

ÍNDEX

1. LA TECNOLOGIA INDUSTRIAL I LA NECESSITAT D'ENERGIA

- 1.1– La tecnologia industrial 1
- 1.2– Energia, treball i potència 1
- 1.3– Energia mecànica, cinètica i potencial 4
- 1.4– Manifestacions energètiques 6
- 1.5– Transformacions energètiques. Rendiment 9

2. RECURSOS ENERGÈTICS

- 2.1– Energia i fonts d'energia 13
- 2.2– Fonts d'energia tradicional 14
- 2.3– El poder de la calor 15
- 2.4– Llenya i carbó 17
- 2.5– Petroli i derivats. Gas natural 19
- 2.6– Combustibles fòssils 23
- 2.7– Importància econòmica dels recursos energètics 28
- 2.8– La contaminació ambiental 28

3. PRODUCCIÓ I DISTRIBUCIÓ D'ENERGIA

- 3.1– Centrals elèctriques productores d'energia 32
- 3.2– Centrals hidroelèctriques 33
- 3.3– Centrals tèrmiques convencionals 34
- 3.4– Centrals nuclears 36
- 3.5– Distribució d'energia 39

Fotocòpies de fotografies de centrals 43

4. ENERGIES ALTERNATIVES

- 4.1– Energies alternatives 47

- 4.2– Centrals solars 47
- 4.3– Centrals eòliques 49
- 4.4– Centrals geotèrmiques 52
- 4.5– Centrals mareomotrius 53
- 4.6– Biomassa 54
- 4.7– Aprofitament dels residus sòlids urbans (RSU) 55

5. ELS MATERIALS I LES SEVES PROPIETATS

- 5.1– Els materials i els processos industrials 57
- 5.2– Estructura de la matèria 57
- 5.3– Propietats mecàniques 59
- 5.4– Propietats tèrmiques 61
- 5.5– Propietats electromagnètiques 63
- 5.6– Aliatges 65

1. El procés industrial i la necessitat d'energia

1.1– La tecnologia industrial

El procés industrial són totes aquelles operacions que et permeten obtenir productes elaborats a partir de matèries primeres.

Entrada Sortida

Material Producte

Energia

Pel procés industrial es necessari *material* i *energia*. Es imprescindible estudiar els materials.

1.2– Energia, treball i potencia

Recordatori:

– **Força**: l'acció que, aplicada sobre un cos, li fa variar la posició o el deforma.

$$F = m \cdot a$$

$$1\text{kg} \cdot 1\text{m/s}^2 = 1\text{N}$$

El pes d'un objecte es mesura en Newtons (N).

– Pes:

$$P = m \cdot g$$

Podríem definir l'energia per la capacitat que tenen els cossos per realitzar un treball.

Treball

Requisits necessaris per realitzar un treball.

1. És necessari que l'esforç aplicat produeixi desplaçament. Definim treball (W) desenvolupat per una força (F) que actua sobre un cos com l'acció que li provoca un desplaçament (s).

F

Fcos

s

$$W = F \cdot s = F \cdot \cos \cdot s$$

$$= 0 \cos 0 = 1 \quad W = F \cdot S \text{ Treball màxim}$$

$$0 < \theta < 90 \quad \cos \theta > 0 \quad W > 0 \text{ Treball útil o motor}$$

$$\theta = 90 \quad \cos 90 = 0 \quad W = 0 \text{ Treball nul}$$

$$90 < \theta < 180 \quad \cos \theta < 0 \quad W < 0 \text{ Treball resistent}$$

La unitat del treball es el Joule.

$$1J = 1 \text{ N} \cdot 1m$$

– Una vagoneta te una massa de 50 kg i esta en una via, l'estirem amb una corda que forma un angle de 30 amb la direcció de la via , amb una força de 160 N, desplaçant-la 100m. La forca de fricció és de 40N. Calcula el treball realitzat por cada una de les forces que actuen sobre la vagoneta.

N

F

$$F_f = 40N$$

Pes

$$S = 100m$$

Potència

$$W = F \cdot S$$

$$W = 400\text{N} \cdot 10\text{m} = 4000\text{J}$$

$$P = W / t$$

$$P_{\text{per.}} = 4000\text{J}/40\text{s} = 100\text{J/s}$$

$$P_{\text{maq.}} = 4000\text{J}/10\text{s} = 400\text{J/s}$$

La potencia es una de les característiques mes importants dels motors i és el treball realitzat per unitat de temps. En el SI es mesura en Watts (W). En el Sistema Tècnic es representa en kgm ! 1kp·1m. Un kgm equival a 9,81J. La potència es representa en kgm/s.

$$1\text{W} = 1\text{J/s}$$

Exercicis

Un muntacàrregues puja una massa de 1800kg a 20m de alçada en un minut. Calcula el treball que efectua i la potencia de motor en CV en els següents casos:

a) Considerant el fregament nul.

b) Si la força de fregament que ha de vèncer es de 1500N.

a)

$$S = 20\text{m}$$

$$m = 1800\text{kg}$$

b)

Quina es la potencia en CV que desenvolupa el motor d'un cotxe si per mantenir-lo a la velocitat de 90km/h es necessari aplicar una força de 1.000N.

1.3- Energia mecànica, cinètica i potencial

Energia cinètica

L'energia cinètica es mesura en Joules(J).

Els cossos tenen energia pel fet d'estar en moviment. L'energia que tenen els cossos a causa del seu moviment s'anomena energia cinètica.

$$E_c = 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

Calcula l'energia cinètica d'un cotxe que pesa 1200kg. En els casos següents:

- La velocitat és de 90km/h
- La velocitat és de 120km/h

$$\text{a) } V = 90\text{km/h} = 25\text{m/s}$$

$$m = 12000 \text{ N}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 12000 \text{ N} \cdot (25 \text{ m/s})^2 = 3750000 \text{ J}$$

$$b) V = 120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$$

$$m = 12000 \text{ N}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 12000 \text{ N} \cdot (33,3 \text{ m/s})^2 = 6650000 \text{ J}$$

Energia potencial

L'energia que té un cos a causa de la seva posició respecte al centre de la Terra s'anomena energia potencial gravitatòria. I depèn de la massa del cos i de l'altura a la que es trobi.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Energia mecànica

Es la suma de l'energia cinètica i l'energia potencial gravitatòria.

$$E_m = E_c + E_p$$

Transformació de l'energia potencial en energia cinètica.

$$h_1$$

$$h_t$$

$$h_2$$

$$E_{p2} \text{ perduda} = m \cdot g \cdot h_1 = E_{c2} \quad E_{p1} = m \cdot g \cdot h_t$$

$$E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0$$

$$E_{m1} = E_{p1} = m \cdot g \cdot h_t$$

La cinètica guanyada és igual a la potencial perduda.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = m \cdot g \cdot h_1$$

$$\frac{1}{2} \cdot V^2 = g \cdot h_1$$

$$V^2 = 2g \cdot h_1$$

$$E_{m3} = E_{c3} + E_{p3} = E_{c3} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$\text{Com } E_{m3} = E_{m1}$$

Una grua té aixecat un cos de una massa de 100Kg a 32m del terra, en un moment determinat es trenca el cable i el cos cau. Calcula la V i la Em del cos que esta a 10m del terra, la força de fregament és 0.

$$m = 100\text{kg}$$

$$h_1$$

$$h_t = 32\text{m}$$

$$h_2 = 10\text{m}$$

$$h_t = h_1 + h_2$$

$$32\text{m} = h_1 + 10\text{m}$$

$$h_1 = 32\text{m} - 10\text{m} = 22\text{m}$$

$$V_1 = 2gh_1$$

$$V_1 = 2 \cdot 9,8 \cdot 22$$

$$V_1 = 20,776\text{m/s}$$

$$E_{p1} = m \cdot g \cdot h_2$$

$$E_{p1} = 100\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 10\text{m}$$

$$E_{p1} = 9810\text{J}$$

$$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2$$

$$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot 100\text{kg} \cdot (20,776\text{m/s})^2$$

$$E_{c1} = 21569,6\text{J}$$

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_m = 980\text{J} + 21569,6\text{J}$$

$$E_m = 31392\text{J}$$

1.4- Manifestacions energètiques

Tipus d'energia: tèrmica o interna, química, elèctrica, nuclear radiant i sonora.

Energia tèrmica o interna

Dos casos a considerar:

L'energia interna és l'energia tèrmica, per exemple quan una roda porta molta estona circulant es calenta, això fa que dins de la roda que hi està ple de molècules d'aire se li digui energia interna o tèrmica.

Hi ha una teoria que parla d'això: Teoria Cineticomolecular.

Diu que els cossos estan formats per molècules en constant moviment. Una molècula no està en moviment constant quan la temperatura és 0 en l'escala Kelvin ($0\text{ K} = 273\text{ C}$).

La energia que té un cos com a conseqüència de la suma total que posseeixen les seves molècules (energia interna).

La energia tèrmica que té un cos depèn de la massa. Dos cossos que tinguin la mateixa temperatura no té perquè tenir la mateixa energia tèrmica o interna.

Transferència d'energia tèrmica

Quan l'energia tèrmica es transfereix d'un cos a un altre s'anomena calor, i sempre es transfereix del que té més temperatura al que té menys.

60 C 40 C 60 C 40 C

50 C

Per mesurar l'energia tèrmica moltes vegades s'utilitza la calor (cal) sobretot en aliments.

$1\text{ cal} = 4,18\text{ J}$

$1\text{ J} = 0,24\text{ cal}$

El calor entra als cossos es pot transferir per tres mecanismes:

- 1.- Conducció: per contacte directe, de temperatura gran a temperatura petita i normalment sòlids.
- 2.- Convecció: pròpia dels fluids en escalfar-se un fluid disminueix la densitat i puja cap a dalt.
- 3.- Radiació: és la propagació de calor en forma d'ones electromagnètiques.

Els medis poden ser transparents o opacs a la radiació, si el nucli és transparent no s'escalfa i, si és, opac si que s'escalfa.

Energia química

L'energia química és deguda als canvis d'energia cinètica i potencial que és produeixen quan la distància dels electrons i nuclis canvien en el decurs de les reaccions químiques.

H H H H

H - C - C - C - C - H

H H H H

Exotèrmica: quan deixa anar energia el nucli, l'electró s'apropa

Endotèrmica: quan guanya energia el nucli, l'electró s'allunya.

Energia elèctrica

L'energia elèctrica es l'energia cinètica i potencial dels electrons en circular en forma de corrent a través d'un circuit.

Perquè circuli es necessari l'existència d'un voltatge o diferència de potencial la energia potencial comunicada per diferència de potencial es la que permet als electrons fluir de manera contrària en un circuit.

$$E = P \cdot t = V \cdot It$$

E= energia potencial (Joules)

P= potència (watts)

T= temps (segons)

V= voltatge (volts)

I= intensitat (ampers)

$$3600000J = 1kw \cdot 1h = kwh$$

Una estufa de 2000w està en funcionament 4 hores. Quina energia a consumit durant aquest període de temps?

Energia nuclear

Es l'energia que manté juntes les partícules dels àtoms en un espai molt reduït.

Isòtops: quan tenen el mateix nombre de protons però diferent nombre de neutrons.

$$E = m \cdot c^2 \text{ Matèria perduda}$$

m= massa perduda

c²= velocitat de la llum

$$c = 300.000.000m/s \quad c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$c = 300.000 \text{ km/s}$$

En una reacció nuclear hi ha una pèrdua de massa de 3 grams. Quanta energia s'allibera?

Energia radiant

La radiació es la transformació energètica a través de l'espai sense necessitat de suport material mitjançant ones electromagnètiques.

Energia radiant és l'energia potencial dels camps elèctrics i magnètics que produeixen les ones electromagnètiques com la llum, les ones de radio, ultraviolades, etc.

Energia Sonora

La energia sonora es la energia cinètica del moviment de vibració que es desplaça a través de les molècules d'un medi natural ona sonora en el aigua.

Alguns cossos quan s'escalfen es tornen incandescents. Quin tipus d'energia emeten?

Energia radiant per la llum i energia tèrmica pel calor.

1.5-Transformacions energètiques. Rendiment

La energia es pot transformar d'un tipus a un altre de tots els que hem vist. La energia no es distribueix hi es crea, es transforma; d'això se'n diu El principi de la conservació de l'energia.– L'home ha creat moltes màquines per la transformació de l'energia radiant però la més important per nosaltres és la transformació de l'energia radiant del sol a energia química. Aquest procés es dona a les plantes, s'anomena *fotosíntesi*.

Beneficis de la fotosíntesis:

Directa

– Alimentació

Indirecta

Directa– talla els arbres i produir calor.

Font energètica

Indirecta– carbó, petroli, gas natural.

Transformacions

E. NUCLEAR

E. MECÀNICA

E.ELÈCTRICA E.TÈRMICA

E. LLUMINOSA

E.QUÍMICA

– Energia tèrmica: es transforma en mecànica a les turbines de les centrals tèrmiques i nuclears. Es transforma en energia elèctrica en els termoparells. Passa a química a través de la piròlisi, que es la descomposició de substàncies degut a la llum. I es transforma en radiant (o lluminosa) a les làmpades incandescents.

– Energia mecànica: es transforma en energia elèctrica en els generadors de corrent continu (dinamos) i de corrent altern (alternadors). Hi ha dinamos per exemple a les llums de les bicicletes i alternadors a les centrals hidroelèctriques. També es transforma en tèrmica en el fregament.

– Energia química: es transforma en mecànica, això succeeix quan mengem. Es transforma a tèrmica per mitja de la combustió. Es transforma a elèctrica, a les piles i als acumuladors. Es transforma en lluminosa, per mitja de la combustió.

– Energia elèctrica: en mecànica, motors elèctrics, com els electrodomèstics. En tèrmica, en les resistències elèctriques, pel procés o efecte Joule, quan produeix calor en passar electricitat per un circuit.

A química això passa quan recarreguem, per exemple, una bateria d'un mòbil, en aquest cas l'energia elèctrica es passa a la bateria per la energia química. Al fer la transformació es produeix una electròlisi.

En lluminosa en les làmpades o en els llamps, son instantanis, moments de veu. En sonora als altaveus, emeten unes vibracions a través d'unes membranes.

– Energia radiant: a tèrmica, captadors solars (placa solar). A elèctrica a través de les cèl·lules fotovoltaïques, placa solar. A química a la fotosíntesi.

– Energia sonora: en elèctrica, en els micròfons.

– Energia nuclear: en tèrmica i radiant a fusió i a la fissió dels nuclis dels àtoms.

Rendiment des del punt de vista energètic

Qualsevol transformació energètica es impossible realitzar-la amb un 100%, i sempre hi ha una part de l'energia que es perd i que es transforma en calor.

W_c W_u

W_p

W_c = treball consumit

W_u = treball útil

W_p = treball perdut

$W_c = W_u + W_p$

$= W_u / W_p$

$W_c > 0 = W_u$

$W_c - W_p = W_c - W_p \cdot 1 - W_p$

$W_c \cdot W_c \cdot W_c \cdot W_c$

Per tant el rendiment sempre és menor de 1.

$= W_u \cdot 100$

W_c

Per mitjà d'aquesta fórmula podem canviar els treballs per potències quan tenim en compte el temps.

