Ejemplo (5.2-3):

Fuerza sobre un codo de tubo:

En un codo con una área transversal, constante, A, predomina una corriente agua estacionaria, libre de roce (estacionaria: estado de corriente no cambia; velocidad, presión, densidad,... están en cualquier lugar/posición y tiempo constante).

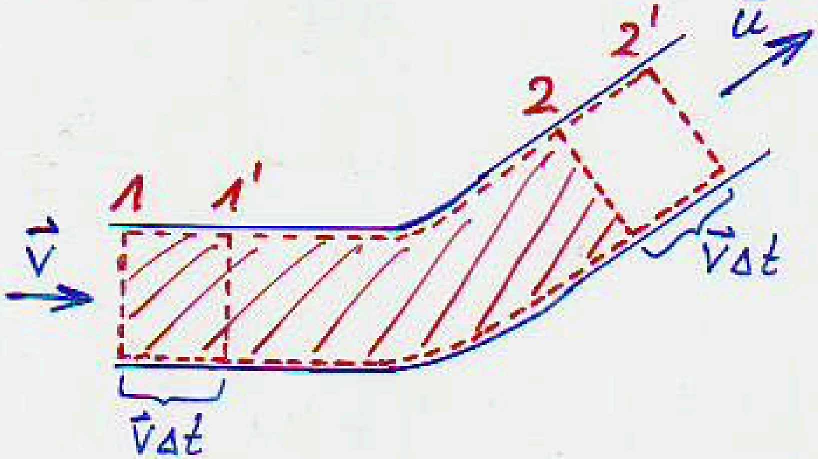
¿Cuál es la fuerza que ejerce el agua como consecuencia de la desviación sobre el codo?

Esta fuerza debe ser absorbida por los fijadores del codo y por lo tanto debe ser exactamente conocida. En las grandes centrales Eléctricas estas Fuerzas deben ser calculadas con exactitud. Las Fuerzas pueden abarcar los kN.

Solución:

Calculamos el cambio del Impulso $\dot{\vec{p}}$ de un volumen apropiado de líquido, que pasa por el codo. El volumen consiste de todas las partículas del líquido, que en el tiempo t se encuentran en el marco puntado entre las transversales 1 y 2 (area sombreada en la figura:)

Acompañamos este volumen en su camino a través del codo:



Denominamos la velocidad de la corriente antes del codo $\vec{v}$, después del codo $\vec{u}$.

→ incompresibilidad del líquido

→ transversal A es constante

⇒ |velocidad| de la corriente esta constante:

$$|\vec{v}| = |\vec{u}| =: v$$

En el tiempo/momento $t+\Delta t$ el sistema se encuentra entre la transversal 1' y 2'. Entre las transversales 1-1' y 2-2' se encuentran los respectivos cantidades de líquido:

$$\rho \cdot A \cdot v\Delta t \qquad \text{con } \rho = \text{densidad constante.}$$

⇒ cambio del Impulso del Volumen sombreada en el Intervalo $[t, t+\Delta t]$:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}(t+\Delta t) - \vec{p}(t)$$
$$= \rho A v \Delta t\,(\vec{u}-\vec{v})$$

$\Longrightarrow$ resulta el cambio de impulso del volumen considerado, mientras pasa por el codo:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \lim_{\Delta t\to 0} \frac{\vec{p}(t+\Delta t)-\vec{p}(t)}{\Delta t} = \rho A v(\vec{u}-\vec{v}).$$

con $\dot{m} := \rho A v \equiv$ candidad de liquido que pasa por la transversal A por segundo, resulta:

$$\dot{\vec{p}} = \dot{m}\,(\vec{u}-\vec{v})$$

Según ecu. (5.2-4) este valor del cambio del impulso es igual a la Fuerza $\vec{F}^{(a)}$, la cual actua desde el exterior al sistema de liquido.

$\Rightarrow$ no tomamos en cuenta la Fuerza de gravedad

$\Rightarrow$ Fuerza exterior $\vec{F}^{(a)}$ consiste de dos partes:

Fuerza $\vec{F}_{tc}$ del codo del tubo al agua

y Suma $\vec{F}_p$ de la Presion del agua en las transversales 1 y 2 :

$$\vec{F}^{(a)} = \vec{F}_{tc} + \vec{F}_{p} = \dot{m}(\vec{u} - \vec{v})$$

$$\vec{F}_{tc} = \dot{m}(\vec{u} - \vec{v}) - \vec{F}_{p}$$

Según "actio = reactio" la Fuerza del agua sobre el tubo es igual a $\underline{\underline{-\vec{F}_{tc}}}$.

Experimento clásico de la Mecánica:

<u>Choque central, elástico</u>

de dos bolas con masas m_1, m_2.

