nico ed eventualmente all'ammidico libero; la caseina, per esempio, trattata con una quantità di acrilonitrile di circa il 5-10% del suo peso, diventa resistente alla putrefazione; cosí la lana, sottoposta allo stesso processo, dimostra una maggiore affinità per i coloranti cationici e sostantivi.

Bibliografia: R. Adams, *Organic reactions*, V, New York (1949).

Cianogeno

È un gas, di formula N≡C—C≡N, scoperto da Gay-Lussac nel 1815. È molto velenoso, di odore pungente, solubile in acqua, alcool e etere; condensa a − 21 °C e solidifica a − 28 °C. Per riscaldamento prolungato a 300 °C polimerizza dando un solido bruno $(CN)_n$ insolubile.

Il cianogeno si prepara dalla ossammide, $NH_2OCCONH_2$, per disidratazione con P_2O_5, per decomposizione termica del cianuro mercurico, oppure per azione del cianuro di potassio sul solfato di rame secondo la reazione:

$$4\,KCN + 2\,CuSO_4 \longrightarrow NCCN + Cu_2(CN)_2 + 2\,K_2SO_4.$$

Si ottiene anche ad alta temperatura facendo reagire acido cianidrico e cloro in presenza di carbone attivo, o gel di silice, oppure da acido cianidrico e NO_2:

$$2\,HCN + NO_2 \longrightarrow NCCN + NO + H_2O.$$

Il suo comportamento chimico ricorda quello degli alogeni, come dimostra la reazione con gli alcali:

$$NCCN + 2\,KOH \longrightarrow KCN + KOCN + H_2O.$$

Con metalli alcalini reagisce direttamente dando i cianuri:

$$NCCN + 2\,K \longrightarrow 2\,KCN.$$

Il cianogeno serve in numerose sintesi poiché dà:

per idrolisi: $NH_2—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—NH_2$ (ossammide);

$NC—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—NH_2$, (cianformammide), e infine acido ossalico;

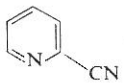
con HI + H_2O: $H_2NCH_2—COOH$ (glicina);

per riduzione: $H_2NCH_2—CH_2NH_2$ (etilendiammina);

con idrazina: $H_2NNH—\overset{\overset{HN}{\|}}{C}—\overset{\overset{NH}{\|}}{C}—NHNH_2$ (idrazide ossaldiimmidica);

con alcooli: $RO—\overset{\overset{NH}{\|}}{C}—\overset{\overset{NH}{\|}}{C}—OR$ (diimmidi degli esteri ossalici) e $RO—\overset{\overset{NH}{\|}}{C}—CN$ (immidi degli esteri cianoformici);

con ammine primarie (RNH_2): $RHN—\overset{\overset{HN}{\|}}{C}—\overset{\overset{HN}{\|}}{C}—NHR$ (dialchilossammidina);

con butadiene:  (2-cianopiridina)

con idrossilammina (NH_2OH): $H_2N—\overset{\overset{HON}{\|}}{C}—\overset{\overset{NOH}{\|}}{C}—NH_2$ (ossalil-*bis*-ammidossima).

Alogenuri di cianogeno. Hanno formula XC≡N (dove X è Cl, Br, I) e si preparano per azione dell'alogeno su cianuro sodico o acido cianidrico. Sono composti velenosi e irritanti e vengono impiegati in sintesi chimiche.

Cibernetica

È lo studio dei sistemi di regolazione e di comunicazione, condotto da un punto di vista unitario che ne esamina gli aspetti comuni alle macchine, agli animali e alle organizzazioni. La cibernetica costituisce pertanto una scienza di collegamento, che comprende e in certo senso unifica il lavoro dell'ingegnere specializzato in servomeccanismi o in sistemi complessi, quello del tecnico delle telecomunicazioni e alcune parti del lavoro del fisiologo, del neurologo, del psicologo, del sociologo e dell'economista.