$P = W / t$

– **Calcula el rendiment d'una grua que aixeca una massa de 1000kg a una velocitat de 0,5m/s i utilitza**

un motor que consumeix 15CV a plena carrega.

$$m = 1000\text{kg}$$

$$p = 15\text{CV}$$

$$V = 0,5\text{m/s}$$

$$P_c = 15\text{CV} \cdot 735\text{w} = 11040\text{w}$$

$$1\text{CV}$$

$$P_u = F \cdot V = P \cdot V = 1000\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 \cdot 0,5\text{m/s} = 4900\text{w}$$

$$= P_u = 4900 = 0,44 = 44\%$$

$$P_c = 11040$$

– Calcula la potencia en CV proporcionada per la línia elèctrica a un motor de $\eta = 0,9$ que ens dona una potencia a l'eix de 3312w.

$$\eta = 0,9$$

$$P_u = 3312\text{w}$$

$$= P_u$$

$$P_c$$

$$0,9 = 3312 \text{ Wc} = 3312 = 3680\text{w}$$

$$W_c = 0,9$$

$$3680\text{w} \cdot 1\text{CV} = 5\text{CV}$$

$$736$$

$$P_c = 5\text{CV}$$

– Quantes hores podria estar en funcionament una estufa de 2kw amb l'energia produïda de massa de 2g, si el rendiment del procés és del 40%.

$$P = 2\text{kw}$$

$$M_p = 2\text{g}$$

$$\eta = 40\%$$

$$m = 2\text{g} \cdot 1\text{kg} = 2 \cdot 10^{-3}\text{kg}$$

$$1000\text{g}$$

$$c = 300.000 \text{ Km/s} \cdot 1000 \text{ m} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ km}$$

$$E = m \cdot c^2 \quad E = 2 \cdot 10^3 \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,8 \cdot 10^{14}$$

$$= E_u \cdot 100 = 40\%$$

$$E_c$$

$$40 = E_{\text{Sortida}} \cdot 100 \quad E_{\text{Sortida}} = 40 \cdot 1,8 \cdot 10^{14} = 7,2 \cdot 10^{13}$$

$$1,8 \cdot 10^{14} \cdot 100$$

$$E = P \cdot t$$

$$7,2 \cdot 10^{13} \text{ J} = 2 \text{ kw} \cdot t \quad t = 7,2 \cdot 10^{13} \text{ J} = 3,6 \cdot 10^{10} \text{ s}$$

$$2000 \text{ w}$$

$$3,6 \cdot 10^{10} \text{ s} \cdot 1 \text{ h} = 10.000.000 \text{ h}$$

$$3600 \text{ s}$$

2. Recursos energètics

2.1- Energia i fonts d'energia

Qualsevol acció o maquina per fer un treball necessita energia. Per aconseguir energia necessitem fonts d'energia (vent, aigua, Sol, petroli, carbó, etc.). Transformen aquesta energia en energia útil per a fer un treball amb una maquina o fer una acció.

Fonts d'energia al llarg del temps

Son l'energia del Sol i l'energia de tipus muscular (aliment), l'home al començament només podia fer accions que li permetis la seva pròpia energia muscular, i escalfar-se amb el Sol.

Més endavant descobreixen dues coses molt importants: dominar el foc (E. Tèrmica) i utilitzar combustible vegetal (fusta) (E. Química). La següent és la força dels animal (E. Química) aconseguixen domar els animal per transportar objectes o persones. Fins fa dos segles (1800) les fonts energètiques s'han mantingut inalterables (els usos han anat canviant però les fonts d'energia no). L'home tenia por de dues coses: l'aigua i el foc. L'home llavors va inventar el vaixell (E. Muscular) per creuar rius, però més endavant descobreix el vaixell de vela (E. Eòlica). Posteriorment l'energia de l'aigua que amb rodes amb unes pales els servia per aprofitar l'energia hidràulica amb el corrent de l'aigua.

La revolució industrial al s. XIX amb la utilització de la maquina de vapor a la indústria i al transport provoca un augment de la demanda energètica, el carbó vegetal comença a ser escàs i es substitueix pel carbó mineral. Al final del s. XIX el carbó és el 59% de l'energia consumida a tot el mon.

Degut a la invenció del motor d'explosió (cotxes, motos, vaixells, trens) substitueix la maquina de vapor, però a part es produeix la revolució de l'automòbil (ja que la major part de les famílies tenen automòbil) això fa que es dispari el consum d'energia combustible; funciona amb derivats del petroli. El 50% de consum energètic

prové del petroli l'any 1970. Recursos limitats més o menys grans però hi ha una determinada quantitat. Recursos baixen més ràpid quan la demanda a pujat. Any 1973 la crisi del petroli – l'orient mitja hi ha un petit embolic, preu es dispara.

L'any 1945 es comença a utilitzar el gas natural a la indústria i al habitatge, també es comença a fer servir la energia nuclear. L'any 1945 es posa en funcionament la primera central nuclear en la U.R.S.S. del 1940 fins el 1980 es comença a utilitzar e investigar la energia nuclear. L'any 1979 als U.S.A. en Harrisburg hi ha un accident important a una central nuclear però es controlat; l'any 1986 a Ucraïna en Txernòbil hi ha un accident molt important; després d'aquest accident es contamina gran part d'Europa fins arribar a Alemanya. A partir d'aquí es comencen a tancar moltes centrals nuclears i també a trencar plans per fer-ne més centrals.

Classificació de les fonts energètiques

Si classifiquem les fonts energètiques en funció de la seva naturalesa les podem classificar en primàries i en secundaries.

Les primàries es troben a la naturalesa: llenya, aigua, petroli, etc.

Les secundaries son derivades: electricitat, benzina, etc.

Si classifiquem en funció de les reserves, tenim, renovables i exhauribles. Les renovables tenen reserves il·limitades ja que es regeneren contínuament: el Sol, el vent, el mar, etc. Les exhauribles tenen recursos limitats: carbó, petroli, urani, etc.

–E. Solar

–E. Eòlica

–E. Hidràulica

–E. Geotèrmica

– Renovables –Biomassa

–E. Mareomotriu

–E. Ones

– Urbans

Fonts d'energia – Residus sòlids

–Carbó

– Exhauribles –Petroli

–Gas natural

–E. Nuclear

2.2- Fonts d'energia tradicional

Aquestes energies són el foc, l'aigua i el vent; que són les primeres en utilitzar-se apart de l'energia muscular.

L'escalfor del foc

El Sol és la primera font d'energia utilitzada, fa possible l'existència dels aliments i de les plantes que utilitzades com a llenya van ser durant molt de temps l'única font de calor per cuinar els aliments. Font de calor, de llum, per cuinar i per fondre.

El descobriment de la màquina de vapor provoca buscar noves fonts energètiques.

La força del vent

Es lògic que vent hi ha hagut sempre, però no sempre s'ha utilitzat. S'utilitza pel següent: transport, primer fluvial i més tard marítim.

Les primeres referències històriques són del 4.500 a.C. hi ha gravats de la època dels egipcis navegant amb embarcacions de vela pel Nil, posteriorment és comença a navegar pel Mar Mediterrani, a l'Edat Mitjana s'inventa el timó per a poder aconseguir fer qualsevol rumb.

La navegació contribueix al transport, descobriments i exploracions.

El vent s'utilitza per:

- Transport; anaven a buscar teles a l'Índia i les portaven a Europa i així feien comerç.
- Molins de vent; s'utilitzen per bombejar aigua (s.V a.C.) i després s'usa per moldre gra (s.XII d.C.) s'utilitza en llocs on l'aigua es escassa i no es poden fer servir molins d'aigua. Durant l'Edat Mitjana s'utilitza per drenar (treure) aigua.
- La utilització dels molins de vent disminueix dràsticament amb la màquina de vapor. A finals del s.XIX d.C., amb el desenvolupament de la indústria elèctrica s'utilitzen els molins de vent per produir electricitat. En els últims anys s'han tornat a utilitzar els molins de vent ara anomenats aerogeneradors.

L'impuls de l'aigua

La utilització dels corrents d'aigua a estat molt important, el primer element ha estat la sínia, també se l'anomena roda hidràulica o molí d'aigua. La seva primera utilització es al s.I d.C.; 600 anys més tard del molí de vent que la seva primera vegada va ser al s.V a.C. La seva utilització és per extreure aigua.

Exemple:

Dues persones o un animal de carrega en una hora podien moldre 5kg de gra. Una sínia en amb unes aspes de 2m de diàmetre podien moldre fins a uns 180kg de gra en una hora.

Durant l'Època Medieval, la roda es la màquina per excel·lència s'utilitza per multitud de feines: per la indústria del paper, del metall, etc. Per qualsevol cosa. Durant l'Època Moderna segueix sent una màquina molt important fins que inventen la màquina de vapor. A finals del s.XIX amb el desenvolupament de l'energia elèctrica tornen a agafar importància les rodes hidràuliques, canvien de nom i passen a anomenar-se turbines segueix funcionant amb el corrent de l'aigua o amb els salts d'aigua naturals o creats pel home.

2.3- El poder de la calor

Els materials combustibles

Son aquelles substàncies que en combinar-se amb l'oxigen donen lloc al fenomen de la combustió alliberant energia calorífica i sovint energia lluminosa. Els combustibles són en general compostos de carboni natural o sintètics (artificials). El primer combustible utilitzat va ser la llenya.

La màquina de vapor implica anar a buscar nous combustibles (noves fonts d'energia) els més utilitzats els combustibles fòssils. Es poden classificar en: sòlids, líquids i gasos.

El més utilitzat dels combustibles sòlids és el carbó en alguna de les seves formes: antracita, hulla, lignit.

La majoria de combustibles líquids provenen de la destil·lació del petroli: benzina, querosè, gas-oil. En alguns països utilitzen alcohols que surt de les canyes de sucre.

Els combustibles gasos més utilitzats són el gas natural i els gasos liquats del petroli (GLP) són: el butà i el propà.

Poder calorífic i capacitat calorífica

Poder calorífic és l'energia que es desprèn en la combustió completa de la unitat de massa o volum d'un combustible, és a dir, per kg o per m³. Normalment es dona el poder calorífic en tants Joules per quilogram o per metre cúbic. Els gasos es mesuren en condicions normals, que són quan hi ha una pressió de 1 atmosfera i una temperatura de 0 C. Les condicions estàndard tenen una pressió de 1 atmosfera i una temperatura de 25 C.

Hi ha una fórmula que permet convertir aquest valors.

– **Exemple:** El poder calorífic del butà en condicions normals és de 28.700 kcal/m³. Si jo el tinc a 5 atm i a 22 C de temperatura, quin serà el seu poder calorífic en aquestes condicions?

En les condicions que ve el butà a casa té més poder calorífic que en condicions normals.

S'entén per capacitat calorífica (C) com la quantitat de calor que ha de rebre una substància per elevar la seva temperatura en 1 K o en 1 C. L'energia tèrmica serà:

Ce = calor específica i és la capacitat calorífica per unitat de massa, i es mesura en MJ/kg C.

– **Volem escalfar 75l d'aigua de 25 a 75 C, tenint en compte que la calor**

específica de l'aigua és de 1kcal/kg C. Calcula l'energia tèrmica a subministrar.

– **Una indústria necessita 15.000l d'aigua calenta cada dia, que ha d'escalfar de 20 a 90 C. Disposa d'una instal·lació calefactora que utilitza carbó amb un poder calorífic de 21 MJ/kg amb un rendiment del 75%. Calcula la quantitat de carbó que ha de cremar cada dia. La calor específica d'aquesta aigua és 1 kcal/kg C.**

2.4- Llenya i carbó

La llenya

La meitat de la humanitat encara ara depèn de la llenya per les necessitats bàsiques: escalfar-se, cuinar i il·luminar. Per determinats països seria important que faltés la fusta. A partir de la llenya obtenim carbó

vegetal, a partir del procés de la piròlisi.

Quan la fusta es converteix en carbó vegetal dins la carbonera, la massa d'aquest carbó es redueix en 5 o 6 vegades a la massa de la fusta. Aquest carbó vegetal és un compost ric en carboni.

Carbó mineral

Està format pràcticament per carboni, hidrogen,, oxigen i petites quantitats d'altres compostos con òxids de ferro, de sofre, etc. És el primer combustible fòssil utilitzat per la humanitat a partir de la Revolució Industrial. Disminueix el seu consum a partir de la 2a meitat del s. XIX.

· Origen i propietats. El seu origen són els boscos que cobrien la Terra fa milions d'anys en el període anomenat *carbonífer*. Era un període molt càlid i humit. Aquestes temperatures i aquesta humitat afavoreixen al creixement vegetal i la descomposició. Les tres condicions perquè hi hagi vegetació són: la latitud, la continentalitat i l'altitud. Aquestes condicions intervenen en el creixement de la vegetació.

La composició i el contingut del carbó mineral varien en funció del temps i de la pressió a la que està sotmès. Hi ha 4 tipus de carbons:

- 1) La torba: conté el 60% de carboni i una humitat alta. Es troba en zones pantanoses anomenades *torberes*. A les zones vegetals properes a aquestes zones pantanoses s'utilitza la torba assecada perquè crema millor.
- 2) Lignits: són carbons recents (fa 106 anys). El seu poder calorífic és baix i produeixen moltes cendres. Degut al seu poder calorífic baix només s'explota quan és de fàcil accés. És un material que crema poc, que té poc rendiment calorífic. Es pot trobar a 1.000m de fondària.
- 3) Hules: es poden trobar a 3.000m de fondària. Són carbons grossos, amb molt carboni i gran poder calorífic, impermeables. S'utilitzen en els grans forns, per l'obtenció del ferro.
- 4) Antracites: es troben a profunditats de 6.000m. Són els més antics, tenen un poder calorífic molt gran, la quantitat de carboni és d'un 95%, cremen amb flama, tenen un aspecte brillant i donen poques cendres. Els problemes són la profunditat en la que es troba i que està format en petites capes.

· Mètodes d'extracció

El carbó es pot trobar en forma de vetes o estrats de fins a 30m d'amplada. Hi ha diferents mètodes d'explotació, segons la situació i el tipus de carbó:

– A cel obert.

– Subterrània. El mètode tradicional és excavar un pont vertical fins a arribar a la veta i, posteriorment, obrir galeries. A la sortida de la mina el carbó es tritura i es renta, i es porta al lloc de consum en camions o en trens. El treball dins d'una mina és perillós. Els perills poden ser:

· Agafar una malaltia anomenada *silicosi*, que afecta a la gent que respira durant aire contaminat amb partícules sòlides. Això es pot evitar utilitzant mascaretes amb filtres o amb bombones d'aire.

· El grisú, que és un gas que desprèn el carbó. Aquest gas conté carboni i és inflamable. A causa del grisú es poden produir explosions.

Conforme s'avança en una galeria, aquestes es van apuntalant. Quan s'acaba de perforar la veta d'una mina s'omple la galeria d'estèrils.

Un nou mètode d'extracció consisteix en la gasificació del carbó, que consisteix en convertir en gas. Consisteix en introduir un agent que gasifica el carbó, i aquest s'extreu en forma de gas.

· Aplicacions

1) Com a combustible a les centrals tèrmiques.

2) Es sotmet el carbó a una alta temperatura. D'això se'n diu destil·lació seca, i s'obté COC (combustible utilitzat a les indústries siderúrgiques). El carbó de COC és el carbó normal que té més temperatura i menys humitat, en el qual hi ha menys pes però la mateixa quantitat de carbó. També s'obté gas ciutat.

3) Gasificació. Mitjançant la gasificació (acció de fer passar vapor d'aigua al carbó calent) s'obté un gas que conté una gran quantitat de carbó, anomenat gas de síntesi, que es pot utilitzar directament, o bé si es sotmet a un *procés d'hidrogenització* s'obté un gas ple d'hidrocarburs. L'hidrocarbur és el component principal del petroli. L'avantatge és que es poden obtenir productes similars al petroli en llocs on no hi ha petroli.

2.5– Petroli i derivats. Gas natural

El petroli i els seus derivats són els combustibles fòssils utilitzats com a font primària d'energia més recents. Estan constituïts per àtoms de carboni i d'hidrogen, tot formant molècules d'hidrocarburs.

El petroli

El petroli brut és un líquid de color variable, des del terrós fins al negre, lleugerament menys dens que l'aigua, d'aspecte oliós, de viscositat variable, encara que normalment alta i d'olor desagradable. És constituït per una barreja d'hidrocarburs de composició diversa i en proporcions molt variables. Conté també petites quantitats de sofre, oxigen i nitrogen.