"<u>central</u>": si los dos cuerpos se mueven después del choque en la misma línea recta.

"<u>elástico</u>": Si no hay pérdida de Energía mecánica.

Bolas se mueven en una línea horizontal común, para que tengan una <u>Energía potencial constante</u> y se puede calcular escalar.

Elasticidad de las bolas resulta en el choque en una cierta existencia de Energía de deformación, la cual se transforma completamente de nuevo en Energía cinética.

$\Rightarrow$ Suma de Energía cinética de ambas masas está igual antes y después del choque.

El choque hay que calcularlo con el Teorema de Impulso y el Teorema de Energía, ya que las dos velocidades incógnitas u_1, u_2 requieren dos ecus.:

Teorema de Impulso:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \qquad (5.2\text{-}6)$$

Teorema de Energía:

$$\frac{m_1}{2} v_1^2 + \frac{m_2}{2} v_2^2 = \frac{m_1}{2} u_1^2 + \frac{m_2}{2} u_2^2 \qquad (5.2\text{-}7)$$

Transformamos los dos ecus.
de la ecu. (5.2-6) resulta:

$$m_1 (v_1 - u_1) = m_2 (u_2 - v_2) \qquad (5.2\text{-}8)$$

de ecu. (5.2-7) resulta:

$$m_1 (V_1^2 - u_1^2) = m_2 (u_2^2 - V_2^2)$$

$$m_1 (V_1 + u_1)(V_1 - u_1) = m_2 (u_2 + V_2)(u_2 - V_2) \qquad (5.2\text{-}9)$$

División de ecu. (5.2-9) ÷ ecu. (5.2-8) da:

$$V_1 + u_1 = u_2 + V_2$$

Con eso se puede eliminar u_1 o u_2 de la ecu. (5.2-6) y resultan las velocidades de los dos bolas después del choque central, elástico:

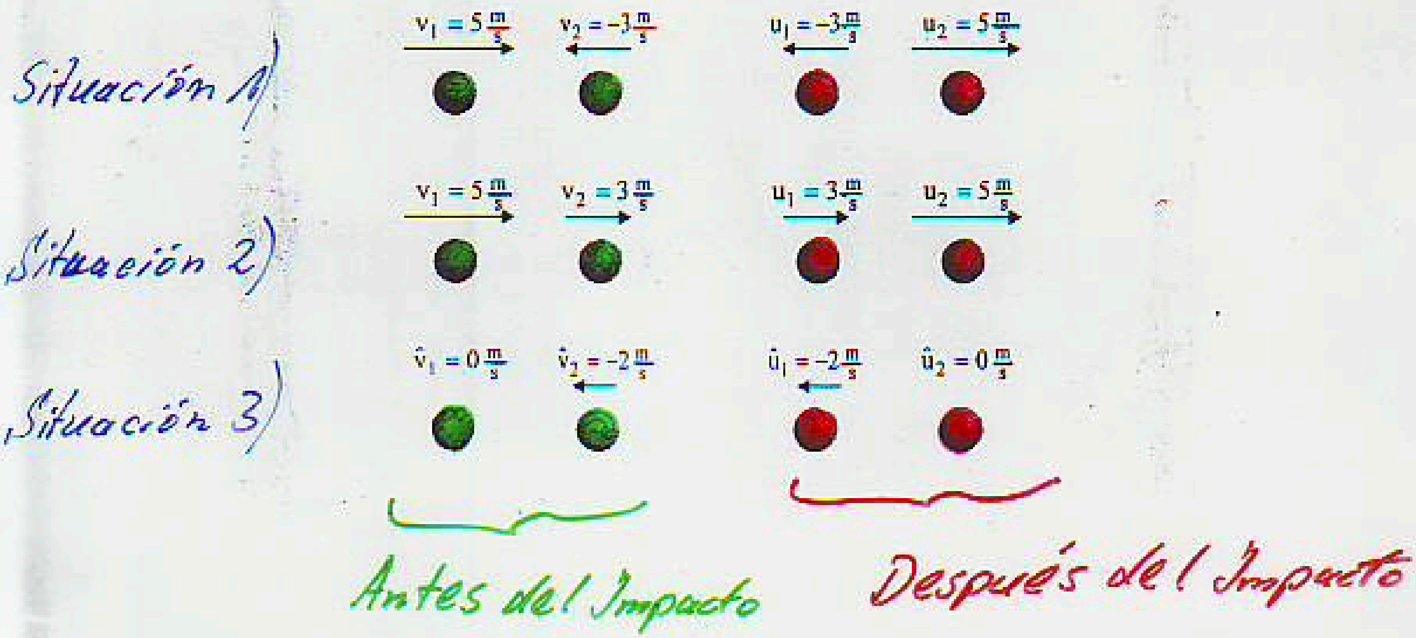
$$\boxed{\begin{aligned} u_1 &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} V_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} V_2 \qquad (5.2\text{-}10) \\ u_2 &= \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} V_2 + \frac{2m_1}{m_2 + m_1} V_1 \qquad (5.2\text{-}11) \end{aligned}}$$

