella fotovoltaica alimenta motorini che muovono gli ingranaggi che fanno girare ruote ed oscillare eccentrici.

RIFLETTI

I veicoli elettrici in generale sono la mobilità del futuro e apporteranno numerosi vantaggi: ottima efficienza, abbattimento della CO₂, risparmio economico, silenziosità, quasi nulla manutenzione, miglioramento della qualità dell'aria nelle città.

TRASFORMAZIONI

La cella fotovoltaica esposta ad una fonte di luce trasforma l'energia radiante che la colpisce in corrente elettrica. La corrente elettrica alimenta il motorino il quale a sua volta trasforma l'energia elettrica in energia meccanica facendo muovere le ruote della vettura o i remi della barchetta.

BUONE PRATICHE

I veicoli elettrici, come le bici a pedalata assistita, si stanno diffondendo anche in provincia di Trento dove vengono incentivati e dove è già attiva una rete di colonnine elettriche con abbinate rastrelliere per bici elettriche che possono essere prelevate con una tessera (electric bike sharing). Talune di queste "isole" di ricarica sono dotate di copertura fotovoltaica che contribuisce a fornire energia elettrica direttamente dal Sole.

LO ZOO SOLARE

ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Per questi animaletti solari vale quanto detto per i veicoli solari salvo il fatto che sono necessari ingranaggi e leverismi per trasformare il moto dell'asse del motorino in moti regolari ciclici.

TRASFORMAZIONI

Il moto di rotazione dell'asse del motorino è frutto dell'elettricità della cella FV alimentata dalla luce. Poi questa energia si trasforma in movimento delle varie parti degli animaletti "solari".

LO FACCIO IO

Ad un guscio di noce dipinto si applicano con colla a caldo sei pezzi di leggero filo d'acciaio per fare le zampette, si recupera un micro motore da un cellulare dismesso (attiva il **vibracall**) che va incollato all'interno del guscio e, infine, si collega elettricamente al motorino una cella solare smontata da una vecchia calcolatrice solare: ecco realizzato un curioso insetto solare che esposto alla luce saltellerà.



_0105



Solarworld è un veicolo solare. Questo prototipo è stato progettato da un gruppo di ingegneri dell'Università di Bochum in Germania per partecipare alla famosa World Solar Challenge: un gara tra veicoli a propulsione solare su un tragitto lungo circa 4.000 Km in Australia.

Due giovani ingegneri roveretani hanno inventato un piccolo natante che utilizza una capote fotovoltaica per alimentare il motore elettrico che lo muove; in una giornata di sole riesce a spostarsi sull'acqua a costo e a inquinamento zero (vd. sito Garda Solar).



_0106



_0107



_0108



_0109

È necessario illuminare i giochi solari con una lampada alogena da almeno 35 W



_0110



_0111



_0112

DIMOSTRATORE EFFETTO SERRA

ELETTROMAGNETICA → TERMICA

COME FUNZIONA

Il dispositivo si compone di due camere identiche con fondo di metallo annerito in cui trovano alloggio i sensori di due termometri digitali con il display posto su un frontalino. Su una delle due camere è possibile applicare un vetro. Le temperature inizialmente

segnano un valore identico, ma se esponiamo alla luce diretta l'apparato e posiamo il vetro su una delle due camere, dopo qualche minuto, osserviamo un significativo incremento di temperatura nella camera coperta dal vetro.

BUONE PRATICHE

L'effetto serra sta pregiudicando il clima del pianeta pertanto è importante conoscerne bene il suo funzionamento. Analogamente a come nell'abitacolo di un veicolo esposto al sole in estate la temperatura si eleva notevolmente rispetto all'esterno, così in un'abitazione l'input solare può surriscaldare gli ambienti d'estate, ma anche aiutare a riscaldare d'inverno. Se utilizziamo correttamente infissi e finestre, in estate e inverno, possiamo ottenere sensibili risparmi sul riscaldamento e

sul condizionamento (vd. casa sostenibile). È utile notare che serre, verande e "wintergarten", se ben progettate, sono un elemento architettonico che aumenta l'efficienza energetica di una casa permettendo di utilizzare al meglio il soleggiamento. Anche gli oggetti sopra le finestre, i sistemi frangisole regolabili e le pareti Trombe, insieme ai vari sistemi di ombreggiamento, possono contribuire sensibilmente a migliorare la resa energetica di un edificio.

FORNO SOLARE

ELETTROMAGNETICA → TERMICA

COME FUNZIONA

La parabola a pareti metallizzate di questo dispositivo, se orientato verso il sole, consente di intercettare i suoi raggi e di farli convergere in una zona, detta "fuoco della parabola", dove è posizionato un contenitore con dell'acqua e un termometro. Il termometro informa sulla temperatura alla quale l'energia solare, ivi concentrata, ha portato l'acqua.

BUONE PRATICHE

Questa modalità molto utile di usare l'energia solare per riscaldare il cibo si sta diffondendo in molti paesi poveri; così si evita l'utilizzo di legname (e dunque il disboscamento e conseguente desertificazione) e si abbatta l'emissione di inquinanti pericolosi. Il concentratore consente di cucinare le pietanze eliminando anche il costo e i tempi di acquisto e di reperimento di altri combustibili.

LO SAPEVI?

Con una tecnologia analoga a questa, con materiali poveri e di facile reperibilità, alcune ONG costruiscono degli essiccatori solari, molto utili nei paesi a basso reddito, perchè permettono di asciugare cibi e frutta così che possano essere meglio conservati per un periodo più lungo. Una tecnologia simile permette anche di depurare o dissalare l'acqua (dissalatori solari).

BASETTA FOTOVOLTAICA + TELECOMANDO A RAGGI INFRAROSSI

1. ARGANELLO: ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA → MECCANICA (ROTAZIONALE) → MECCANICA (CINETICA) → MECCANICA (POTENZIALE)
2. GALVANOMETRO: ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA → CAMPO MAGNETICO
3. CELLA FOTOVOLTAICA: ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Questo kit, composto da tre elementi collegabili tra loro elettricamente con connettori in diverse configurazioni, consente alcune esperienze che illustrano gli effetti dell'energia radiante che colpisce una cella FV. La cella collegata al galvanometro mostra la quantità di corrente che diverse fonti e intensità luminose incidenti sulla cella possono

generare. Orientando e attivando un telecomando sulla cella si vede come essa sia sensibile anche ai raggi infrarossi che la colpiscono. Illuminando con una lampada il pannello FV, a sua volta collegato al motorino (arganello solare con rocchetto e filo), si può sollevare un peso di qualche grammo.

BUONE PRATICHE

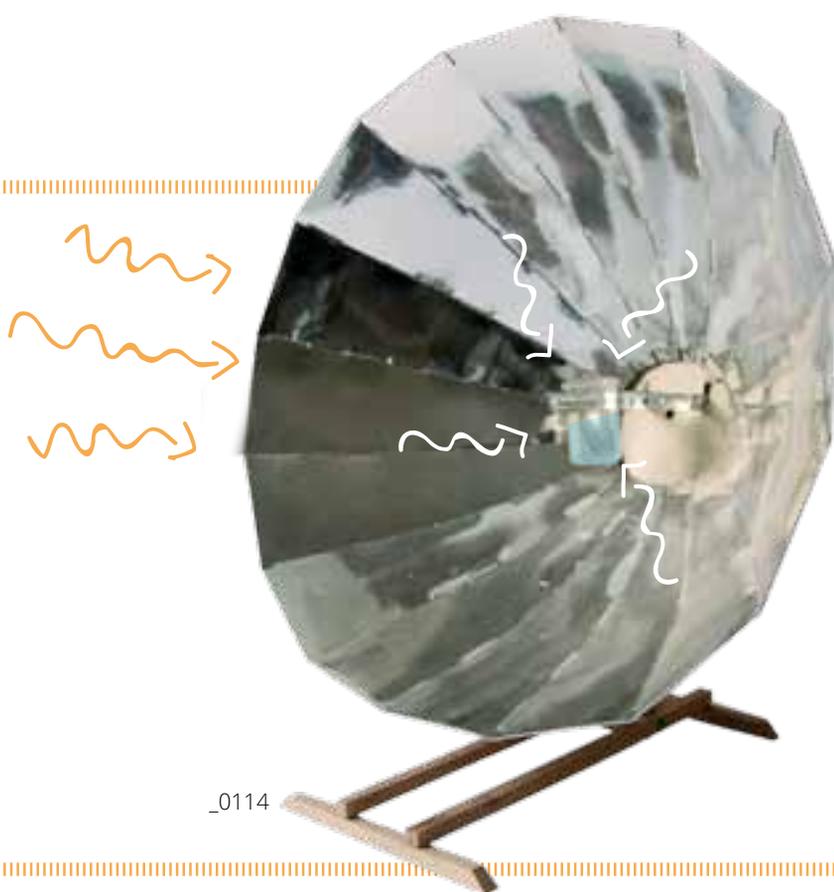
Questo dispositivo consente di capire che i pannelli FV trasformano in energia la luce e le onde EM anche se la luce non è diretta e anche se le frequenze non sono quelle della luce visibile.

TRASFORMAZIONI

Le trasformazioni osservabili con questo dimostratore sono diverse a seconda di come si connettono i due utilizzatori alla cella FV. Si tratta di passaggi da energia elettromagnetica a elettrica che poi si può trasformare in meccanica (carrucola) o in magnetica (galvanometro).



_0113



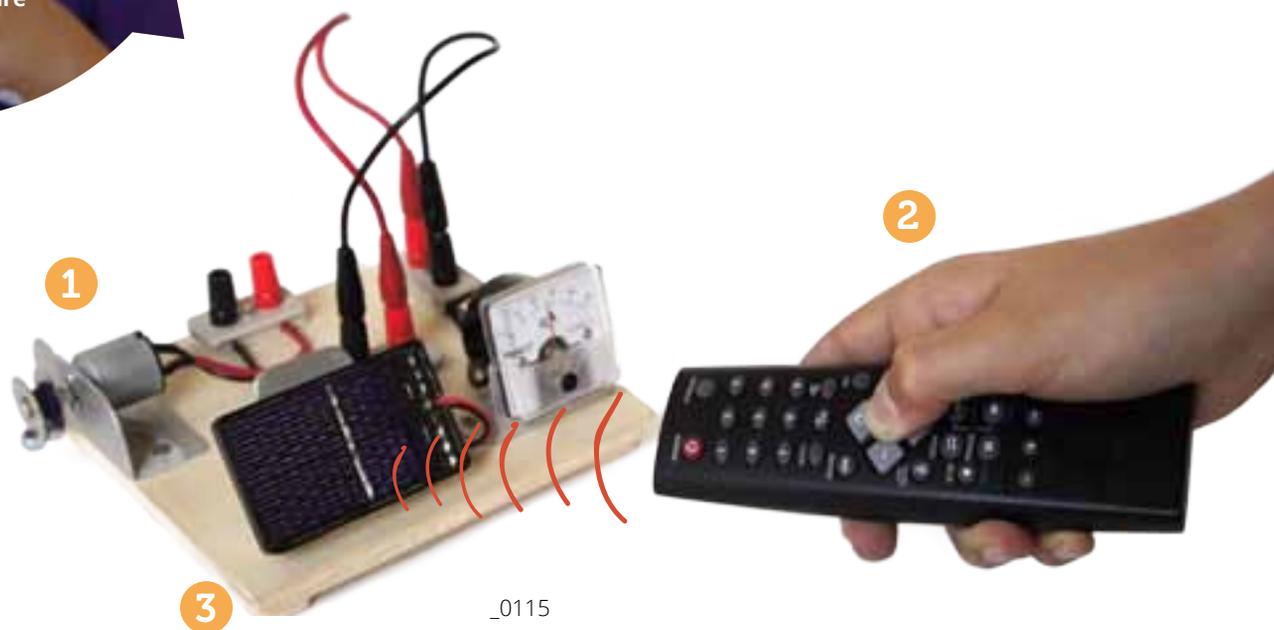
_0114



Le frequenze dell'infrarosso si possono osservare con la videocamera di un telefono palmare

LO FACCIO IO

Il dimostratore è particolarmente semplice da replicare e può essere costruito con un vecchio motorino, una cella di silicio e un galvanometro come quelli presenti su vecchi impianti stereofonici.



_0115

POZZO SOLARE

ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA → MECCANICA (CINETICA) ↔ MECCANICA (POTENZIALE)

COME FUNZIONA

Con questo allestimento si vuole simulare come l'uso di una cella fotovoltaica che alimentando un motorino elettrico possa essere usata per sollevare vari tipi di materiali (ad es. acqua) convertendo energia radiante in energia potenziale.

TRASFORMAZIONI

L'energia radiante incide sulla cella FV che la trasforma in elettricità la quale alimenta il motorino che fa salire il secchio attraverso una carrucola. E' superfluo accennare alla grande diffusione degli impianti fotovoltaici che sfruttano l'irraggiamento solare e lo convertono, attraverso un dispositivo detto inverter, in

corrente alternata che serve l'impianto elettrico domestico o che viene immessa nella rete elettrica. Ovviamente questa corrente può essere usata anche per alimentare arganelli e sollevatori (conversione da energia radiante a potenziale) e, comunque, per alimentare tutti i dispositivi che utilizzano corrente elettrica.

BUONE PRATICHE

Una tecnica simile può essere applicata presso pozzi posizionati in aree con difficile accesso alla rete elettrica come le zone siccitose o desertiche dove, tra l'altro, l'irraggiamento solare generalmente è piuttosto buono.

MODELLO CASA A RISPARMIO ENERGETICO

ELETTROMAGNETICA → TRASFORMAZIONI VARIE CON DIVERSI UTILIZZATORI

COME FUNZIONA

Il modello in polistirolo di casa sostenibile rappresentato in figura è fornito con un manuale che ne descrive il montaggio e le numerosissime esperienze che si possono eseguire con le diverse parti che corredano il kit. Se ne ricavano informazioni utili alla comprensione delle principali tecnologie utilizzate negli edifici passivi (passive house) e a basso consumo di energia e dei principi fisico-tecnici alla base dell'efficienza e del risparmio energetico e delle numerose applicazioni delle energie provenienti da fonti rinnovabili.

BUONE PRATICHE

Da questo dimostratore si apprendono, in modo sperimentale e molto efficace, le numerose informazioni che tradotte in comportamenti applicati quotidianamente nella gestione della casa nella quale viviamo o dell'edificio in cui lavoriamo possono tradursi in notevoli risparmi. Questo sia in termini di consumo per il riscaldamento e il raffrescamento sia in termini di consumo di acqua e corrente elettrica. Inoltre si può comprendere anche l'utilità di componenti edilizi, come una serra o un frangisole, applicati correttamente.

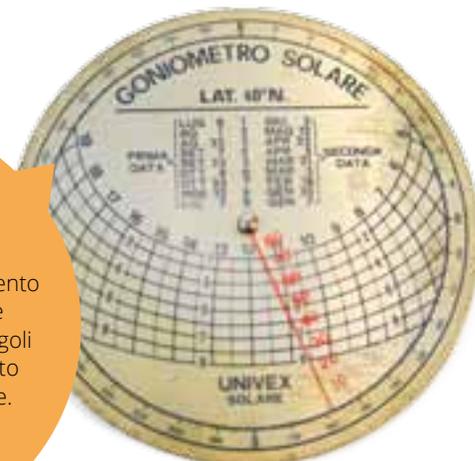
NB:

Tra i dimostratori in fase di costruzione è prevista una riproduzione in scala di una struttura abitativa ecosostenibile che esemplifica la complessa rete impiantistica e le funzionalità di alcune soluzioni o elementi architettonici di un ideale modello di casa passiva. La casa passiva è un edificio nel quale il bilancio energetico può risultare addirittura positivo. Tale dimostratore darà modo di riprendere e approfondire alcuni temi importanti come la certificazione energetica degli edifici, i ponti termici e le pompe di calore.

Scala di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici secondo il sistema adottato dalla Provincia Autonoma di Trento.



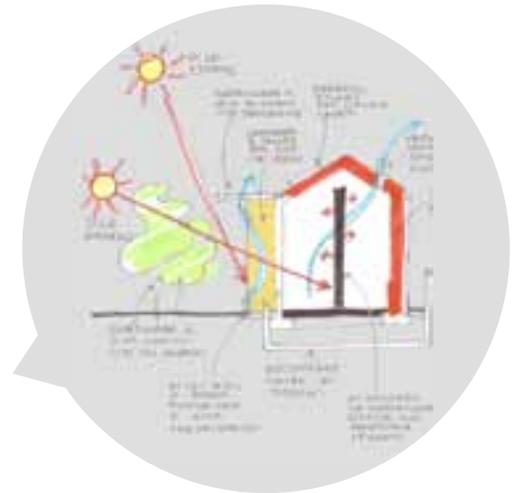
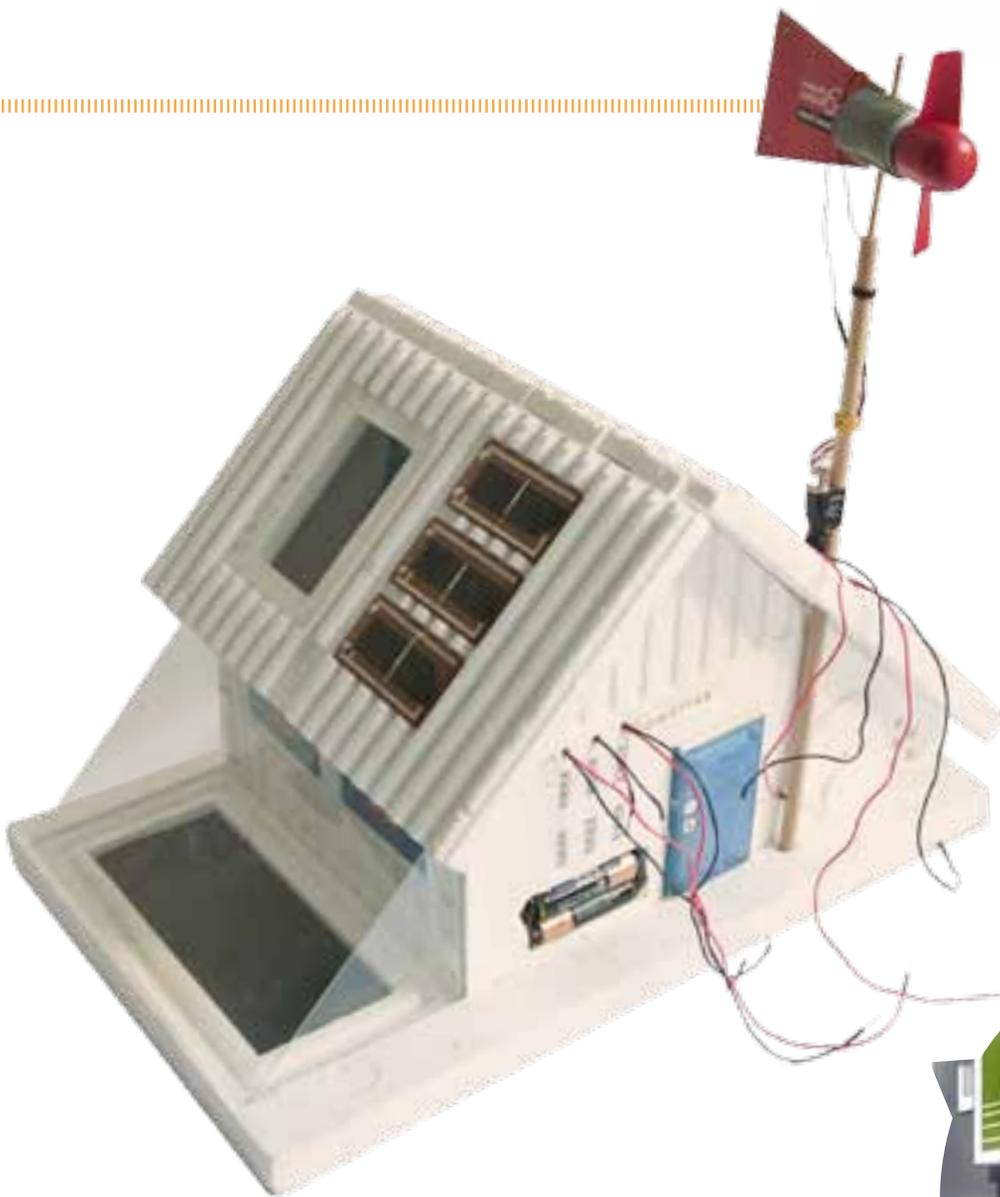
Lo strumento a disco è un goniometro solare: uno strumento utile ad individuare il valore annuale e giornaliero degli angoli di incidenza dell'irraggiamento solare ad una data latitudine.