El petroli brut no té aplicació directa; se n'han de separar els components per *destil·lació* a les refineries.

La seva importància econòmica rau en la gran quantitat de productes derivats que proporciona i en el poder energètic de molts d'ells. Del petroli s'obtenen combustibles (*benzina, gasoil, fuel, olis, naftes*, etc.) i un seguit de productes derivats d'ús quotidià (com ara *plàstics, detergents, goma, fibres sintètiques, dissolvents*, etc.).

· Origen

El petroli va iniciar la seva formació fa uns 600 milions d'anys, per l'acumulació de microorganismes que constituïen el *plàncton marí*. En ser arrossegats pels corrents cap a la costa, morien i es dipositaven al fons, quedant recoberts per successives capes de sorra, argila i fang. La matèria orgànica va experimentar una descomposició provocada per bacteris anaerobis, que va originar els diferents hidrocarburs que constitueixen el petroli.

El seu estat líquid va permetre'n el desplaçament a través de les roques poroses, fins a arribar a roques impermeables que el deixaven atrapat formant dipòsits o bosses de petroli. Les diferents configuracions geològiques que permeten l'acumulació del petroli s'anomenen *trampes petrolíferes*.

· Localització i extracció

La **localització** d'una bossa de petroli resulta complicada i costosa. La prospecció es fa sempre en regions amb roques sedimentàries. Després, els geòlegs estudien les estructures tectòniques i els estrats del terreny per localitzar les possibles trampes de petroli. Sense perforar és impossible afirmar si hi haurà petroli.

Per perforar es construeix una **torre de perforació** i s'obté un pou de prova. Les torres són estructures metàl·liques resistents per suportar el pes d'una sonda que s'anirà enfonsant fins a travessar la roca. Al cap de la sonda hi ha una barrina amb dents de material molt dur. Un potent motor arrossega la sonda.

Una vegada travessada la roca, si es troba petroli, s'obren més pous per determinar el petroli que conté la bossa, i s'analitza la qualitat del cru obtingut. Si l'avaluació és positiva es procedeix a l'extracció, que pot ser:

- natural: es produeix quan el petroli es troba pressionat i puja espontàniament pel tub de sondeig.
- artificial: s'injecta aigua a través dels tubs de la sonda, que obliga el petroli a pujar a la superfície, o per mitjà de bombes aspirants.

A la superfície se separa el gas i l'aigua que acompanyen el cru i s'emmagatzema en grans dipòsits en espera del transport o les refineries. Moltes bosses de petroli es troben sota el mar. La seva obtenció és possible gràcies a les **plataformes marines**, estructures de grans dimensions que disposen dels equips necessaris per a la perforació de pous i l'extracció del petroli submarí.

· Transformació en productes aptes per al consum

A les **refineries** es porten a terme un seguit de *processos destinats a separar els diferents components o fraccions del petroli*. Els més característics són: la *destil·lació fraccionada*, el *cracking*, la *polimerització* i el *referming*.

– **Destil·lació fraccionada.** Consisteix en escalfar el cru fins a l'evaporació, per refredar-lo progressivament i obtenir les fraccions condensades separades en funció del seu punt d'ebullició. S'efectua amb dues torres de destil·lació o columnes de fraccionament. La primera treballa a pressió atmosfèrica i la segona al buit.

El procés comença escalfant el petroli en un forn a uns 360 C i introduint-lo a la base de la primera torre. Les fraccions que són gasoses a 80 C, gasos com ara el butà i el propà i part de les benzines arriben al punt més alt de la torre, on són extretes. Les altes fraccions, benzines, naftes, el querosè i el gasoil són extrets a diferents nivells, segons sigui el seu punt d'ebullició.

La fracció que resta líquida a 350 C s'anomena *residu atmosfèric*; un cop extret, s'escalfa en un forn a 400 C i s'introdueix a la torre de buit per tornar-se a destil·lar; d'aquesta manera s'obté, a la part superior, gasoil, i a les diferents altures, naftes, querosè, olis i fuel; al fons de la torre, un residu del qual, prèviament tractat, es poden obtenir olis i asfalt.

– **Cracking.** Consisteix en la descomposició dels hidrocarburs més pesants (olis i fuels), per tal d'obtenir-ne de més lleugers (benzines). Es pot fer a temperatures i pressions elevades (*cracking tèrmic*) o amb la presència de catalitzadors químics (*cracking catalític*).

– **Polimerització.** És el procés químic contrari al *cracking*: els hidrocarburs lleugers (butà i propà), es converteixen en compostos més pesants (benzines o gasoils).

– **Referming.** S'utilitza per millorar les característiques de les benzines. Es fa a altes temperatures i en presència d'un catalitzador, com ara el platí.

Els processos de *cracking* i polimerització són molt importants perquè permeten obtenir benzina, a partir de productes que no en tenen tanta.

El procés final consisteix en l'eliminació de les impureses químiques, com ara el sofre i els compostos corrosius, per fer aptes per al consum els diferents productes obtinguts.

· Aplicacions dels productes obtinguts

Els productes obtinguts es poden utilitzar:

· Directament:

- Gas butà i propà. Són els gasos liquats del petroli (GLP) i s'utilitzen com a combustible industrial domèstic.
- Èter del petroli, emprat com a dissolvent.
- Benzina, combustible per a motors d'explosió.
- Querosè, combustible per a motors d'aviació.
- Gasoil, combustible per a calefaccions i motors dièsel.
- Olis lubricants, utilitzats per a lubricar.
- Ceres de parafines, per a fabricar espelmes, llumins, lubricants, etc.
- Fuel, combustibles per a centrals tèrmiques.
- Asfalt, emprat com a revestiment, antihumitat i, barrejat amb sorra, per pavimentar terres.

· **Indústria petroquímica:** la petroquímica és la indústria química que utilitza els derivats del petroli per a l'obtenció de molts productes de gran aplicació, que han fet que sigui una indústria estratègica en el desenvolupament econòmic de la nostra societat. Produeix:

- Plàstics. Han desplaçat materials com ara el vidre, la fusta, el cuir o el suro.
- Fibres sintètiques, com ara el niló i el polièster. Han desplaçat, en part, el cotó i la llana, i han donat noves qualitats als teixits, com ara la resistència al desgast i la impermeabilitat.
- Detergents, que han millorat les propietats del sabó ordinari.
- Cautxú sintètic, per a la fabricació de pneumàtics.
- Dissolvents i pintures.
- Insecticides, explosius i productes farmacèutics.

El gas natural

El **gas natural** és format bàsicament per **metà**. Es troba formant bosses, sol o associat amb el petroli, cobertes per capes impermeables que n'impedeixen la propagació.

La **localització** i l'**extracció**, sigui a terra o sota el mar, es fa com la del petroli. Dels jaciments s'extreuen, aproximadament, el 85% de la capacitat total. A partir d'aquí la seva extracció no resulta rentable. El gas, abans del transport, és processat per eliminar les impureses, amb la qual cosa s'obté metà pur.

La seva utilització com a font primària d'energia és relativament recent, a causa de problemes de transport i emmagatzematge. En els jaciments en què s'obtenia petroli associat amb gas en quantitat suficient, es separava

i, si no era situat prop dels centres de consum, el gas es cremava o es reinjectava al pou per permetre més extracció de petroli.

A partir de la Segona Guerra Mundial, amb la creixent demanda d'energia, es preveu com a font d'energia primària de gran importància i es desenvolupa la tecnologia per a la seva producció i transport.

El **transport** als centres de consum es realitza amb **gasoductes** o amb **vaixells metaners**. En els gasoductes es transporta en *estat gasós* a una pressió entre 36 i 70 atmosferes, fins a les plantes de distribució; és el sistema de transport més econòmic. Quan les dificultats d'instal·lació d'un gasoducte són molt grans s'utilitzen els vaixells metaners, que el transporten en *estat líquid* fins a les plantes de regasificació i distribució.

El gas se sotmet a un procés de refredament en diferents etapes, fins a obtenir-ne **gas natural líquid** (GNL), a una densitat aproximada de 455kg/m^3 i amb una reducció del seu volum de 600 vegades. Per mantenir-lo a pressió atmosfèrica en aquestes condicions s'ha de mantenir a -163 C .

La **distribució** des de la planta als llocs de consum exigeix una xarxa de canonades de diferents pressions, en funció de la proximitat dels llocs de consum.

El gas natural té una combustió poc contaminant. Només desprèn CO_2 i vapor d'aigua.

· Aplicacions

El gas natural s'utilitza en diferents àmbits:

- La **indústria**, el **comerç** i l'**habitatge**, com a combustible.
- Les **centrals tèrmiques mixtes**, utilitzen el gas natural, alternant-lo amb els combustibles tradicionals (fuel i carbó).
- Les **instal·lacions de cogeneració**. Consisteix en la producció simultània d'energia elèctrica i de calor útil.
- La **indústria petroquímica** com a matèria primera.

Combustibles gasosos

Quan un gas és capaç de reaccionar amb l'oxigen de l'aire de forma ràpida i amb alliberament de calor, s'anomena **gas combustible**.

Per a la seva combustió es necessita barrejar amb l'oxigen de l'aire en proporcions adequades, i aplicar-hi un focus d'ignició, guspira o flama, que n'iniciï la combustió. Els gasos que es comercialitzen han estat agrupats en tres famílies.

· *Primera família*. Poder calorífic en CN comprès entre 4.000 i 5.500kcal/m^3 . Pertany a aquest grup el **gas ciutat** o **manufacturat**. Es pot obtenir a partir del carbó (gas de síntesi) i del petroli o del gas natural, per procediments de *cracking* o *referming*, respectivament.

· *Segona família*. Poder calorífic en CN comprès entre 10.000 i 13.000kcal/m^3 : són el **gas natural** i l'**aire propanat**.

· *Tercera família*. Poder calorífic comprès entre 22.500 i 28.700kcal/m^3 (CN). Són el **gas butà** i el **propà**, gasos líquids del petroli (GLP).

ACTIVITATS

15. Quines són les principals aplicacions del petroli refinat?

Les aplicacions directes són el gas butà i propà, l'èter del petroli, la benzina, el querosè, el gasoil, els olis lubricants, les ceres de parafines, el fuel i l'asfalt. Les aplicacions en la indústria petroquímica són els plàstics, les fibres sintètiques, els detergents, el cautxú sintètic, els dissolvents i pintures, els insecticides, els explosius i els productes farmacèutics.

19. Calcula el consum de benzina per cada 100km del motor d'un automòbil que desenvolupa una potència de 60cv amb una velocitat mitjana de 100km/h, i amb un rendiment del motor del 32%. La benzina té una densitat de 0,72gr/cm³ i un poder calorífic de 12.000kcal/l.

20. Un motor de gas de 3cv fa funcionar una grua, amb la qual hem d'aixecar un pes de 5.000N a una alçada de 40m. Calcula el volum de gas consumit en CN, si el rendiment del motor és de 0,2 i el poder calorífic del gas $P(CN) = 7.500\text{kcal/m}^3$.

2.6- COMBUSTIBLES NUCLEARS

L'objectiu d'un combustible és obtenir l'energia que té emmagatzemada. En els combustibles nuclears l'energia està emmagatzemada al nucli.

– L'estructura de l'àtom. Segons el model que va proposar Rutherford el nucli consta de protons i neutrons, i l'escorça d'electrons. Segons aquesta estructura els protons i els neutrons formen el nucli i els electrons giren al voltant formant òrbites el·líptiques. Un àtom es caracteritza pel seu nombre de protons. El nombre de protons és el *nombre atòmic* i es simbolitza amb la lletra Z. Tots els àtoms que tenen la mateixa Z pertanyen al mateix element, i el número de protons és igual al número d'electrons, per tal que la càrrega sigui neutra. La combinació de protons i neutrons es diu *nombre màssic* o *massa atòmica*. Es diu així ja que la majoria de la massa d'un àtom està concentrada al nucli. S'escriu amb la lletra A. Quan canvia el nombre de protons tinc un element químic diferent. El nombre de neutrons és aproximat al nombre de protons i, conforme s'avança en la taula periòdica, la diferència augmenta.

1p+

• 2n

1e-

Z = 1

A = 3

Un *isòtop* és una combinació del mateix nombre de protons i diferent nombre de neutrons. El *protí*, el *deuteri* i el *triti* són isòtops de l'hidrogen. Tots els elements químics es formen a les estrelles i, per tant, en tot l'univers es troben aquests elements. Hi ha elements que no són estables, anomenats *radioactius*.

	Massa	Càrrega
Protó	1	+1
Neutró	1	0
Electró	1/2000	-1

u.m.a.: unitat de massa atòmica

Radioactivitat. Vida mitjana d'un element radioactiu

La *radioactivitat natural* és la transformació nuclear espontània. Un nucli es transforma sense cap ajuda exterior en un altre. El material que pateix aquesta transformació s'anomena *material* o *element radioactiu*. La *vida mitjana* és el temps que triga una determinada quantitat en reduir-se a la meitat, i també s'anomena *temps de semidesintegració*. El C-14 té una vida mitjana de 5.730 anys.

Del nucli de l'àtom surten partícules anomenades *radiacions*, que poden ser de tres tipus: *alpha*, *beta* i *gamma*. Un element només pot emetre radiacions o al mateix temps. Aquestes radiacions s'anomenen *ionitzants*, ja que tenen prou energia com per penetrar en la matèria i ionitzar els àtoms o les molècules.

Taula de les partícules , i .

	Nucli He	V = 107 m/s
	Electrons	V " llum
	Fotons (llum no visible)	V = llum (108 m/s)

- La radiació α és un nucli que ha perdut 2 protons i 2 neutrons. És un nucli d'heli.
- Els electrons es creen en el moment en que es produeix la radiació, no existeixen en el nucli. Un neutró es converteix en un protó i en un electró.
- La radiació γ són fotons que s'han escapat del nucli. Un fotó és la radiació que emet un electró quan ascendeix un nivell en la seva òrbita per sobrecàrrega d'energia i torna a la seva desprenent la càrrega energètica sobrant.

La radioactivitat natural es va descobrir l'any 1896. La va descobrir H. Becquerel en un mineral d'urani. Posteriorment, el matrimoni Curie va trobar que tot el material d'urani i de tori presentaven radioactivitat natural. Després es va saber que també l'actini i el radi eren radioactius. Posteriorment, aquest matrimoni descobreix la radioactivitat artificial.

Van veure al 1934 que si bombardejaven una làmina d'alumini amb partícules α s'obtenia fòsfor que es desintegrava de manera espontània. Podien fer que un determinat material es convertia en radioactius. Es podia bombardejar un material amb partícules α , β , o neutrons per crear isòtops radioactius.

ELEMENT	TEMPS DE VIDA MITJANA	UTILITZACIÓ
C-14	5.730 anys	Datació de fòssils
P-32	14 dies	Medicina
Na-24	15 hores	Medicina
Pu-239	25.000 anys	Material radioactiu a les centrals nuclears
Tc-99	6 hores	Medicina

L'energia del nucli atòmic

Definim energia nuclear com l'energia obtinguda en el nucli dels àtoms. Quan els protons i els neutrons formen un nucli atòmic la suma de les masses és inferior a la suma original. Aquesta pèrdua de massa correspon a una energia anomenada d'enllaç, necessària per mantenir unides les partícules del nucli. Aquesta transformació energètica es pot calcular a partir de la fórmula d'Einstein.

Reaccions nuclears

Tot procés que implica el nucli s'anomena *reacció* o *transmutació nuclear*. La radioactivitat natural és una reacció nuclear, però hi ha dos tipus de reaccions nuclears artificials que donen grans quantitats d'energia, que són les reaccions de *fusió* i *fissió nuclear*.

– Reacció de fusió: dos nuclis lleugers s'uneixen per formar un nucli pesat.