para el choque central, elástico de dos masas

- Cambio de los índices 1 y 2 : (5.2-10) ⟷ (5.2-11)
- Estas ecus. valen por supuesto no solamente para el choque elástico de bolas, sino también para todos los choques lineal/recta y elástico.

Choque centrales, elásticos de masas iguales:

$$m_1 = m_2$$



1) Dos masas (≡ objetos (partículas)) vuelan antes y después del impacto en direcciones opuestas.

2) Ambos cuerpos vuelan antes y después del impacto en la misma dirección.

3) El choque 2) observado desde un marco de referencia (≡ sistema inercial), el cual se mueve con la velocidad $V_1 = 5\frac{m}{s}$ de la primera masa.

Discutimos ahora dos importantes casos especiales:

1) $m_1 = m_2$:

$$\Rightarrow \quad u_1 = v_2 \quad y \quad u_2 = v_1 \qquad (5.2\text{-}12)$$

Ambos cuerpos intercambian sus velocidades.

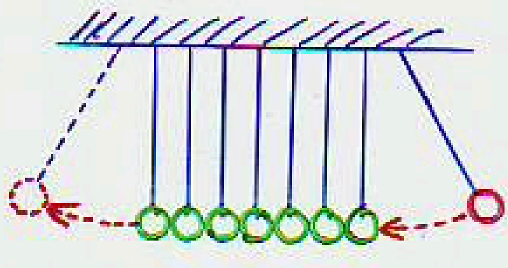
Muy interesante es el caso, en el cual uno de los cuerpos esta en reposo antes del choque, por ej. $v_2 = 0$. Después del impacto es

$$u_1 = 0 \quad ; \quad u_2 = v_1 \quad ; \quad \text{para } v_2 = 0 \qquad (5.2\text{-}13a/b)$$

El primer cuerpo transfiere toda su energía al segundo cuerpo.

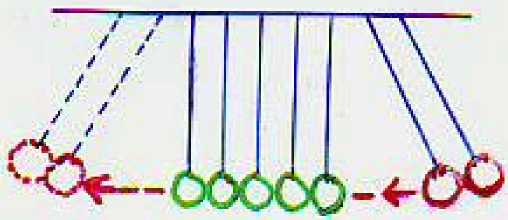
→ Experimento con monedas en cima de una mesa lisa (no tomando en cuenta el roce).

→ Experimento con las bolas en línea:



Choques centrales y elásticos de una línea de péndulos.

Si en este experimento chocan 2 bolas con la misma velocidad al lado derecho, se sueltan al lado izquierdo dos bolas con la misma velocidad:



El Teorema de Impulso (Momento permite que, por ej. en el lado izquierdo a través de 2 bolas se suelta solo una con el doble de velocidad.

pero: En este caso se duplica la Energía del sistema. (→ verifique!)

⇒ En el caso de choques elásticos hay que considerar (satisfacer siempre al Teorema de Impulso y el de Energía!

En el caso del choque elástico de una partícula rápida (con gran velocidad) con una partícula lenta el transfer de Energía es máxima si ambas partículas tienen aprox. la misma masa.

→ Este hecho es importante para las reacciones nucleares en un Reactor "Atómico":