_0118

FORMULE

La formula $E = mgh$ ci dice che l'energia potenziale di un corpo posto in una posizione nel campo gravitazionale terrestre dipende dalla distanza h (in metri) da un punto preso a riferimento "0", dal suo peso m (in kg) e dall'accelerazione di gravità terrestre g (9,8 m/sec²).



Elementi architettonici e processi di funzionamento dell'edilizia a basso consumo



CENTRALE SOLARE TERMODINAMICO

ELETTROMAGNETICA → TERMICA → MECCANICA → ELETTROMAGNETICA → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Il dimostratore illustra il sistema di produzione di energia elettrica ideato da Carlo Rubbia (in Italia il progetto si chiama Archimede). Tale centrale sfrutta l'energia luminosa solare riflessa da un campo di specchi a inseguimento solare (eliostatici) che la concentrano sul crogiolo di una fornace posta su un'alta torre e dove fonde una miscela di sali di sodio e potassio che possono così raggiungere i 500-

600°C di temperatura. Questa energia viene poi convogliata in appositi serbatoi di accumulo ove hanno sede gli scambiatori che trasferiscono il calore all'acqua che, trasformata in vapore, fa muovere sistemi a turbina/alternatore che generano corrente elettrica poi immessa nella rete di distribuzione.

TRASFORMAZIONI

L'energia elettromagnetica solare concentrata sulla fornace si trasforma in calore entalpico nei sali fusi che vengono condotti ad un grande serbatoio d'accumulo. Successivamente tali sali trasferiscono il loro calore ad un altro circuito in cui scorre acqua che da liquida passa a vapore. Il vapore cede alle turbine l'energia termica che si converte in energia meccanica di rotazione dell'alternatore che produce corrente elettrica alternata.

BUONE PRATICHE

La Spagna sta installando una cinquantina di queste centrali in territori assolati e desertici e prevede di produrre, a regime, energia elettrica per un milione di famiglie.

DATI

7 m² di specchi equivalgono ad una produzione annuale di 1 TEP (tonnellata equivalente di petrolio).

CAMPO FOTOVOLTAICO

ELETTROMAGNETICA → FOTOELETTRICA → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Questo tipo di impianto, ormai molto diffuso, sfrutta la luce del sole per produrre corrente elettrica continua (da pannelli fotovoltaici) che, successivamente convertita in alternata a 220 Volt da un dispositivo detto inverter, può essere immessa nella rete elettrica (scambio sul posto) o utilizzata direttamente dal produttore. Le celle fotovoltaiche trasformano per effetto fotoelettrico la luce solare in corrente elettrica. L'effetto fotoelettrico è basato sulla capacità dei fotoni (energia luminosa),

incidenti su certi materiali, detti semiconduttori, di trasferire la propria energia agli elettroni e di farli passare in una zona del materiale in cui si possono muovere liberamente (banda di conduzione). Nell'area di giunzione di materiali semiconduttori, "drogati" con altri opportuni elementi chimici, gli elettroni sono sottoposti ad una differenza di potenziale. In questo modo si genera quel flusso di corrente elettrica fornito dai pannelli fotovoltaici.

TRASFORMAZIONI

L'energia solare che cade sul silicio, materiale di cui sono composte le celle solari, produce, per effetto fotoelettrico, cariche positive e negative ovvero un flusso di corrente elettrica. La corrente elettrica, in questo caso è corrente continua perché scorre solo in una direzione, è la tipologia energetica più "pregiata" perché è utilizzabile per una vasta gamma di impieghi (trazione, illuminazione, riscaldamento, ecc.). Tale corrente per l'immissione in rete e per l'utilizzo domestico deve essere convertita in corrente alternata ed essere elevata alla tensione di 220 Volt.

LO SAPEVI?

Il "conto energia" è una formula che permette ai possessori di tali impianti di utilizzare l'energia prodotta e di immettere in rete la restante vendendola all'Ente gestore (GSE). In tal modo il costo di un impianto siffatto si ammortizza in qualche anno. Sempre di più la rete elettrica è orientata a diventare un sistema intelligente che ottimizza gli scambi e i flussi energetici tra i fornitori e gli utenti connessi (smart grid).

VALIGETTA KIT FOTOVOLTAICO

ELETTROMAGNETICA → VARIE TRASFORMAZIONI CON DIVERSI UTILIZZATORI

COME FUNZIONA

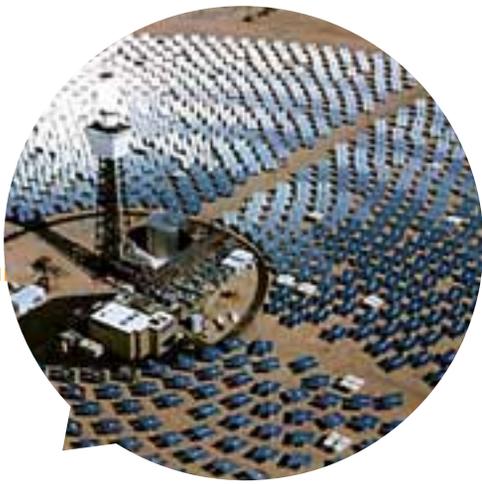
Questa valigetta per la didattica dell'energia fotovoltaica, utilizzata dalle scuole professionali tedesche, contiene una serie di componenti e i cablaggi per collegarle e consente di allestire numerose configurazioni e impieghi della corrente prodotta dal piccolo pannello fotovoltaico in dotazione.

TRASFORMAZIONI

Questo kit è formato da un insieme di componenti che permettono di sperimentare diverse configurazioni circuitali in cui l'energia elettrica fornita da una cella fotovoltaica e da un accumulatore al piombo viene misurata, analizzata e utilizzata da una serie di strumenti. Le trasformazioni in gioco, quindi, sono molteplici e vengono analizzate caso per caso.

BUONE PRATICHE

La valigetta permette di comprendere la tecnologia, i valori e i parametri di applicazione dell'energia di origine fotovoltaica ad una serie di utilizzatori come lampade led, sensori di prossimità, ecc.. Con questo kit si acquisisce dimestichezza con semplici schemi circuitali analoghi a quelli che deve conoscere un impiantista di sistemi fotovoltaici domestici.

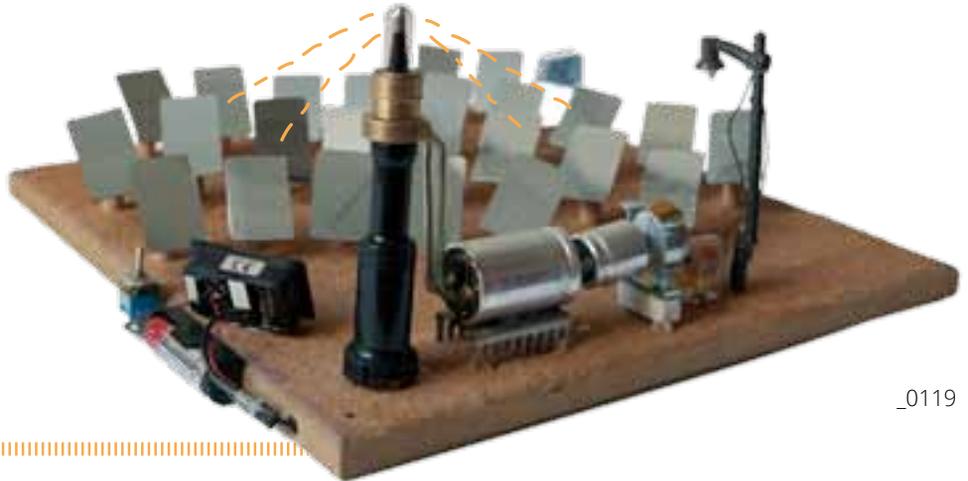


La prima centrale solare a concentrazione: la SolarOne



LO SAPEVI?

Il primo impianto solare a concentrazione simile a quello ideato da Rubbia è stato realizzato nel 1980 nel California Mojave desert, la Solar One e forniva corrente elettrica a 35.000 abitazioni, ma di notte e durante le giornate nuvolose disponeva di una centrale tampone a gas per non interrompere la produzione di energia elettrica. La centrale Solar One ha funzionato tra il 1982 e l'86 mentre la Solar Two ha funzionato tra il 1995 e il 1999.



_0119

BUONE PRATICHE

Il futuro sistema intelligente di distribuzione della corrente elettrica consentirà di utilizzare i contributi di tanti piccoli e medi impianti solari per tamponare i picchi di massima richiesta elettrica evitando di tenere in attività gli impianti termoelettrici di taglia grande che hanno solo questa funzione tampone. Ciò renderà efficiente il sistema e permetterà notevoli economie di scala con in più un significativo abbattimento della CO₂.



LO SAPEVI?

Il nostro paese ha installato a tutt'oggi un parco fotovoltaico con una potenza di picco di 10 GW (1 giga Watt = 1 miliardo di Watt). Ad Imola è stato inaugurato un impianto FV galleggiante di 5.500 m² che alimenterà le case di 240 famiglie e che non occupa suolo fertile, ma galleggia su un lago artificiale. In Italia a fine maggio il 2012 risultavano installati 400.000 impianti per una potenza complessiva di 14 GW, l'8% del fabbisogno elettrico nazionale.

_0120



_0150

ENERGIA ELETTRICA

ELETTROSCOPIO A FOGLIE E GENERATORE PIEZOELETTRICO

MECCANICA (ATTRITO) → ELETTROSTATICA

COME FUNZIONA

L'elettroscopio a foglie registra la presenza di uno sbilanciamento tra cariche positive e negative su se stesso attraverso la divaricazione delle due laminette metalliche contenute al suo interno. Cariche dello stesso segno si respingono mentre se di segno diverso si attraggono. Il palloncino gonfio, inizialmente neutro (avvicinato all'elettroscopio le foglie restano immobili), si carica se strofinato su una stoffa. Avvicinando ora il palloncino alla sferetta dell'elettroscopio

osserviamo che le foglioline, si divaricano perché caricate elettricamente per induzione. Lo stesso si potrà ottenere premendo un accendigas in prossimità della sferetta. Ma in questo caso le cariche migreranno sull'elettroscopio lasciandolo stabilmente carico e le foglie resteranno divaricate. Basterà toccare con un dito la sferetta per scaricare a terra le cariche in esubero e per far ritornare in equilibrio elettrico le due lamine.

TRASFORMAZIONI

In queste esperienze si può parlare di passaggio di cariche e non tanto di trasformazione di energia. Infatti le cariche portano con sé un invisibile campo elettrico che agisce e influenza il comportamento delle altre cariche poste nelle vicinanze. Ecco che il movimento delle cariche prodotto dalla forza del campo elettrico può essere assimilato a deboli passaggi di cariche statiche e quindi a energia elettrostatica.

BUONE PRATICHE

La presenza nell'aria di ioni negativi sembra avere effetti benefici sull'organismo (il principio viene applicato anche nei moduli delle stazioni spaziali orbitanti). A tale scopo si vendono i cosiddetti ionizzatori per caricare l'aria elettricamente di segno negativo. Molto fastidiose invece sono le scariche che, nei periodi di tempo asciutto, riceviamo magari scendendo dall'automobile. Ciò avviene perché la carrozzeria si carica elettricamente per attrito e quando scendiamo e la tocchiamo, essa si scarica a terra attraverso di noi.

LATTINA E PALLONCINO

MECCANICA (ATTRITO) → CAMPO ELETTROSTATICO → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Una lattina metallica è posta orizzontalmente. Si gonfia un palloncino e lo si avvicina alla lattina, senza contatto, dopo averlo strofinato sulla manica (elettrizzazione per strofinio). Si osserverà che il palloncino esercita un'attrazione elettrostatica sulla lattina provocandone la rotazione.

TRASFORMAZIONI

Il campo elettrostatico di attrazione si è trasformato in una forza che fa accelerare la lattina e dunque in energia meccanica rotazionale.

BUONE PRATICHE

Un'applicazione dell'attrazione elettrostatica si ha anche in alcuni dispositivi per le pulizie. Spesso questi accessori per pulire la casa sono resi più efficaci se inumiditi. Il vantaggio di questi metodi risiede nel fatto che non sono sistemi usa e getta e che quindi non producono rifiuti e sono dunque da preferire.

GENERATORE TESLA PER ALTISSIME TENSIONI

ELETTRICA → CAMPO ELETTTRICO/MAGNETICO → LUMINOSA/TERMICA (PLASMA)

COME FUNZIONA

Il dimostratore prende il nome dal suo inventore: Nikola Tesla. Questo dispositivo è composto da un circuito di controllo che alimenta, con un segnale elettrico ad alta frequenza, una bobina di poche spire di rame che è accoppiata ad un'altra con molte spire avvolta sullo stesso cilindro di materiale isolante. Quando la regolazione pone

le due bobine in condizione di risonanza dalla bobina superiore iniziano a sprigionarsi scariche elettriche ad alta tensione. Un tubo fluorescente, tenuto in mano in prossimità della sommità del cilindro del Tesla, innesca il processo di scarica e si accende fino al punto in cui la mano lo impugna.

TRASFORMAZIONI

L'energia elettrica immessa attraverso il circuito che genera il segnale ad elevata frequenza si trasforma in calore, energia acustica ed energia radiante prodotti dalle scariche elettriche nelle quali troviamo il 4° stato della materia, il plasma (miscela di elettroni, fotoni e ioni che si urtano con elevata energia cinetica).

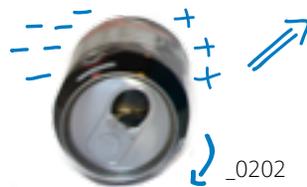




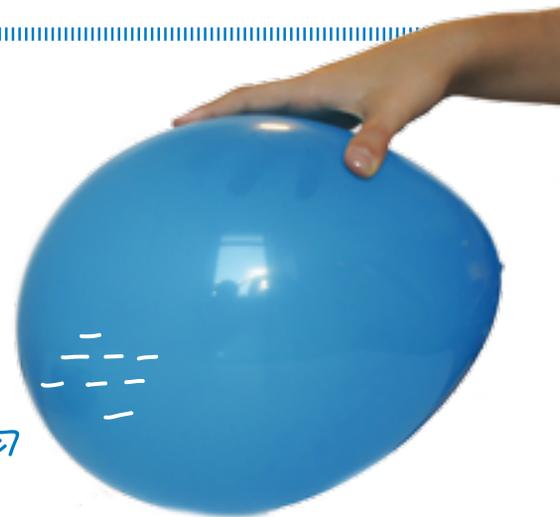
_0216



_0201



_0202



_0203

LO SAPEVI?

Il fisico Tesla, figura piuttosto discussa e dimenticata che ha operato a cavallo tra il 19° e 20° secolo, è padre di tanti dispositivi elettrici e della diffusione generalizzata della corrente alternata. Molte delle sue ricerche e dei suoi brevetti sono caduti nell'oblio, ma sembra che le sue ricerche, riprese da altri, abbiano condotto a molte delle moderne apparecchiature a corrente alternata che utilizziamo quotidianamente.

CORRENTI PARASSITE DI FOUCAULT

MECCANICA (POTENZIALE) → MECCANICA (CINETICA) → CAMPO MAGNETICO → ELETTRICA → TERMICA

COME FUNZIONA

Una coppia di tubi sostenuti verticalmente sono composti di materiali diversi (metallo e isolante). Si lascia cadere all'interno dei tubi, in successione, prima un corpo cilindrico di ferro e poi uno analogo di neodimio magnetizzato. Si ponga attenzione sulla diversa velocità di caduta. Le leggi di induzione elettromagnetica (di Faraday e di Lenz) ci aiutano

a capire ciò che succede. Nel tubetto metallico di plexiglass ambedue i cilindri cadono per gravità con un'accelerazione di $9,8 \text{ m/s}^2$ e così pure il cilindro di ferro nel tubetto di alluminio. Il magnete invece, muovendosi in caduta, investe con il suo flusso di campo magnetico gli elettroni del metallo generando così una forza elettromotrice e quindi una corrente elettrica; tale corrente

genera un campo magnetico che, per la legge di Lenz, si oppone al campo magnetico che ha l'ha generata. L'effetto è quello di rallentare la caduta del magnete. Se sul tubicino di alluminio si effettua un taglio longitudinale le correnti saranno interrotte e scomparirà il loro effetto "frenante" sul magnete che scenderà così con la consueta accelerazione di gravità terrestre.

TRASFORMAZIONI

L'energia potenziale del cilindro si trasformerà in gran parte in calore dissipato per effetto Joule dalle correnti elettriche generate nel metallo dall'induzione magnetica.

GENERATORE ELETTRICO AD INDUZIONE MAGNETICA CON LED

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (CINETICA) → MAGNETICA/ELETTRICA → ELETTROMAGNETICA (LUMINOSA)

COME FUNZIONA

La legge dell'autoinduzione elettromagnetica trova una semplice applicazione in questo dispositivo che, come illustrato dalla foto, funziona a scuotimento. Un magnete viene fatto scorrere su e giù attraverso una bobina alla quale è collegato in serie un LED. L'accensione ad impulsi del LED indica che una corrente elettrica è prodotta al passaggio del magnete nella bobina. Il flusso del campo magnetico B variabile che investe la bobina spinge gli elettroni del filo a muoversi ordinatamente producendo una corrente elettrica sufficiente ad accendere il LED.

TRASFORMAZIONI

L'energia muscolare si trasforma in energia cinetica del magnete che spazzolando con il suo campo la bobina diventa energia elettrica che a sua volta diventa energia luminosa attraverso il LED.

BUONE PRATICHE

L'applicazione di un magnete solidale al mozzo delle ruote di un veicolo in prossimità di un avvolgimento elettrico, genera, durante il moto, una corrente elettrica che agisce da freno (correnti parassite) e che, contemporaneamente, potrebbe caricare le batterie trasformando l'energia cinetica in elettrica. Sono molti i veicoli

elettrici che montano dispositivi per il recupero energetico in fase di frenata o in caso di percorso in discesa. Il fenomeno illustrato è pure applicato nelle torce elettriche a LED generalmente dotate anche di un condensatore elettrolitico che consente di accumulare l'energia elettrica prodotta.

PENDOLI ELETTRO-MAGNETICI "EMPATICI" (AD INTERAZIONE DI CAMPO)

MECCANICA (CINETICA) → ELETTRICA/MAGNETICA → MECCANICA (CINETICA) → TERMICA (ATTRITO)

COME FUNZIONA

Due stativi posti a qualche metro di distanza sostengono un forte magnete di neodimio sospeso con filo di nylon a sfiorare un avvolgimento di filo di rame con molte spire posto alla base. Le bobine dei due allestimenti sono connesse in serie elettricamente. Se si fa oscillare uno dei due pendoli magnetici, per il principio dell'induzione magnetica in una bobina, si genererà una corrente

elettrica che cirolerà anche nella seconda bobina posta a distanza; in tal guisa la seconda genererà a sua volta un campo magnetico che interagirà con il magnete soprastante facendolo oscillare mentre il primo sarà nel contempo frenato. La successione di "stop and go" dei due pendoli rivela uno scambio di campi elettrici e magnetici variabili.

TRASFORMAZIONI

L'energia del campo magnetico in movimento muove cariche elettriche delle bobine che generano un campo magnetico che a sua volta interagisce con quello del magnete, facendolo oscillare, trasformandosi così in energia meccanica.