En aquesta reacció s'obté molta energia, i aquesta reacció es dona en el Sol i en les estrelles. La quantitat de massa que es perd en el Sol per transformar-se en energia és de tones. El problema d'aquesta reacció és que necessita una gran quantitat d'energia per iniciar-la. La temperatura per aconseguir la fusió és de l'ordre de 100·10⁶ C. La barreja de sòlid, líquid i gas s'anomena *plasma*.

La forma de mantenir el plasma confinat és mitjançant una figura toroïdal buida al seu interior anomenada *Tokamak*.

– Reacció de fissió: consisteix en el trencament d'un nucli d'un àtom mitjançant l'impacte d'un neutró. L'any 1939 a Alemanya es va donar la primera reacció de fissió, veient que un àtom es podia trencar en dos fragments alliberant una gran quantitat d'energia. Dona lloc a l'inici de l'anomenada *era atòmica*. L'interès de la fissió està en que cada nucli trencat allibera 2 o 3 neutrons, que poden, a la seva vegada, trencar altres nuclis, donant lloc a una *reacció en cadena*. Tenint la massa necessària es pot mantenir la reacció en cadena. Aquesta massa s'anomena *massa crítica*. L'U-238 té una vida mitjana de 4,5·10⁹ anys (4.500 milions d'anys). L'U-235 s'escindeix si és bombardejat per neutrons.

Aquesta reacció pot continuar fins que s'acabi la massa crítica. Per exemple, si jo tinc 1kg d'U-235 puc obtenir 6,1·10¹³J d'energia. Aquesta és l'energia que es podria obtenir en cremar 2.500 tones de carbó. Quina és la massa perduda en fer aquesta reacció?

Si l'energia s'allibera instantàniament tinc una *explosió nuclear (bomba atòmica)*. Si s'allibera de manera lenta i controlada tinc un *reactor nuclear*.

Processos d'obtenció i enriquiment dels combustibles nuclears

Un *combustible nuclear* és aquell element que en les condicions adequades pot produir reaccions de fusió i de fissió. Les reaccions de fusió les donen el deuteri i el triti, que són isòtops de l'hidrogen i, per tant, molt abundants. A aquesta reacció se l'anomena *Bomba-H*.

Els combustibles fissionables són: U-235, Pu-239 i U-233. A la natura només es troba l'U-235; tant el Pu-239 com l'U-233 s'obtenen en reactors nuclears a partir de l'U-238 i del Th-232.

Aquestes reaccions permeten obtenir combustibles. En la primera es dona una captura de neutrons, i en la segona es dona radioactivitat.

Hi ha reactors nuclears que utilitzen com a combustible l'urani natural. L'urani natural està format en un 99,27% d'U-238, en un 0,72% per U-235, i la resta d'U-234. La major part dels reactors comercials necessiten urani enriquit, que és aquell en el qual la proporció d'U-235 oscil·la entre un 3% i un 5%.

Cicle del combustible

Localitzar els jaciments és fàcil, ja que el material és lleugerament radioactiu. Les explotacions són a cel obert i l'únic perill és el radó, que és un isòtop radioactiu del radi en forma gasosa. En primer lloc es treu l'òxid d'urani i s'obté una pasta anomenada *Yellow Cake*, que conté un 60–70% d'òxid d'urani, i es purifica fins que

aquesta pasta contingui el 99% d'òxid d'urani. Amb aquest òxid es fabriquen pastilles d'urani que es dipositen en unes *beines* (tubs cilíndrics) fetes de circoni.

Residus radioactius

Els residus radioactius es poden classificar en: gasosos, líquids, sòlids de baixa i mitjana activitat i sòlids d'alta activitat.

- Residus gasosos, com l'aire de ventilació. Es filtren i es retenen fins a disminuir l'activitat.
- Residus líquids. Són filtrats i els fangs es barregen amb els sòlids.
- Residus sòlids de baixa i mitjana activitat. Són els guants, la roba, el filtre, les eines, els fangs... Tot això es barreja amb formigó i es tanca dins un bidó de doble paret d'acer i s'emmagatzema a la mateixa central fins que es troba un lloc més gran.
- Residus sòlids d'alta activitat. Són els elements produïts a la fissió. Aquests residus estan a dins de les beines. Pot ser que alguna part del material es recicli. Durant uns mesos o molt de temps es dipositen dins una anomenada *piscina de formigó*. Al cap d'un temps es poden enviar a plantes de reelaboració o reciclatge, i la resta es segueix guardant. El procés per dipositar els residus que es poden guardar permanentment és calcinar-los fins que es fan pols, barrejar-los amb vidre fos, guardar-los dins un recipient d'acer inoxidable i dipositar-los en una mina, que ha de ser profunda i segura (rodejada de roca i de sal), i que estigui en un lloc geològicament estable.

ENRESA és l'empresa que s'encarrega d'emmagatzemar els residus sòlids de baixa i mitjana activitat, a Espanya. Es guarden a El Cabril.

2.7- IMPORTÀNCIA ECONÒMICA DELS RECURSOS ENERGÈTICS

Producció i consum

Petroli, gas i carbó representen el 90% de la producció energètica mundial. Una quarta part de la població consumeix el 70% d'aquests combustibles fòssils. La resta, gairebé la meitat consumeix combustibles no comercial, com la fusta. De tota aquesta energia, una quarta part és pels EUA, i el 20% és pels països que eren membres de la URSS. La resta es reparteix per la resta.

El carbó es consumeix on s'extreu, però el gas s'exporta com a producte refinat o cru. Els països productors de petroli i gas estan marcats al mapa anterior.

L'urani es troba a Canadà, a Sud-Àfrica, als EUA i a Namíbia i a Níger, al centre d'Àfrica.

A Espanya i a Catalunya trobem carbó a Astúries, a Lleó i al Berguedà, i petroli a les costes de Tarragona.

Reserves

Al ritme actual de consum es calcula que hi ha petroli per 40 anys, gas natural per 60 i carbó per 230. Les reserves d'urani es calculen per 100 anys. S'estima que d'aquí a 50 anys es construeixi un reactor de fusió nuclear.

2.8- LA CONTAMINACIÓ AMBIENTAL

Podem parlar dels diferents processos que contribueixen a la contaminació, que són: l'*extracció*, l'*obtenció* i la

utilització de combustibles. També parlarem de l'efecte hivernacle, la pluja àcida i les boires fotoquímiques.

– L'efecte hivernacle. El diòxid de carboni (CO₂) principalment actua a l'atmosfera com el vidre d'un hivernacle, que deixa passar els raigs del Sol, però impedeix que s'escapi la calor. Els nivells naturals del CO₂ i altres gasos hivernacle contribueixen la vida a la Terra, regulant la temperatura. Sense ells la temperatura seria uns 60 C més freda. Els gasos que augmenten la seva proporció a l'atmosfera i que són perjudicials per nosaltres són el CO₂, el vapor d'aigua, els clorofluorcarburs (CFC), components del carboni que contenen fluor i clor a la seva estructura, l'òxid nitrós (NO₂), el metà (CH₄) i l'ozó (O₃). L'ozó és natural i es bo, perquè filtra els raigs solars, com els ultraviolats, i regula la temperatura. Tots aquests productes són propis de l'activitat humana, incrementen l'efecte hivernacle i poden produir un reescalfament del clima (CO₂ en un 50% i CFC en un 25%).

La presència de CO₂ a l'atmosfera ha estat augmentant des de fa 2 segles. Ha augmentat de 280 ppm (parts per milió) l'any 1800 fins a 350 ppm l'any 1990, un augment d'un 25%. Es considera que s'estan alliberant a l'atmosfera 24.000 milions de tones per any. Aproximadament unes 4/5 parts provenen dels combustibles fòssils, i 1/5 part de la crema i tala de boscos. Es va considerar en el seu moment que si seguia així hi hauria un augment de 1,3 C de temperatura l'any 2020 i de 3 C l'any 2070.

– Pluja àcida. L'efecte ja va ser descrit l'any 1872. Consisteix en que els òxids del sofre (SO_x) i del nitrogen (NO_x), en ser cremats, van a parar a l'atmosfera. En presència del vapor d'aigua de l'atmosfera es dona lloc a dos àcids, que són el sulfúric i el nítric. Aquesta pluja àcida pot arribar a valors de PH de 3,5 i pot fer moltes coses. Pot tenir efectes sobre el mobiliari, les façanes o les cases. També pot degradar la massa vegetal. Augmenta l'acidesa dels rius i els llacs. S'ha pogut veure que hi ha contaminacions atmosfèriques produïdes a la Gran Bretanya que han arribat a països escandinaus. Suècia té 90.000 llacs; es calcula que, actualment, hi ha 4.000 o 5.000 en els quals no hi ha vida degut a la contaminació. Però aquesta contaminació no és sueca, si no anglesa. Tant d'òxid de nitrogen com d'òxid de sofre s'alliberen 200 milions de tones anualment. Els estudis indicaven que s'hauria de reduir en un 90% l'emissió dels òxids. El seu efecte en el subsòl provoca que es desfacin els nutrients que utilitzen les plantes. Aquest procés s'anomena *lixiviació*.

– Boires fotoquímiques. Es produeixen en unes determinades condicions atmosfèriques, com són la falta de vent i la inversió tèrmica. El procés de la inversió tèrmica consisteix en que hi ha determinades zones en que augmenta la temperatura. Amb aquesta combinació de factors, si això es provoca a prop de les ciutats, es forma una boira que manté en suspensió les partícules sòlides que alliberen els cotxes, les indústries, etc. Això provoca malalties pulmonars. Altres malalties són la conjuntivitis, la sinusitis, l'asma o el mal de coll. A aquesta boira pot haver-hi CO₂, NO_x, SO_x, hidrocarburs i monòxid de carboni (CO).

Combustible fòssil + O₂ ! H₂O(g) + CO₂, CO

– Contaminació radioactiva. Les centrals nuclear no generen gasos radioactius, en principi. Els dos grans problemes de les centrals nuclears són les emissions radioactives i la gestió de residus radioactius. S'ha demostrat en els últims 40 o 50 anys que el risc és mínim, perquè hi ha estrictes mesures de control i seguretat. Una central normal que genera anualment 1.000MW, com la central de Sant Adrià del Besòs, cada any produeix 33 tones de combustible. D'aquestes 33 tones, 31,8 són urani, 300kg són plutoni i la resta, uns 900kg, són altres productes diversos. Tots ells són altament radioactius i la seva vida mitjana és de milers d'anys. Es dipositen en piscines de formigó. La vida mitjana d'una central nuclear és d'uns 30 anys.

– QÜESTIONS

1.– Una central tèrmica utilitza gas natural i disposa d'un grup motriu que té un rendiment del 40% i proporciona 200MW de potència. Calcula el consum horari de gas si es subministra a 5atm i a 20 C. El poder calorífic del gas natural en c.n. és de 11.000kcal/m³. Es pot expressar en m³/h.

2.- Calcula l'energia elèctrica produïda per una central nuclear si ha cremat 1kg d'urani i el rendiment de la instal·lació és del 40%. Es pot expressar en GWh.

3.- Calcula la potència útil desenvolupada per un automòbil que consumeix 8l de benzina cada 100km de recorregut, a una velocitat mitjana de 80km/h. La benzina té una densitat de 0,72kg/dm³. 1l de benzina té una massa de 720g i un poder calorífic de 11.000kcal/kg. El rendiment del motor és del 27%. Passar la potència de kW a cv.

4.- Busca informació sobre el funcionament d'un catalitzador al motor dels cotxes. Com es poden disminuir les emissions de diòxid de sofre (SO₂) a les centrals tèrmiques de carbó?

El catalitzador és un dispositiu incorporat als sistemes d'escapament de l'automòbil per tal de reduir la quantitat de substàncies contaminants en qualsevol gas d'escapament. El catalitzador conté petites boletes recobertes de metall (pal·ladi o platí). Quan els gasos d'escapament passen pel catalitzador, aquests metalls actuen com substàncies catalitzadores que afavoreixen reaccions químiques i transformen el CO i determinats hidrocarburs en CO₂ o H₂O. Els cotxes proveïts catalitzador han d'utilitzar benzina sense plom, perquè si no les boletes es recobreixen de plom i deixen d'actuar correctament.

3. PRODUCCIÓ I DISTRIBUCIÓ D'ENERGIA

3.1- CENTRALS ELÈCTRIQUES PRODUCTORES D'ENERGIA

La necessitat de tenir energia elèctrica en grans quantitats suposa l'existència de centrals elèctriques que utilitzen diferents fonts primàries. Una central elèctrica és una instal·lació amb màquines motrius i diversos aparells que generen energia elèctrica. La primera central elèctrica a Espanya era termoeelèctrica, i es va construir l'any 1875 a Barcelona. L'any 1879 Edison inventa la làmpada d'incandescència. L'any 1995 hi ha a Espanya 1.079 centrals elèctriques, de les quals 888 són hidroelèctriques, 9 són nuclears, i les 182 restants són termoeelèctriques. A Catalunya hi ha centrals de tots tipus.

Producció, transport i consum d'energia

L'element principal de totes les centrals, excepte les fotovoltàiques, és un generador elèctric o alternador, que transforma l'energia mecànica en energia elèctrica. Per distribuir l'energia elèctrica s'utilitza la xarxa elèctrica, que està formada per línies transportadores, centrals transformadores i línies de distribució. El principal inconvenient de l'energia elèctrica és que no es pot emmagatzemar.

Tipus de centrals elèctriques

- Centrals base o principals. Subministren energia de manera contínua i sempre funcionen. Són molt grans. Poden ser la nuclear, la hidroelèctrica o la tèrmica.
- Centrals de punta. Cobreixen demanda a l'hora punta, treballant de manera paral·lela.
- Centrals de reserva. Poden substituir de manera total o parcial una base.
- Centrals de bombeig. Són centrals hidroelèctriques que aprofiten l'energia sobrant a les hores vall per bombejar aigua a centrals superiors.

La potència d'una central l'expressarem en Watts o Megawatts.

- Per què les centrals de bombeig només poden ser hidràuliques?

Perquè l'energia hidràulica es pot bombejar.

3.2- CENTRALS HIDROELÈCTRIQUES

Són aquelles que aprofiten l'energia de l'aigua que transporten els rius per convertir-la en energia elèctrica utilitzant les turbines que tenen acoblades als alternadors.

E_p = energia potencial

E_c = energia cinètica

E_e = energia elèctrica

Normalment utilitzen aigua embassada, i fan una presa. Però hi ha que utilitzen l'aigua directament del riu. Aquestes s'anomenen *de corrent* i les altres *d'embassament*. Segons la disposició orogràfica del terreny el disseny de les centrals és bàsicament de dos tipus:

– *Presa*: normalment feta de formigó, es pot classificar en dos grups:

· de gravetat, en les quals la força de l'aigua és contrarestada pel pes de la presa. Una variació és la de contrafort, en la qual també hi ha formigó per davant.

· de volta o d'arc senzill. Es forma o es construeix un arc encarat a les parets laterals del riu. Aquesta necessita menys material.

– *Conductes d'aigua*: per alimentar les turbines hi ha unes comportes que permeten regular el cabal, protegides per reixes, que permeten protegir les turbines de troncs, etc. També hi ha altres canals de sortida de l'aigua. El fet de netejar un pantà traient tota l'aigua se'n diu *drenatge*.

– *Sala de màquines*: aquí és on es troben els *turboalternadors*. Segons el salt d'aigua o el cabal s'utilitzen diferents tipus de turbines. Els principals tipus de turbines són les *Pelton*, les *Francis* i les *Kaplan*.

· *Pelton*: salts de gran altura i cabal regular.

· *Francis*: salts intermedis i cabal variable.

· *Kaplan*: poca altura i cabal molt variable.

– *Transformadors i parc de distribució*: La tensió del corrent és inferior a 20.000V (20KV). Mitjançant els transformadors s'eleva la tensió per poder-les transportar evitant pèrdues. En el parc de distribució es connecta a la xarxa elèctrica. La majoria de les centrals estan interconnectades entre elles.