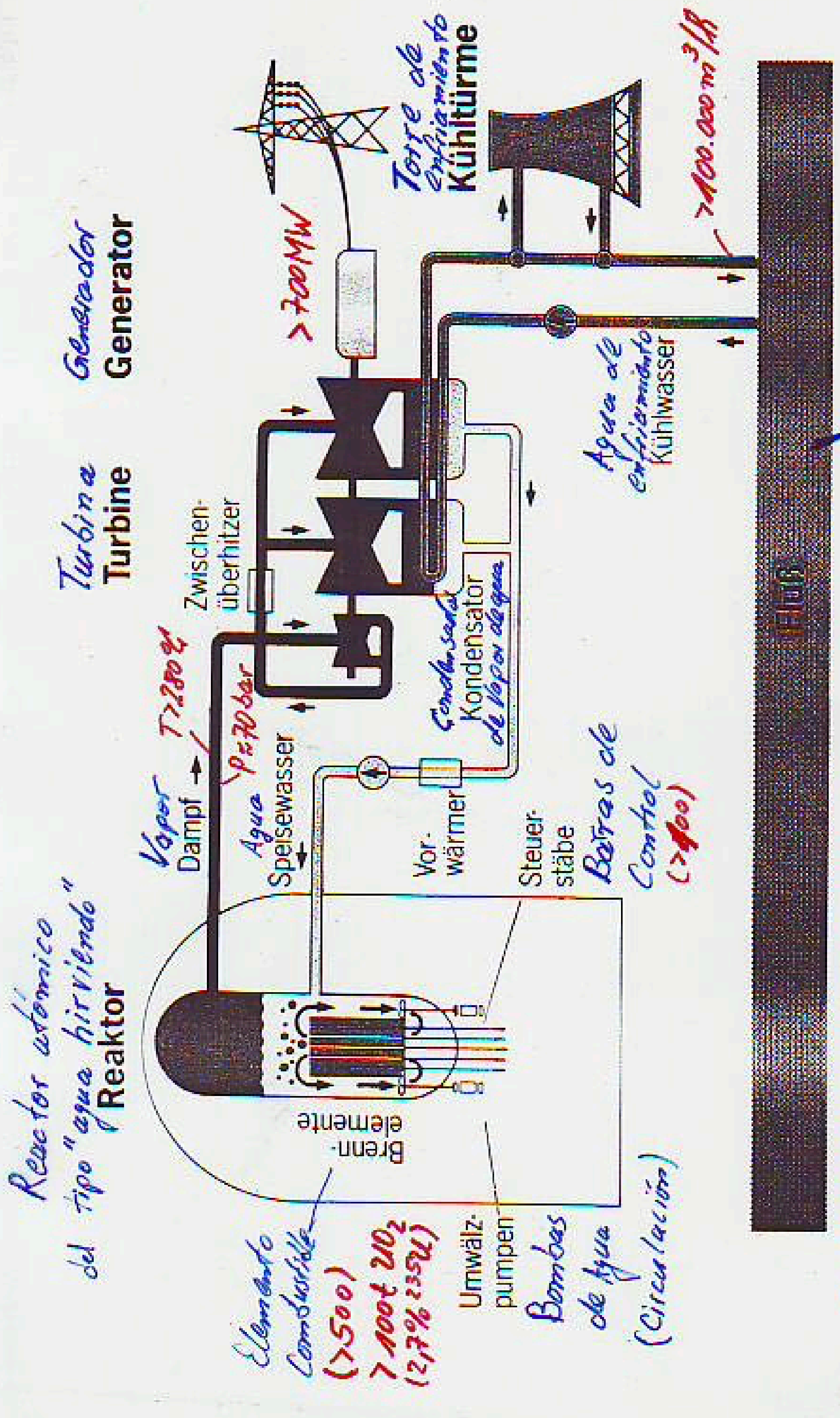
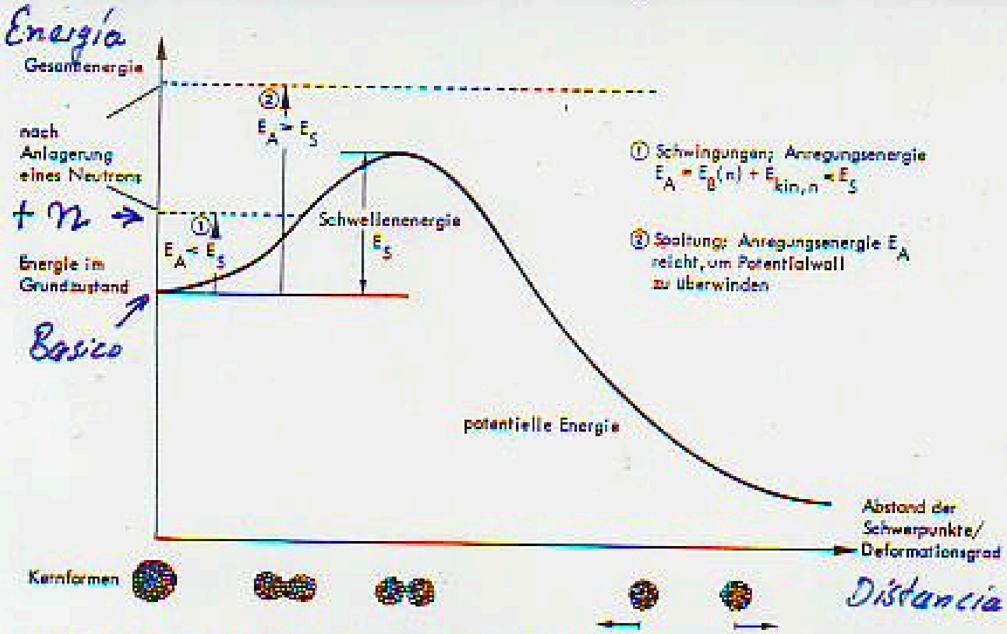