BUONE PRATICHE

In questa esperienza si osservano le interazioni elettromagnetiche presenti anche in molti dispositivi che trasmettono segnali sia via cavo che wireless. Si pensi anche al riscaldamento dei cibi per induzione di certi piani-cucina che fanno risparmiare energia o ai sistemi di ricarica elettrica di piccoli elettrodomestici che non necessitano di contatto elettrico tra le parti.

BUONE PRATICHE

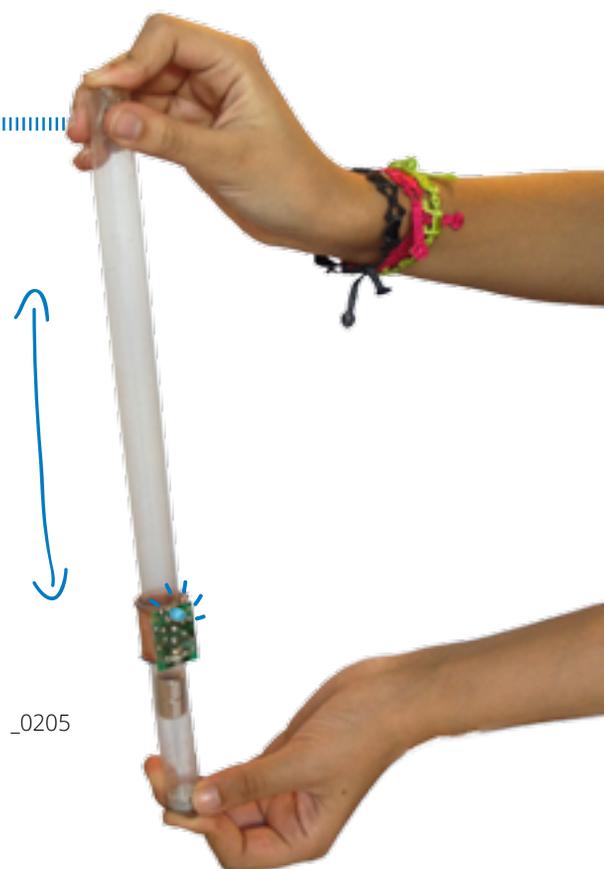
Il fenomeno illustrato è applicato nella frenatura dei treni: un potente elettromagnete collocato in prossimità delle ruote metalliche induce correnti nel metallo che tendono a generare campi magnetici tali da ostacolarne il moto.



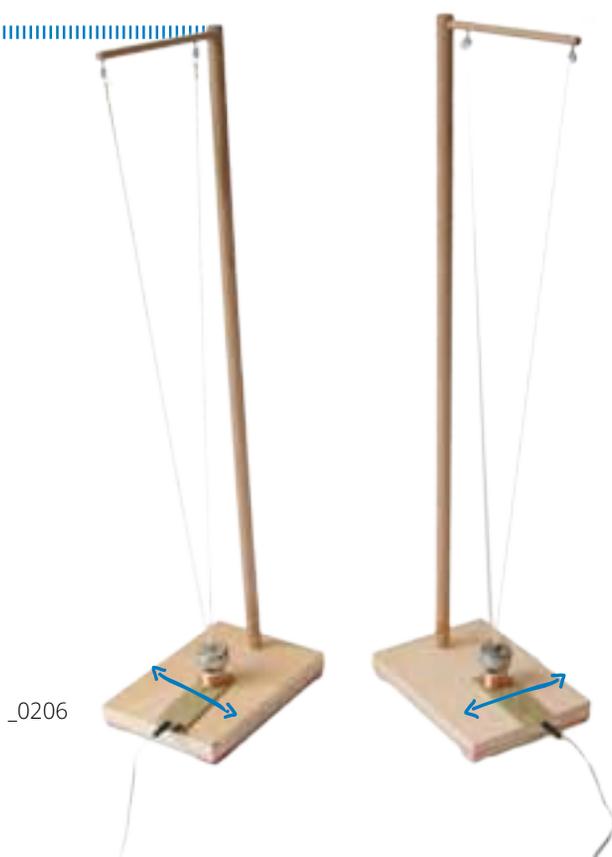
_0204

LO FACCIO IO

Applica un centinaio di spire di sottile filo di rame smaltato attorno ad un tubetto di cartone o di plastica di due cm di diametro. Inserisci un magnete cilindrico tale da poter scorrere liberamente nel cilindro che avrai cura di chiudere ai due capi. Collega elettricamente ai due capi del filo della bobina un diodo LED (meglio con una saldatura a stagno). Lo scuotimento oscillatorio del magnete in prossimità della bobina farà accendere il LED a fasi alterne.



_0205



_0206

FORMULE

Le leggi coinvolte sono quelle dell'induzione elettromagnetica Legge di Lenz (fisico russo 1834) e di Lorentz (fisico olandese 1853) che riguardano l'effetto deflettente di un campo magnetico sulle cariche elettriche ($F=q(\mathbf{V} \times \mathbf{B})$) dove \mathbf{F} è la forza che il campo magnetico \mathbf{B} esercita sulla carica elettrica q che si muove a velocità \mathbf{V} ; \mathbf{F} , \mathbf{V} e \mathbf{B} sono grandezze definite anche da una direzione e da un verso (dette grandezze vettoriali) e, in questo caso, agiscono tra loro in direzioni reciprocamente perpendicolari.

MOTORI ELETTRICI E DINAMO

1. **ELETTRICA** → **MECCANICA**
2. **MECCANICA** → **ELETTRICA**

COME FUNZIONA

Come appreso dal dimostratore sull'induzione a led, sappiamo che per produrre energia elettrica da energia meccanica si usano campi magnetici che attraversano avvolgimenti di filo di rame smaltato....Ebbene la serie di semplici motori illustrati sono composti da magneti che interagiscono con bobine alimentate con corrente elettrica sincronizzata con idonei accorgimenti tecnici. Il

funzionamento delle dinamo è opposto a quello dei motori: un trasferimento di energia meccanica muove il rotore dell'apparato e produce a sua volta corrente elettrica. Le fonti di energia che producono il moto rotatorio sono principalmente aria ed acqua, ma anche il moto delle maree o le correnti marine sono candidati ottimali per i generatori di nuova concezione.

TRASFORMAZIONI

E' evidente che per i motori la tipologia energetica in entrata è elettrica e quella in uscita è meccanica (cinetico-rotazionale); per quel che riguarda gli elettrogeneratori (alternatori, dinamo) il discorso è opposto. Naturalmente le energie meccaniche trasformate dagli elettrogeneratori possono essere di varia origine: eolica, idrica, vapore in pressione, mareomotrice, moto ondoso, ecc. opportunamente trasmesse da idonei dispositivi meccanici.

MINIGENERATORE EOLICO

CINETICA → **ELETTRICA**

COME FUNZIONA

Il minigeneratore eolico mostra, con un semplice soffio, come il suo funzionamento sia del tutto confrontabile con quello di un grande aerogeneratore che produce energia elettrica sfruttando i moti ventosi. L'altro modello illustra come l'energia del vento dipenda dalla sua velocità. Il ventilatore posto su un supporto mobile orientabile simula il vento. Un galvanometro collegato alla dinamo mossa dal rotore a tre pale indicherà la corrente prodotta dalla dinamo in funzione della forza impressa alle pale dal flusso d'aria e dalla sua direzione.

TRASFORMAZIONI

La trasformazione è quella che converte l'energia cinetica delle molecole d'aria nel moto delle pale e poi del rotore del generatore elettrico che a sua volta produrrà ai suoi terminali una differenza di potenziale e quindi corrente elettrica.

BUONE PRATICHE

Col termine minieolico, o eolico domestico, si intendono gli aerogeneratori da 1 a 200 kW. Apparati analoghi ma di potenza molto maggiore (fino 1000 kW) sono ormai molto diffusi ad ogni latitudine, sia sulla terra ferma sia in mare aperto (off shore) in aree dette campi eolici dove venti più o meno costanti ne mettono in moto le pale. L'energia prodotta è poi immessa nella rete di distribuzione.

LO SAPEVI?

Una sezione di vento larga 1 km ad altitudine tra i 600 e i 1.000 metri può erogare una potenza di 1 GW! Un modo di sfruttare l'energia dei venti d'alta quota è in sperimentazione in Italia. Si tratta del KITEGEN, una sorta di grande aquilone che viene portato alla quota di qualche centinaio di metri ad incrociare i venti costanti che lo fanno girare. Il moto viene trasmesso tramite cavi di controllo e trasferito ad un elettrogeneratore.

MOTORE-DINAMO REVERSIBILI

1. **ELETTRICA** → **MECCANICA**
2. **MECCANICA** → **ELETTRICA**

COME FUNZIONA

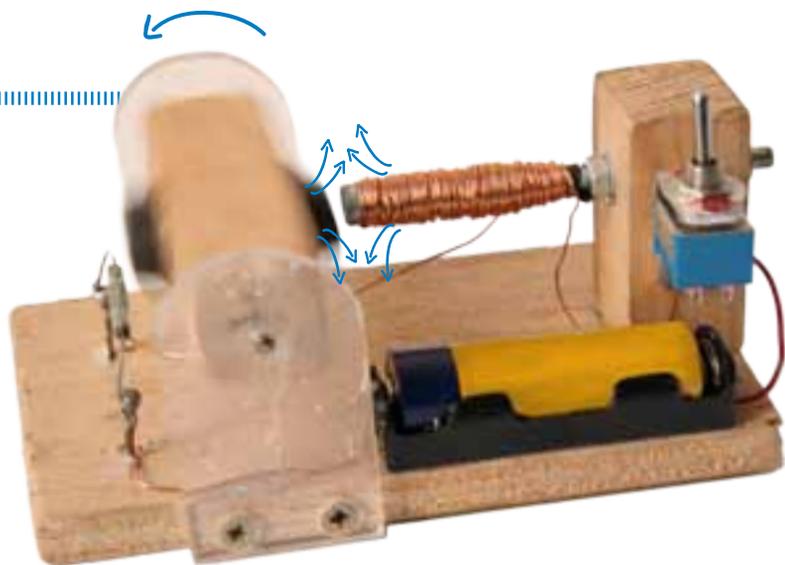
Il dimostratore intende illustrare come una dinamo possa convertirsi in motore e viceversa. Su un piccolo telaio metallico trova alloggio un motorino a magneti permanente e degli ingranaggi che, attraverso una manovella, permettono di far girare velocemente l'alberino del motorino elettrico. Una lampadina a basso voltaggio, e due morsetti

con relativi cavetti consentono il collegamento ai terminali del motorino. Così congegnato e con l'aggiunta di una fonte di corrente continua di pochi volt il dispositivo permette l'esperienza della conversione di energia meccanica in elettrica e viceversa.

TRASFORMAZIONI

Il processo mostra come un motorino sia convertibile alla funzione di dinamo, e viceversa, a seconda di quale fonte di energia si applica in ingresso. (1) Se si collega una tensione ai terminali del motorino, quest'ultimo fa muovere gli ingranaggi inclusa la manovella: l'energia elettrica diventa meccanica. (2) Se invece

facciamo girare la manovella, e colleghiamo la lampada ai terminali del motorino, la rotazione di quest'ultimo darà luogo a produzione di corrente che farà accendere la lampada: il motorino è diventato dinamo e l'energia meccanica si è convertita in elettrica.



_0207

1 Esempi di motori elettrici



_0208



_0209



_0210

2 Esempi di dinamo



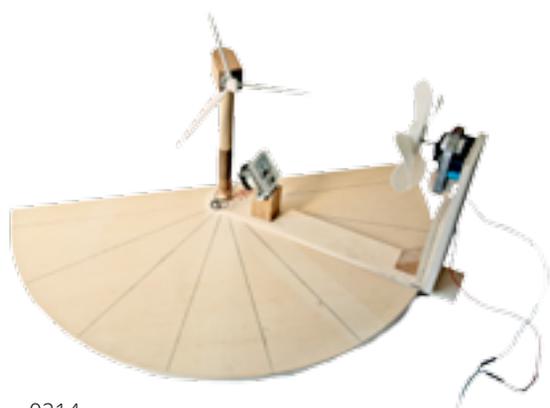
_0211



_0212



_0213



_0214

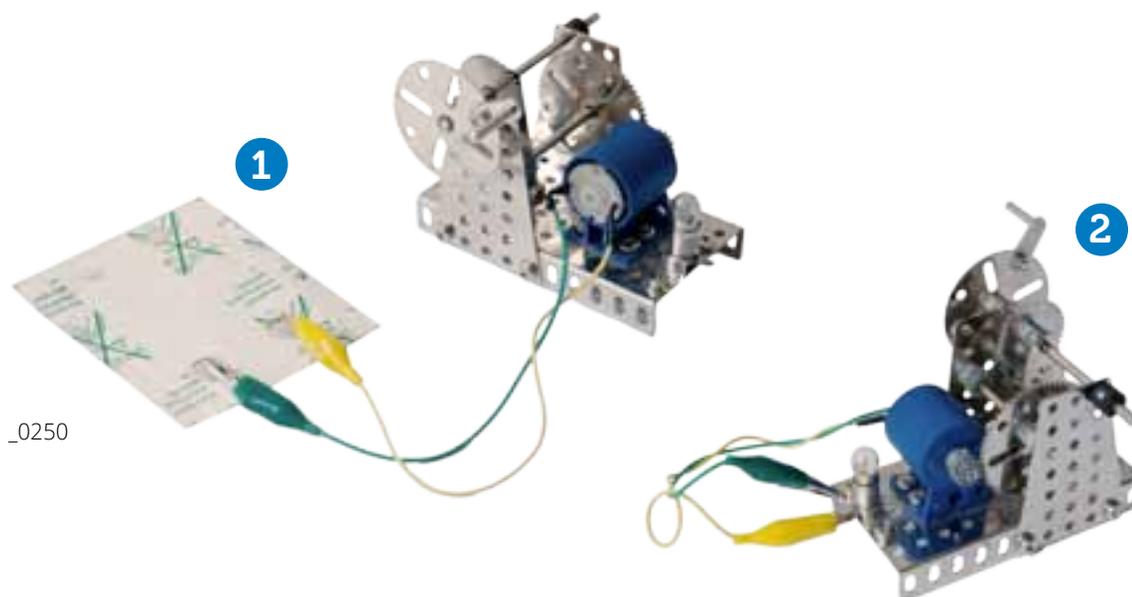


_0215



BUONE PRATICHE

Un tempo i fanali delle bici erano alimentati da dinamo che trasformavano la rotazione meccanica della ruota in energia elettrica tramite un magnete permanente rotante. Il magnete recuperato da una dinamo di bicicletta dismessa spesso veniva usato dai ragazzi come trottola di fortuna per giochi magnetici. Ora i dispositivi usati sono generalmente a pila.



_0250

ENERGIA CHIMICA

VOLTAMETRO

ELETTRICA → CHIMICA

COME FUNZIONA

Il dispositivo è costituito da un recipiente che viene riempito con acqua a cui è stato aggiunto un cucchiaino di sale da cucina e nel quale sono inseriti due elettrodi di carbone (collegati ai rispettivi connettori elettrici posti inferiormente sotto il fondo del recipiente). Sui due elettrodi vanno inserite, capovolte, due provette contenenti acqua.

Collegando i connettori ad un generatore di corrente continua (da 10 Volt circa) si osserva sulla superficie di entrambi gli elettrodi la generazione di gas che andrà ad accumularsi nella parte alta delle provette abbassando contemporaneamente il livello dell'acqua in esse contenuta.

TRASFORMAZIONI

La corrente elettrica riesce a passare anche in un elettrolita (detto conduttore di seconda specie) tramite gli ioni (cariche elettriche di segno + o - che possono migrare tra un elettrodo e l'altro del liquido). Il passaggio di corrente dà luogo alla formazione di idrogeno nascente H_2 sull'elettrodo negativo (catione) e di ossigeno O_2 sull'elettrodo positivo (anione). In questo

processo si ha la scomposizione dell'acqua (dissociazione elettrolitica) nella quale l'energia elettrica si è convertita in energia chimica. L'idrogeno prodotto può essere utilizzato per far funzionare una cella a combustibile, che restituirà di nuovo corrente elettrica, oppure per far funzionare un motore a combustione interna ove si convertirà in energia meccanica.

CONDUZIONE ELETTRICA NEI LIQUIDI

ELETTRICA → ELETTROCHIMICA → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Il dispositivo mette in evidenza come la conducibilità elettrica non sia esclusiva dei metalli, ma che può avere luogo anche nei liquidi (elettroliti) qualora siano presenti conduttori di seconda specie: gli ioni. In un contenitore sono applicati due elettrodi metallici (va bene anche il carboncino contenuto nelle pile a secco) uno dei quali ha collegata in serie un lampadina a filamento da pochi Volt. Se alimentiamo l'apparato applicando ai due capi una

tensione da 5-7 Volt e dopo aver versato dell'acqua di rubinetto nel recipiente non osserviamo l'accensione della lampadina sebbene, se applichiamo un misuratore di corrente in serie, registriamo un debole passaggio di corrente. Aggiungendo però un cucchiaino di sale da cucina (NaCl-cloruro di sodio, si osserva che mentre mescoliamo la soluzione per diluire il soluto nel solvente la lampadina mostra una graduale accensione.

TRASFORMAZIONI

Quello che accade è che la corrente di elettroni che percorre il filo passa sotto forma di corrente ionica attraverso il liquido. La corrente però è debole perché nell'acqua di rubinetto la quantità di ioni disciolta è minima; con l'aggiunta di semplice sale da cucina la quantità di ioni che si formano nel solvente acqua incrementa la quantità di corrente elettrica che viene erogata agli elettrodi e così il filamento della lampadina diventa incandescente.

BUONE PRATICHE

Il corpo umano è formato per il 70% di H_2O "sporca", dunque è un discreto conduttore di corrente. **Dobbiamo ricordarcene per evitare rischi di scariche elettriche quando utilizziamo apparecchiature elettriche se siamo in prossimità della vasca da bagno o se abbiamo parti del corpo immerse in acqua!**

PILA ZINCO-RAME E BATTERIA ALLUMINIO-OSSIGENO

CHIMICA → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Vi sono tanti modi per produrre corrente continua. Queste due semplici batterie si costruiscono con materiali facilmente reperibili. Un agrume (o le mani) a contatto con un pezzo di rame e uno di zinco (i due poli ai quali si applicano i fili elettrici) possono alimentare un diodo LED. Una batteria di fortuna, che può erogare fino 100 mA alla tensione di 1 Volt, si realizza con un foglio

di alluminio, un fazzoletto di carta bagnato e un po' di carbone finemente tritato. I poli sono il foglio di alluminio esterno e il carbone interno al pacchetto separato dal foglio di carta bagnata. Fare attenzione a che i due conduttori non si tocchino. La batteria eroga fin tanto che non si sia ossidata del tutto la superficie dell'alluminio.

TRASFORMAZIONI

Questa trasformazione è tipicamente legata ad un passaggio da energia chimica ad energia elettrica dovuta alla differenza di elettronegatività (misura relativa di un atomo ad attrarre elettroni in un legame chimico) tra le due sostanze chimiche coinvolte: l'ossigeno dell'aria e l'alluminio.

BUONE PRATICHE

Le batterie commerciali contengono componenti chimiche piuttosto inquinanti; la batteria $Al-O_2$ utilizza materiali poveri (e non nocivi) e rappresenta una buona fonte di energia per una situazione di emergenza.