Centrals de bombeig

Tenen com a funció racionalitzar la producció. Normalment, a les hores puntes, actuen com a centrals hidroelèctriques normals, produint energia elèctrica amb l'aigua de l'embassament superior, i a les hores vall, bombejant aigua de l'inferior al superior mitjançant energia de l'aigua que sobra a la xarxa elèctrica. Una central de bombeig de Catalunya és la de Gento-Sallent, als Pirineus.

Minicentrals

Una central hidroelèctrica normal pot tenir una potència de 100 a 200MW. La central de Gento-Sallent té una

potència de 450MW. Una nuclear pot tenir una potència de 980MW, que a vegades es pot duplicar. Les minicentrals poden tenir una potència d'entre 250 i 5.000KW (0,25 i 5MW).

Centrals hidroelèctriques i el medi ambient

L'electricitat que té aquest origen és no contaminant. No obstant, té desavantatges, principalment, la construcció dels embassaments.

– Avantatges: s'evita l'emissió de partícules contaminants i de residus directes, i l'efecte regulador del cabal pot evitar inundacions sobtades i també pot permetre un cabal mínim en cas de sequera.

– Desavantatges: un embassament és una extensió molt gran i, per sobre d'aquest nivell, es cobreix d'aigua. Un altre és l'alteració del cabal dels rius, que provoca l'erosió de les vores dels rius. La modificació de la vegetació i de la fauna de la zona és un altre inconvenient. També pot ser un inconvenient la possible contaminació de matèria orgànica de les aigües residuals. Finalment, la construcció de grans embassaments pot alterar el clima.

3.3- CENTRALS TÈRMiques CONVENCIONALS

Són les que produeixen energia elèctrica a partir de carbó, fuel o gas natural. Hi ha unes altres centrals tèrmiques, que són petites, i el que fan directament és cremar el combustible per moure una màquina.

El combustible té energia química emmagatzemada, que es transforma en tèrmica. Aquesta es transforma després en cinètica, i el vapor mou una turbina. Això fa que la energia cinètica del vapor es transforma en energia cinètica de la turbina. Aquesta energia es transforma en elèctrica a través d'un alternador, i passa a la xarxa elèctrica.

On es situa una central tèrmica?

Està a prop del lloc on es genera o on arriba el combustible.

Components d'una central tèrmica

– El *magatzem*, en funció del combustible. Si és carbó en un recinte, si és fuel en un recipient i si és gas natural arriba directament de la xarxa. Moltes de les centrals són mixtes i poden tenir més d'un tipus de magatzem.

– *Caldera*. Hi ha diversos tipus, però les més utilitzades són les de radiació. En la caldera hi ha uns cremadors, i el que hi ha damunt i al voltant és una multitud de tubs pels quals circula el vapor. Moltes vegades tenim també diferents sistemes de preescalfament d'aigua. Hi ha, per exemple, preescalfadors, reescalfadors o sobreescalfadors.

– *Turbines*. Transformen l'energia cinètica del vapor en energia cinètica rotatòria. Normalment, està dividida en tres etapes. El vapor que arriba amb molta energia cinètica, es fa passar per tres turbines. La primera té molts àleps petits i, conforme la pressió i la temperatura baixen, van passant per les altres dues turbines, cadascuna amb menys àleps i més grans. Darrera de la turbina hi ha l'alternador, i si és necessari, un transformador. Abans de tornar a ficar el vapor a la caldera, es passa per un refrigerador o condensador, perquè torni a ser aigua. Dins del refrigerador, hi ha un serpentí per on passa el vapor i s'introdueix aigua freda, per tal que el producte resultant sigui aigua calenta, i es torni a repetir el procés. De circuits de refrigeració n'hi ha d'oberts, on s'agafa l'aigua del riu, s'utilitza per refrigerar el vapor, i es torna a llençar al riu, i de tancats, on es refrigera amb l'aire.

- *Xemeneies*. Poden ser de tir natural o de tir forçat.
- De tir natural. Degut a la geometria, surt sol el fum.
- De tir forçat. El fum s'ha d'impulsar.

S'han d'utilitzar diversos tipus de filtres per retenir determinades substàncies.

- *Equip elèctric*. Seria l'alternador, el transformador i el parc de distribució.
- *Sala de tractament de l'aigua*. L'aigua que utilitza el circuit que passa per la caldera s'agafa de rius, generalment. A la central hi ha sales de tractament de l'aigua. Allà s'afegeixen substàncies químiques a l'aigua contrarestant les sals que porta, evitant fangs i incrustacions i augmentant el PH, per tal d'evitar corrosions.

Funcionament d'una central termoelectrica

(Veure la fotocòpia)

Les centrals termoelectriques i el medi ambient

El principal impacte mediambiental s'origina a la combustió. Es crea CO₂ i H₂O(g). Aquests dos productes són causants de l'efecte hivernacle. Una mala combustió també pot provocar l'emissió d'òxids de nitrogen i d'òxids de sofre, causants de la pluja àcida, i l'emissió d'hidrocarburs o partícules sòlides, que provoquen les boires fotoquímiques. Els filtres s'utilitzen per evitar aquestes emissions. El carbó és el més contaminant, ja que porta moltes impureses, i la seva combustió genera residus sòlids (cendres). La contaminació tèrmica s'intenta minimitzar amb l'ús de les torres de refrigeració. També hi ha una contaminació química de totes les aigües que s'utilitzen en el procés, per tant s'han de filtrar abans de llençar-les al riu, per exemple.

- Contaminació acústica. Normalment es construeixen pantalles acústiques per evitar els sorolls produïts per ventiladors, vàlvules de purga, els camions, etc.
- Noves tecnologies. S'utilitzen per millorar el rendiment energètic i per disminuir l'efecte contaminant. Són:
 - Gasificació del carbó, que permet extreure carbó transformant-lo en un gas menys contaminat.
 - Combustió en llit fluid. És un sistema de combustió a menor temperatura que permet que els residus sòlids de la combustió, continguin la major part dels contaminants que es puguin produir. El rendiment energètic és més gran.
 - Està en estudi un nou tipus de central, anomenada *de cicle combinat*, que utilitzen gas natural o carbó gasificat amb un rendiment del 48% davant del 35% que aconsegueixen la resta. La combustió es duu a terme amb una turbina de gas semblant a la dels avions de reacció.

Central de cogeneració

Entenem per cogeneració la producció simultània d'energia elèctrica i tèrmica en el mateix lloc de consum. Consisteix en produir energia elèctrica utilitzant un combustible, i aprofitar la calor residual per obtenir aigua calenta per calefacció, vapor, fluids escalfats, etc. El rendiment d'aquestes instal·lacions pot arribar al 90%. Poden produir fins a 2MW de potència amb motors dièsel, i fins a 10MW si funciona amb turbines de gas. Són poc contaminants, ja que el seu rendiment energètic és molt alt.

3.4- CENTRALS NUCLEARS

El primer reactor nuclear de fissió va ser construït l'any 1942. La primera central elèctrica nuclear l'any 1954 a la Unió Soviètica. La primera central nuclear a Espanya l'any 1969, a Zorita, a Guadalajara.

Combustible
nuclear
(nuclis d'U i Pu)

Una central nuclear és una central termoelèctrica on la font d'energia tèrmica prové de la fissió dels àtoms d'urani i de plutoni.

Reactor nuclear

El reactor permet produir i controlar reaccions en cadena, per tal que emeti una energia elèctrica.

Parts del reactor

- *Vas del reactor.* És un recipient d'acer pur que conté una font de neutrons i un combustible nuclear. La font de neutrons inicia la reacció, i el combustible és el que es gasta.
- *Moderador.* Té la funció de reduir la velocitat dels neutrons produïts a la reacció nuclear, per tal que aquests puguin impactar en altres nuclis i que continuï la reacció. S'utilitza com a moderador:
 - aigua deuterada o pesada, en la qual els àtoms d'hidrogen es substitueixen per isòtops deuteri. La fórmula de l'aigua pesada és D₂O.
 - El grafit, que és una forma en la que es presenta el carboni a la natura. Una altra forma en la que es presenta el carboni és el diamant, quan els àtoms de carboni estan a altíssimes pressions i temperatures.

Els reactors ràpids no utilitzen moderador.

- *Barres de control.* La funció de les barres de control és captar neutrons per tal de regular el nombre de fissions que es produeixen per unitat de temps. Les barres de control poden estar més o menys introduïdes dins del reactor; si ho estan totalment, la reacció es para.
- *Refrigerant.* Té la funció d'evitar el sobreescalfament i transportar l'energia o la calor generada al nucli cap a les turbines. Com a refrigerant s'utilitza aigua (H₂O), aigua pesant (D₂O), sodi (Na) o potassi (K), i s'utilitzen com a gas el diòxid de carboni (CO₂), l'heli (He), l'hidrogen (H₂) o nitrogen (N₂).

Tipus de centrals nuclears

(Veure la fotocòpia)

En funció del tipus de reactor s'utilitzen diversos tipus de centrals nuclears.

- **Centrals amb reactor d'aigua a pressió (PWR).** Utilitzen urani com a combustible i aigua com a refrigerant i com a moderador. La pressió a la qual està sotmès el líquid primari és de 170atm. Això fa que l'aigua no es faci gas quan superi els 100 C de temperatura. Són les centrals més utilitzades (un 50%).
- **Centrals amb reactor d'aigua en ebullició (BWR).** Utilitzen urani com a combustible i aigua com a refrigerant i com a moderador. El disseny d'aquestes centrals és més simple. Un 25% de les centrals són

BWR.

· **Centrals amb reactor de neutrons ràpids.** No utilitzen moderadors. Això vol dir que la reacció és més ràpida, consumeix més combustible i, com la potència tèrmica obtinguda és molt alta, s'allibera molta calor, s'utilitza com a refrigerant sodi líquid. Utilitzen com a combustible U-235 recobert d'U-238. La reacció es fa a l'interior i els neutrons alliberats reaccionen després a l'exterior, transformant-lo en Pu-239. Aquests reactors ràpids s'anomenen també reactors reproductors, i poden tenir un rendiment 60 vegades superior als tèrmics. Hi ha poques centrals d'aquest tipus.

Equipament d'una central nuclear

- **Edifici de contenció.** Conté el reactor i el circuit primari. Ha de tenir parets molt gruixudes, resistents als terratrèmols i al foc.
- **Edifici de turbina.** Conté les turbines i l'alternador. També han de tenir proteccions com els de l'edifici de contenció.
- **Edifici de combustible.** S'utilitza per emmagatzemar combustible, que després s'ha de transportar. Està connectat al de contenció.
- **Edifici de control.** És on es troba el personal i on estan centralitzats tots els sistemes de control.
- **Edifici auxiliar.** És on hi ha el sistema de neteja i filtratge.

Funcionament d'una central nuclear

(Veure la fotocòpia)

Centrals nuclears i medi ambient

Té els inconvenients de la radiació i la contaminació. L'aigua utilitzada per a la refrigeració escalfa els voltants. Hi ha també contaminació química de tots els productes que s'utilitzen per netejar la central, i també hi ha contaminacions acústica i radioactiva, dels residus de les centrals que contaminen el lloc on s'emmagatzemen. Les centrals estan construïdes seguint el cicle de màxima seguretat. A Espanya qui s'encarrega de controlar la construcció, disseny, etc. És un organisme CSN (Consell de Seguretat Nuclear). Una central nuclear requereix, per tant:

- Personal molt qualificat.
- Revisió anual exhaustiva del reactor i del circuit primari.
- Control constant de tots els equips i manteniment programat.
- Control radioactiu de totes les emissions.
- Vigilància radiològica ambiental de la zona.

QÜESTIONS

1. Diferències entre les centrals PWR i BWR.

El disseny de les BWR és més senzill, i l'aigua utilitzada es troba en estat gasós, mentre que la utilitzada en les

PWR es troba en estat líquid, degut a l'alta pressió en la que es troba (170atm).

2. Per què creus que l'edifici del reactor s'anomena de contenció?

Perquè està ben protegit amb parets resistents i gruixudes.

3. Per què els reactors de neutrons ràpids s'anomenen reproductors?

Perquè la reacció que es dona converteix uns isòtops d'urani en uns altres, i després en isòtops de plutoni.

4. Què és una central de cogeneració?

És una central on es produeixen simultàniament energia elèctrica i tèrmica en el mateix lloc de consum.

5. Quins combustibles s'utilitzen a les centrals tèrmiques convencionals i quin creus que és el menys contaminant?

Carbó, fuel o gas natural. Crec que el menys contaminant és el gas natural, perquè, al ser gas, es propaga per l'aire, actuant la seva acció contaminant amb menys força.

6. Com influeix l'altura del salt d'aigua i el seu cabal en l'elecció del tipus de turbina?

Influeix e que cada turbina s'utilitza quan hi ha una altura del salt d'aigua i un cabal determinats, i segons com siguin aquests paràmetres, s'utilitzarà un tipus o un altre.

7. Com es classifiquen les hidroelèctriques en funció de l'aprofitament de l'energia de l'aigua?

8. Enumera els principals components (i la seva funció) d'una central hidroelèctrica.

- Presa: construcció feta per embassar l'aigua d'un riu.
- Conductes d'aigua: regulen el cabal i protegeixen les turbines.
- Sala de màquines: lloc on es troben els turboalternadors. Es poden utilitzar diferents tipus de turbines: les Pelton, les Francis o les Kaplan.
- Transformadors i parc de distribució: elevar la tensió per evitar les pèrdues en el transport.

9. Descriu el funcionament d'una central...

10. Característiques mediambientals d'una central hidroelèctrica.

Com a avantatges, s'evita la contaminació, es poden evitar inundacions sobtades i es pot subministrar aigua en el riu en cas de sequera.

Com a desavantatges, l'embassament necessita una gran extensió, l'alteració del cabal dels rius provoca l'erosió de les vores d'aquests, la fauna i la flora es modifiquen i pot haver-hi contaminació de matèria orgànica de les aigües residuals. A més, es pot alterar el clima.

3.5- DISTRIBUCIÓ DE L'ENERGIA

L'energia elèctrica generada a les centrals va de 6 a 20KV. Es transporta a tensions de 110 a 400KV per tal de disminuir les pèrdues d'energia i augmentar la capacitat de transport de les línies. Les pèrdues de potència són:

R_L = resistència del conductor, es mesura en Ohms ().

I = intensitat de la línia, es mesura en Ampers (A).

P = potència produïda, es mesura en Watts (W).

L = longitud de la línia, es mesura en metres (m).

s = secció de la línia, es mesura en mil·límetres quadrats (mm^2).

ρ = resistibilitat del conductor, es mesura en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

– Determina la pèrdua en una línia trifàsica de 220KV que ha de transformar 30MW amb un factor de potència de 0,85 a 50km, si està formada per conductors d'alumini de resistibilitat $0,028 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ de 350mm^2 de secció.

Línies elèctriques

Poden ser:

– *Aèries*, les quals són de fàcil instal·lació i molt manteniment, ja que estan sotmeses al vent, la pluja o la neu. Normalment els conductors són nusos d'alumini o de coure amb una ànima d'acer. Els cables no estan aïllats.

– *Subterrànies*. Són costoses d'instal·lar. Són conductors d'alumini i de coure sempre aïllats, dins d'un conducte o bé dins de construccions. Són molt fiables perquè estan sotmeses a pocs agents, són fàcils de mantenir però molt cares.

Estacions elèctriques

També s'anomenen *subestacions*. Tenen com a funció transformar o distribuir. Poden ser:

– *Est. transformadores primàries*: eleven la tensió a 110, 132, 220 o 400KV.

– *Est. d'interconnexió*: uneixen diferents línies, ja siguin de la mateixa tensió o de diferent tensió, mitjançant un transformador.