Vi sono molti elementi di collegamento che permettono di fondere tutte queste attività in quella dello specialista di cibernetica. Uno di questi elementi è rappresentato dal concetto di retroazione (*feed back*), che sembra intervenire in tutti i problemi di regolazione e controllo o, per usare la terminologia del psicologo, di attività diretta a uno scopo, sia questa attività l'inseguimento di un bersaglio mobile da parte di un cannone o il gesto di afferrare una matita o la fissazione del prezzo di una merce. Un altro elemento di collegamento è costituito dal fatto che, contrariamente a quanto succede per la maggior parte delle altre scienze, il trasferimento di energia ha in questo campo scarsa importanza; assume invece importanza vitale il trasferimento di 'informazione'. Un altro nesso ancora è costituito dal linguaggio del calcolo delle probabilità, che appare utilissimo nel descrivere il funzionamento dei sistemi di regolazione e di comunicazione.

Origini. Il nome di 'cibernetica' venne dato per la prima volta a questa scienza da Norbert Wiener nel 1947. Esso deriva da una parola greca che viene variamente tradotta con 'pilota' o 'regolatore'. Per alcuni anni un certo numero di studiosi, in particolare Norbert Wiener e Arthur Rosenblueth, avevano osservato un notevole grado di parallelismo tra i problemi della comunicazione e quelli della regolazione, ovunque essi si presentassero, e si erano sentiti ostacolati dalla mancanza di unità nella terminologia applicata agli stessi fenomeni, quando questi venivano discussi nel contesto di discipline diverse. La scelta, da loro effettuata, di un nuovo termine per i propri studi fu dovuta in gran parte al desiderio di non mostrare preferenze per alcuna delle discipline che essi vedevano come componenti di un unico campo. La nascita di questo campo di studi si può fare risalire a un convegno sull'inibizione cerebrale, organizzato dalla Fondazione Macy di New York nel maggio del 1942; alcuni dei problemi ivi discussi richiamarono l'attenzione dei partecipanti sul fatto che il tecnico dei meccanismi di controllo appariva in grado di dire qualcosa al neurologo. Il primo sviluppo del nuovo campo venne fortemente stimolato da una serie di convegni, promossi ancora dalla Fondazione Macy tra il 1946 e il 1955; i resoconti delle ultime sette di queste riunioni sono stati poi pubblicati.

Campo di azione. Sebbene gli ideatori del termine 'cibernetica' avessero in mente una definizione piú ampia, la comune accezione attuale si riferisce a quelle ricerche in cui il lavoro dei tecnici dei sistemi di controllo e di comunicazione interagisce specificamente col lavoro del fisiologo e del neurologo. Tale interazione può sussistere nell'uno o nell'altro di questi due sensi: 1) le nozioni familiari all'ingegnere possono venire utilizzate per descrivere determinati processi che avvengono nei sistemi muscolare e nervoso; 2) la comprensione del funzionamento dei sistemi dell'animale può condurre a una migliore organizzazione o progettazione dei sistemi di controllo e di comunicazione interessanti la tecnica.

Applicazioni alla fisiologia. L'acquisizione dei concetti della 'ingegneria dei sistemi' da parte del fisiologo e del neurologo ha provocato un progresso sostanziale nella comprensione dei processi che avvengono negli organismi viventi. Probabilmente il primo esempio di questo genere di attività è il lavoro compiuto da Wiener e Rosenblueth nel 1946 presso l'Istituto Nazionale di Cardiologia del Messico. Essi studiarono ivi il fenomeno del *clono*, quel periodico contrarsi e rilassarsi di un muscolo caricato ai limiti della sua capacità, che si verifica anche senza carico in conseguenza di certi disturbi nervosi. Sperimentando principalmente sui gatti, Wiener e Rosenblueth misurarono la trasmissione di impulsi attraverso i vari elementi nervosi e muscolari, che costituivano il sistema a circuito chiuso in esame, cioè il muscolo caricato. Conoscendo le caratteristiche di trasferimento a circuito aperto di questo sistema e applicando le normali equazioni della retroazione, essi riuscirono a pre-

dire, con una approssimazione incoraggiante, la frequenza delle oscillazioni del sistema a circuito chiuso.