Abb. 4.4 Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor (Informationskreis Kernenergie, Bonn 1977)

(por ej. Reactor "Brunsbüttel")



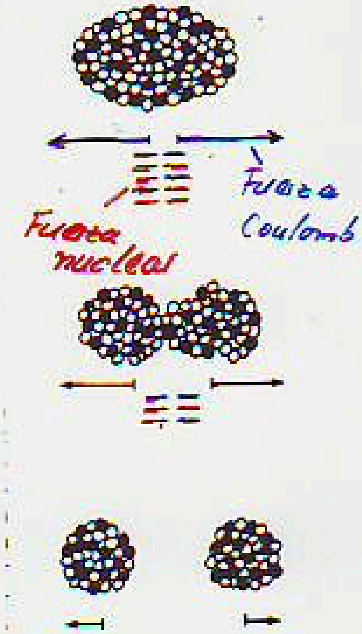


Abb. 2.3 Energieverhältnisse nach Neutroneneinfang (schematisch)

División de núcleos por bombardeo / choque con Neutrones.

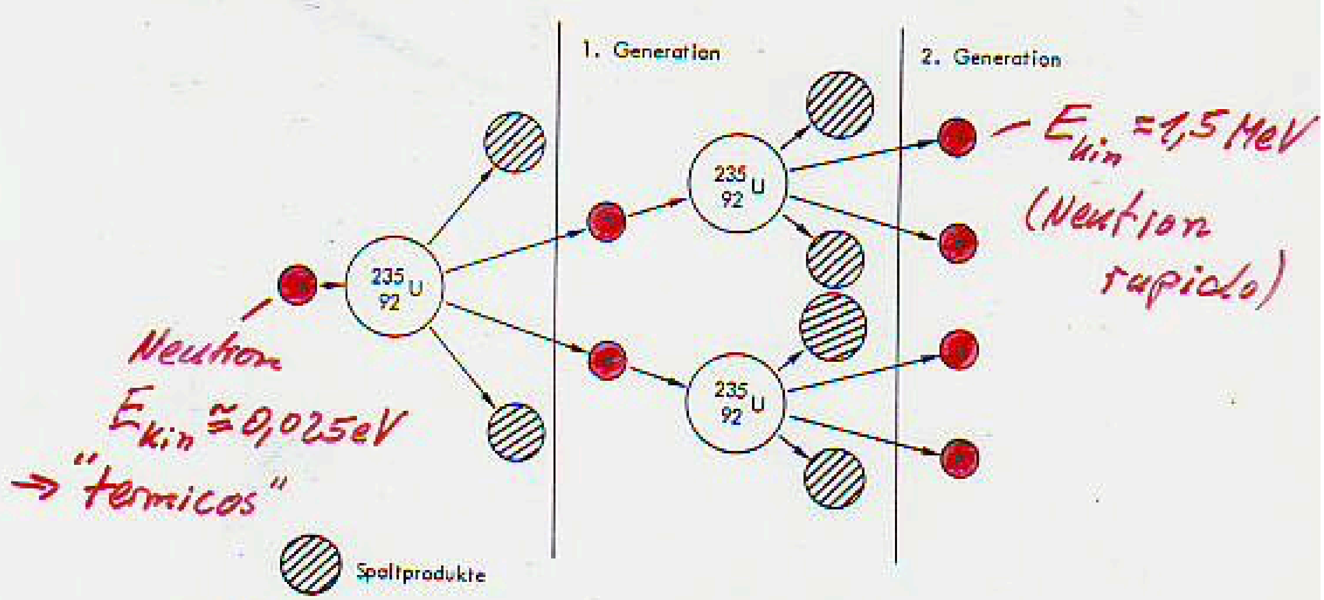


Abb. 2.4 Kettenreaktion mit Neutronenvermehrungsfaktor $\eta = 2$

Reacción en cadena de División de Núcleos

Elemento Combustible

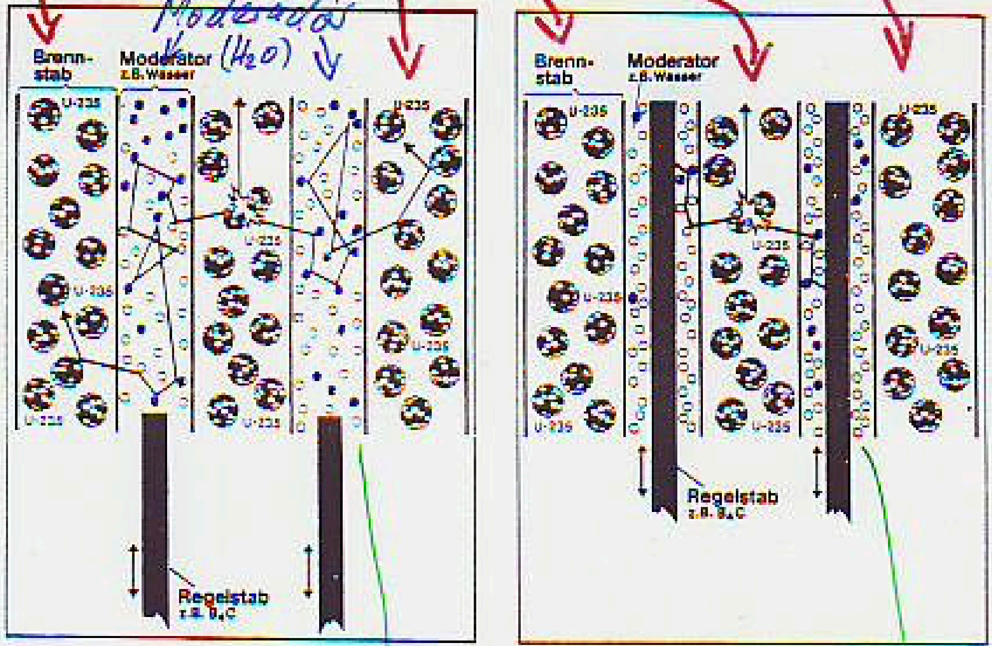
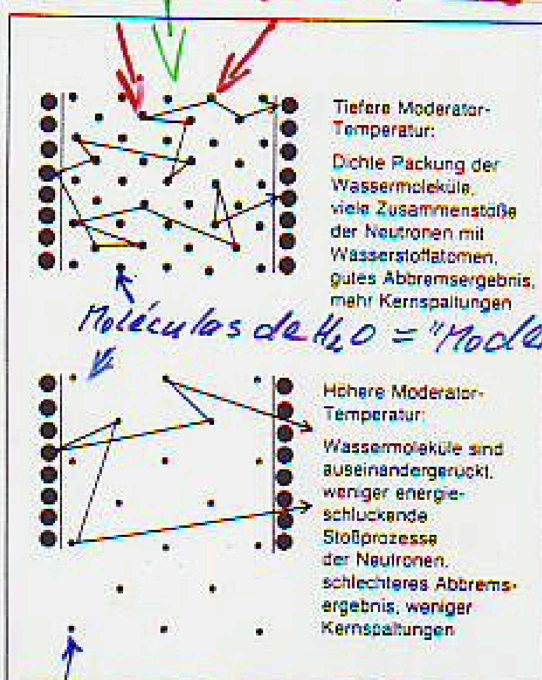