– *Est. transformadores secundàries*: redueixen la tensió a valors de 6 a 66KV, per tal d'alimentar les línies de distribució primàries.

– *Casetes transformadores o est. transformadores terciàries*: redueixen la tensió a 220 o 380V.

• Quines són les pèrdues de potència per efecte Joule en una línia trifàsica de 25.000V, 10MW, factor de potència 0,8 i 10km de longitud si els conductors són de coure de 150mm^2 de secció amb un coeficient de resistibilitat de $0,0175 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$?

Si la tensió de línia fos de 380V, quines serien llavors les pèrdues? Compara ambdós resultats.

4. ENERGIES ALTERNATIVES

4.1- ENERGIES ALTERNATIVES

Són aquelles energies renovables i aquelles fonts energètiques que es renoven contínuament, a diferència de les energies fòssils, que s'acaben. Les energies del vent, del Sol, de les ones o les mareas del mar serien renovables. Aquestes energies s'estan potenciant i estudiant per dos raons:

1) Per disminuir la dependència de les energies tradicionals.

2) La creixent preocupació de l'impacte mediambiental.

Disminueix la dependència de les energies tradicionals.

4.2- CENTRALS SOLARS

La font de l'energia solar és el Sol, que és un estel que té un diàmetre unes 110 vegades superior al de la Terra (1.400.000km). El Sol es troba a 150 milions de quilòmetres de la Terra. La velocitat de la llum és de 300.000km/s. La llum del Sol triga poc més de 8 minuts en arribar a la Terra. En el Sol es produeixen reaccions nuclears de fusió. Dos àtoms d'hidrogen s'uneixen formant un àtom d'heli, s'allibera una petita quantitat de massa que es converteix íntegrament en energia. En el Sol cada segon es perden aproximadament 4 milions de tones per segon (4.000.000.000kg/s).

Massa del Sol ! $2,2 \cdot 10^{30}$ kg

El Sol és un estel petit comparat amb altres, que poden ser un milió de vegades més gran. Un estel pot tenir diversos finals.

– Pot *col·lapsar*. Vol dir que s'encongeix perquè augmenta la densitat. S'anomena *enana*.

– Pot *expandir-se*. Vol dir que adquireix un volum molt més gran. Aquest és el possible final del Sol. Aniria ocupant molt espai i absorbiria els planetes propers.

– Pot *explotar*. Vol dir que el seu diàmetre augmenta de forma instantània. Això s'anomena *supernova*.

Arriben 1.350W/m² de radiació solar al nostre planeta. Una part d'aquesta energia es reflecteix i poden arribar a la superfície uns 1.000W. D'aquesta radiació, el 40% és visible, el 57% és infraroja i el 3% és ultraviolada. La llum visible és aquella que ens permet veure i que les plantes fan la fotosíntesi. La infraroja genera energia tèrmica, que s'emmagatzema a l'aire, al mar i al sòl, i permet que la Terra tingui una temperatura més o menys constant, més homogènia. La majoria de les energies que utilitzem tenen el seu origen amb l'energia solar. L'energia solar arriba a la superfície de la Terra de dues formes: com a radiació directa o com a radiació indirecta o difusa. La radiació difusa és l'única que arriba a la Terra quan aquesta es troba coberta per núvols. Els dies en que el cel està ennuvolat fa més calor que en els que no ho està. L'energia solar és barata, neta, inesgotable i disponible tots els dies de l'any, amb la matisació que la radiació depèn de la situació sobre la superfície de la Terra, de la situació temporal i de les condicions climatològiques. L'òrbita de la Terra és el·líptica i, per tant, hi ha moments en que ens trobem més a prop del Sol i moments en que ens trobem més lluny. Quan la Terra es troba més a prop del Sol, la radiació solar és lleugerament superior a quan es troba més lluny.

Inconvenients de l'energia solar:

– La radiació és dispersa i inconstant.

– S'ha de transformar en quant arriba.

– Per utilitzar-la a gran escala es necessita una superfície, ja que ens arriba de l'ordre de 1KW/m².

– La inversió inicial és cara.

Sistemes d'aprofitament

Hi ha dos mètodes: la *via tèrmica* i la *conversió fotovoltaica*.

- **Via tèrmica:** transforma l'energia solar en energia tèrmica.
- **Conversió fotovoltaica:** transforma l'energia solar en energia elèctrica.

L'aprofitament tèrmic pot donar un rendiment del 65%. Podem tenir sistemes actius i passius. Els sistemes actius poden ser amb o sense concentració de la radiació i poden ser de baixa, mitjana i alta temperatura. També poden ser sistemes d'aprofitament passiu, que es basa en el disseny. Els sistemes actius de baixa temperatura són els captadors plans (col·lectors). S'utilitzarien per aigua calenta o sanitària, escalfadors, etc. Els de mitjana i alta temperatura són les *centrals termosolars*, que produeixen energia elèctrica. Una aplicació és el *for solar*, que és un sistema que ens permet captar la radiació solar mitjançant miralls. La potència d'aquest forn solar és de 1.000KW (la Tèrmica de Sant Adrià té una potència de 1.000MW). En aquest forn es concentra l'energia en 40cm, s'agafen fins a 4.000 C. S'utilitza per investigacions que necessitin temperatures molt altes.

Centrals termosolars

Com sempre, consisteix en concentrar sobre un fluid (aigua, oli, sodi...) la radiació solar i transformar l'energia tèrmica. El fluid escalfat passa per un *intercanviador*, que acciona un *turboalternador*, el qual produeix energia elèctrica.

Els dos sistemes utilitzats actualment són:

- De **col·lector distribuït** (DCS): utilitzem col·lectors de concentració, que concentren la radiació solar en un punt o en una línia. En aquests llocs puntuals s'aconsegueixen temperatures de 300 C, i un vapor molt calent. Els problemes dels DCS són que, depèn de la climatologia, pot haver-hi moments en què no hi hagi suficient hores de Sol. El problema diari del Sol es soluciona amb un sistema motoritzat de seguiment de la radiació. A més, si un dia el cel està tapat, es pot fer una *recirculació del fluid*.
- De **torre central** (CRS): es disposa d'un sistema d'alta temperatura i d'una gran superfície coberta d'*heliostats* (miralls), que estan concentrant la radiació a l'extrem superior d'una torre. Ha d'haver-hi un sistema motoritzat de seguiment del Sol al llarg del dia i de les estacions, és a dir, té un moviment en dos eixos: l'elevació i l'azimut. La temperatura assolida és major que la del cas anterior, i pot haver-hi centrals amb una potència de 5MW.

Conversió fotovoltaica

Transforma la radiació solar directament en energia elèctrica i utilitza per això cèl·lules solars o fotovoltaïques. L'*efecte fotovoltaic*, descobert l'any 1954, consisteix en la capacitat de determinats materials de produir electricitat quan incideixen damunt d'ells fotons. Es va començar a utilitzar als anys 60 en satèl·lits. El rendiment és molt baix, normalment no supera el 10%, i en augmentar la temperatura encara disminueix. La tensió màxima és de 0,58V i per tant no té cap aplicació; la solució és connectar en sèrie, generalment 36 cèl·lules fotovoltaïques per a obtenir aproximadament uns 18V de tensió.

Aplicacions:

- Instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica comercial: cases rurals, aplicacions agrícoles, senyalització o comunicacions.
- Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica per estalviar.

L'energia aquesta és contínua i la de la xarxa elèctrica és alterna.

4.3- CENTRALS EÒLIQUES

Utilitzen l'energia del vent creat per l'escalfament desigual de la superfície de la Terra.

Tecnologies per aprofitar el vent

L'interès pel vent ha augmentat degut a la seva capacitat per produir energia elèctrica i degut a que és una energia neta i renovable.

Per aprofitar l'energia eòlica s'utilitzen les *aeroturbines*, derivades de la indústria aeronàutica. Una aeroturbina consisteix en una sèrie de pales que giren solidàries a un eix, mitjançant el qual podem obtenir energia mecànica. La potència que podem extreure es pot calcular per aquesta expressió empírica.

P = potència, en W.

ρ = densitat de l'aire, en condicions normals és de 1,225kg/m³.

A = superfície escombrada per les pales, en m².

v = velocitat del vent, en m/s.

C_p = coeficient de potència. El C_p té un valor màxim de 0,59 i en coneix com a límit de Betz, però els valors reals van de 0,1 a 0,5.

Tipus d'aeroturbines

Hi ha dos tipus d'aeroturbines: les que utilitzen directament l'energia mecànica i les que la transformen en energia elèctrica. Les primeres s'anomenen *aeromotors* i les segones s'anomenen *aerogeneradors*.

- **Aeromotors:** són màquines lentes, amb un rotor format per moltes pales, de 12 a 24, de fins a 8m de diàmetre. El rendiment és baix, però necessiten poca velocitat de vent, uns 2m/s. La potència és inferior a 20KW. S'utilitzen per bombejar l'aigua dels pous.
- **Aerogeneradors:** són màquines ràpides, de 2 o 3 pales, perfil aerodinàmic com els avions i diàmetre variable. Necessiten velocitats de vent elevades (mínim 4 o 5 m/s i desitjables superior a 10m/s, uns 36km/h). Les potències van de 25 a 600KW, i s'estan desenvolupant aerogeneradors amb potències superiors a 1MW.

Parts de l'aeroturbina

- **Rotor o turbina:** formades per les pales unides a un eix, i transforma l'energia eòlica en mecànica.
- **Sistema d'orientació:** permet col·locar el rotor perpendicular al vent.
- **Sistema de regulació:** disminueix la velocitat d'engegada, manté una velocitat constant i l'atura en cas de vent excessiu.
- **Conversor energètic:** part destinada a transmetre o transformar l'energia mecànica obtinguda a l'eix del rotor.
- **Bancada:** suport que aguanta el conversor energètic i, habitualment, els sistemes de regulació i d'orientació.

- **Carcassa:** capa que cobreix els eixos.
- **Torre:** suport de tot l'equip. Ha d'absorbir les vibracions produïdes per l'acció del vent.

Totes les turbines tenen una manera similar d'actuar. Necessiten una força mínima de vent per actuar (2–4m/s), per vèncer la inèrcia del motor. Els aeromotors ja comencen a funcionar amb aquestes velocitats, però els aerogeneradors necessiten una velocitat major.

Si la velocitat del vent augmenta, les potències augmenten amb el coeficient de potència. Quan s'obté el màxim rendiment s'anomena *velocitat de disseny*. El valor màxim de potència s'anomena *potència nominal*, per sobre d'aquest valor, els sistemes de regulació mantenen o disminueixen la velocitat per evitar esforços en el rotor. També poden tenir una velocitat de parada o de desconexió, que pot ser molt alta (20–30m/s).

Tipus d'aerogeneradors

L'energia mecànica es transmet a través d'un *multiplicador* a un generador elèctric. El multiplicador està format per una sèrie d'engranatges que adapten la velocitat baixa de rotació a una velocitat més alta, necessària per l'aerogenerador. Normalment tenim dos tipus d'aerogeneradors:

- **D'eix vertical:** *Savonius*, *Giromill* i *Darrieus*. Donen poca potència, menor que la dels d'eix horitzontal.
- **D'eix horitzontal:** poden donar fins a 1MW de potència. Segons la posició del motor, tenim de cara al vent i d'esquena al vent. Els d'esquena al vent no necessiten sistemes d'orientació perquè la carcassa ja fa la funció. Els de cara al vent necessiten un sistema d'orientació, que pot ser una cua, un hèlix lateral o un sistema automatitzat. Segons les pales, poden ser *monopala*, *bipala*, *tripala* i *multipala*. Els més utilitzats són els de 2 pales (EEUU) i 3 pales (Europa).

Parcs eòlics

Els parcs eòlics aprofiten l'energia elèctrica obtinguda amb l'aerogenerador. Poden estar o no connectats a la xarxa comercial. Els no connectats a la xarxa disposen d'un sistema d'acumulació (bateries) donada la intermitència del recurs. Un parc eòlic necessita 6m/s com a valor mitjà del vent i 2.500 hores/any. Cada dia ha de bufar el vent 7 o 8 hores.

Situació del sector eòlic

Espanya disposa de 300MW de potència i es pretén arribar a 840MW l'any 2000.

A Catalunya hi ha el Parc Eòlic de Roses (Empordà) i el del Baix Ebre. Roses produeix 550KW i Baix Ebre 4MW.

El parc eòlic de la Teixeta està en construcció i té 42MW de potència i previsions d'arribar als 300MW l'any 2005.

4.4- CENTRALS GEOTÈRMiques

Etimologia de la paraula geotèrmica: fa referència a la calor de l'interior de la Terra. Les plaques continentals són la part sòlida de l'escorça de la Terra. Un 0,5% de la Terra és sòlida, la resta és *magma* (pedra fosa), que surt cap a l'exterior per unes fissures que presenta la Terra i forma les plaques continentals. La temperatura de la Terra augmenta 3 C per cada 100m de fondària. Aquest gradient geotèrmic no es manté fins al centre de la Terra, si no que quan s'arriba a 6.000 C, la temperatura no puja més. La calor es transmet cap a l'exterior per conducció, però la poca conductivitat tèrmica que tenen les roques fa que aquesta calor es mantingui a

l'interior. En determinats llocs de la superfície de la Terra es produeixen anomalies geotèrmiques, que provoquen que en alguns llocs la temperatura pugui ser de 400 C en lloc dels 40 o 80 C que serien normals. Si coneixem la distribució de les anomalies geotèrmiques que estan determinades per les plaques tectòniques, podem aprofitar l'energia geotèrmica. Puc parlar d'un *jaciment geotèrmic* si hi ha:

- presència entre 1.000 i 2.000m de roques poroses i permeables.
- un flux de calor que escalfi l'*aqüífer* (riu subterrani). Aquesta calor prové del magma.
- existència d'una tapa impermeable que eviti la dissipació contínua del sistema termal.

En determinats casos, l'aigua calenta i/o el vapor pot sortir de manera natural, espontània (fonts termals, guèisers...). En altres casos cal fer una perforació, normalment s'injecta aigua freda i es recupera aigua calenta. Les temperatures de sortida poden anar dels 90 als 150 C, i s'utilitzen per obtenir energia elèctrica (això seria una central geotèrmica). Si la temperatura és més baixa de 90 C, s'utilitza l'aigua directa per calefacció. A Islàndia, el 90% dels habitants utilitzen l'aigua extreta directament de la Terra.

Centrals geotèrmiques

Poden ser de condensació, on el vapor es condensa. A les centrals de condensació el vapor es torna a injectar al subsòl. I centrals sense condensació, on el vapor s'allibera a l'atmosfera.

- **Inconvenient:** la vida útil d'una central geotèrmica és tan sols de 40 anys, ja que el vapor d'aigua genera una gran corrosió.
- **Avantatge:** en 2 anys es pot construir una nova central. Si es construeixen prou centrals geotèrmiques, es podrien estalviar anualment 1.000 milions de barrils de petroli (unes $2 \cdot 10^8$ tones).

Actualment el consum de petroli és de $3,3 \cdot 10^9$ tones, i les reserves provades són de $141 \cdot 10^9$ tones. L'any 1913 es va construir la primera central geotèrmica a Itàlia, que tenia una potència de 250KW. Actualment, en el mateix emplaçament hi ha una altra que té una potència de 390MW. La central geotèrmica més gran del món és de guèisers (Califòrnia). Té una potència de 1.792MW, una potència similar a les dues centrals d'Ascó juntes i superior a qualsevol central de qualsevol tipus de Catalunya.

4.5- CENTRALS MAREOMOTRIUS

La font d'energia dels mars i els oceans és pràcticament inesgotable. L'aigua del mar emmagatzema energia tèrmica procedent del Sol. Les ones i els corrents, que són provocats per la força del vent, originen moviments de gran quantitat de massa d'aigua. Les formes d'extreure una energia útil pot ser a través de l'energia tèrmica o a través de les ones i de les marees.