Dopo di allora un gran numero di fenomeni dei tessuti viventi sono stati descritti in termini familiari al tecnico dei sistemi. In rapporto ad alcuni dei suoi processi, il sistema nervoso centrale può venire considerato come una rete di relé, in cui gli elementi commutabili sono i neuroni o cellule nervose; l'organizzazione logica di questi componenti è definita dalle sinapsi, strutture specifiche per il passaggio di impulsi tra i neuroni. L'uscita di ciascun neurone è per sua natura binaria (esso è o in riposo o in attività) e la condizione di tale uscita in un dato istante dipende strettamente dalla sua condizione precedente e dalle condizioni dei neuroni afferenti, quelli le cui uscite convergono sul neurone in questione. Di solito i circuiti chiusi a retroazione considerati, come quello impegnato nel clono, includono neuroni effettori, tessuti muscolari, ambiente esterno, neuroni sensori e sinapsi. Ma inoltre si trovano nel sistema nervoso centrale sinapsi che formano circuiti chiusi situati completamente all'interno del sistema stesso. Essi possono essere considerati circuiti di neuroni in condizioni di oscillazione stazionaria, come un circuito elettronico multivibratore. È stato ottenuto un appoggio sperimentale all'ipotesi dell'esistenza di simili circuiti e queste oscillazioni automantenute, forse di frequenza variabile, sono state utilizzate per la spiegazione di una grande varietà di fenomeni, ivi compresa la memoria a breve scadenza. Per notizie riguardanti gli organi, le funzioni e i sistemi sopra citati si vedano le voci NEURONE; SINAPSI ED EFAPSI; MUSCOLO; NUCLEICI, ACIDI; OMEOSTASI; PRESSIONE E TEMPERATURA, EFFETTI BIOLOGICI.

Applicazioni alla tecnica. L'applicazione delle conoscenze acquisite studiando i sistemi viventi alla progettazione di comandi elettromeccanici e di sistemi di comunicazione è ai primi passi. Senza dubbio vi è molto da apprendere dall'approfondimento e dall'estensione di un'applicazione del genere, che negli USA costituisce oggetto di un'apposita branca di studi denominata 'bionica' (da BIOlogia ed elettroNICA). Per esempio, il pipistrello manifesta un notevole potere risolutivo nei riguardi delle vibrazioni utilizzate dal suo radar acustico; gli animali in genere hanno una elevata capacità di adattamento ad ambienti mutevoli e questa capacità è desiderata in ogni sistema di controllo o regolazione; il grado di affidabilità (*reliability*) con cui funzionano gli organismi viventi più complessi può costituire oggetto di invidia per qualsiasi tecnico di tali sistemi. Esso appare collegato con la ridondanza di cui si occupa la teoria delle comunicazioni. John von Neumann ha studiato tra i primi questo problema della sicurezza di funzionamento o affidabilità e ha tenuto conferenze nel 1952 sulla sintesi di organismi affidabili a partire da componenti meno affidabili. La sua idea centrale è quella dell'uso di componenti ridondanti (*multiplexing* o multiplizzazione) come mezzo per migliorare l'affidabilità di un sistema che utilizza componenti di affidabilità data. Il miglioramento si otterrebbe con l'impiego di multipli elevati del numero dei componenti sufficiente per il sistema originale. Nel sistema nervoso dell'uomo vi sono all'incirca 10 miliardi di neuroni, quindi in questo caso vi sarebbero componenti elementari in numero abbastanza alto da spiegare l'elevata affidabilità del sistema come effetto della ridondanza introdottavi dalla natura. Sembra certo che in nessun organismo vivente finora studiato si sia riscontrata una dipendenza del funzionamento globale dal corretto funzionamento di un neurone isolato; in tutti i casi esaminati il risultato dipende dall'effetto cumulativo dell'attività di un grande numero di neuroni. L'applicazione di queste nozioni ai sistemi della tecnica attende una ulteriore microminiaturizzazione dei componenti, tale da permettere il loro impiego in grandi quantità senza superare i limiti pratici di grandezza, peso e consumo del loro insieme.