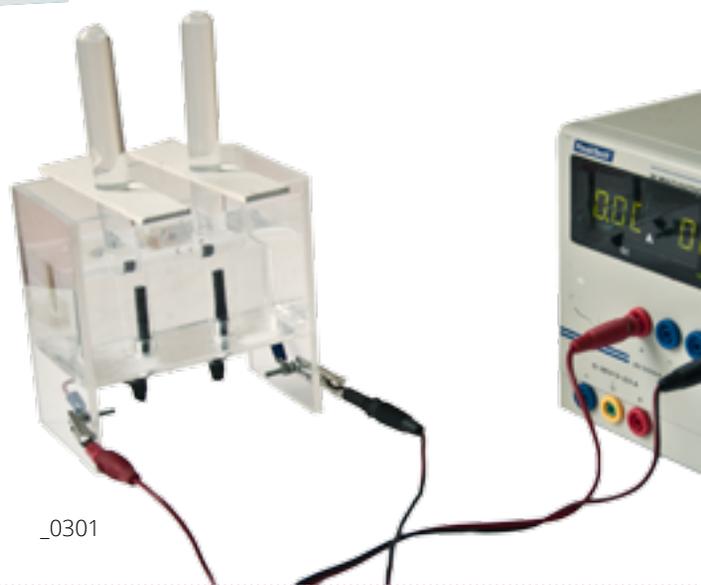


BUONE PRATICHE

Sono molti gli impianti in funzione che, utilizzando un cospicuo parco di pannelli fotovoltaici, impiegati per alimentare apparecchiature per l'elettrolisi e per produrre così idrogeno. L'idrogeno diventa così un vettore di energia e può essere utilizzato per far funzionare generatori, veicoli e impianti di cogenerazione (produzione contemporanea di più forme energetiche, perlopiù termica ed elettrica).

LO FACCIO IO

Ci si procurano due elettrodi di carbone da vecchie batterie e si posizionano verticalmente all'interno di due provette di vetro piene d'acqua e immerse in un contenitore anch'esso riempito con acqua salata o acidulata. Collegando con dei cavetti elettrici i due carboncini ad una batteria, o a un generatore di corrente continua a basso voltaggio, si osserveranno delle bollicine formarsi sugli elettrodi. Nella provetta collegata al polo negativo si produrrà idrogeno e nell'altra si osserverà la produzione di ossigeno misto ad altri composti.



_0301



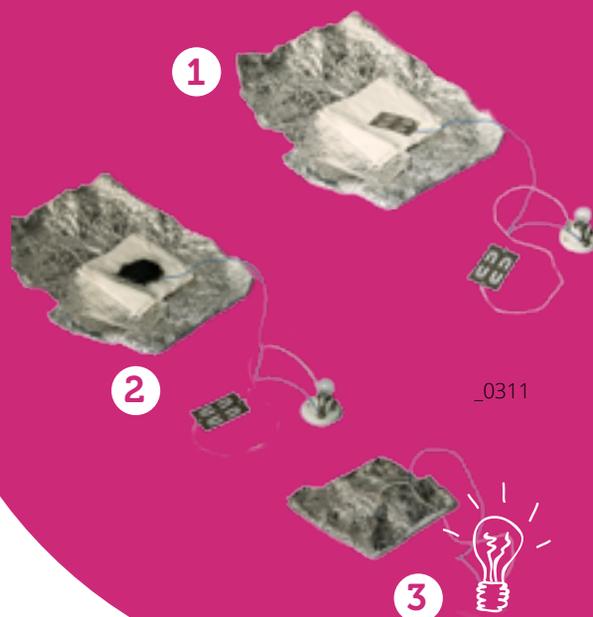
_0302

LO FACCIO IO

Due pezzi di filo elettrico immersi in acqua e collegati, in serie, ad una batteria e ad una piccola lampadina di bicicletta, sono sufficienti ad accendere una lampadina non appena si versa del sale da cucina nell'acqua contenuta nel recipiente.

LO FACCIO IO

Fasi costruttive di una batteria Al-O₂ (alluminio/ossigeno)



_0311

LO SAPEVI?

Le batterie da 12 Volt contenute nei caricatori di pellicole della famosa fotocamera istantanea Polaroid riuscivano a tenere la carica anche per 20 anni! Purtroppo venivano gettate, praticamente nuove, dopo l'uso.



_0310

ENERGIA TERMICA

CALORIMETRO DI KELVIN E PAPERO BEVITORE

TERMICA → MECCANICA

COME FUNZIONA

L'apparente moto perpetuo di questo papero bevitore deriva dal principio su cui è basato il termoscopio di Kelvin. Tale termoscopio è composto da un bulbo di vetro contenente un liquido molto volatile (es: etere) nel quale pesca un tubicino collegato direttamente ad un altro bulbo posto superiormente; nell' ampolla è stata tolta l'aria. L'energia termica ceduta dall'ambiente, tramite il

calore della mano, fa evaporare una parte del liquido che genera così un aumento di pressione sulla superficie del liquido che successivamente sale sul tubicino verso il bulbo in alto. Nel papero bevitore è sufficiente il colore dell'ambiente per fare evaporare l'umidità dalla sua testa e provocare la salita del liquido verso l'alto. In tal modo si sposta il baricentro del dispositivo verso

l'alto così da sbilanciare l'oggetto che si inclinerà fino a far toccare il becco nell'acqua. Così facendo il pelo del liquido si sposta mettendo in comunicazione le due camere di vetro e facendo scendere il liquido che porterà alla posizione iniziale il dispositivo per un'altra replica del ciclo e così via fino a che non si esaurirà l'acqua o non varierà verso il basso la temperatura dell'ambiente.

DOVE LO TROVO

La gran parte dei cicli termici di frigo e pompe di calore basano il loro principio di funzionamento su un processo ciclico di espansione e compressione di un gas che in tal modo "pompa" energia termica da un ambiente freddo ad uno più caldo. Per ciò è necessario un compressore che assorbe energia elettrica. Nel caso del papero bevitore è sufficiente una leggera differenza tra la temperatura dei due bulbi per ottenere un effetto simile.

ALTALENA A MOLLA BIMETALLICA

CHIMICA → LUMINOSA → TERMICA → MECCANICA

COME FUNZIONA

L'altalena funziona con un lumino posto al centro a riscaldare una molla, fatta con una lamina bimetallica, che si dilatando si trascina una sfera di legno fissata ad un filo d'acciaio che si sposta sull'altro braccio dell'altalena. A questo punto l'altalena si sbilancia e sposta pure la molla che ora non è più lambita dalla fiamma. Ora la

molla, raffreddandosi, riporta il bilanciario di legno in posizione di riposo e seguirà il ritorno alla posizione iniziale dell'altalena. Essendosi contemporaneamente riposizionata anche la molla sopra la fiamma della candela, il processo inizia da capo.

TRASFORMAZIONI

L'energia termica della candela passa ad agitare le molecole del metallo della molla che si dilata e si converte in energia meccanica di movimento della sfera e dei bracci dell'altalena. Una grande quantità di energia termica deve essere dissipata per il buon come funziona del sistema, infatti più rapido è il raffreddamento della molla più rapido sarà il movimento dell'altalena.

LO FACCIO IO

Con una candela ed un ago infilato trasversalmente si può realizzare un'altalena che trova il suo movimento oscillante equilibrato non appena la si accenda ai due capi (vd.moto perpetuo).

ELICOTTERO A CELLA PELTIER

CHIMICA → TERMICA → LUMINOSA → ELETTRICA → MECCANICA (ROTAZIONALE)

COME FUNZIONA

Il veicolo dispone di due motorini elettrici con eliche alimentati da una cella Peltier (fatta di materiale semiconduttore) posizionata all'altezza dei pattini di appoggio. Un lumino acceso posto sotto la cella Peltier produce, per effetto Seebeck, la differenza di temperatura tra le due facce della cella che genera la ddp (circa 8 Volt) che serve ad attivare i motorini delle eliche. La faccia della cella non lambita dalla fiamma è fissata su una placca di rame a sua volta saldata a due sezioni di tubo di alluminio che hanno la funzione di dissipare il calore mantenendo un adeguato Δt (differenza di temperatura).

TRASFORMAZIONI

L'energia termica trasferita alla cella dalla candela accesa si trasforma in energia elettrica per effetto termoelettrico. In questa cella si usa la tecnologia dei transistor con giunzioni N-P in serie. L'energia elettrica, tramite i motorini, si converte in energia meccanica di rotazione delle pale. Anche in questo solo in minima parte l'energia fornita sarà trasformata in elettricità e lavoro meccanico.

DOVE LO TROVO

Poiché la cella Peltier è reversibile la troviamo come sistema di raffreddamento in alcuni PC. In casa la troviamo sottoforma di termocoppia sulla piastra del gas di cucina come sistema di sicurezza: se riscaldata la giunzione genera una tensione sufficiente a tenere aperta l'elettrovalvola di adduzione del gas. In caso di spegnimento accidentale

della fiamma, l'erogazione del gas viene bloccata perché l'elettrovalvola non alimentata si chiude automaticamente. Un altro uso della cella Peltier si trova nella costruzione di piccoli frigoriferi da camper dove la piastra di scambio è posta con il lato che raffredda all'interno del frigo e il lato caldo all'esterno. In questo caso bastano 12 o 24 volt per alimentarla.

LO FACCIO IO

Per rendere vistoso l'effetto della pressione e della temperatura su un contenitore metallico seguire le seguenti istruzioni. Prendere un vecchio contenitore metallico del caffè per bar (chiedere ad un barista amico) e riempirlo con mezzo bicchiere d'acqua. Portare quindi ad ebollizione il liquido e chiudere poi il contenitore con il suo tappo. In questo momento il vapore acqueo interno (che ha scacciato l'aria dal

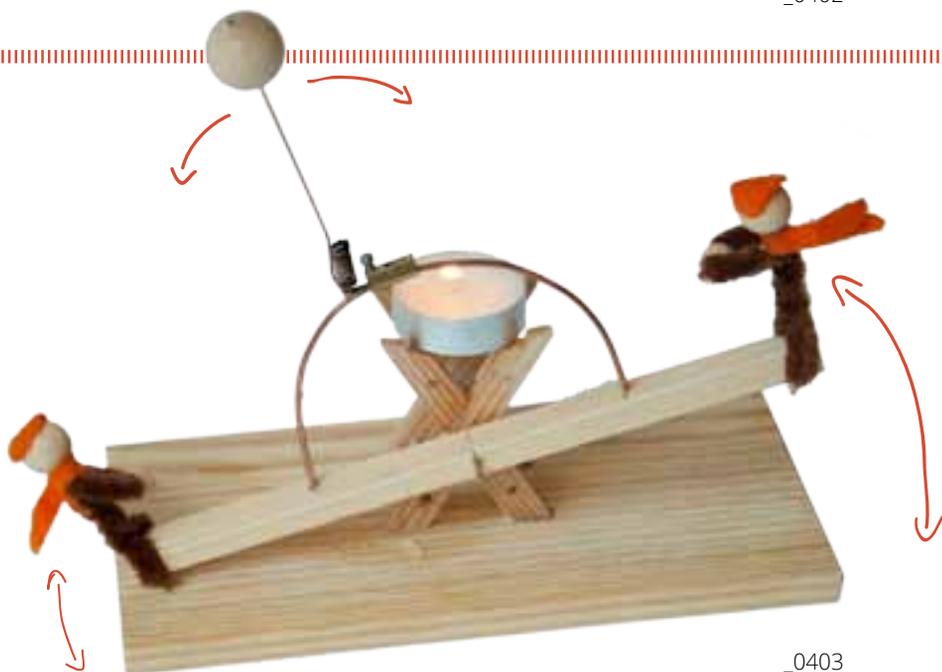
recipiente) inizia a raffreddarsi e a condensarsi facendo diminuire la sua pressione interna. Basta spruzzare un po' di acqua fredda sull'esterno del contenitore per accelerare il processo osservando, nel contempo, l'accartocciamento istantaneo della lamiera per effetto della pressione atmosferica che non trova più resistenza da parte della contro pressione interna del recipiente.



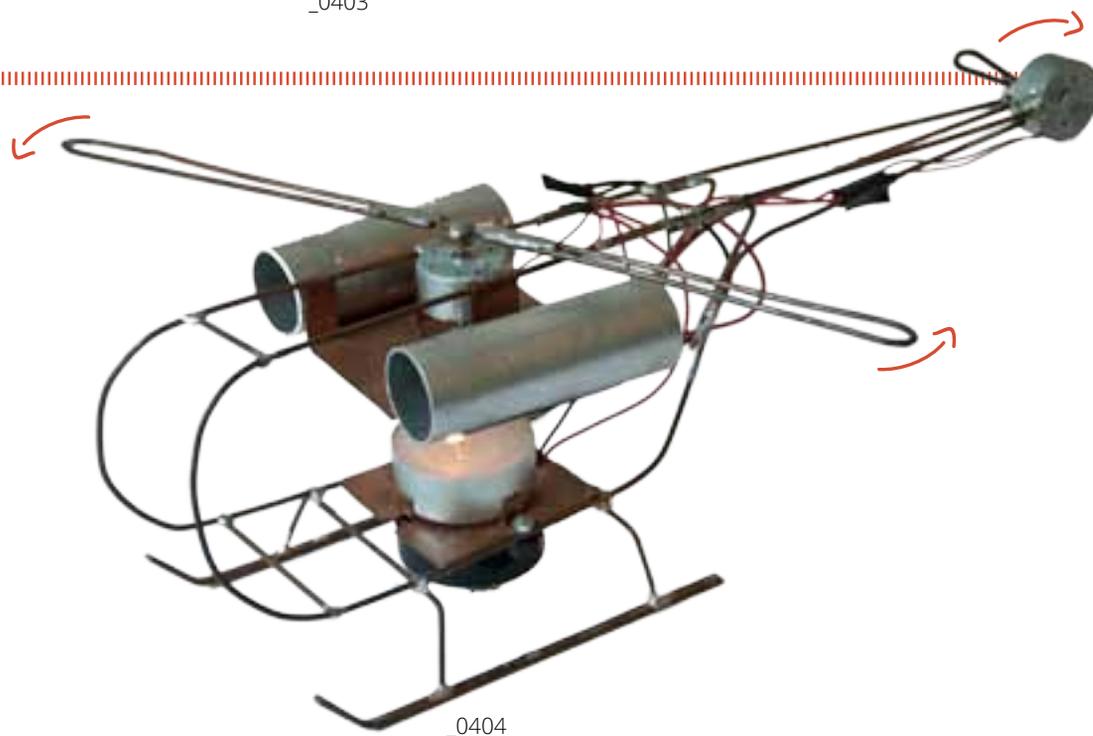
_0402



_0401



_0403



_0404

MATERIALI A MEMORIA DI FORMA

1. **ELETTRICA** → **TERMICA** → **MECCANICA**
2. **ELETTRICA** → **TERMICA** → **MECCANICA**
3. **TERMICA** → **MECCANICA**

COME FUNZIONA

I dispositivi illustrati utilizzano un materiale detto "a memoria di forma", il nitinol, una lega di titanio e nichel. Attraverso il filo di nitinol viene fatta passare corrente elettrica. L'energia termica, trasferita al materiale per effetto Joule ne modifica la geometria

della struttura della lega facendolo dilatare o contrarre. (1) Per come è costruita la mano, la dilatazione e la contrazione portano al movimento delle parti che lo compongono (ogni dito ha una molla di contrasto).

TRASFORMAZIONI

(2) Nel caso della farfalla le ali sono opportunamente collegate al corpo a sua volta vincolato al filo di nitinol che si dilata alternativamente su comando della corrente. (3) Il motore a nitinol invece utilizza la differenza di temperatura dell'acqua di due

vaschette nelle quali è immersa una catena spiraliforme di nitinol che a seguito delle dilatazioni e contrazioni inizia a scorrere sulle attorne alle quattro carrucole sulle quali è tesa. In questo caso si ha un passaggio da energia termica a meccanica.

SFERA AL PLASMA

ELETTRICA → **CAMPO ELETTRICO/MAGNETICO** → **LUMINOSA/TERMICA (PLASMA)**

COME FUNZIONA

Il dispositivo è costituito da una sfera di vetro trasparente contenente una miscela di gas (xeno, kripton, neon) a bassa pressione; al centro un corpo sferico di metallo (elettrodo) è connesso ad una tensione di circa 10 kV (10.000 Volt) prodotta alla frequenza di circa 30 kHz (30.000 cicli al secondo). Dalla sfera centrale si sprigiona un effluvio di scariche elettriche che sembrano voler fuoriuscire dal vetro. Ciò accade perché a causa

dell'alto potenziale elettrico tra sfera di vetro e bulbo centrale una debole corrente si scarica irregolarmente sulle pareti di vetro superando agevolmente la barriera isolante del gas rarefatto. Il campo elettrico ad alta frequenza accelera le particelle cariche che urtano altre molecole generando un processo a valanga detto plasma (un misto di ioni, elettroni e fotoni). Se si tocca la sfera (a potenziale neutro) con un dito l'effluvio verso

il dito sarà più vivace indicando che la mano e il nostro corpo rappresentano per la corrente un percorso preferenziale (minore resistenza elettrica) per scaricarsi a terra che ha potenziale zero. La corrente, di pochi mA (millesimi di Ampere), emessa dalla sfera, sarà sufficiente anche a far accendere una lampada a fluorescenza che venga posta in prossimità della sfera stessa. **Per evitare scosse e rotture non avvicinare oggetti metallici!**

TRASFORMAZIONI

Come si vede, il processo di trasformazione comporta la formazione di quello che è definito il quarto stato della materia: il plasma. All'interno del plasma si trovano ioni ed elettroni molto accelerati e si ha produzione di energia luminosa (fotoni) quale prodotto dei salti degli elettroni tra i livelli energetici delle molecole del gas.

SISTEMA TERMOSTATICO

TERMICA → **ELETTRICA** → **MECCANICA**

COME FUNZIONA

Questo dimostratore meccanico illustra il principio d'azione di uno dei dispositivi più utili e diffusi, ma sconosciuti, presenti in casa: il termostato. La sua funzione è quella di mantenere costante una certa condizione (perlopiù la temperatura) e attivare perciò gli attuatori quando le condizioni del ambiente mutano. Qui il dimostratore è composto da un circuito dove una pila attiva una ventola quando una lamina

bimetallica, lambita dalla fiamma, chiude il circuito. Così facendo la ventola soffia la fiamma che si sposta e di conseguenza la lamina si raffredda ed interrompe il circuito che quindi farà spegnere il motorino con la ventola. A questo punto la fiamma torna a lambire la lamina che si deformerà sotto l'effetto del calore chiudendo nuovamente il circuito... e così di seguito. NB: in condizioni di riposo il circuito è aperto.

BUONE PRATICHE

Un dispositivo elettronico analogo a questo permette di regolare la temperatura dell'impianto di riscaldamento negli appartamenti con notevole risparmio di energia. L'uso attento e oculato di questo dispositivo permette di ottenere anche forti risparmi di energia elettrica perché è presente in quasi tutti gli elettrodomestici (forno, frigo, lavatrice, lavastoviglie, microonde, scaldabagno, ecc.). Il termostato è presente anche nei motori delle automobili.

BUONE PRATICHE

Per ogni grado in meno di temperatura in casa si può risparmiare fino all'8% di combustibile. Un notevole risparmio domestico di energia elettrica lo si può ottenere per es. caricando la lavatrice con acqua calda fornita da un impianto solare: il termostato regolerà correttamente la temperatura impostata.



_0405



_0406



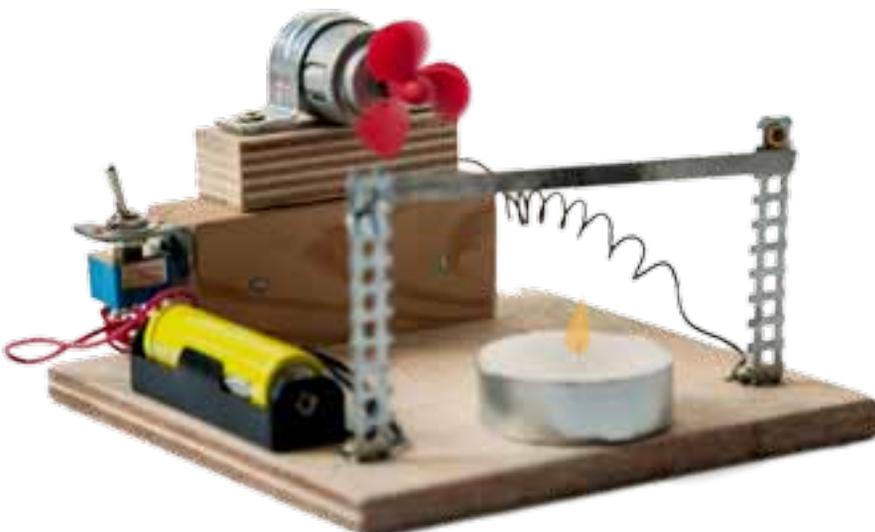
_0407

LO SAPEVI?