L'energia de les marees

Segons la situació orogràfica, puc tenir desnivells de fins a 15m de diferència entre plenamar i baixamar, mentre que en altres llocs, com en mars tancats, la diferència pot ser de mig metre.

L'aprofitament de l'aigua de les marees consisteix en crear embassaments mitjançant murs, i en el moment de plenamar deixem passar l'aigua i en el de baixamar no la deixem escapar-se. Creem dues situacions en les quals es pot produir una diferència de nivells que ens permet generar una energia elèctrica. Es necessita una alçada del mur de 5m. En 1966 a França, a l'estuari del riu Rance, es va crear la primera i encara la més gran central mareomotriu. Té 754m de llargada, 27m d'alçada, amb 24 turboalternadors de 10MW cadascun (240MW en total) per aprofitar les marees que tenen una amplada mitjana de 11,4m i turbines bidireccionals.

Al Canadà, hi ha un nou sistema en experimentació, i es pretén construir dues centrals de 1.400 i 4.900MW. Es tracta d'una energia inesgotable, gratuïta i neta.

L'energia de les ones

El moviment de les ones que provoca el vent es pot aprofitar mitjançant tres sistemes:

- **Paleta oscil·lant de Salter.** Té un rendiment de fins el 35%.
- **Boia Masuda o convertidor pneumàtic,** desenvolupat al Japó. S'utilitza com a balisa senyalitzadora. Poden generar potències d'entre 70 i 120W.
- **Cilindre oscil·lant de Bristol.** És un cilindre de formigó d'una llargada de 45m i un diàmetre de 11m. Aquest cilindre està ancorat al fons del mar mitjançant uns peus extensibles. Amb el moviment del mar es balanceja i els peus es comprimeixen, expulsant l'aigua de dins a pressió, que mou una turbina.

Energia tèrmica dels oceans

Hi ha un gradient tèrmic entre les capes superficials i les capes profundes del fons de l'oceà. És necessària una diferència de temperatura d'uns 20 C que es dona en aigües tropicals i subtropicals, però a profunditats de 500 i 1.000m. Pot haver-hi un circuit obert o tancat. El circuit tancat utilitza un fluid amb una baixa temperatura d'ebullició, com ara l'amoníac, que s'escalfa amb la temperatura de l'aigua de la superfície, i es condensa amb l'aigua freda de la profunditat. Entre la profunditat i la superfície pot haver-hi una diferència de 25 C.

L'inconvenient és el poc rendiment (7%) per dos motius:

- La poca capacitat d'aquesta aigua de generar energia tèrmica.
- La despesa d'energia necessària per fer funcionar el sistema.

4.6– BIOMASSA

Entenem per *biomassa* tota la matèria viva que hi ha en un moment donat a la Terra. L'origen de la biomassa és sempre la *fotosíntesi*. Aquesta biomassa es pot transformar en combustible mitjançant processos físics, termoquímics i bioquímics.

- **Processos físics:** destinats a preparar la biomassa pel seu ús directe com a combustible o per un procés posterior. Són dos:
 - *Homogenització*, que consisteix en fer totes les partícules similars.
 - *Densificació*, que consisteix en la fabricació de *briquetes* o *pèl·lets*.
- **Processos termoquímics:** la biomassa es sotmet a transformacions en determinades condicions de pressió i temperatura per obtenir el combustible en estat sòlid, líquid o gasós. S'utilitza la *piròlisi* i la *gasificació*.
 - La *piròlisi* consisteix en la degradació tèrmica de les molècules de la biomassa en absència d'oxigen. És el mètode tradicional d'obtenció del carbó vegetal. Si utilitzem instal·lacions industrials, a més de carbó vegetal, obtenim un líquid i un gas.
 - La *gasificació* és una combustió incompleta de biomassa en presència de l'oxigen de l'aire. S'obté un gas

pobre format per monòxid de carboni, hidrogen i metà, entre d'altres. Una millora consisteix en introduir directament oxigen en lloc d'aire.

– **Processos bioquímics:** consisteix en sotmetre la biomassa a processos de fermentació: *digestió anaeròbica* i *fermentació aeròbica*.

· *Digestió anaeròbica:* és la fermentació de la biomassa amb obtenció de biogas. En un dipòsit que s'anomena *digestor* s'introdueix la matèria orgànica i els bacteris, i s'obté gas metà i anhidrid carbònic. Són bacteris que es desenvolupen en absència d'oxigen. La temperatura òptima és de 30 C, i es pot utilitzar qualsevol tipus de residu orgànic. S'acostuma a aplicar a afluents líquids i a aigües residuals amb el poder contaminant, i considerem en aquest cas el gas com a un subproducte.

· *Fermentació aeròbica:* també s'anomena *alcohòlica*. S'utilitza per l'obtenció de *bioalcohol* (etanol) i per la fermentació en presència d'oxigen de materials orgànics rics en sucres i midó. L'etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) s'utilitza com a combustible en els motors d'explosió, per exemple, al Brasil amb l'etanol obtingut de la canya de sucre.

Producció d'energia elèctrica

Hi ha dues formes:

- Cremar la biomassa i el vapor mou un turboalternador.
- Transformar la biomassa en gas, i aquest gas és la font energètica d'un motor que acciona l'alternador.

4.7- APROFITAMENT DELS RESIDUS SÒLIDS URBANS (RSU)

a Catalunya l'any 1996 es van generar i tractar amb plantes incineradores 760 tones. Els RSU suposen un gran problema i els procediments actuals per eliminar-los són:

- **Abocament:** consisteix en dipositar els residus sobre el terreny i enterrar-los periòdicament amb terra. Els abocadors s'han de preparar aïllant-los i posant desguassos perquè surtin els residus líquids. També es poden utilitzen torretes de ventilació per deixar anar els residus gasosos.
- **Compostatge:** separar la matèria orgànica i tractar-la mitjançant fermentació aeròbica, per tal d'obtenir el compost.
- **Reciclatge:** separar les fraccions dels RSU, que poden reincorporar-se al procés de producció i consum.
- **Incineració:** els residus són eliminats mitjançant un procés de combustió i tractament dels gasos resultants.

Des del punt de vista mediambiental lo millor és combinar una recollida selectiva amb un procés de compostatge i reciclatge, limitant la incineració i l'abocament. Energèticament, no lliga amb el tema mediambiental, però es pot obtenir aprofitament del biogas que es genera en els abocadors i recuperar l'energia tèrmica dels processos d'incineració.

5. ELS MATERIALS I LES SEVES PROPIETATS

5.1- ELS MATERIALS I ELS PROCESSOS INDUSTRIALS

L'energia i els materials són els dos elements imprescindibles per tot procés industrial.

El coure i el bronze són metalls amb un punt de fusió és baix, però el punt de fusió del ferro és bastant alt.

ANY	MATERIAL	ANY	MATERIAL
7000 aC	Pedra	1907	Baquelita
6000 aC	Fusta	1913	Acer inoxidable
3500 aC	Fusió del coure	1922	Formigó pretensat
3000 aC	Fusió de l'argila	1927	PVC
1400 aC	Obt. del <i>Fe</i> a partir de minerals	1938	Fibra de vidre
1709	Primer alt forn	1943	Silicona
1740	Producció comercial del cinc	1965	Neoprè
1886	Alumini	1980	Titani
1900	Vidres òptics		

En tot procés tecnològic, una de les primeres coses que s'han de fer és un *projecte*. S'ha de tenir un criteri de selecció del material. Aquests criteris són els següents:

- Propietats del material.
- Qualitats estètiques, que serien el color, la textura, la forma, etc.
- Procés de fabricació a seguir i maquinària adequada.
- Cost.
- Disponibilitat, la vida prevista al mercat.
- Impacte ambiental, les matèries primeres. Mirar si la seva extracció de les matèries primeres són agressives al medi ambient.

5.2- **ESTRUCTURA DE LA MATÈRIA**

Les propietats d'un material provenen de la matèria, que està formada per àtoms. Els electrons de l'escorça d'un àtom es disposen en òrbites, les quals estan numerades. Cada òrbita pot contenir un número limitat d'electrons. El nombre màxim d'electrons per capa o òrbita és $2n^2$, on n és el número de la capa. Els electrons poden passar d'una capa a una altra. Quan un electró absorbeix energia passa a una òrbita superior, i quan un electró emet energia passa a una òrbita inferior.

La tendència natural és a completar les capes més internes. La capa més externa s'anomena *capa de valència*, i els seus electrons també són anomenats *de valència*. Els electrons de valència són els que entren en joc a les reaccions químiques, és a dir, els electrons més interns no participen. Es considera que la capa està completa quan té 8 electrons. Aquesta capacitat de formar ions possibilita la classificació dels elements en *metalls* i *no metalls*. Els metalls deixen anar electrons formant *cations*, i els no metalls capten electrons per formar *anions*.

Elements i compostos

És difícil trobar àtoms aïllats, normalment formen molècules. Si els àtoms estan prou junts, donen lloc a una molècula. Si la molècula està formada per àtoms iguals s'anomena *element*, però si està formada per àtoms diferents s'anomena *compost*.

Aquests àtoms s'uneixen formant enllaços. Els més habituals són:

- **iònic:** un àtom per un electró convertint-se en catió, i un altre el capta convertint-se en anió. Solen ser durs, fràgils i aïllants.
- **covalent:** els àtoms comparteixen un o més electrons, que van passant per les òrbites dels diferents àtoms. Es dona en materials tan diversos com el diamant i el plàstic. És un enllaç molt fort.
- **metàl·lic:** es dona formant una estructura geomètrica d'àtoms repetida al llarg de tot el material en la qual, degut a que els àtoms tenen una dèbil atracció pels electrons de valència, aquests poden viatjar a través de l'estructura, formant el que anomenem *núvol electrònic*. Es una estructura molt rígida i que condueix l'electricitat i la calor, i es presenta en els metalls. Alguns d'aquests metalls poden tenir contaminacions.

L'estat sòlid

Hi ha 3 fases diferents: sòlid, líquid i gas. Una substància pot passar d'un estat a un altre i la calor és la responsable d'aquests canvis d'estats. El que fa que, a una temperatura donada, una substància estigui en un determinat estat, són les *forces de cohesió*. Si les forces de cohesió són fortes, la substància estarà en estat sòlid, si són mitges estarà en estat líquid, i si són mínimes o nul·les estarà en estat gasós. Una manera de veure si la força de cohesió en un líquid és petita o gran és la *viscositat* del líquid. En un sòlid, els àtoms tenen una mobilitat molt reduïda, que es limita a vibrar. L'estat sòlid es presenta en dues estructures fonamentals: la *crystal·lina* i l'*amorfa*.

– **Sòlid cristal·lí:** és aquell en el qual la disposició dels àtoms que envolten un altre qualsevol és sempre la mateixa. Per exemple metalls, quars i en general, les substàncies que presenten un enllaç covalent. En el cas dels metalls hi ha tres tipus de xarxes que es consideren fonamentals:

- *Cúbica de cares centrades:* alumini, or, calci.
- *Cúbica centrada a l'espai:* la presenta el *ferro alpha*, el liti, el sodi i el potassi, entre d'altres.
- *Hexagonal:* la presenta el magnesi, el zinc i el cadmi.

Hi ha substàncies que presenten diferents estructures cristal·lines de forma estable i s'anomenen *formes al·lotròpiques*. Les propietats físiques de les diferents formes al·lotròpiques poden ser molt diferents. Per exemple, l'estany té 3 formes al·lotròpiques i el ferro en té 4. Normalment s'identifiquen les formes al·lotròpiques amb lletres gregues (ferro alpha, ferro delta).

5.3- PROPIETATS MECÀNIQUES

Resistència mecànica

Les propietats mecàniques ens diuen com es comporten els materials davant dels esforços, i són degudes a les *forces de cohesió*. Les forces que demostren la resistència del material són la *tracció*, la *compressió*, la *torsió*, la *flexió* i el *cisallament*.

La resistència és la capacitat de suportar esforços sense deformar-se o trencar-se.

TRACCIÓ COMPRESSIÓ FLEXIÓ

TORSIÓ CISALLAMENT

Segons el tipus de material, el podem classificar en *resistent*, *no resistent* i *fràgil*. Els materials no resistents es poden classificar en *plàstics* i *elàstics*. Un material fràgil és aquell que no suporta l'esforç. Un material pot

passar per tots els estadis, és a dir, pot ser resistent, no resistent i fràgil.

Quan es miren els esforços que pot suportar un material hi ha dos suports que cal tenir en compte: el *límit elàstic* i la *resistència a la ruptura*. Aquests valors tenen a veure amb el tipus d'esforç.

Duresa

La duresa és l'oposició a ser ratllat o penetrat. Depèn de les forces de cohesió entre els seus àtoms. El diamant és el material més dur que existeix i té un enllaç covalent. La idea que té la gent de l'equivalència entre dur i fràgil és falsa. Un material dur és resistent a ser ratllat o penetrat. Però un material fràgil no és poc dur, si no poc resistent a trencar-se.

Ex.: el vidre és molt dur perquè és resistent a ser ratllat i penetrat. No obstant, té un límit elàstic molt petit, però un límit plàstic pràcticament nul, ja que al passar el límit elàstic es pot trencar de seguida. En definitiva, és dur però fràgil.

Els materials durs s'utilitzen per a fer eines de tall i moles.

Tenacitat

Al parlar de resistència hem parlat d'esforç, i s'entén un esforç com una força que s'aplica de forma progressiva. Quan una força s'aplica instantàniament no parlem d'esforç, si no de xoc. La tenacitat és la resistència al xoc.

La tenacitat és contrària a la fragilitat, és a dir, un material fràgil es trenca quan és sotmès a un xoc, i un material tenaç no es trenca. De vegades una de les característiques que es busquen és que un material sigui tenaç i dur.

Plasticitat

Definim la plasticitat com la capacitat que té un material per adquirir deformacions permanents sense trencar-se. La plasticitat es valora com a característica de determinats materials. Hi ha materials que es formen per deformació plàstica, llavors podem parlar de *materials mal·leables*. En deformar-se quan estan en forma de làmina no es trenquen, uns exemples són l'or i l'alumini. Hi ha un altre tipus de materials, que són els *dúctils*. Els materials dúctils són en els que podem donar forma de fil sense que es trenquin, uns exemples són el coure i l'acer.

La plasticitat depèn de les forces de cohesió i de la dislocació. La dislocació seria una imperfecció de la xarxa cristal·lina, on no es mantenen les distàncies relatives dels àtoms. Aquestes dislocacions són freqüents en els metalls purs, i són punts en els quals es poden produir les deformacions plàstiques. Per tant, els metalls purs són molt plàstics. Crear làmines es diu *laminatge*, i quan s'obtenen fils es diu *trefilatge*.

5.4- PROPIETATS TÈRMiques

Indiquen com es comporta un material davant de la calor. Hi ha dues propietats tèrmiques: la *conductivitat tèrmica* i la *dilatació*.

Conductivitat tèrmica

És la velocitat de propagació de la calor entre dos punts del material, normalment és sòlid. La conductivitat depèn de diversos factors, com el material, la distància, la secció de l'objecte, la diferència de temperatures inicial i final, i el temps de propagació de la calor.

Q = calor, en J.

A = secció de l'objecte, en m^2 .

t = temps, en s.

T = increment de temperatura, en $^{\circ}C$.

L = longitud del material, en m.

k = conductivitat tèrmica, en $W/m \cdot ^{\circ}C$.

– Tenim un objecte de 1m de llargada i 2 cm² de secció, a una temperatura de 20 $^{\circ}C$. Apliquem a un dels seus extrems una quantitat de calor de 20J. Quina serà la temperatura de l'altre extrem un cop han transcorregut 3s? La conductivitat tèrmica de l'alumini és de 231W/m $^{\circ}C$.

