

mente a emissão de electrões negativos dos núcleos em desintegração. O estudo das transmutações artificiais por meio de bombardeamentos veio entretanto mostrar que, em alguma delas, se observava a emissão de electrões positivos, então considerados como simples «positões de transmutação», o que realmente, muitas vezes, sucede. Foi no decorrer de certas experiências destinadas a calcular o valor da energia mínima dos raios susceptíveis de provocarem a transmutação do alumínio com aparecimento de positões, que Joliot e sua mulher verificaram que a emissão dos positões não é instantânea, mas que se inicia após um certo período de irradiação e que subsiste ainda durante algum tempo depois de terminada essa mesma irradiação. Foi isso que levou Joliot e sua mulher a concluir que o bombardeamento dos núcleos de alumínio por núcleos de hélio (raios alfa) dá origem a um núcleo de fósforo, instável e radioactivo, que se destrói de metade em 2 minutos e 15 segundos com emissão de positões.

Estas experiências magníficas, efectuadas com notável habilidade, permitiram a Joliot e a sua mulher anunciar em 15 de Janeiro de 1934, numa nota dirigida aos *Comptes rendus* da Academia das Ciências, que «pela primeira vez fora possível crear radioactividade em núcleos atómicos».

Estes novos núcleos radioactivos, que se representam, na nomenclatura nuclear, afectando de um asterisco o símbolo do elemento (P\* no caso do fósforo radioactivo), designam-se muitas vezes, e por esse motivo, como núcleos ou elementos «marcados». Em pouco tempo, e por meio de transmutações apropriadas, se conseguiram obter muitos outros destes núcleos. Conhecem-se actualmente mais de 300 tipos diferentes que correspondem a durações de vida e a emissões radioactivas muito variadas. Já se obtiveram, para cada elemento da classificação de Mendeleieff, muitos núcleos isótopos radioactivos, o que, só por si, é suficiente para avaliar o enorme alcance da descoberta de Joliot e de Irene Curie.

## Sobre as possibilidades de utilização de uma central de energia a carvão

*O ilustre Professor O. R. Frisch, bem conhecido de todos os físicos, dá-nos no trabalho de que publicamos a seguir uma tradução livre, uma expressão levemente irónica, de uma crítica profunda e bem justificada, dirigida contra o carácter exagerado e especialmente discricionário de que se reveste a propaganda contra os riscos das actividades nucleónicas e contra a popularização de máquinas atómicas.*

*Na verdade, outras actividades humanas envolvem grandes riscos nos quais não se fala ou que não se admite possam limitar aquelas actividades.*

*O Prof. Frisch mostra-nos, com um humorismo delicioso, o que poderia suceder se o complexo «atómico» do medo e da dificuldade existisse em grau semelhante para um produto considerado geralmente tão inofensivo e acessível como o carvão, imaginando o que se passaria num «mundo atómico», desconhecendo o carvão, quando este fosse descoberto.*

A recente descoberta de carvão (resíduos negros de uma planta fossilizada) em certo número de locais oferece uma alternativa interessante à produção de energia a partir da cisão. Alguns dos locais onde se encontrou carvão mostram de facto sinais

de uma antiga exploração por homens pré-históricos, que provavelmente o utilizaram para jóias, e para enegrecer a cara em certos rituais de tribus.

O seu potencial energético depende do facto que o carvão pode ser facilmente oxi-

dado, dando lugar à produção de uma alta temperatura e libertando uma energia de cerca de 0,0000001 megawatts-dia por grama. Evidentemente que isto é muito pouco, mas parece que existem grandes quantidades de carvão (talvez milhões de toneladas).

A principal vantagem reside em que o ponto crítico é muito mais baixo para o carvão do que para qualquer material cinzível. As instalações de cisão, como é bem sabido, tornam-se anti-económicas abaixo de 50 megawatts, e uma central a carvão pode produzir energia a preços da concorrência para comunidades isoladas com pequenas necessidades, ou talvez para unidades móveis.

### **Construção de um reactor a carvão**

O principal problema está em conseguir acesso livre, ainda que controlável, do oxigénio aos elementos combustíveis. A cinética da reacção carvão oxigénio é muito mais complicada do que a cinética da cisão e ainda não foi completamente compreendida. A equação diferencial que aproxima o comportamento da reacção já foi estabelecida, mas a sua resolução só é possível nos casos mais simples.