Vi è infine un grande interesse per i sistemi capaci di adattarsi a compensare automaticamente i cambiamenti del loro ambiente di lavoro e magari anche gli errori sfuggiti nella loro costruzione. Questi sistemi sono, in un certo senso, capaci di imparare a comportarsi correttamente e come tali manifestano in maniera schematica il comportamento omeostatico degli organismi viventi, cioè il comportamento che mantiene relativamente costanti certe importanti loro proprietà nonostante le variazioni che avvengono nell'ambiente circostante. I meccanismi di adattamento di questi sistemi possono avere vari gradi di raffinatezza. Un sistema è stato proposto da William Ross Ashby quale meccanismo interessante sia di per sé, sia come possibile modello esplicativo dell'omeostasi. Nel sistema di Ashby, da lui chiamato omeostato, viene stabilito un criterio per il comportamento corretto. Il criterio può essere quello che tutte le variabili del sistema rimangano entro limiti determinati. Vengono scelti a caso i valori di alcuni parametri del circuito, per esempio i fattori di guadagno, e se il sistema si comporta correttamente tali valori non vengono cambiati. Se invece, per esempio, il sistema manifesta instabilità con quella data scelta dei valori dei parametri, questi vengono automaticamente sostituiti da altri scelti ancora a caso. La continuazione di questo procedimento di selezione conduce all'eliminazione dei gruppi di valori dei parametri non soddisfacenti il criterio di comportamento introdotto nel sistema e alla scoperta di un gruppo di valori adeguato.

Per le applicazioni di alcuni fra i concetti esposti si vedano le voci: RETROAZIONE, CIRCUITO DI; INFORMAZIONE, TEORIA DELLA.

WALLACE E. VANDER VELDE

Ulteriori sviluppi. Una volta convalidato dalle prime ricerche di cibernetica il principio della applicabilità nel campo tecnico dei risultati ottenuti in campo biologico e viceversa, si è aperta la strada verso ulteriori sviluppi del parallelismo riscontrato tra i sistemi naturali e quelli artificiali di regolazione e comunicazione o, più in generale, di trasferimento ed elaborazione della 'informazione'.

Dopo le prime osservazioni sulle analogie funzionali tra le reti di neuroni del cervello umano e le reti di relé dei calcolatori elettronici, l'attenzione degli studiosi di cibernetica è stata attratta dal fatto che con tali calcolatori, opportunamente programmati, era possibile simulare efficacemente i processi di decisione e di apprendimento dell'animale e dell'uomo, inclusi i processi richiesti dai giochi del genere degli scacchi e quelli che danno luogo al riconoscimento di forme o 'universali' (programmi di apprendimento di C. Shannon, A. E. Oettinger e altri; 'perceptroni' di F. Rosenblatt, O. Selfridge, ecc.). Apparati sempre del genere dei calcolatori elettronici sono stati poi studiati dal punto di vista teorico, in particolare da A. M. Uttley, per lo svolgimento delle operazioni di generalizzazione, inferenza induttiva e predizione tipiche dello scienziato, mentre dispositivi assai più semplici, come il 'topo nel labirinto' di C. Shannon e le 'tartarughe' elettromeccaniche di W. Grey Walter fornivano modelli realistici di condizionamenti animali abbastanza complessi.

La realizzabilità di apparati del genere, ai quali va aggiunto il già citato 'omeostato' di Ashby, era destinata a distruggere gradualmente la credenza che la cibernetica non potesse mai uscire dal campo delle macchine trasformatrici di informazione, nelle quali avviene soltanto una trasformazione o traduzione in altro codice della informazione fornita in partenza dall'operatore umano, i cui risultati sono da lui perfettamente prevedibili, anche se per ottenerli egli impiegherebbe un tempo assai maggiore.

A questo campo limitato sono state inizialmente ascritte, oltre ai calcolatori numerici e a quelli capaci di svolgere catene di pure deduzioni logiche, le macchine traduttrici, intorno alle quali sono state svolte lunghe e particolareggiate indagini nelle principali nazioni, ma con risultati solo parzialmente soddisfacenti. L'aver affrontato il problema di una imitazione attendibile del comportamento linguistico dell'uomo ha comunque permesso di iniziare l'analisi in termini di operazioni ripetibili da una macchina del rapporto tra pensiero e linguaggio (S. Ceccato) e di giungere alla conclusione che una traduttrice automatica di rendimento paragonabile a quello dell'uomo non può limitarsi, come un dizionario meccanico, alla trasformazione dell'informazione espressa in una lingua in una pari quantità di informazione espressa in un'altra lingua, ma deve necessariamente ripetere anche le operazioni generatrici di informazione com-

piute dall'uomo per capire il testo di partenza e ripensare le stesse cose nella lingua d'arrivo.