Dilatació

La dilatació és l'augment de la grandària dels materials, sovint per efecte de l'augment de temperatura. Els diferents materials augmenten més o menys de grandària, i els sòlids, líquids y gasos es comporten de manera distinta.

Per a un sòlid en forma de barra, el *coeficient de dilatació lineal* (canvi percentual de longitud per a un determinat augment de la temperatura) pot trobar-se a las corresponents taules. Per exemple, el coeficient de dilatació lineal de l'acer és de $12 \cdot 10^{-6} K^{-1}$. Això significa que una barra d'acer es dilata en 12 milionèsimes parts per cada kelvin (1 kelvin, o 1K, es igual a 1 grau Celsius, o 1 $^{\circ}C$). Si s'escalfa un grau una barra d'acer de 1 m, es dilatarà 0,012 mm. Això pot semblar molt poc, però l'efecte és proporcional, amb el que una biga d'acer de 10 m escalfa 20 graus es dilata 2,4 mm, una quantitat que s'ha de tenir en compte a l'enginyeria. També se pot parlar de *coeficient de dilatació superficial d'un sòlid*, quan dues de les seves dimensions són molt majors que la tercera, y de *coeficient de dilatació cúbica*, quan no hi ha una dimensió que predomini sobre les altres.

Per als líquids, el coeficient de dilatació cúbica (canvi percentual de volum per a un determinat augment de la temperatura) també pot trobar-se en taules y es poden fer càlculs similars. Els termòmetres comuns utilitzen la dilatació d'un líquid per exemple, mercuri o alcohol en un tub molt fi, anomenat *capil·lar*, calibrat per a mesurar el canvi de temperatura.

La dilatació tèrmica dels gasos és molt gran en comparació amb la de sòlids i líquids, i segueix l'anomenada *lleï de Charles i Gay-Lussac*. Aquesta lleï afirma que, a pressió constant, el volum d'un gas ideal és proporcional a la seva temperatura absoluta. Una altra forma de expressar-la és que per cada augment de temperatura de 1 $^{\circ}C$, el volum d'un gas augmenta en una quantitat aproximadament igual a 1/273 del seu volum a 0 $^{\circ}C$. Per tant, si s'escalfa de 0 $^{\circ}C$ a 273 $^{\circ}C$, duplicaria el seu volum.

La dilatació dels materials es calcula amb la següent fórmula:

Ex.: L'acer de les vies del ferrocarril té un coeficient de dilatació tèrmica de $18,7 \cdot 10^{-6} C^{-1}$. Si a la temperatura de 20 $^{\circ}C$ un carril té una llargària de 140m, calcula l'increment de longitud que es produeix en un dia d'estiu a 35 $^{\circ}C$, la d'un dia d'hivern a 4 $^{\circ}C$ i explica com influeix això en la col·locació dels carrils del ferrocarril.

La influència de la dilatació sobre els carrils d'un ferrocarril dóna com a conseqüència que s'hagi de mantenir una distància mínima entre bigues perquè aquestes no es sobreposin l'una a l'altra els dies de calor, però també

una distància màxima per tal que no es separin massa les bigues els dies de fred i el ferrocarril descarrili.

5.5- PROPIETATS ELECTROMAGNÈTIQUES

Ens indiquen com es comporten un material davant d'un fenomen elèctric o magnètic. Podem parlar de *conductivitat elèctrica* i *magnetisme*.

Conductivitat elèctrica

Podem diferenciar entre conductors i aïllants. Parlo de dues coses prèviament: *resistència* i *resistivitat*. Es defineix la resistència com l'oposició al desplaçament d'electrons que ofereix un objecte. Es mesura en Ω , i es pot calcular multiplicant la resistivitat del material per la longitud i dividint-la per l'àrea.

La resistència és un valor que es calcula per un objecte concret, mentre que la resistivitat és una característica del material.

La conductivitat es defineix com l'invers de la resistivitat. S'utilitza la lletra grega σ , que és l'invers de ρ .

La *conductivitat* és també una propietat del material i depèn de la mobilitat dels electrons del material. Els metalls tenen una conductivitat molt alta.

L'enllaç covalent té poca conductivitat o nul·la, perquè tenen la disposició molt limitada.

Hi ha un determinat tipus de materials que s'anomenen *semiconductors*, que són materials amb enllaços covalents i impureses.

El comportament elèctric dels materials depèn de la temperatura. Els metalls condueixen millor a baixes temperatures, mentre que els semiconductors augmenten la conductivitat en augmentar la temperatura. Els semiconductors són components dels circuits electrònics i dels components informàtics. Això és un inconvenient.

R_T = resistivitat a una temperatura donada.

R_{20} = resistivitat a temperatura ambient (20 °C).

α = coeficient de temperatura (1/°C).

ΔT = increment de temperatura.

La resistència d'un conductor metàl·lic varia amb la temperatura, i dona una gràfica similar a la següent:

Fusió

-300 0 300 T

Ex.: Calcula la resistència d'un conductor de níquel de 300m de llargària i 2mm de diàmetre, a una temperatura de 80 °C si sabem que la resistivitat a 20 °C és de 0,11 mm²/m i el coeficient de temperatura és de 0,0048 °C⁻¹.

Magnetisme

Moltes aplicacions industrials utilitzen les propietats elèctriques: motors elèctrics, electroimants, etc. Un camp magnètic és la regió de l'espai que envolta un imant. El representem per línies de força, quan més properes més intenses. La *permeabilitat magnètica* (μ) serveix per comparar el comportament d'un material davant la influència d'un camp magnètic, és a dir, mirem si concentra o dispersa les línies de força. Normalment, es parla de la *permeabilitat relativa* del material. La permeabilitat relativa és la relació entre la *permeabilitat absoluta* del material i la *permeabilitat magnètica* en el buit.

La permeabilitat en el buit. Segons si μ_r és més gran o més petita que 1, parlem de materials *paramagnètics*, *diamagnètics* i *ferromagnètics*.

- **Materials paramagnètics:** són aquells que situats en un camp magnètic no s'imanten ni desvien les línies de força, i tenen la μ_r igual o molt propera a 1. Ex: alumini, estany, crom, titani, oxigen.
- **Materials diamagnètics:** són aquells que situats en un camp magnètic no s'imanten, però desvien les línies de força debilitant el camp. Ex: coure, zinc, plata, mercuri, aigua.
- **Materials ferromagnètics:** són aquells que situats en un camp magnètic s'imanten. Alguns poden mantenir aquest magnetisme després de desaparèixer el camp que els ha magnetitzat, és a dir, alguns s'imanten de manera permanent i altres de manera temporal. Són atrets cap al pols i concentren les línies de força de manera que tendeixen a reforçar el camp. La μ_r és major a 1, i pot arribar a 2.000 en l'acer i a 200.000 en el ferro pur. Ex: ferro, acer, cobalt, níquel. Dels materials ferromagnètics ens interessen dos productes: la xapa magnètica i els imants.

· la *xapa magnètica*: normalment d'acer o aliatges varis. S'utilitza en transformadors i en motors.

· *imants*: formats per acer, aliatges especials i les *ferrites*, que s'utilitzen en la fabricació d'altaveus, interruptors automàtics, petits motors, etc.

5.6– Aliatges

Els metalls normalment són molt conductors, molt resistents, opacs, lluent i fonen a temperatures elevades, per tant, s'utilitzen molt però, rarament en estat pur. Quan es mesclen amb altres metalls o no metalls donen lloc a *aliatges*.

La presència de dislocacions en l'estructura del metall facilita la deformació plàstica. Els metalls durs i resistents es poden aconseguir colpejant un metall pur repetidament, com es feia antigament. Mitjançant aliatges puc obtenir materials durs i resistents, ja que aquests modifiquen l'estructura de cristall col·locant-se en posicions *intersticials* o *substitucionals*.

Els aliatges es poden classificar en:

– **Solucions sòlides:** es poden classificar en:

· *Sol. Sòlides de substitució*: substitueix un àtom per un altre.

· *Sol. Sòlides intersticials*: s'afegeix un àtom en un lloc extra.

– **Compostos intermetàl·lics:** tenen propietats similars als no metàl·lics, és a dir, baixa conductivitat, gran duresa i fragilitat.

No tots els aliatges es formen de la mateixa manera. Podríem parlar de dos tipus. La primera seria escalfar els compostos fins a tenir-los en estat líquid, fer una dissolució i deixar refredar. O bé mitjançant una reacció

química, que solidifica al baixar la temperatura i obtindria els compostos intermetàl·lics.

Solidificacions dels aliatges

Un metall pur té un valor fix de temperatura de fusió. Però si es calcula el mateix amb un aliatge binari, es pot veure que no manté la temperatura mentre solidifica.

METALL PUR ALIATGE BINARI

temperatura temperatura

temps temps

En un aliatge, la corba de solidificació depèn de les proporcions. En els aliatges utilitzem el diagrama d'equilibri per representar el procés de fusió i solidificació.

temperatura

Estat líquid T_f Ni

1.500

Estat líquid

i sòlid

T_f Cu Estat sòlid

1.000

composició

0% 20% 40% 60% 80% 100% (Ni)

100% 80% 60% 40% 20% 0% (Cu)

Hi ha aliatges que tenen un diagrama d'equilibri diferent a l'anterior, per exemple, bismut – cadmi, i té la següent gràfica.

321 T_f Bi

Estat líquid

271

T_f Cd

Sòlid i líquid

Sòlid i líquid

140

Estat sòlid

0% 20% 40% 60% 80% 100% (Bi)

100% 80% 60% 40% 20% 0% (Cd)

Hi ha una determinada proporció (60% Bi, 40% Cd) en què els dos elements passen de l'estat sòlid a l'estat líquid tots dos junts i sense passar per l'estat de mescla entre sòlid i líquid. Aquest punt s'anomena *punt eutèctic*, i aquesta proporció s'anomena *proporció eutèctica*. Els aliatges de proporcions eutèctiques solidifiquen a una sola temperatura constant, en comptes de fer-ho en un interval. Aquesta temperatura és més baixa que la més baixa dels elements purs. S'obtenen mescles finíssimes i íntimes de cristalls purs dels elements d'aliatge, i són ideals per fabricar peces per a *emmotllament*, perquè omplen millor els motlles i donen peces més homogènies.

– L'aliatge de plom (Pb) i estany (Sn) s'utilitza molt en soldadura. Un d'aquests aliatges, en les proporcions 61,9% d'estany i 38,1% de plom, fon a una única temperatura de 183 C.

a) Investiga els punts de fusió dels components purs.

<u>Estany</u> Punt de fusió = 232 C Densitat = 7,3g/cm ³
<u>Plom</u> Punt de fusió = 327 C Densitat = 11,36g/cm ³

b) Compara els valors obtinguts al punt anterior i digues de quin tipus d'aliatge es tracta.

350 Tf Pb

300

250

Tf Sn

200

150

0% 20% 40% 60% 80% 100% (Pb)

100% 80% 60% 40% 20% 0% (Sn)

T T

1600 1600

L 1539

S+L S+L

1130 1390

S+L

900 900

723 750

S

temps

0,89% 1,76% 4,3% (C) 90min

99,11% 98,24% 95,7% (Fe)

El ferro, per sobre dels 1.539 C és líquid, i quan es va refredant es va solidificant, però la seva estructura va canviant.

Procés

industrial

m= 50kg

3

2

1

.

333

Màquina

$$W_F = 160 \text{ N} \cos 30^\circ 100 \text{ m} = 13.856,4 \text{ J}$$

$$W_{Ff} = 40 \text{ N} \cos 180^\circ 100 \text{ m} = -4.000 \text{ J}$$

$$P = mg = 50 \text{ kg } 9,81 \text{ m/s}^2 = 490,5 \text{ N}$$

$$W_p = 490,5 \text{ N} \cos 270^\circ 100 \text{ m} = 0 \text{ J}$$

$$W_N = 490,5 \text{ N} \cos 90^\circ 100 = 0 \text{ J}$$

$$1.800\text{kg} \frac{9,81\text{N}}{1\text{kg}} = 17.658\text{N}$$

$$W = Fs$$

$$W 17.658\text{N} 20\text{m} = 353.160\text{J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{353.160\text{J}}{60\text{s}} = 5.886\text{W}$$

$$5.886\text{W} \frac{1\text{cv}}{735,75\text{W}} = 8\text{cv}$$

$$F_k = 17.658 + 1.500 = 19.158\text{N}$$

$$W = 19.158\text{N} 20\text{m} = 383.160\text{J}$$

$$P = \frac{383.160\text{J}}{60\text{s}} = 6.386\text{W}$$

$$6.386\text{W} \frac{1\text{cv}}{735,75\text{W}} = 8,68\text{cv}$$

$$n = A - Z$$

$$\alpha \quad 2p^+ + 2n$$

$$\text{He}^{2+} \quad {}^4_2\alpha$$

$$\text{neutr} \quad \text{prot} \quad + {}^0_{-1}\beta$$

$${}^0_{-1}\beta$$

$$\text{C}^{16}_{14}$$

$$\text{B}^5_5$$

$$\text{A}^{20}_{20}$$

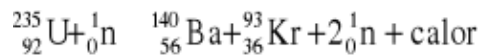
$$\alpha$$

$$\text{C}^{13}_{13}$$

$$\text{A}^{20}_{20}$$

$$\text{B}^5_5$$

$$E = mc^2$$



$$E = mc^2$$

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{6,1 \cdot 10^{13} \text{ J}}{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} = 0,68 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 0,68 \text{ g}$$

$$E_p$$

$$\text{Embassamen t}$$

$$V = 220 \text{ kV} \cdot \frac{1.000 \text{ V}}{1 \text{ kV}} = 220.000 \text{ V}$$

$$P = 30 \text{ MW} \cdot \frac{10^6 \text{ W}}{1 \text{ MW}} = 3 \cdot 10^7 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$L = 50 \text{ km} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 50.000 \text{ m}$$

$$\rho = 0,028 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 350 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} = \frac{3 \cdot 10^7 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,85} = 92.623,04 \text{ A}$$

$$P = \frac{3 \rho L I^2}{s} = \frac{3 \cdot 0,028 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 50.000 \text{ m} \cdot (92.623,04 \text{ A})^2}{350 \text{ mm}^2}$$

$$P = \underline{\underline{1,03 \cdot 10^{11} \text{ W}}}$$

$$P = \frac{3 \rho L I^2}{s} \quad 3 \cdot 10^7 \text{ W} = \frac{3 \cdot 0,028 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 50.000 \text{ m} \cdot I^2}{350 \text{ mm}^2}$$

$$I^2 = \frac{3 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot 350 \text{ mm}^2}{3 \cdot 0,028 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 50.000 \text{ m}} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{2,5 \cdot 10^6 \text{ A}} = \underline{\underline{1.581,14 \text{ A}}}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} \quad 2,5 \cdot 10^6 \text{ A} = \frac{3 \cdot 10^7 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot 0,85}$$

$$V = \frac{3 \cdot 10^7 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \text{ A}} = \underline{\underline{8,15 \text{ V}}}$$

$$V = 25.000 \text{ V}$$

$$P = 10 \text{ MW} \frac{10^6 \text{ W}}{1 \text{ MW}} = 10^7 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0,8$$

$$L = 10 \text{ km} \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 10.000 \text{ m}$$

$$s = 150 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0,0175 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$\alpha = 18,7 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$T_0 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$L_0 = 140 \text{ m}$$

$$T = 35^{\circ}\text{C}$$

$$L = ?$$

$$T' = 4^{\circ}\text{C}$$

$$L' = ?$$

$$\Delta L = L - L_0$$

$$\text{among } \alpha$$

$$(\text{I quid})$$

$$P = 0,5 \rho A v^3 C_p$$

$$E = mc^2$$

$$E = 4 \cdot 10^9 \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 4 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 3,6 \cdot 10^{26} \text{ J}$$

$$L = 300 \text{ m}$$

$$\rho_{20} = 0,11 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\phi = 2 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,0048^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$