Propomos por conseguinte a construção do vaso de reacção com uma forma cilíndrica, com paredes perfuradas para que os gases da combustão possam escapar-se. Um cilindro interior concêntrico, também perfurado, serve para introduzir o oxigénio, enquanto que os elementos combustíveis são colocados entre os dois cilindros. A indispensável presença de placas terminais põe um problema matemático difícil, mas não insolúvel.

### **Elementos combustíveis**

Julgamos que estes sejam de mais fácil fabrico do que no caso dos reactores de cisão. A sua colocação dentro de envólucros é desnecessária, e mesmo indesejável, pois tornaria impossível o acesso do oxigénio

ao combustível. Calculámos diversas estruturas, e parece que a mais simples de todas — um aglomerado de esferas iguais — deve ser satisfatória. Estamos elaborando cálculos para determinar o tamanho óptimo das esferas e as necessárias tolerâncias. O carvão é macio e fácil de trabalhar; assim o fabrico das esferas não deve apresentar nenhum grande problema.

### **Oxidante**

O oxigénio puro é, evidentemente, ideal mas o seu custo torna-se elevado; propôs-se assim a utilização, em primeiro lugar, de ar. No entanto, devemos recordar que o ar contém 78 % de azoto. Se uma fracção, ainda que mínima, de azoto se combinasse com o carbono do carvão formando o gás cianídrico, altamente tóxico, isto constituiria um grave perigo para a saúde.

Para dar início à reacção é necessário uma temperatura relativamente alta de 988° F; isto consegue-se bastante bem fazendo passar uma corrente eléctrica entre os cilindros interior e exterior (desde que as placas terminais sejam fabricadas em cerâmica isoladora). Necessita-se de uma corrente de vários milhares de amperes, a cerca de 30 V, e a indispensável bateria, de grande capacidade, vai aumentar substancialmente o custo da instalação.

Há a possibilidade de dar início à reacção por meio de qualquer reacção catalítica, como por exemplo a da fosfina com peróxido de hidrogénio. Este ponto está a ser investigado.

Logo que se dá início à reacção; a sua velocidade pode ser controlada desde que se ajuste a velocidade à qual é admitido o oxigénio; isto é quase tão simples como o uso de barras de controle num reactor convencional de cisão.

### **Corrosão**

As paredes do reactor devem suportar uma temperatura de bem mais de 1.000° F, na presença de oxigénio, azoto, monóxido

e dióxido de carbono, assim como pequenas quantidades de anidrido sulfuroso e outras impurezas, algumas ainda desconhecidas. Poucos metais ou produtos cerâmicos podem resistir a tão duras condições. O nióbio, com um revestimento pouco espesso de níquel pode ser uma possibilidade interessante, mas provavelmente ter-se-á de utilizar unicamente níquel. Quanto aos produtos cerâmicos, pensamos que a tória fundida parece ser o mais apropriado.

### Unidades móveis

Uma vantagem importante consiste na ausência de radiações penetrantes; em consequência a blindagem biológica pode ser muito pouco espessa, pois quase só tem que absorver infra-vermelhos. Nem tão pouco parece que o fluido de permuta de calor se deva tornar radioactivo. De facto, pode-se dispensá-lo completamente e colocar o reactor em justaposição directa com o produtor de vapor; isto é, debaixo dele. Desta forma todo o equipamento se torna tão leve, que se pode admitir a possibilidade de construir pequenas unidades móveis. O bem conhecido inventor, Trebor Nosnevets, chegou mesmo a sugerir a utilização da energia produzida por meio de carvão para fazer funcionar um novo sistema de transporte, que segundo ele pensa poderia resolver a actual congestão de helicópteros nas pequenas cidades de menos de 50 000.000 de habitantes. Ele propõe longas cadeias de fuselagens sem asas, assentes em rodas (que correm sobre carris de aço para diminuir a fricção e o ruído) e rebocadas por um único tractor accionado pela energia do carvão. Tènicamente o projecto parece viável mas subsistem dúvidas sob o ponto de vista económico. Ter-se-ia de abrir faixas com uma largura de cerca de 90 metros, livres de quaisquer construções, ladeadas de ambos os lados por paredes, que fariam a protecção no

caso de uma reacção explosiva durante o trajecto.

Os carris de aço teriam de ser assentes com tolerâncias muito pequenas, e mesmo assim dever-se-ão dar vibrações que tornarão as viagens por aquele sistema pouco populares. Por outro lado, a grande publicidade indispensável para persuadir as pessoas a experimentar este meio de transporte daria lugar a uma grande procura do nosso reduzido número de artistas publicitários e de psicologistas sociais.