Lo stesso problema di una analisi diretta o indiretta delle operazioni compiute dal cervello umano e di una loro ripetizione da parte di opportuni dispositivi si ripresenta quindi oggi per chi voglia ottenere dalla cibernetica (intesa nell'accezione piú larga e impegnativa) la realizzazione di macchine propriamente 'pensanti', che elaborino l'informazione introdottavi o ne generino una nuova con procedure analoghe passo per passo a quelle umane, anziché paragonabili a esse soltanto per i risultati finali. In questo senso, gli artefatti di cui si è occupata finora la cibernetica vanno considerati per lo piú come imitazioni puramente *funzionali* di determinati comportamenti umani o animali, che solo *a posteriori* hanno trovato talvolta, come nel caso dei calcolatori elettronici, un suggestivo riscontro nella struttura anatomica degli organi di cui rispettivamente imitavano la funzione.

Lungo la nuova via della imitazione deliberata sia delle funzioni sia delle strutture animali sembrano incamminate, invece, le attuali numerose ricerche sui *self-organizing systems* o sistemi autoorganizzantisi; considerate nel loro insieme, tali ricerche mirano in definitiva alla realizzazione di organismi artificiali, capaci di autoriproduzione, accrescimento, mutazione ed evoluzione selettiva in tutto equivalenti a quelli vegetali e animali, ivi compresa la progressiva formazione di un sistema elaboratore di informazione paragonabile a quello costituito dal cervello umano. Si potrà dire, dei risultati di queste ricerche, che il loro interesse è prevalentemente scientifico quando l'artefatto non supera in efficienza l'originale e tuttavia costituisce un buon modello esplicativo del suo funzionamento; mentre l'interesse diventa soprattutto tecnologico quando l'artefatto supera in efficienza la natura, eventualmente rimanendone lontano per quanto riguarda materie prime impiegate e dettagli di struttura o funzionamento. Le ricerche sulla *self-organization* si ricollegano da un lato agli studi sulla logica delle reti di neuroni 'formali' iniziati nel 1943 da W. Pitts e W. S. McCulloch e a quelli sviluppati da matematici e fisici come J. von Neumann, A. M. Turing, A. Church, C. Shannon e A. M. Uttley nella direzione dell'attuale 'teoria generale degli automi'; dall'altro lato alla *general systems theory* del biologo L. von Bertalanffy, alla 'biofisica matematica' di N. Rashevsky, anticipata a suo tempo da V. Volterra, alle ricerche sull'organizzazione del comportamento umano e animale dei psicologi D. O. Hebb e B. F. Skinner e di J. Z. Young, nonché ai lavori del neurochimico H. Hydèn e di altri sulle macromolecole degli elementi nervosi, lavori che tendono a dare una base macromolecolare ai fenomeni di conservazione delle informazioni e quindi alla memoria.

Queste ultime ricerche hanno ridato vita alla vecchia teoria degli 'engrammi' cerebrali con funzione mnemica, facendo corrispondere a ogni attività mentale non solo serie aperte o chiuse di impulsi nervosi transitori, ma anche modificazioni strutturali durature delle lunghe catene molecolari sintetizzate nei neuroni. Di conseguenza la cibernetica si trova ora dinanzi al problema di una estensione della teoria dell'informazione alla trasformazione dei messaggi 'statici' contenuti in una data struttura materiale in messaggi 'dinamici' del genere degli impulsi nervosi e viceversa.

Una situazione analoga si è già presentata nelle applicazioni della teoria dell'informazione alla Genetica e alla Embriologia; il meccanismo di trasferimento 'per contatto' dell'informazione contenuta nei cromosomi di una cellula alle copie di essi fabbricate prima di ogni sua successiva divisione va infatti integrato, onde spiegare la progressiva differenziazione delle cellule dell'organismo in crescita, da un meccanismo di trasporto a distanza di tale informazione da parte di 'messaggeri' chimici come quelli che intervengono sicuramente in molti processi morfogenetici.

Poiché la tecnica e l'ingegneria non hanno manifestato finora l'esigenza di una teoria rigorosa della trasmissione di informazione a breve distanza, per azione meccanica o chimica, la cibernetica tende ad affrontare problemi che sono propri della Biofisica per meglio teorizzare e riprodurre artificialmente sia i fenomeni di regolazione e comunicazione a piccole distanze e piccole velocità, che avvengono all'interno degli organismi viventi, sia i fenomeni sensoriali a breve raggio che, a differenza di quelli uditivi e visivi, non hanno trovato ancora nel campo delle telecomunicazioni e degli strumenti d'osservazione potenziamenti artificiali atti a fornire in quantità modelli e teorie matematiche.