Abb. 4.2 Regelung der Kettenreaktion durch Absorption von Neutronen (VOLKMER 1982)

Choques centrales, elásticos, para bajar la E_{kin} de los Neutrones a la "velocidad térmica", la cual permite la división de Urano-235.

≡ Choques entre n y H_2O (precisamente entre el "n" y el "H": n → H)



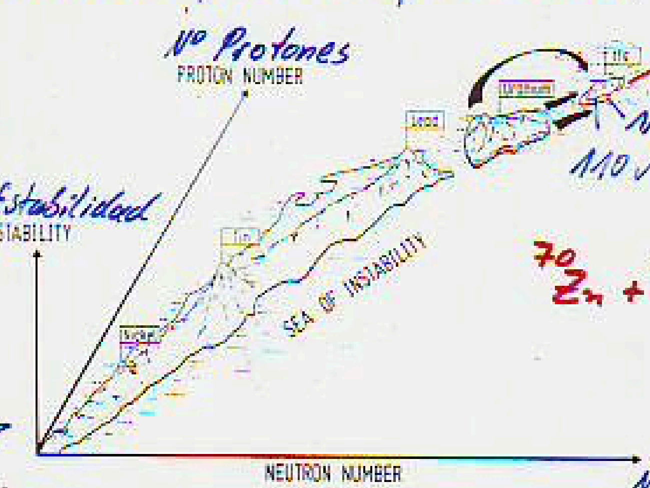
Moléculas de H_2O

Fusión de Núcleos por choque entre Atomos:

→ Síntesis de nuevos Elementos

Nº Protones

Estabilidad



112 ✓ GSI 9/2/96 22:37 hrs.

111 ✓ GSI, Darmstadt, Alem

110 ✓ GSI, Darmstadt, Alem.