Anche questo dispositivo è frutto della fervida e prolifica mente di Nikola Tesla, un ingegnoso ricercatore poco noto, che lo ha inventato quando studiava i comportamenti delle tensioni ad alta frequenza. Negli anni '70 un giovane ricercatore del MIT, Bill Parker, ha brevettato questo dispositivo innovandolo con l'utilizzo di gas che ai tempi di Tesla erano di difficile reperibilità.



_0408



_0430

ENERGIA MECCANICA

VEICOLO A TRAPPOLA

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA ROTAZIONALE)

COME FUNZIONA

Questo veicolo a trappola è un antico giocattolo. È costruito usando una vera e propria trappola per topi utilizzata per incamerare energia elastica all'interno della molla della trappola posta anteriormente. Si avvolge sulla puleggia della grande ruota posteriore del veicolo il capo del filo che è

applicato sulla cima della lunga asticella fissata ad un lato della trappola. Si porta la molla, tramite l'asticella, alla massima tensione. Poi, adagiando il veicolo sul pavimento, si rilascia il tutto in modo che il filo, svolgendosi, trascini in rotazione la ruota che farà muovere il veicolo stesso.

TRASFORMAZIONI

L'energia che giunge alla ruota posteriore è quella potenziale elastica della molla che si sta trasformando in cinetica di rotazione della ruota e quindi in spostamento.

LO FACCIO IO

Provare a ricreare con il meccanismo illustrato con 3 ruote di recupero, una vecchia trappola per topi e una tavoletta di legno. La fase più difficile è l'accoppiamento dell'asticella ad un capo della molla. L'ultima fase è il fissaggio di una puleggia alla ruota più grande sulla quale si avvolgerà la cordicella.

VEICOLO A PALLONCINO

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA ROTAZIONALE)

COME FUNZIONA

Una basetta di legno è dotata di quattro ruote e di un supporto sul quale è inserita una pipetta ad un estremo della quale è applicato un palloncino. Se gonfiato e poi rilasciato il veicolo sarà spinto per reazione dalla parte opposta a quella di uscita dell'aria.

TRASFORMAZIONI

Il semplice giocattolo illustra la trasformazione di energia dei muscoli pettorali in energia elastica dei polimeri del palloncino e poi in energia cinetica che sposta il carrellino. Nel dettaglio bisogna considerare l'elasticità dell'aria compressa e la differenza di pressione dentro e fuori il palloncino.

LO FACCIO IO

Questo divertente veicolo è di facile costruzione e può essere realizzato con pezzi di legno, colla vinilica e utilizzando per le ruote otto tappi metallici di succhi di frutta accoppiati.

REVOLVER AD ELASTICI

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA) → CALORE/ACUSTICA

COME FUNZIONA

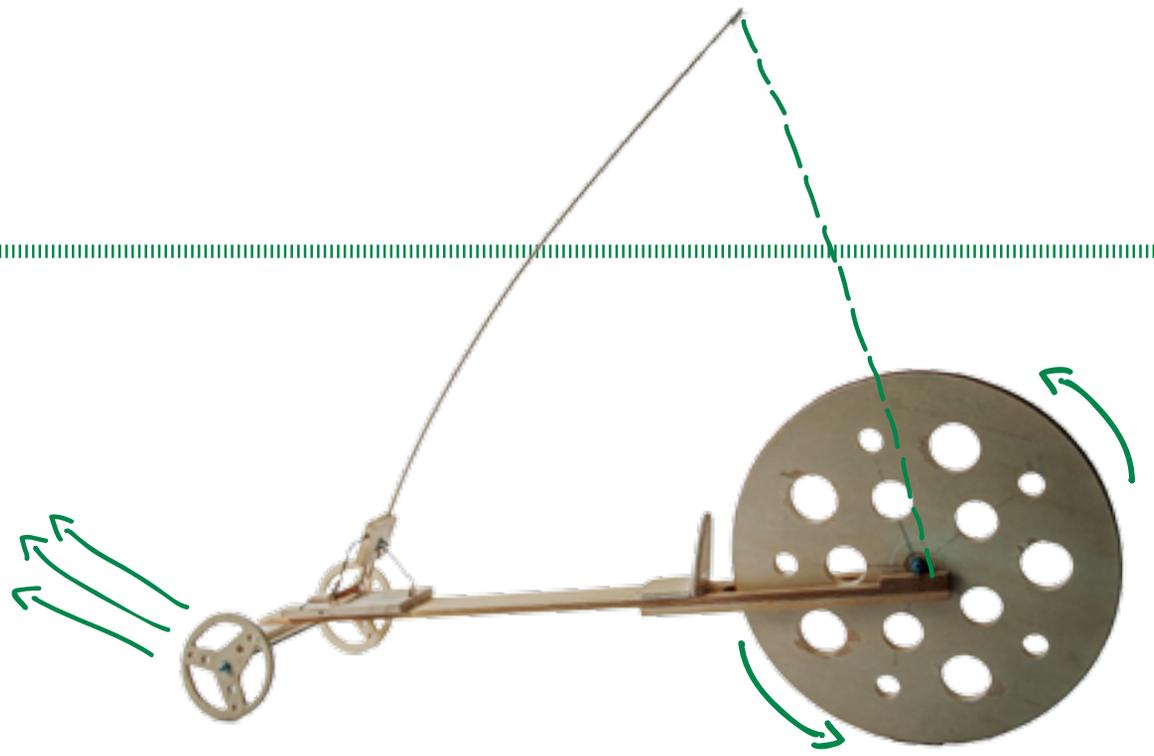
Questo inoffensivo lancia-elastici a ripetizione (giocattolo di legno di vecchia memoria **usualmente autocostruito**) una serie di elastici viene messa in tensione dall'operatore e poi rilasciati premendo il grilletto.

TRASFORMAZIONI

Il giocattolo illustra l'energia potenziale elastica che si libera e diventa energia cinetica dell'elastico lanciato ($E=1/2 m v^2$) Questa energia si dissipa poi nell'urto (ad es. si colpisce e si fa cadere una lattina vuota) con effetto acustico e impercettibile effetto termico.

RIFLETTI

Qual è la fonte dell'energia primaria che attiva questo processo? Prova ad analizzare a ritroso da dove viene l'energia muscolare e scoprirai che la fonte primaria è il... Sole.



_0501



_0502



_0503

PEN TRASFORMER

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

L'oggetto, inizialmente di difficile identificazione, viene aperto con la pressione del dito che rilascia il cappuccio di quella che risulta essere una semplice penna a sfera. L'apertura avviene per mezzo di un congegno a compressione elastica.

TRASFORMAZIONI

In questa curiosa penna l'energia potenziale elastica, quando rilasciata, si trasforma in meccanica e l'oggetto rivela la sua natura. È interessante mostrare che la fonte primaria da cui origina l'energia potenziale elastica contenuta nel dispositivo di compressione è il sole che ha fornito l'energia per il cibo che

fornisce alimento al corpo umano nel processo di trasformazione da energia chimica a muscolare. Nelle cellule si trovano dei composti azotati con lo specifico compito di attivare scambi energetici attraverso processi metabolici di rottura e ricomposizione di legami chimici. (vd. **ATP>ADP**).

NATANTE AD ELASTICO

MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (ROTAZIONALE-CINETICA)

COME FUNZIONA

L'oggetto di legno ricorda i battenti a ruota che navigavano sul Mississippi. La rotazione iniziale della ruota pone l'elastico in tensione con conseguente accumulo di energia potenziale elastica. Il natante posto sull'acqua, una volta sbloccato l'elastico, sarà spinto dalla rotazione della ruota.

TRASFORMAZIONI

Il dimostratore converte l'energia potenziale elastica in energia di movimento e quindi cinetica.

LO FACCIO IO

Con alcuni listelli di legno e un adesivo resistente all'acqua si costruisce il telaio del natante (prua, poppa e fianchi) e la rotante incastrando due listelli a croce. Si fissano poi due chiodini al centro dei listelli dei fianchi che servono per agganciare l'elastico che tiene al centro la ruota. Il natante è così pronto per il test in acqua!

RICEVITORE COHERER (COESORE – RIVELATORE D'ONDA) CON GABBIA DI FARADAY

ELETTROMAGNETICA → CAMPO MAGNETICO-ELETTTRICO
ELETTTRICA → ELETTROMAGNETICA (LUMINOSA)

COME FUNZIONA

La storia di questo dispositivo è legata all'invenzione della radio perché è un dispositivo che permette di rivelare la presenza di onde EM. Marconi lo usò per i suoi primi esperimenti. È un'invenzione dell'italiano Temistocle Calzecchi Onesti che lo costruì usando della limatura di ferro compressa dentro un tubetto di materiale isolante. Ai due capi del tubetto ci sono i fili che conducono la corrente di un piccolo circuito formato da una batteria e da un LED. A circuito

chiuso il diodo LED risulta spento, ma quando, con un accendigas, si producono delle scariche elettriche in prossimità del coherer la polvere diventa "conduttrice" e fa passare così la corrente che accende il LED. Si dimostra così che una scarica elettrica genera un'onda elettromagnetica che interagisce con la polvere metallica del coherer, "orientandola" e rendendola conduttrice.

TRASFORMAZIONI

La trasformazione parte da un segnale elettromagnetico (accendigas) che induce, attraverso la componente magnetica una coesione nella polvere metallica. Questo ordine rende il materiale conduttore e si ha l'accensione del LED con trasformazione di energia elettrica ed energia radiante. Quest'ultimo processo è totalmente slegato dal primo.

LO FACCIO IO

Limando una vecchia moneta da 50 lire si ottiene una polvere metallica che si può comprimere dentro un tubicino di plastica trasparente. La polvere è tenuta compressa da due barrette di metallo infilate nel tubicino di plastica che servono da tappo e collegamento elettrico. Due fili saldati alle barrette completano il dispositivo che poi va inserito in un circuito in serie con pila, interruttore e diodo led. Con un accendigas piezoelettrico si verifica poi la funzionalità dell'apparato.



_0504



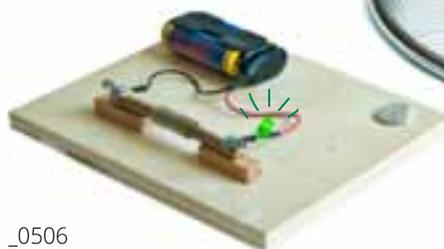
_0505



Se il Coherer è coperto dalla griglia le onde emesse dall'accendigas saranno intercettate e annullate dalla retina metallica e il LED non si accenderà



_0216



_0506



_0507

TUBO DI KUNDT CON SONDA ACUSTICA

ELETTRICA → MECCANICA (ACUSTICA)

ELETTRICA → ELETTRICITÀ (LUMINOSA)

COME FUNZIONA

Un tubo di plexiglass è collegato acusticamente all'altoparlante di un generatore variabile di frequenze. Attivato il generatore, una sonda acustica con indicatore a LED viene fatta scorrere longitudinalmente lungo il tubo fino ad individuare la posizione dei ventri (e dei nodi) dell'onda stazionaria che vi si produce; in posizione dei ventri fa accendere l'indicatore a LED che segna l'ampiezza massima dell'onda del segnale.

TRASFORMAZIONI

L'energia elettrica si trasforma in energia acustica che a sua volta si converte in luminosa. I processi di trasformazione in gioco sono due. L'energia acustica è prodotta da quella elettrica. Il rivelatore è sollecitato da quella acustica a trasformare l'energia elettrica (batteria) in energia luminosa attraverso il circuito elettronico di comando.

LO FACCIO IO

Si possono vedere le figure geometriche (nodi e ventri) prodotte dalle onde acustiche utilizzando delle lastre metalliche quadrate e rotonde di diversi spessori e dimensioni e fissate al loro centro ad un tavolo con un morsetto. Per vedere formarsi le cosiddette "figure di Chladni" basta versare sulla lastra un po' di sabbia finissima e quindi sollecitare i bordi delle lastre in vari punti scorrendole con l'archetto di un violino.

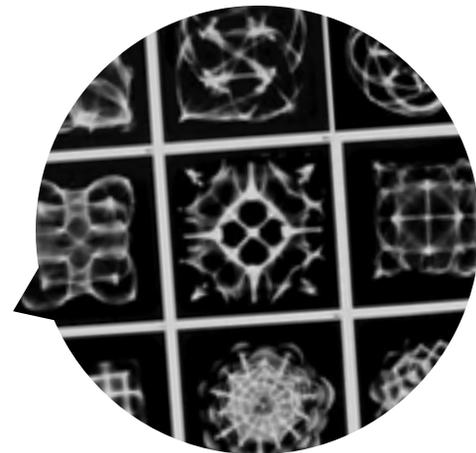


Figure di Chladni
Opera di Jenny Hans

ELETTROGENERAZIONE DA MOTO ONDOSO E ONDOSCOPIO

1. MECCANICA → CAMPO MAGNETICO-ELETTRICO → ELETTRICA

2. ELETTRICA → CAMPO MAGNETICO-ELETTRICO → MECCANICA

COME FUNZIONA

Le leggi di Lenz e di Faraday dell'autoinduzione elettromagnetica trova una naturale applicazione nello sfruttamento del moto oscillatorio ondoso. L'energia meccanica dell'onda muove un galleggiante al quale è applicato un magnete che può muoversi all'interno di un bobina di filo di rame smaltato. Lo strumento amperometrico molto sensibile rivela la presenza di una debole corrente.

TRASFORMAZIONI

(1) L'energia meccanica delle onde si trasforma, a seguito della variazione del flusso di campo magnetico che investe l'avvolgimento elettrico, in una f.e.m. (forza elettromotrice) e quindi in una corrente elettrica.
(2) Nel caso del generatore d'onde il processo avviene al contrario, la corrente elettrica, attraverso la punta oscillante che pesca nell'acqua, si trasforma nell'energia meccanica dell'onda.

RIFLETTI

Il movimento delle masse d'acqua oceaniche e dei mari rappresenta un giacimento pressoché infinito di energia sfruttabile soprattutto in quei territori (isole e coste) dove spesso si rivela molto costoso portare la rete elettrica. L'investimento in queste nuove tecnologie che sfruttano

l'energia mareomotrice e la trasformano in energia cimeletrica sono un investimento strategico e molto redditivo. Si noti che l'energia, ricavata dagli spostamenti delle masse d'acqua oceaniche trova nella rotazione terrestre e negli effetti gravitazionali Sole-Luna, la sua fonte energetica primaria.

IMPIANTO IDROEOLICO DI EL HIERRO

1. MECCANICA (PALE EOLICHE) → ELETTRICA → MECCANICA (POTENZIALE-BACINO SUPERIORE)

2. MECCANICA (POTENZIALE-BACINO SUPERIORE) → MECCANICA (CINETICA) → ELETTRICA

COME FUNZIONA

Hierro è un'isola delle Canarie energeticamente autonoma. Lì è stato installato un particolare sistema di produzione di energia che sfrutta l'energia del vento (campo eolico da 15.5 MW) e l'energia potenziale dell'acqua accumulata (usata nella bocca di un vulcano come bacino d'accumulo posto a 682 m di altitudine). L'acqua scende poi in un'altro bacino d'accumulo posto vicino al mare producendo energia elettrica. Il tutto per realizzare due cicli combinati di produzione dell'energia. L'immagine mostra come

il vento (gli Alisei) viene fruttato per pompare l'acqua dal bacino in basso al bacino in alto attraverso pompe alimentate con la corrente prodotta dall'impianto eolico. Nel secondo ciclo, invece, l'acqua in caduta alimenta una centrale idroelettrica da 11,3 MW. L'energia non utilizzata serve per dissalare l'acqua di mare. Un ulteriore progetto prevede che i veicoli usati sull'isola siano elettrici in modo da liberarsi completamente dalle fonti fossili abbattendo immissioni di CO₂ per circa 18.700 tonnellate.

TRASFORMAZIONI

L'energia cinetica del vento (che è principalmente frutto della conversione dell'energia solare in moti convettivi di masse d'aria) muove le pale del rotore che a loro volta muovono l'indotto dell'alternatore generando energia elettrica che attiva le pompe che spingono l'acqua nei bacini in alto (en. potenziale). Poi l'acqua scende e muove le turbine che producono corrente elettrica che viene immessa nella rete di distribuzione.

LO SAPEVI?

Il più grande aerogeneratore a tutt'oggi installato è cinese ed è dotato di pale da 128 m; la sua turbina genera una potenza di 6MW. Il più esteso parco eolico europeo sarà realizzato nel 2012 in Romania. Entro 20 anni, la Gran Bretagna e la Francia, progettano di installare circa 7.600 torri eoliche offshore della potenza superiore a 5 MW. La turbina più grande del mondo sarà costruita in Norvegia e sarà installata su un aerogeneratore posto in mare che avrà un'altezza di 533 m e fornirà una potenza nominale di 10 MW.



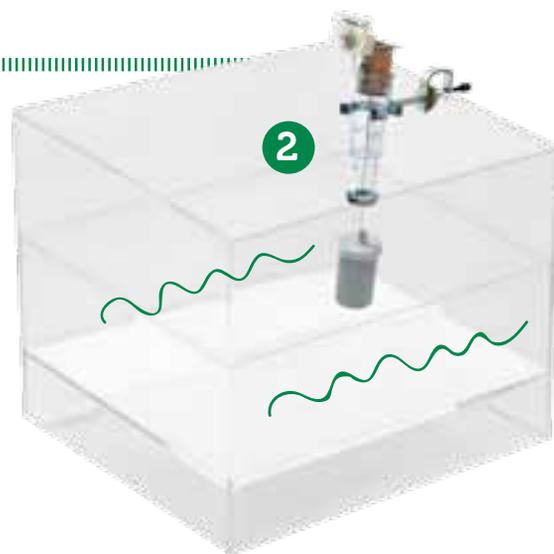
_0509

BUONE PRATICHE

Impianti che sfruttano le maree, i moti ondosi e le correnti marine, nelle configurazioni più disparate, si stanno sperimentando in molte località costiere. Apparatì di questo tipo ancorati sul fondale possono essere collegati in serie o in parallelo a seconda delle potenze e dei voltaggi che si vogliono ottenere.