Si vedano per questi argomenti anche le voci BIOFISICA MATEMATICA; BIOELETTRICITÀ; INFORMAZIONE, TEORIA DELLA al capitolo dedicato alle applicazioni biologiche e comprendente ulteriori notizie sulla bionica.

VITTORIO SOMENZI

Bibliografia: J. R. Pierce, *La teoria dell'informazione*, Milano (1963); H. von Forster, G. W. Zopf (ed.), *Principles of self-organization*, New York (1962); N. Wiener, *Introduzione alla cibernetica* (trad. it.), Torino (³1961); M. C. Yovits, S. Cameron (ed.), *Self-organizing systems*, New York (1960); J. von Neumann, *The computer and the brain*, New Haven (1958); W. Grey Walter, *Il cervello vivente*, Milano (1958); W. R. Ashby, *An introduction to cybernetics*, Londra (1956); N. Wiener, *Cibernetica* (trad. it.), Milano (1953).

Cicli

Si intende per 'ciclo' l'insieme di operazioni successive, eseguite su uno o piú oggetti, tali che alla fine le condizioni degli oggetti siano ritornate quelle che essi avevano all'inizio e che gli oggetti possano ripetere la successione delle operazioni stesse. A seconda della natura degli oggetti e dei tipi di operazioni (che possono essere anche diversi stati attraverso i quali un oggetto o un essere vivente passa naturalmente) si possono distinguere varie categorie di 'ciclo':

1) *cinematico* o *meccanico*, quando si considerano soltanto gli spostamenti reciproci di organi meccanici: il ciclo si chiude quando *tutti* gli organi sono ritornati nelle loro posizioni relative (ad esempio, nel caso degli organi di una macchina alternativa, il ciclo corrisponde a un giro d'albero o di manovella); nel caso degli organi di una macchina rotativa – se tutti gli organi si possono supporre equivalenti durante la rotazione (denti di una dentatura) – il ciclo può essere limitato allo spostamento degli organi stessi alla posizione precedentemente occupata da quelli adiacenti; se, per evitare irregolarità, si vuol tenere conto delle inevitabili piccole differenze fra gli organi teoricamente uguali, il ciclo si dovrebbe chiudere solo quando *ciascuno* degli organi ha compiuto un numero intero di giri e quindi si ritrova nella stessa posizione rispetto agli altri e alla parte fissa della macchina: ciò può comportare anche un numero elevato di rotazioni, quando i numeri di organi uguali sulle periferie degli organi rotanti sono primi fra loro. Questa condizione viene realizzata quando si vuole evitare o diminuire il pericolo di irregolarità e disturbi periodici nel funzionamento della macchina;

2) *di una grandezza* o *di un fenomeno*: il ciclo consiste, in tal caso, di una successione di valori di una grandezza (per esempio tensione, corrente elettrica, oscillazioni acustiche, luminose, ecc.) tale che dopo un certo tempo (periodo), la successione si ripete invariata. In questo senso si parla di 'ciclo astronomico', cioè del periodo di tempo alla fine del quale si riproduce una certa disposizione di corpi celesti; di 'ciclo meteorologico'; di 'ciclo dell'attività solare', e via dicendo. Per estensione si parla di 'ciclo storico', 'economico', ecc. anche se non è soddisfatta la esatta riproduzione dei fenomeni considerati;

3) *termodinamico*, quando si considera un sistema chiuso costituito da una certa quantità, fissa, di materia definita nel suo stato dalle sufficienti variabili, che viene sottoposta a una successione di trasformazioni con scambi energetici con l'esterno; il ciclo si chiude quando le variabili di stato (e quindi lo stato del sistema) sono ritornate *tutte* ai valori che avevano all'inizio e il sistema stesso è pronto a seguire di nuovo, indefinitamente, la stessa successione di trasformazioni. In genere il ciclo termodinamico si svolge contemporaneamente al ciclo meccanico di una *macchina*.

Non sempre il ciclo termodinamico si svolge e si ripete sulla stessa materia: spesso si ha un flusso di materia attraverso un insieme di organi meccanici; la materia viene prelevata da un serbatoio in condizioni costanti e viene con-