$^{70}Zn + ^{208}Pb \Rightarrow ^{278}112^*$

Carta de Nucleos en 3 dimensiones (KFA-Karlsruhe)

Nº Neutrones

Fig. 5. The nuclear landscape. The nuclear stability measured by the binding energy per nucleon is shown as a function of neutron number *N* and proton number *Z*. Only nuclei with a half-life of more than one second are included [32].

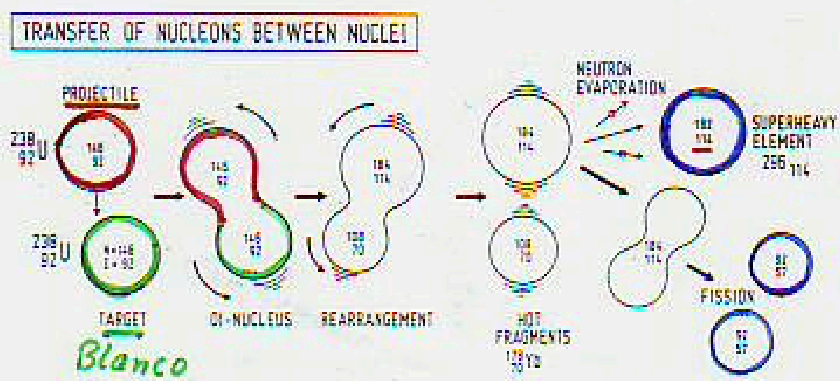


Fig. 7. Scheme of the synthesis of heavy nuclei by nucleon transfer during the collision of heavy nuclei, in this case two uranium-238 nuclei.

Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 27 (1988) 1417-1436 1421

Choque de Atomos (Jonos) para la Fusión de Núcleos, realizados en el acelerador de Jonos pesados de la GSI en Darmstadt, Hessen, Alemania Federal.

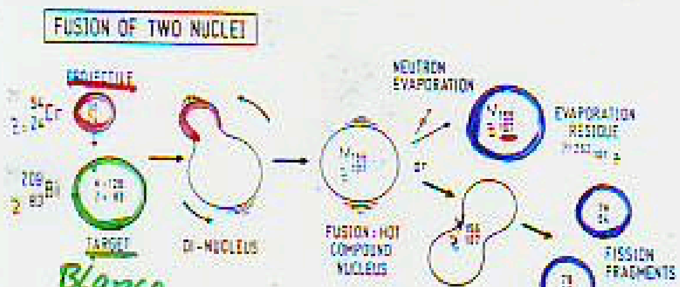


Fig. 6. Scheme of the synthesis of heavy nuclei by nuclear fusion, for the case of element 107 by fusion of bismuth-209 with chromium-54.

→ Trabajo "INTERDISZIPLINARIO" :