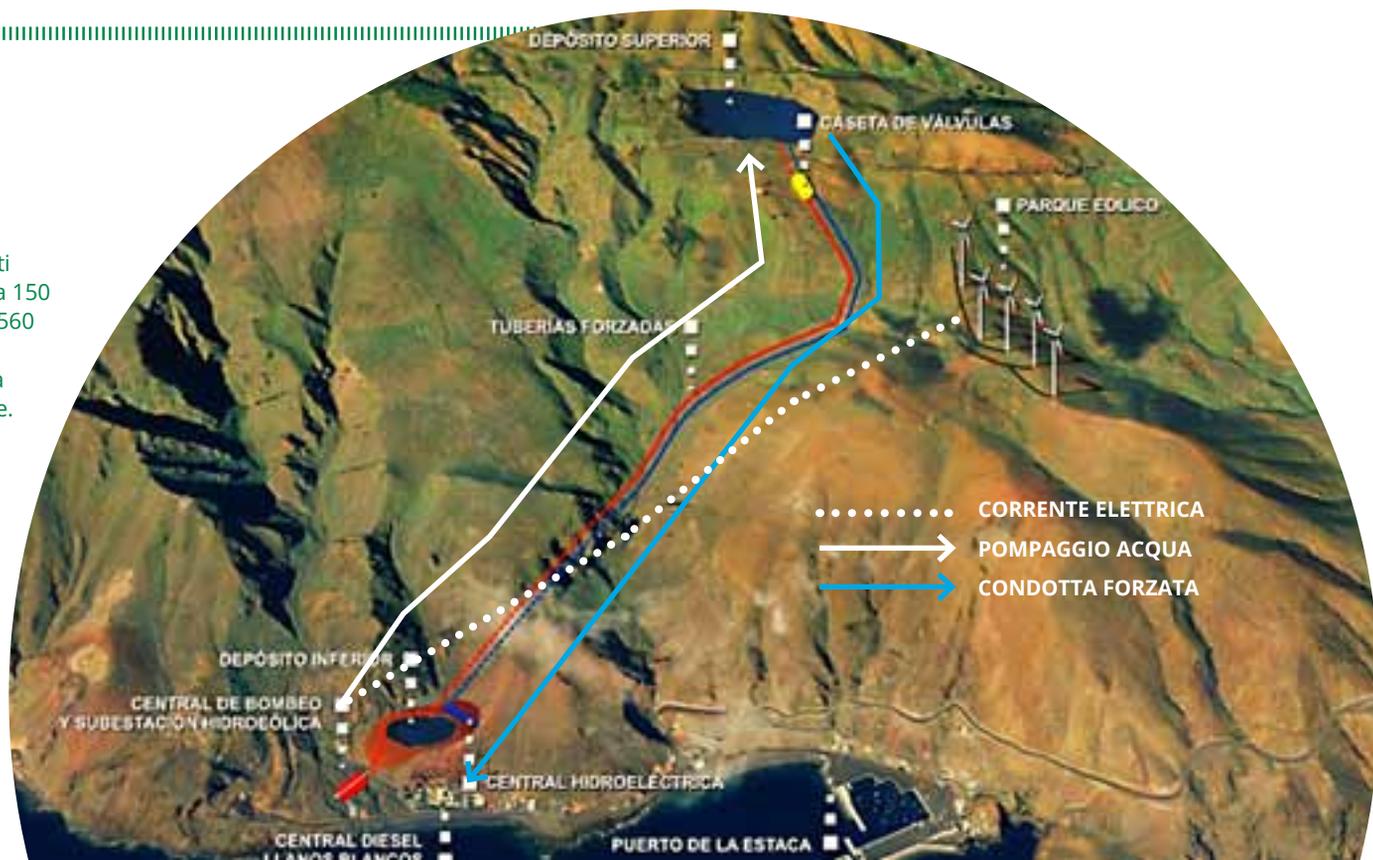
_0510



_0511

LO SAPEVI?

In Trentino gli impianti idroelettrici sono circa 150 per una potenza di 1.560 MW che corrisponde all' 8,7% della potenza idroelettrica nazionale.



PROPULSIONI VARIE

CD-CRAFT

MECCANICA (MUSCOLARE) → MECCANICA (POTENZIALE-ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Gonfiato il palloncino lo si innesta sulla pipetta posta sul CD e lo si lascia libero di muoversi o si imprimono leggere spinte. Questo semplice assemblaggio ci aiuta a capire quanto sia importante eliminare gli attriti per meglio utilizzare qualunque tipo di energia. In questo caso l'attenuazione dell'attrito è frutto della fuoriuscita dell'aria del palloncino espulsa dal foro del CD che crea, alla base, un cuscinetto d'aria che allontana dal contatto diretto tra le superfici.

TRASFORMAZIONI

L'energia potenziale elastica contenuta nei polimeri della gomma del pallone posti in tensione dalla pressione dell'aria si traduce in una spinta verso l'alto del disco e quindi in un'eliminazione degli attriti; ciò favorisce il moto del dispositivo sul piano di scivolamento (ma servirà comunque una leggera spinta perché l'uscita dell'aria non è orientata).

LO FACCIO IO

La realizzazione di questo dimostratore si esegue incollando una pipetta su un dischetto di plastica dove sarà effettuato un foro di un paio di cm di diametro e che a sua volta andrà incollato al centro di un vecchio CD. Per praticità si deve utilizzare un pallone con beccuccio adatto ad essere infilato sulla pipetta.

HOVERCRAFT

ELETTRICA → MECCANICA (ROTAZIONALE) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

L'hovercraft è un veicolo simile ad un "canotto" che può muoversi sull'acqua o su paludi e terreni accidentati grazie ad una spinta d'aria forzata verso la parte inferiore (in questo caso fornita da un motorino con ventola alimentato a pila). Il modellino, è realizzato in polistirolo ed è dotato di una bordura fatta con una striscia di plastica morbida

incollata tutta intorno alla base. L'aria spinta dalla ventola cerca di fuoriuscire dalla "minigonna" facendo lievitare di qualche decimo di millimetro il modellino. Una parte dell'aria spinta all'indietro imprime una forza che lo fa avanzare. Accertarsi che la superficie di lavoro sia liscia e uniforme.

TRASFORMAZIONI

L'energia elettrica si traduce in energia cinetica, ma l'effetto primario del flusso d'aria è quello di annullare gli attriti da contatto tra la superficie di appoggio e la base del veicolo. Dunque una parte dell'energia elettrica sarà trasformata in cinetica allorché, attivata l'elica, una parte dell'aria sarà insufflata posteriormente e si convertirà in spinta per reazione, mentre l'altra parte sarà convogliata verso il basso attraverso una feritoia al fine di far levitare l'hovercraft.

LO FACCIO IO

Con un po' di colla vinilica, qualche pezzo di polistirolo e un motorino fissato adeguatamente al corpo si può replicare questo veicolo. Si abbia cura di scegliere adeguatamente la plastica per realizzare la bordura che sarà incollata intorno alla base.

VEICOLO AD ELICA

ELETTRICA → MECCANICA (ROTAZIONALE) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Questo veicolo ad elica mosso da un motorino elettrico è un giocattolo di facile costruzione che si attiva con un interruttore posto anteriormente. L'elica trasforma l'energia elettrochimica della batteria in rotazionale la quale spinge l'aria posteriormente generando, per il principio di azione-reazione, una spinta in avanti.

TRASFORMAZIONI

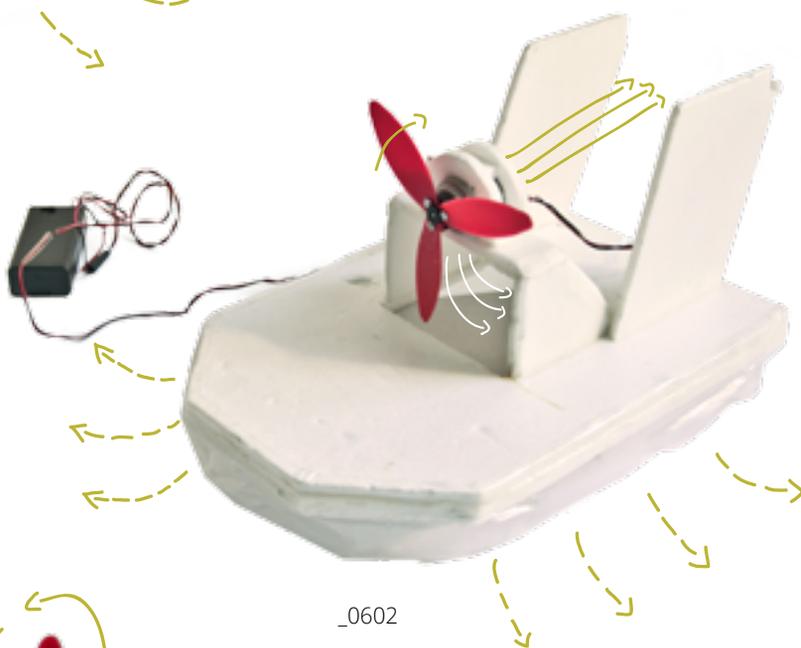
L'energia elettrochimica contenuta nella batteria si converte in energia elettrica poi in rotazionale dell'elica e successivamente, per il III° Principio della Dinamica, in movimento del veicolo.

LO FACCIO IO

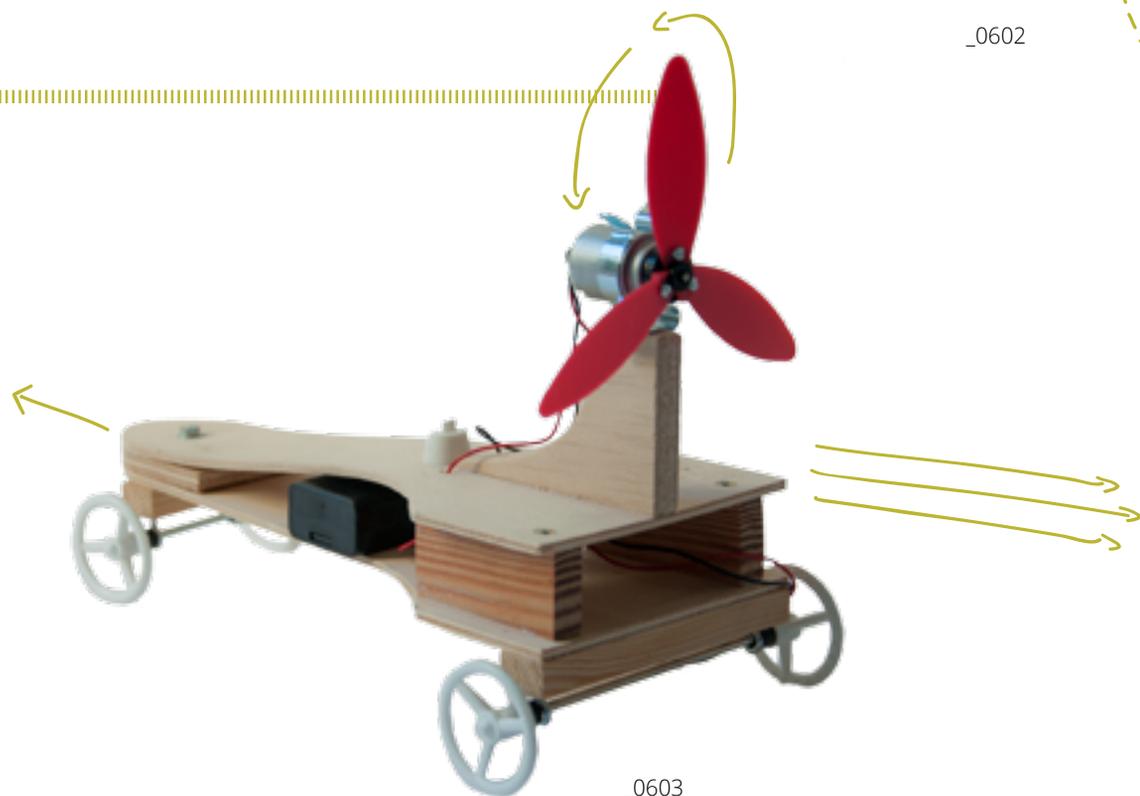
Un motorino con un'elica (di recupero) fissato su un corpo fatto con un pezzo di legno (o da una lattina) dotato di tre o quattro ruote (fatte con i tappi di metallo dei succhi di frutta infilati in una asticciola di metallo) ed ecco fatto in nostro veicolo. Si avrà cura di fare un semplice circuito con batteria ed interruttore da sistemare a bordo del prototipo e che alimenterà il motorino.



_0601



_0602



_0603

BATTELO AD ELICA

ELETTRICA → MECCANICA (ROTAZIONALE) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Il principio di funzionamento è analogo a quello del veicolo ad elica con la sola differenza che questo si può muovere agevolmente su uno specchio d'acqua essendo stato progettato per galleggiare. Questo natante sfrutterà meglio l'energia della spinta dell'elica perché sull'acqua le due chiglie dissipano minore energia per attrito di quanto non succeda per l'attrito rispetto all'attrito volvente dei veicoli su ruote (escludendo l'effetto di vento e onde).

TRASFORMAZIONI

Poiché il modellino monta un motore alimentato con due batterie il passaggio energetico sarà da energia elettrica ad energia cinetica di spostamento dell'aria da parte dell'elica e conseguentemente del natante sull'acqua, per il III° Principio della Dinamica.

SODA ROCKET

CHIMICA → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Il corpo di questo dispositivo funge da serbatoio per l'inserimento di un cucchiaino di bicarbonato di sodio e due cucchiaini d'aceto. Effettuata l'operazione di inserimento dei due reagenti e posizionato sulla sua "rampa di lancio" il razzo si attende qualche istante. Questo minimissile a gas basa il suo funzionamento sulla reazione

chimica tra acido acetico e bicarbonato di sodio (NaHCO_3) nella quale si sprigiona una certa quantità di CO_2 . Il gas, raggiunta una certa pressione, spinge la base di appoggio con conseguente fuoriuscita vivace del gas dal foro di scarico. Per reazione il corpo del razzo viene lanciato verso l'alto per qualche metro.

TRASFORMAZIONI

La reazione che avviene all'interno del corpo del razzo è di tipo chimico; il passaggio successivo sarà la trasformazione di energia chimica in energia cinetica.

RIFLETTI

Il III° principio della Dinamica, quello di **azione e reazione**, non governa solamente i sistemi di propulsione dei missili; ad es. anche una vettura si muove per effetto di una **azione di spinta** (azione) che i pneumatici esercitano sull'asfalto (reazione) grazie all'attrito.

ACCELERATORE MAGNETICO DI GAUSS

CAMPO MAGNETICO → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

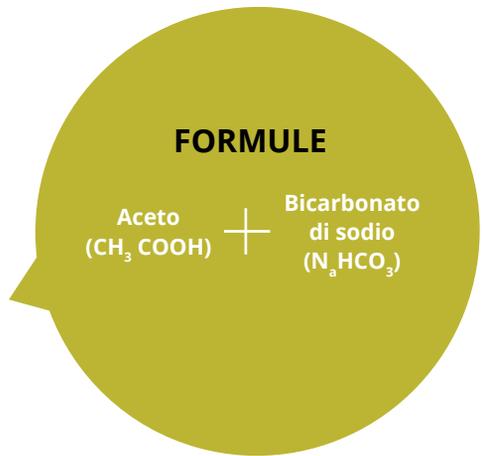
Questo dispositivo sfrutta la variazione e l'interazione di campo magnetico tra alcuni magneti cilindrici posti con lo stesso orientamento sul binario di legno e le sferette posizionate opportunamente sui lati dei magneti cilindrici. Lanciando la prima sferetta verso il lato libero del primo magnete cilindrico si osserverà che a cascata anche le altre sferette, schizzeranno accelerate da un magnete verso quello posto di fronte.

TRASFORMAZIONI

L'acceleratore si attiva quando la prima sfera arriva sul primo magnete attratta e accolta dal suo campo magnetico. Nell'impatto la sfera cede la sua energia cinetica che passa alla terza sfera posta sull'altro lato del magnete, che non ne è a contatto diretto. Questa differenza di posizione all'interno del campo magnetico è utile a lanciare la sfera sul secondo magnete e così via. L'ultima sfera avrà assommato l'energia cinetica delle precedenti e schizzerà ad una velocità legata al numero di magneti posti sul binario.

DOVE LO TROVO

Su un principio molto simile si basano i treni a levitazione magnetica che viaggiano senza contatto con i binari e sono spinti dalla repulsione sincronizzata di flussi di campi magnetici.



MODELLO DI VETTURA AD IDROGENO

1. PRODUZIONE IDROGENO **ELETTROMAGNETICA** → **ELETTRICA** → **CHIMICA**
2. COMBUSTIONE DELL'IDROGENO **CHIMICA** → **ELETTRICA** → **MECCANICA (CINETICA)**

COME FUNZIONA

Il veicolo illustrato è un modellino di vettura a idrogeno a celle a combustibile completo di stazione di alimentazione. L'idrogeno viene prodotto nella stazione di ricarica attraverso una cella combustibile alimentata con energia elettrica proveniente da una cella FV o da una batteria. Una volta prodotto

il gas viene inserito nella vettura a mezzo di un tubicino che gonfia un piccolo palloncino. Per muovere la vetturessa si accende la cella a combustibile posta a bordo che convertirà l'idrogeno in corrente elettrica che alimenterà un motorino elettrico.

TRASFORMAZIONI

Le trasformazioni coinvolte riguardano dapprima un passaggio da energia elettrica a energia chimica ceduta alla formazione di idrogeno a carico della cella a combustibile (alimentata con acqua) nella stazione elettrolitica che può essere alimentata con una cella

FV o con una batteria. Nella seconda parte dell'esperienza, sul veicolo, la conversione avviene al contrario; l'idrogeno passa alla cella a combustibile della vettura, che lo converte in corrente elettrica utile a muovere il veicolo tramite il motore elettrico.

RIFLETTI

L'idrogeno è un vettore di energia, non una fonte di energia!

RIFLETTI

VETTURE INTELLIGENTI E VETTURE ENERGIVORE

Un'auto serve per spostare persone e cose...per la fisica per muoversi orizzontalmente, un veicolo consuma energia solo per vincere l'attrito volvente e dell'aria. Se si confronta un motore termico e uno elettrico si scopre che il rendimento di un motore elettrico può raggiungere anche il 90%, a differenza di un'auto a benzina o diesel che raggiunge soltanto il 25-30% perché il 70%-75% viene dissipato in calore per attriti vari. Infatti una vettura a combustione interna, oltre ad avere un basso rendimento del motore, è proprio

sprecona perché consuma benzina andando in discesa quando frena e pure da ferma ad es. davanti ad un semaforo... Ma chi l'avrà pensato un mostro energivoro del genere! Le auto elettriche, invece, quando scendendo o frenano, recuperano e restituiscono alla batteria una parte di energia elettrica. Inoltre, essendo piuttosto semplice costruttivamente, l'auto elettrica è più affidabile oltre ad essere silenziosa e pulita. Una vettura elettrica non necessita di particolare manutenzione né

di olio lubrificante per il motore; anche questi sono importanti voci di risparmio che rendono preferibile una vettura a zero emissioni. Tuttavia, nel caso di vetture elettriche, o alimentate a idrogeno, si deve considerare in quale modalità viene prodotta la corrente elettrica o l'idrogeno che alimenta il motore: se derivano da fonte rinnovabile l'impatto è nullo, se invece derivano da una fonte fossile, per ottenerli ci sarà una certa produzione di CO₂. Comunque anche le vetture

elettriche hanno qualche limite: per le batterie c'è il problema dell'autonomia, dei tempi di carica e del peso. Una curiosità: in Giappone un cambio del pacchetto batterie si effettua in 13 secondi... molto meno che per fare un pieno di benzina. Se solo una parte dei 900 milioni di veicoli in circolazione al mondo verrà sostituita con quelli elettrici, l'aria delle città diverrà più salubre e la qualità della vita migliorerà notevolmente.

CANNONE PIEZOELETTRICO A GAS

CHIMICA (COMBUSTIONE) → **MECCANICA (CINETICA)**

COME FUNZIONA

Un contenitore per rollini fotografici diventa la camera di combustione di un dispositivo che utilizza "vapori combustibili" (gas d'accendino, alcool evaporato, ecc.) per la sua reazione. Il dispositivo piezoelettrico, recuperato da un accendigas e posto all'interno del contenitore,

fornisce la scintilla d'innesco della miscela aria-gas. Il tutto è assemblato su una basetta di legno. Caricato il contenitore con il gas e chiuso il tappo, si preme l'interruttore piezoelettrico e, tosto, il tappo verrà scagliato via accompagnato dallo scoppio del gas.

TRASFORMAZIONI

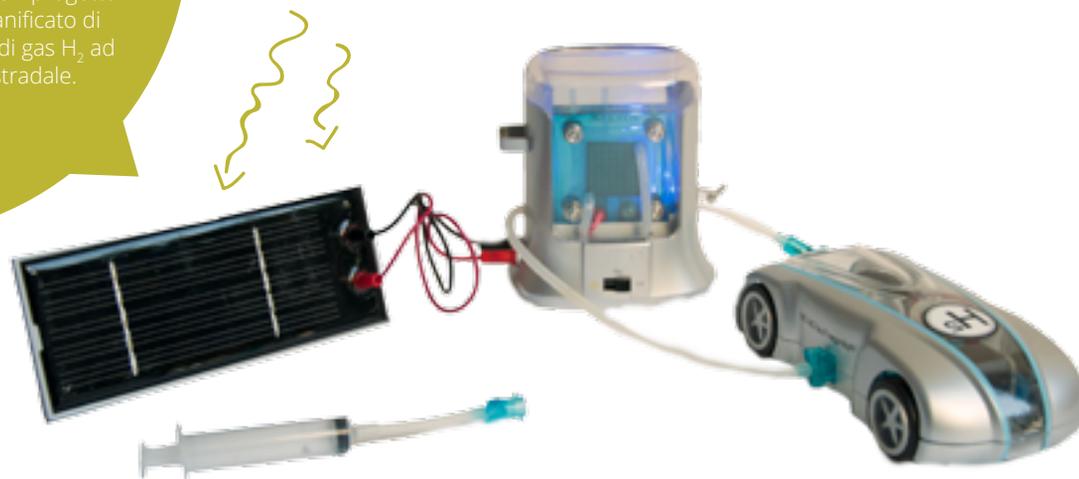
Le trasformazioni in atto in questo dispositivo sono sia chimiche che fisiche. Da principio si ha una combustione del gas, innescata dalla scintilla che produce una reazione chimica, poi segue una espansione volumetrica del gas stesso che provoca l'espulsione del tappo che chiude il contenitore.