### Perigos para a saúde

O principal perigo para a saúde relaciona-se com os produtos gasosos libertos. Estes não só contêm o monóxido de carbono e anidrido sulfuroso (ambos altamente tóxicos) mas também um certo número de compostos carcinogénicos, tais como fenantreno e outros. É impossível descarregar aqueles produtos na atmosfera, pois assim o nível de tolerância seria excedido numa área de algumas milhas à volta do reactor.

É pois necessário reunir os resíduos gasosos em recipientes apropriados, enquanto aguardam a desintoxicação química. Em alternativa, o resíduo tóxico pode ser misturado com hidrogénio, enchendo-se grandes balões, que seriam em seguida largados.

Os resíduos sólidos teriam de ser removidos frequentemente (talvez mesmo diariamente). Os perigos para a saúde resultantes desta operação podem ser facilmente diminuídos usando-se equipamento convencional de comando a distância. O resíduo poderia então ser afundado no mar.

Existe a possibilidade — ainda que pareça remota — de que se perca o controle do fornecimento de oxigénio; isto poderá dar lugar à fusão de todo o reactor e à libertação de grandes quantidades de gases tóxicos. Este é um grave argumento con-

tra a utilização do carvão e a favor dos reactores de cisão, que têm demonstrado a sua completa segurança durante um período de muitos milhares de anos. Talvez se passem décadas antes que um sistema de controle de suficiente eficiência possa ser

desenvolvido de forma a acalmar os receios daqueles que têm a seu cargo a segurança do nosso povo.

(Traduzido da revista «Nuclear Engineering», pág. 368, Dez., 1956).

## Experiências escolares sobre tensão superficial dos líquidos sobre lâminas de soluções de sabão

### A) — Sobre tensão superficial dos líquidos

1. É costume comparar a superfície livre de um líquido a uma membrana elástica sujeita a uma tensão uniforme em todos os seus pontos. De facto, torna-se possível demonstrar, por experiências directas, que há uma estreita analogia entre o comportamento físico das membranas elásticas sujeitas a tensões que as mantenham uniformemente esticadas em todos os sentidos e o comportamento físico das superfícies livres dos líquidos. Esta analogia foi apresentada, pela primeira vez, por Segner (1704-1777) <sup>(1)</sup> nos meados do século XVIII (1752) mas somente cerca de cinquenta anos mais tarde é que a respectiva teoria foi desenvolvida pelo físico inglês Young (1773-1829), em 1805 <sup>(2)</sup>.

Vejamus em que consiste essa analogia.

2. Suponhamos uma membrana elástica (de cauchu, por exemplo), tensa uniformemente, e imaginemos que lhe davamos um golpe que a rasgava numa certa exten-

são. Procedendo assim veríamos os lábios do golpe afastarem-se um do outro em virtude da tensão elástica da membrana, deixando ficar, entre eles, um espaço vazio de forma biconvexa limitado por duas curvas, *a* e *b*. Se quiséssemos forçar os lábios do golpe a juntarem-se de novo teríamos de aplicar em todos os pontos dos segmentos *a* e *b* forças normais a esses mesmos segmentos, situadas em planos tangentes à membrana em cada um dos pontos considerados. Estas forças, capazes de recompor a membrana na região onde imaginámos que se lhe dera o golpe, deveriam ter exactamente o mesmo valor do que as forças que mantinham a membrana esticada antes de se golpear.

É claro que tudo se passaria análogamente qualquer que fosse a região da superfície da membrana que tivéssemos golpeado, e qualquer que fosse a direcção do golpe. Se imaginarmos, portanto, um segmento qualquer traçado sobre a superfície de uma membrana elástica, sujeita a uma tensão uniforme em todos os seus pontos, admitiremos que a membrana, nos pontos desse segmento, está sujeita a tensões que se igualam, de um e do outro lado do segmento, contidas em planos tangentes à superfície da membrana em cada

<sup>(1)</sup> Segner — *Commentationes Soc. sc. Goettingensis*. (Citação de Chwolson, em *Traité de Physique*, Tomo I, Fasc. 3.º, 1907).

<sup>(2)</sup> Young — *Philosophical Transactions* — 1, pág. 65 — 1805 e *Lectures on natural philosophy* — II, pág. 649.