D 3461 E

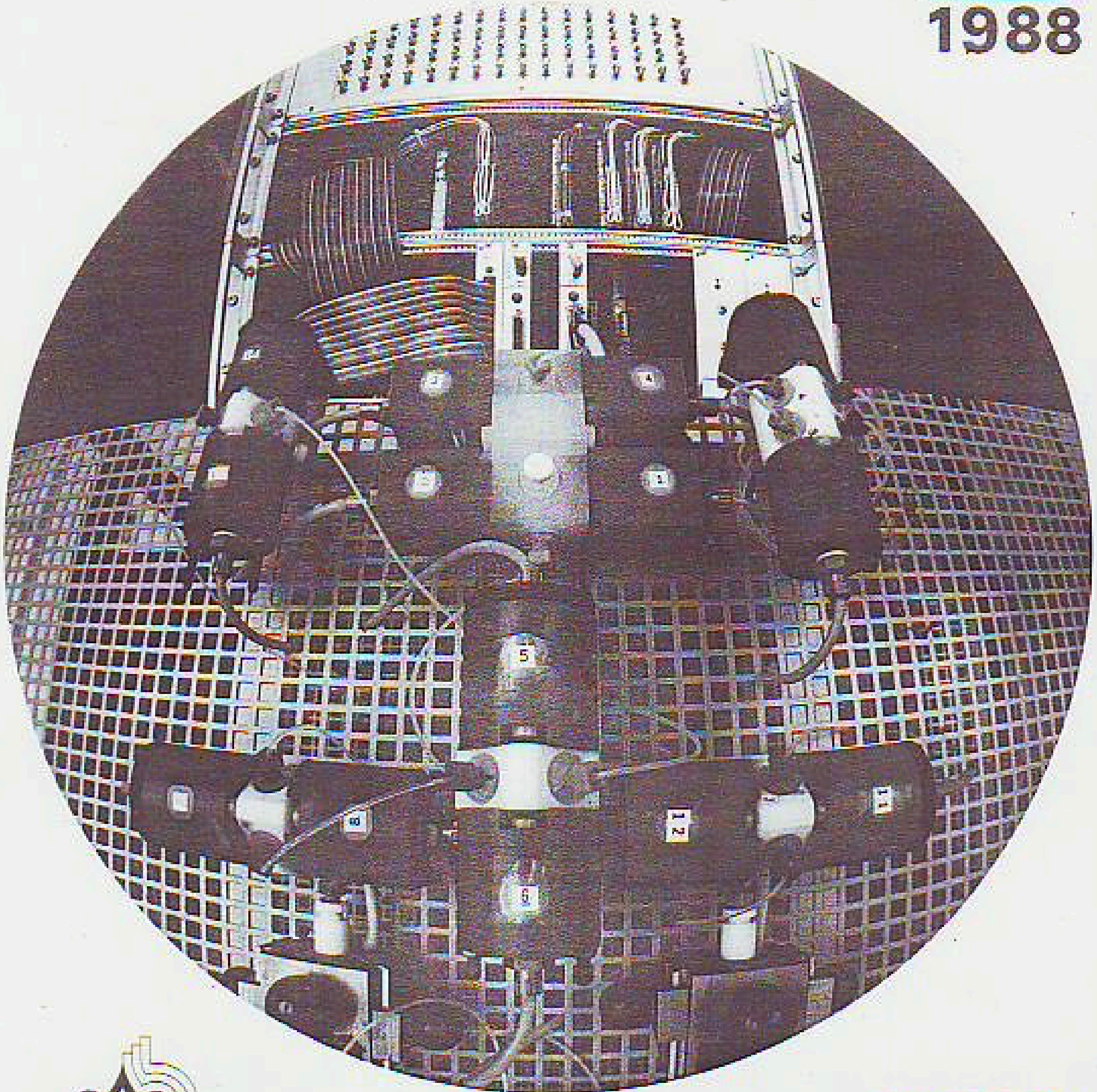
ANGEWANDTE CHEMIE

FISICA, QUIMICA, ...

A Journal of the Gesellschaft Deutscher Chemiker

International Edition in English

27/11
1988



VCH

Pages 1569–1592

ACIEAY 27 (11) 1417–1592 (1988) · ISSN 0570-0833
Vol. 27 - No. 11 - November 1988

ADVANCED MATERIALS

Mas información: por. ej. "Deutsche Welle TV"

2) $m_1 << m_2$ y $V_2 = 0$:

⇒ por ejemplo: choque perpendicular de una bola con una muralla. Los ecns. (5.2-10/11) conducen a:

$$u_1 \approx -V_1 \qquad u_2 \approx 0 \qquad (5.2-14\ a/b)$$

La bola vuela de vuelta con la velocidad opuesta, del mismo módulo (rapidez).

El cambio de Impulso/Momento es $-2m_1\vec{V}_1$.

⇒ La pared recibió el "Golpe de Fuerza" (Impulso) $2m_1\vec{V}_1$, pero, por $u_2 \approx 0$, no recibió casi ninguna Energía.

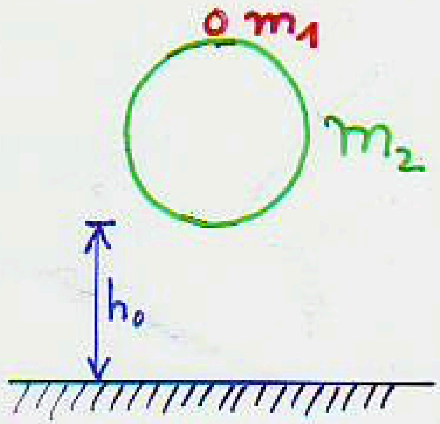
Ejemplo (5.2-4):

Doble choque Espectacular:

Colocamos cuidadosamente una pequeña bola m_1 sobre una bola grande m_2 y dejamos caer ambas con poca distancia una despues de la otra desde una altura h_0.

Si se logra, que la pequeña bola caiga exactamente sobre la bola grande (sin trasladar en forma lateral), entonces observamos para nuestra gran sopresa: La bola pequeña se eleva aprox. hasta cuatro veces más ($4 \cdot h_0$) después del doble golpe contra el suelo.

En el caso ideal (sin roce y $m_1 \ll m_2$) se lograra incluso $9 \cdot h_0$.



a) Compruebe este Experimento através del cálculo de los choques elásticos (caso ideal)

b) ¿Qué altura h puede lograr una tercera bola con la masa $m_0 \ll m_1$ colocada sobre a masa m_1, en el caso ideal?

c) Discuta las "aplicaciónes" del choque doble, los cuales se presentan en la solución.