RIFLETTI

La reazione di trasformazione energetica del gas porta con sé una significativa dilatazione del gas stesso, ma anche del volume dell'aria improvvisamente riscaldata dalla combustione; è questa dilatazione che fa scoppiare rumorosamente il contenitore.

LO SAPEVI?

Il Comune di Isera ha installato lungo l'Autostrada del Brennero un km di barriera antirumore ricoperta da circa 5.000m² di celle FV. Una parte dell'energia ricavata, circa 780.000 kWh all'anno, viene utilizzata per produrre idrogeno per via elettrolitica presso una delle stazioni di rifornimento. Un progetto della Società Autobrennero ha pianificato di installare una stazione di fornitura di gas H₂ ad ogni 100 km di tale tratto autostradale.



_0607



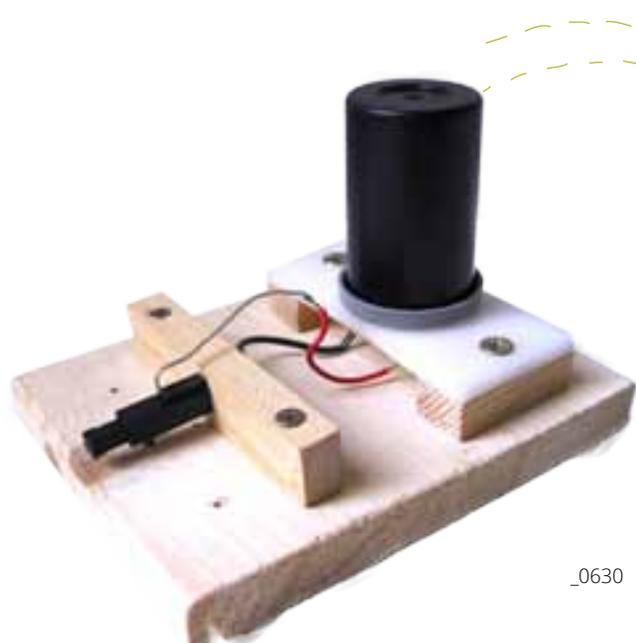
Un'ultima riflessione: immaginate che piacere può dare far caricare le batterie della bici elettrica o della vettura elettrica direttamente dall'impianto fotovoltaico di casa e dover ringraziare solo...il Sole!

IPOTESI APPROSSIMATIVA DI CONVERSIONE DA ENERGIA SOLARE A KM PERCORSI IN UN ANNO DA UNA VETTURA ELETTRICA.

Considerando un impianto da 3 kW di picco con rendimento del 15%, con una radiazione solare media di 1kW/m² e una perdita di efficienza di sistema del 25% con un soleggiamento di 1.200 ore/anno e considerando un'efficienza del 90% del motore della vettura elettrica che assorbe 0,2 kWh/km, si può ipotizzare di percorrere circa 2000 km all'anno. E' facile calcolare poi il risparmio economico e il risparmio di CO₂ emessa considerando che un veicolo a benzina produce circa 130 g di CO₂ per km.

LO SAPEVI?

Nel 1915, a Detroit, è stata prodotta, in 40.000 esemplari, una vettura elettrica alimentata da batterie al piombo, la Detroit Electric Car. Aveva un'autonomia di 80 km e raggiungeva i 40 km/h. Ne esistono ancora 4 esemplari!



_0630



LO SAPEVI?

Da tempo si parla di una vettura ad **aria compressa**: la **Eolo**. Per un periodo non se ne è saputo più nulla. Ora una fabbrica indiana, la **Tata**, ha deciso di produrla in serie in numerose versioni: utilitaria, furgone, pullman, ecc.. Il sistema di propulsione, il tipo di produzione e i materiali utilizzati sono molto innovativi; **Eolo** potrebbe essere una proposta interessante per la mobilità alternativa. Pare che potrebbe avere un costo di 7.000 € e percorrere 100 Km con 1 € di carica di aria compressa.

MOTI PERPETUI APPARENTI

MOTO PERPETUO A ELASTICO

MECCANICA (POTENZIALE ELASTICA) → MECCANICA (CINETICA) → TERMICA (ATTRITO)

COME FUNZIONA

Il congegno ha due supporti verticali laterali e un'asse verticale, libero di muoversi, collegato superiormente ad un elastico; sull'asse è infilata trasversalmente un'asticciola che termina con un leggero filo al cui capo è fissata una sferetta. Una volta caricato l'elastico e lasciandolo libero si srotolerà tosto trascinando l'asse con l'astina e il filo con la pallina.

Il filo, incontrando i supporti verticali, si attorciglierà e si srotolerà lentamente continuando questo lento movimento anche per qualche ora facendo pensare a qualcosa di "perpetuo". In realtà l'energia elastica viene dissipata lentamente finché, inesorabilmente, il dispositivo non si ferma.

TRASFORMAZIONI

L'energia elastica potenziale viene rilasciata e dissipata in modo molto rallentato negli attriti che conseguono ai continui passaggi, con avvolgimento e svolgimento, che frenano il moto del filo con la sferetta. Si spiega così il notevole rallentamento dissipativo e la lunga durata del fenomeno.

MOTO PERPETUO A PILA

ELETTORICA → MAGNETICA → MECCANICA (CINETICA) → TERMICA (ATTRITO)

COME FUNZIONA

Questi soprammobili dinamici lasciano basito l'osservatore per i loro curiosi moti composti. Una leggera spinta li fa partire e, contro il I e II principio della termodinamica, riescono ad incrementare la velocità del loro moto apparentemente senza alcun contributo esterno. In realtà la base nasconde un circuito

con una bobina che genera un campo magnetico repulsivo sincronizzato col passaggio del magnete posto inferiormente al bilanciere oscillante. E' dunque la batteria del circuito che, ad ogni passaggio, perde un po' di energia elettrica che si converte in spinta meccanica.....fino al suo esaurimento!

TRASFORMAZIONI

Il moto di questo curioso gioco può insistere per giorni interi e ciò può indurre a pensare che si tratti di moto perpetuo. Ma ad una attenta osservazione si vede che il peso, posto inferiormente sulla parte oscillante, è in realtà un magnete. Il gioco sfrutta un fenomeno che si basa sui principi dell'induzione e dell'autoinduzione magnetica (leggi di Faraday-Neumann-Lenz). Queste leggi spiegano i legami tra variazioni del flusso magnetico su una

superficie, le caratteristiche di una bobina, le correnti e la f.e.m. prodotte. Il magnete quando oscilla sfiora una bobina nascosta nella base. Stando solo così le cose l'oscillazione si fermerebbe quasi subito. In realtà alla bobina è connesso un circuito che ha il compito di sincronizzare il moto favorendolo con una "spinta magnetica" esercitata da un campo repulsivo prodotto dalla bobina quando è avvicinata dal magnete.

LA CANDELA OSCILLANTE

CHIMICA (COMBUSTIONE) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Il dimostratore si assembla molto facilmente con una candela, un ago, due spille di sicurezza (o due graffette) e una base di legno. Si fa passare l'ago trasversalmente nel punto centrale della candela e si appoggia poi sugli occhielli delle spille di sicurezza (o graffette) a sua volta fissate alla base. Si dà inizio all'oscillazione della candela accendendola ai due capi. Dopo qualche istante la candela troverà il suo equilibrio e inizierà il suo moto oscillatorio fino al suo esaurimento.

TRASFORMAZIONI

L'energia chimica della combustione della candela si converte in energia meccanica del moto oscillatorio dei bracci che si sbilanciano a causa della caduta di gocce di cera.

RIFLETTI

In questo caso si capisce bene che la fonte di energia è la combustione "luminosa" e che il moto è frutto del leggero spostamento del baricentro della candela che si sposta a destra e a sinistra tra un braccio e l'altro del bilanciere.

LO FACCIO IO

L'immagine offre sufficienti informazioni per la realizzazione domestica di questo curioso moto. **Tuttavia si raccomanda di non eseguire assolutamente questa esperienza, che prevede due fiamme libere, se non sotto il controllo di un adulto esperto e adottando tutte le precauzioni del caso!**

LO SAPEVI?

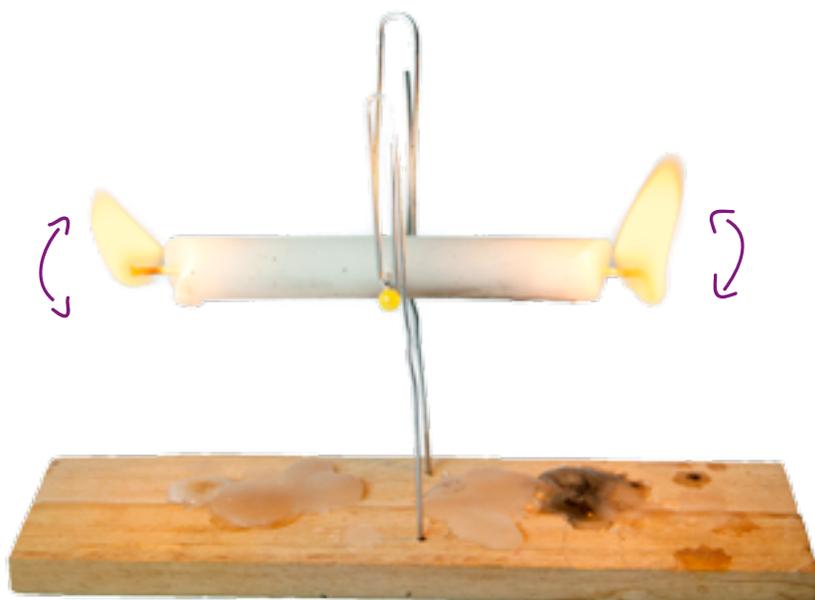
Questo curioso dispositivo è un gioco che veniva esposto nelle vetrine dei negozi negli anni '30 per rallegrarle e per attirare i clienti attraverso il suo moto un po' ipnotico.



_0701



_0702



_0720

KIT E APPARATI

GENERATORE DI BOLLE DI SAPONE

ELETTRICA → MECCANICA

COME FUNZIONA

Questo relativamente complesso dispositivo attrae grandi e piccini che quando in situazione statica, cercano di ipotizzarne la funzione. Tuttavia ad un occhio attento alcune parti rivelano la sua finalità. Ebbene, la sorpresa è grande quando, collegato il motorino ad una batteria, il moto degli ingranaggi, dell'elica e del braccio col pettine che si immerge dentro il recipiente del sapone, genera iridescenti e leggiadre bolle che volteggiano nell'aria.

TRASFORMAZIONI

Il generatore di bolle è alimentato da una sorgente di energia elettrica che fa muovere il motore e con esso leve, ingranaggi e ventola. Gli ingranaggi e la puleggia eccentrica generano il movimento meccanico alternativo del braccio che pesca nel sapone liquido. Anche l'energia dell'aria spinta dalla ventola è di tipo meccanico.

BUONE PRATICHE

Negli edifici a basso consumo si fa molta attenzione al rapporto tra superficie e volume della costruzione (**S/V**); ebbene la fisica e le forme delle bolle di sapone forniscono interessanti suggerimenti per ottimizzare tale rapporto e migliorare così l'efficienza energetica degli edifici attraverso la diminuzione delle dispersioni termiche delle pareti.

LO SAPEVI?

Le bolle di sapone si formano in base al principio della natura di racchiudere il maggior volume con la minor superficie (**S/V**). La superficie varia a seconda della geometria del sostegno al quale sono agganciate le bolle.

MODELLO DI OFFICINA MECCANICA

MECCANICA (CINETICA) → MECCANICA (CINETICA)

COME FUNZIONA

Questo apparato a manovella, che trasferisce con degli elastici il moto a tre modellini di utensile da officina, è costruito in legno. Il moto è generato dall'energia meccanica muscolare di chi aziona la manovella, ma potrebbe essere trasferito in altri modi utilizzando accoppiamenti con altri dispositivi rotanti (ingranaggi, pulegge, frizioni, ecc.). L'effetto curioso consiste nel trasferimento del moto dell'asse di rotazione agli utensili che a loro volta esibiscono altri moti composti.

TRASFORMAZIONI

La mini officina converte energia meccanica in altra energia meccanica. Non dimentichiamo che, in ogni passaggio, una buona parte di energia meccanica (come in tutte le trasformazioni energetiche) viene dissipata in calore dovuto agli attriti tra i diversi organi che compongono il congegno.

BRACCIO ELETTROMECCANICO

ELETTRICA → MECCANICA (CINETICA E ROTAZIONALE)

COME FUNZIONA

Il braccio meccanico è alimentato a batteria e una scheda elettronica di controllo dei servomotori permette all'operatore di far effettuare, con una tastiera, dei micromovimenti al braccio meccanico. L'energia elettrica è quindi convertita nei movimenti meccanici di congegni, leve e ingranaggi che trasformano il moto rotazionale in altri movimenti lineari o rotatori.

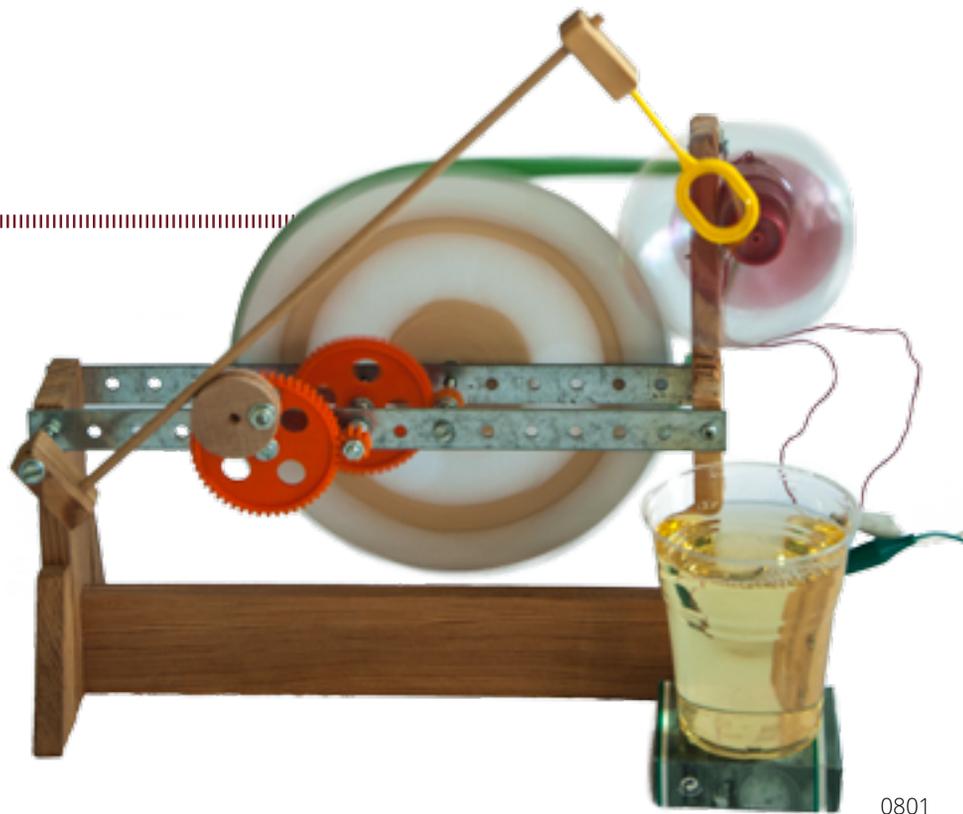
TRASFORMAZIONI

La conversione dell'energia elettrica fornita dalle batterie viene trasformata dal circuito elettronico in segnali elettrici che alimentano i servomotori i quali trasferiscono il moto rotatorio agli attuatori (dispositivi comandati da segnali elettrici per agire sull'ambiente).

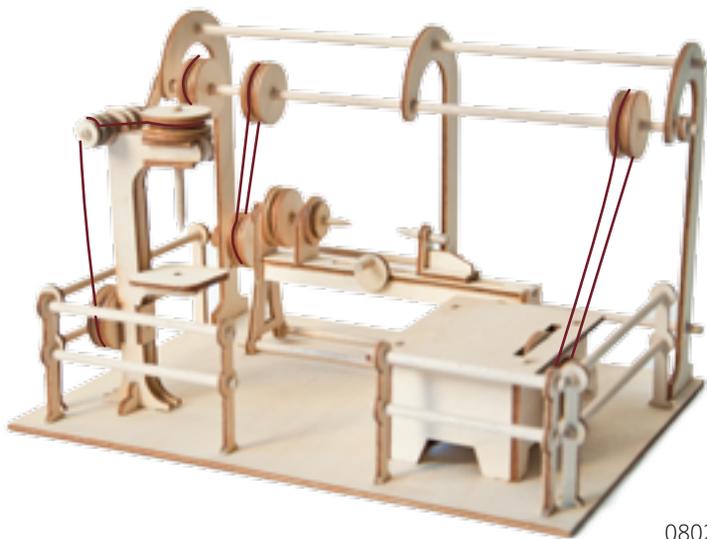
RIFLETTI

I robot attualmente svolgono molti compiti in situazioni ed in ambienti che sarebbero proibitivi per l'uomo come ad esempio le esplorazioni su altri pianeti o in situazioni di pericolo. Possono essere ingaggiati per azioni di pulizia e ripristino ambientale in situazioni pericolose per gli operatori. Tuttavia i robot, sempre più sofisticati e precisi nelle loro funzioni possono

essere comandati da remoto anche per operazioni chirurgiche molto delicate salvando vite umane dove i medici esperti non possono arrivare in tempi brevi. I robot operano nelle case e col tempo potranno essere dotati delle più svariate funzioni incluse le competenze decisionali che li rendono sempre più vicini agli umani.



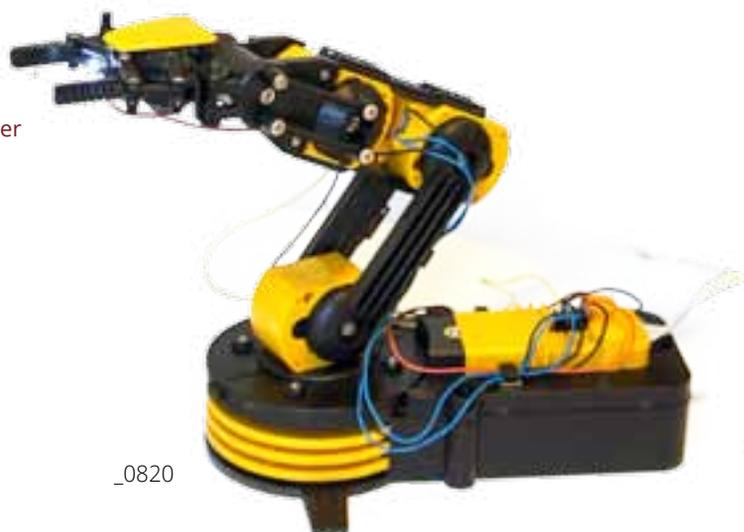
_0801



_0802

LO SAPEVI?

E' stato progettato un piccolo robot domestico che controlla l'andamento dei consumi in una casa e segnala anomalie, guasti e le azioni da adottare per risparmiare energia: un robot amico del risparmio.



_0820



Suggerimenti didattici per il dopo mostra

Per migliorare la comprensione del tema si forniscono di seguito alcuni suggerimenti e spunti per valorizzare e potenziare in classe gli apprendimenti acquisiti dagli studenti successivamente alla visita della mostra. Entrambe le proposte possono essere impostate come attività di gruppo similmente a giochi di ruolo. Queste attività possono essere condotte dal solo docente o con l'assistenza di un educatore della Rete Trentina di EA di APPA previa richiesta come indicato sulla scheda della Guida APPA (www.appa.provincia.tn.it).

a) Il primo spunto muove dall'intento di far rivivere in classe agli studenti una delle loro giornate tipo proponendone una lettura in chiave energetica delle azioni che scandiscono il loro tempo da quando si alzano fino al mattino dopo. Ogni operazione può essere esaminata sotto il profilo della quantità e qualità dell'energia (inclusa la produzione di CO_2) utilizzata per le varie azioni e, attraverso una discussione guidata finalizzata ad orientare gli studenti verso la scelta di pratiche alternative efficienti e di risparmio energetico. Si può anche introdurre una unità di misura legata allo spreco o alla produzione di CO_2 per esaminare anche quantitativamente la qualità dei comportamenti adottati e magari per creare un po' di competizione tra i ragazzi (<http://www.scuola-perilclima.it/test-co2>).

b) In questa seconda proposta si suggerisce l'approfondimento di cosa sia l'energia partendo da attività più operative che mirano a far assimilare concretamente il significato delle grandezze fisiche fondamentali correlate all'energia: massa (m), accelerazione (a), forza (F), potenza (P), lavoro (L) e attriti (i simboli in grassetto stanno ad indicare grandezze vettoriali). L'obiettivo si ottiene mettendo a punto una serie di esperienze basate sull'uso di carrelli a quattro ruote sui quali possano essere alloggiate masse di qualche kg e relativi multipli (allestiti p. es. con sacchetti di sabbia). Gli studenti toccheranno con mano i concetti di massa, accelerazione, forza, potenza e lavoro trainando, con uno o due dinamometri (e misurando anche i tempi con un cronometro), i carrelli su superfici diverse (orizzontali e inclinabili e con rivestimenti vari come legno, gomma, moquette, metallo, ecc.) in diverse configurazioni a seconda dello specifico concetto da apprendere. A completamento delle attività sarà utile una piccola sfera d'acciaio per studiarne il comportamento e la dissipazione energetica durante l'urto in caduta contro diversi materiali (legno, acciaio, pongo, gomma, moquette, ecc.). Anche in questo caso, se l'insegnante lo ritiene utile, potrà farsi assistere dagli educatori della Rete trentina di educazione ambientale.



Diavoletto di Cartesio

GLOSSARIO

Aerogeneratore

Macchina elettrica che sfrutta l'energia cinetica del vento attraverso la rotazione di pale che producono corrente elettrica attraverso un alternatore o una dinamo.

Alta tensione

Si riferisce al voltaggio di lavoro di certe apparecchiature elettriche che può raggiungere anche parecchie centinaia di migliaia di Volt; è anche la tensione di lavoro tipica dei conduttori di elettrodotti posti sugli alti tralicci delle grandi reti di distribuzione che portano la corrente a grandi distanze.

Alternatore

Macchina elettrica che trasforma un moto cinetico rotazionale in corrente elettrica alternata.

Anidride carbonica

Uno dei gas ad effetto clima-alterante. L'effetto è minore di quello di altri gas climalteranti, ma questo gas viene rilasciato in quantità notevolissime perché è un prodotto tipico della combustione di combustibili fossili, ma anche di incendi e processi respiratori.

ATP > ADP

Si tratta di due molecole a base azotata con un gruppo fosforico che, all'interno delle cellule, producono e scambiano notevoli quantità di energia in presenza di enzimi o di idrolisi.

Barile di petrolio

E' una tipica unità di misura delle transazioni petrolifere; il suo contenuto è di 157 litri.

Batteria polimerica agli ioni di litio

Sono sistemi di accumulo di elettricità di nuova generazione adottati su quasi tutte le vetture a propulsione elettrica. Tali sistemi sono caratterizzati da un ottimo rapporto kWh/kg e sembrano poco sensibili alle alte frequenze di cicli di carica-scarica.

Biocombustibili

S'intendono i combustibili (bioetanolo, biogas, biodisel, ecc.) derivati dalla distillazione di vegetali (palma da oli, canna da zucchero, ecc.) coltivati a questo scopo. L'utilizzo di terreno fertile, buono per coltivazioni alimentari, per produzione di biocombustibili è questione molto controversa.

Biodiversità

Una delle conseguenze dell'impatto dell'uomo sulla natura è l'estinzione di specie animali e vegetali terrestri e marine. Questo patrimonio naturale di viventi è la ricchezza che caratterizza il nostro pianeta, appunto la biodiversità.

Bioenergia

L'energia proveniente da un ciclo biologico (biogas, biomasse, scarti vegetali o animali, ecc.) la cui fonte primaria sia riconducibile al Sole.

Biogas

Miscela di gas, perlopiù metano, prodotti da cicli di fermentazione anaerobica di biomasse vegetali, di scarti di produzioni agricole o, più diffusamente, di liquami e reflui di allevamenti animali.

Biomassa (1)

S'intende, secondo la formulazione prevista dalla Direttiva Europea 2009/28/CE, la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui d'origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura e la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

Biomassa (2)

Tutti i prodotti dei cicli di produzione e crescita dei vegetali che contengano potenziali contenuti energetici utilizzabili direttamente o per la produzione di altri combustibili. Normalmente si intende la massa legnosa che si utilizza per il riscaldamento e che, nella combustione, restituisce la CO₂, assorbita durante il ciclo vegetativo della pianta.

Biopolimero

Lemoigne ha inventato la prima materia plastica basata sui residui del ciclo di produzione dello zucchero e abbandonata per i più economici prodotti del petrolio perché i danni ambientali non erano considerati. Ora due italiani hanno ripreso l'idea sviluppando il Minerv-PHA, polimero simile al policarbonato fatto con la melassa che si dissolve in acqua dopo 10 giorni senza lasciare residui.

Blackout

Interruzione della fornitura elettrica alle utenze domestiche, e non, in vaste aree di territorio, dovuta ad eventi meteorologici o ad interventi umani per motivi di prevenzione e sicurezza.

BTU (British Thermal Unit)

E' una tipica unità di misura dell'energia usata negli Stati Uniti e nel Regno Unito. La definizione è molto simile quella di Joule solo che utilizza la libbra come unità di peso e il grado Fahrenheit per la temperatura.

Cambiamento climatico

Processo planetario in atto da qualche tempo che coinvolge il comportamento meteorologico sull'intero pianeta interferendo e modificando la ciclicità dei climi con siccità, alluvioni, scioglimento dei ghiacciai e con manifestazioni di eventi meteo estremi come trombe d'aria, precipitazioni e uragani.

Campo elettrico

Costituisce la porzione di spazio che risente degli effetti prodotti da cariche elettriche.

Campo magnetico

Costituisce la porzione di spazio che risente degli effetti dovuti alla presenza di dipoli magnetici

Campo eolico

Una porzione di territorio che ospita uno o più generatori eolici.

Carbon tax

È una tassazione che colpisce l'uso dei combustibili fossili e che viene applicata in misura proporzionale alla quota di CO₂ prodotta dalla loro combustione.

Cavallo vapore (HP)

E' una misura di potenza molto utilizzata fino a qualche anno fa. L'unità venne introdotta dal matematico e ingegnere britannico James Watt nel 1770 per comparare la potenza prodotta dalle macchine a vapore. 1 hp = 745,69 W

Cella fotovoltaica

Dispositivo, generalmente di silicio (semiconduttore) che, se colpito da radiazione solare, produce una corrente elettrica. Sono in fase di sperimentazione celle costituite da alghe, o vegetali di diverso genere (arance, melanzane, spinaci, ecc.) che producono corrente elettrica sulla base del processo di fotosintesi clorofilliana.

Centrale di degassificazione

Grande impianto industriale che, nell'ambito del ciclo di produzione e trasporto del gas naturale (GN), permette di riportare il prodotto dallo stato liquido (GNL), utilizzato nel trasporto marittimo, a quello gassoso utile per il trasporto terrestre ed il consumo finale.

Centrale idroelettrica

Impianto di produzione di energia elettrica che sfrutta il salto di quota di uno o più corpi idrici.

Centrale nucleare

Impianto di produzione di energia (elettrica) che fa ricorso al processo di fissione nucleare; ne esistono al mondo circa 440. Questa tecnologia tende ad essere oggetto di una profonda revisione su scala planetaria a causa della sua discutibile economicità, gli elevatissimi rischi e a causa del non risolto problema delle scorie. Dopo il devastante tsunami che ha distrutto alcuni reattori nell'area giapponese di Fukushima, le conseguenze sull'ambiente sono state gravissime e le autorità hanno deciso di spegnere precauzionalmente tutti i 54 reattori nucleari giapponesi.

Centrale termoelettrica

Impianto di produzione di energia elettrica che utilizza quale vettore energetico vapore acqueo (o gas) perlopiù prodotti dalla combustione di idrocarburi (gasolio, carbone, metano).

Certificati verdi

Si tratta di titoli negoziabili e diffusi in molti stati, corrispondenti a quantità equivalenti di CO₂ per unità energetiche prodotte, che sono scambiati tra coloro, soggetti pubblici o privati, che producono energia elettrica da fonti rinnovabili e quelli che invece non vogliono o non ne hanno la possibilità.

Certificato energetico

Si tratta di una certificazione di prodotto o manufatto (elettrodomestici, automobili o edifici) che attesta caratteristiche, classe di consumo e performance energetiche del bene a cui si riferisce.

Ciclo di Carnot

Dal nome del fisico francese Sadi Carnot (1796 - 1832) si tratta di un ciclo termodinamico ideale reversibile tra due temperature T1 e T2 che illustra le condizioni di un rendimento ottimale.

Cogenerazione

Ciclo combinato di produzione contemporanea di energia termica ed elettrica a mezzo di impianti specificatamente progettati. Uno dei primi sistemi a cogenerazione era costituito da un motore di una Fiat 127 che si chiamava Totem e che produceva corrente ed acqua calda. Questi cicli di produzione sono caratterizzati da un alto rendimento che può arrivare al 70-80%.

Collettore solare

Dispositivo per la conversione termica dell'energia solare (normalmente posto sul tetto) al fine del riscaldamento di un fluido vettore (glicole o acqua).

Conto energia

Procedura e modalità di contabilizzazione e pagamento dell'energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici posti su abitazioni private, edifici industriali o terreni. Una normativa nazionale lo ha introdotto da qualche tempo per incentivare questa modalità di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Effetto serra

Processo di cattura di energia radiante che diventa calore da parte di un sistema trasparente alla frazione visibile di onde elettromagnetiche e opaco rispetto alla gamma di radiazione infrarossa. Il fenomeno si applica alle serre, ma è presente anche a livello planetario a causa dei gas climalteranti che opacizzano gli strati bassi della troposfera.

Energia mareomotrice

Si tratta dell'energia che si ricava da impianti posti in mare e che sfruttano l'energia cinetica di onde, maree e correnti marine.

Entropia

Grandezza fisica che misura la quota di energia che non si trasforma in lavoro e che viene dissipata; anche termine per indicare il grado di "disordine" di un sistema.

Fonti rinnovabili

Categoria di fonti energetiche in cui rientrano il sole, il vento, le maree, il moto ondoso, l'energia idraulica, le risorse geotermiche e la trasformazione di prodotti vegetali (biomassa).

Gas climalteranti

Tutti quei gas (CO₂, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) frutto delle attività umane che, immessi in atmosfera hanno il potere di opacizzarla mettendone a rischio la sua trasparenza e quindi la sua importante funzione per l'equilibrio termico planetario.

Glocale

Il termine sta ad indicare una doppia prospettiva con la quale si affronta un argomento o un'azione. In generale si dice anche "agire localmente, pensare globalmente", intendendo l'utilità di una visione pragmatica per agire nel ma in coerenza con un vantaggio più generale che derivi dall'azione da intraprendere.

Goniometro solare

Dispositivo che consente di definire le caratteristiche di soleggiamento (orientamento e durata) incidente su una località o su di un sedime; dati utili per erigere edifici a basso consumo.

Green economy

Si intende un modello di economia basato su processi che impiegano soprattutto fonti di energia rinnovabili e tecnologie che non impattano negativamente sull'ambiente.

GSE

E' la sigla del Gestore nazionale che assegna le autorizzazioni e i pagamenti del Conto Energia quando si installano impianti FV.

Impianto FV in isola

Un impianto fotovoltaico la cui produzione elettrica è utilizzata interamente dall'utente perché non è collegata alla rete di distribuzione elettrica.

Impianto FV in rete

Un impianto fotovoltaico con scambio sul posto, ovvero che scambia la corrente prodotta con la rete di distribuzione elettrica.

Inceneritore

Detto anche "termovalorizzatore", impianto che dovrebbe produrre energia dalla combustione dei rifiuti. Una tecnologia molto discussa ed aversata che non dà ancora garanzie di sicurezza a causa della difficoltà ad azzerare gli inquinanti nocivi emessi durante il suo funzionamento che possono avere effetti sulla salute dei cittadini.

Joule

Unità di misura dell'energia meccanica (J):
1 Joule = 0,238 cal.

Kilocaloria

Unità di energia termica 1 Kcal = 4,18 kJoule.

Kilowattora

L'unità di misura di energia elettrica più diffusa.

kWh/m²a

Unità di energia che indica un consumo energetico per unità di superficie per un anno; viene utilizzata nei certificati energetici degli edifici.

LED

Light Emitter Diode (diodo emettitore di luce). Ormai diffusissima, questa fonte di luce sta sostituendo anche le lampade a basso consumo perché a parità di lumen durano molto di più (fino a 50.000 ore) e consumano anche 10 volte meno.

Passive house

Tipologia di edificio che produce complessivamente più energia di quanta ne consumi.

Pompa di calore

Dispositivo che funziona come un frigo alla rovescia: utilizza energia elettrica per assorbire energia termica da una fonte a temperatura più bassa e per immetterla poi in un ambiente a temperatura più

alta. La sua efficienza si misura in COP (coefficiente di prestazione energetica) che può variare da 2 a 5.

Ponte termico

Nelle strutture edilizie è un elemento architettonico che presenta valori di alta conducibilità termica verso l'esterno.

Radioattività

Produzione di particelle, alfa, beta e raggi gamma quali prodotti del processo di decadimento dei nuclei di elementi pesanti (tipicamente Uranio) in nuclei più leggeri. Il fenomeno è vistosamente presente nei prodotti e nelle scorie dei cicli di funzionamento dei reattori nucleari.

Rendimento

Classicamente il rapporto tra il lavoro e l'energia impiegata in un ciclo o processo. Tanto più si avvicina ad 1 tanto più il ciclo è efficiente.

Riscaldamento globale

Processo climatico planetario in atto da circa un secolo frutto per l'80% dell'effetto serra prodotto dai gas climalteranti generati dalla combustione dei combustibili fossili.

Scambio sul posto

Modalità di immissione e prelievo di potenza tra impianto domestico e rete elettrica di distribuzione, come previsto dal Conto Energia, che compensa l'utente con il pagamento dei kWh prodotti dall'impianto.

Smart grid

Rete o griglia intelligente. Si tratta di una diversa e nuova logica gestionale della rete e del servizio di distribuzione dell'energia elettrica orientata ad ottimizzare gli scambi tra offerta e domanda soprattutto in vista del significativo contributo delle rinnovabili e, nello specifico, delle crescenti quote di potenza derivanti dai piccoli ma numerosi impianti fotovoltaici installati negli ultimi anni sui tetti di case e aziende.

Sviluppo sostenibile

Un nuovo modello economico che sappia conciliare ecologia, equità e ambiente.

Teleriscaldamento

Sistema di riscaldamento di un numero consistente di edifici allacciati ad un'unica centrale termica posta nelle vicinanze. La gestione centralizzata e il controllo da remoto dei singoli vani da riscaldare consentono economie di scale e un migliore abbattimento degli inquinanti e dei gas di scarico della combustione.

Watt

Unità di misura della potenza elettrica corrispondente a 1 Joule al secondo (J/s).

BIBLIOGRAFIA

A. Gore – **La Terra in bilico** – Ed. Bompiani
A. K. Bates – **Manuale di sopravvivenza alla fine del petrolio** – Ed. AAM
AA. VV. – **Energia** – Ed. Publi Paolini
Catalogo mostra Energia Duemilauno – MTSN 2001
E. Moor – **Sole liquido** – Ellin Sela
E. Tizzi – **Fermare il tempo** – Ed. Cortina
E. U. Von Weizsacker – A. B. Lovins – L. H. Lovins – **Fattore 4** – Ed. EMI
Jeremy Rifkin – **Entropia** – Ed. mondadori – 1980
K. E. Lotz – **La casa ecologica** – Ed. AAM Terra Nuova
P. Angela – **La sfida del secolo** – Ed. Mondadori
Roberto Renzetti – **L'energia** – Ed. Savelli
Vaclav Smil – **Storia dell'energia** – Ed. Il Mulino 2000
F. Gesualdi – **Sobrietà** – Ed. Feltrinelli
M. Pallante – **Futuro senza luce** – Ed. Riuniti
L. Conti – **Ambiente Terra** – Ed. Mondadori
V. Leonida – **1.300 Giochi di scienza dilettevole** – Ed. Hoepli
A. Zammarchi, F. Baresi – **1000 facili esperienze di fisica** – Ed. La scuola
D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III – **I limiti dello sviluppo** – Ed. Mondadori
T. W. Norton – **Gli esperimenti facili: energia solare** – Ed. Franco Muzzio
V. Zanetti – **Fisica** – Ed. Zanichelli

SITOGRAFIA

Climalteranti.it – Cambiamenti climatici
<http://ecosia.org/how.php> Motore di ricerca salva-ambiente
http://it.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla Info su Tesla
<http://qualenergia.it/> Rivista sull'energia
<http://servizi.lifegate.it/newimpattozero/calcolatore.asp> Per calcolare impatto
<http://www.blackr.it/> Motore di ricerca a sfondo nero
<http://www.cges.co.uk/> Informazioni sugli idrocarburi
<http://www.eurozev.org/> Veicoli a zero emissioni
<http://www.fire-italia.it/caricapagine.asp?> – Federazione italiana uso razionale energia
<http://www.fisicamente.net/portale/user.php> Portale di fisica
<http://www.genitronsviluppo.com/2008/08/22/quanta-acqua-consumiamo-per-mangiare>
<http://www.lineaverde.insw.net/> Network ambiente e natura
<http://www.mdi.lu> Veicolo Eolo
<http://www.miniwatt.it/> Efficienza
<http://www.mostramida.it/trasformazioni/mida.html>
<http://www.novaenergy.it/> Portale energia
<http://www.paea.it/> Associazione per la sostenibilità
<http://www.quotidianoenergia.it/>
<http://www.solar-aid.org/> Energia solare e cooperazione internazionale
<http://www.terranauta.it/> News sostenibilità
<http://www.vivoscuola.it/us/rsigpp3202/solare/energiaFVcalc.htm> Calcolatore di CO₂
<http://www.walden3.org/index.htm> Nuovi modelli di sviluppo
<http://www.youtube.com/watch?gl=IT&v=Ulxe1ie-vEY> Report sul nucleare

LE INFORMAZIONI PER PRENOTARE LA MOSTRA

**Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
Settore informazione e monitoraggi**

**Rete trentina di educazione
ambientale per lo sviluppo sostenibile**

Piazza Vittoria, 5 - 38122 Trento

Tel 0461 497713 / 497779 - **Fax** 0461 497769

E-mail: educazioneambientale@provincia.tn.it

On-line: www.appa.provincia.tn.it/educazioneambientale

Referente APE

Franco Torrisi

franco.torrisi@provincia.tn.it

Referente APPA

Monica Tamanini

monica.tamanini@provincia.tn.it



www.provincia.tn.it | www.energia.provincia.tn.it | www.appa.provincia.tn.it