

在迅子物質裡

壓力超過能量密度的可能性

■黎樹添 作 ■洪照輝 譯

此問題的動機導源於其在相對論與天體物理中的趣味性。在超密度星裏，若壓力 ρ 大於能量密度 ϵ ，則在該星演變至重力趨至巨不可遏之前，其核心或可具有足夠的硬度阻擋重力崩潰的進行，使得黑穴階段無法達到。依據目前的物理知識，一旦到達了黑穴階段，則尚無任何已知機構能挽住重力崩潰之每況愈下，終至趨於奇點^[1]。

然而，一般所接受之適用於最堅硬物質之狀態方程式為 $\rho \leq \epsilon/3$ ^[2]。不只壓力大於能量密度的可能性違背了此一公認觀點，同時它亦允許聲波行進快於光速的可能性存在。這似乎違反了因果論，却並不違背特殊相對論。因為在一些超密度物質的理論裏^[3]，超光聲的獲得，能不用引入任何非相對論的近似法而為之；而且，聲波不具靜止質量，因此由速度趨於光速所產生的無窮能量障壁也不適用於此。

在此短文裏，吾人謹欲提出一個簡單的方法以導出超壓狀態方程式，即 $\rho > \epsilon$ 。茲考慮一不相互作用的迅子(tachyons)系統^[4]，不必要令它處在超密度狀態，也無需用到高深的場論。

吾人該記得迅子乃是永遠快於光速且絕不靜止的粒子，因此賦予它們以虛值的質量。

如眾所知，在一不相互作用的粒子系統中，能量密度與壓力的關係為^[2]

$$\epsilon = n m c^2 \left\langle \frac{1}{\sqrt{(1-v^2/c^2)}} \right\rangle$$

$$\rho = \frac{1}{3} n m \left\langle \frac{1}{\sqrt{(1-v^2/c^2)}} \right\rangle$$

對迅子而言， m 為純虛數且 $v > c$ 。因此 ϵ 與 ρ 俱為實數而 $(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}$ 為虛數。很明顯的，壓力 ρ 大於能量密度 ϵ 的可能性可立刻由不等條件 $v^2 > 3c^2$ 而得。吾人將謂此臨界速度 $v = \sqrt{3}c$ 為瓦赫(wach) $\sqrt{3}$ ，以類此於超音航空動力學中的馬赫(Mach)。欲探問超光系統中的慢於光之聲波是否具有任何物理意義，是件有趣的事。

如果能更深入去探討迅子物質的種種性質，包括互相作用或甚至彼此有密切關連的迅子系統，將會更令人鼓舞。但是目前，雖然有些實驗物理學家努力的在尋找他們，迅子的存在尚屬存疑。不過先去幻想它們，總是有益無害，畢竟今天的理論物理，有一些最有趣的探討對象尚未藉實驗發現，諸如：著名的夸克(Quark)，引人入勝的黑洞以及爭論不休的磁性單極。此外，這瓦赫 $\sqrt{3}$ 的空中飛行又是怎麼一擋子事呢？

(黎樹添老師現任教本系)

參 考

1. For introductory articles in this subject, for example
K. Thorne, Science Nov, 1965
K. Thorne, Scientific American 1967
K. Thorne, Science Year 1968
2. Landau and Lifshitz, Classical Theory of Fields
Landau and Lifshitz, Fluid Mechanics
3. Ya. B. Zeldovich, Soviet Physics JETP 14 (1962) 1143;
G. Kalman, Phys. Rev. 158 (1967) 144;
S. A. Bludman and M. A. Ruderman, Phys. Rev. 170 (1968) 1176;
M. A. Ruderman, Phys. Rev. 172 (1968) 1286;
T. D. Lee and G. C. Wick, Nucl. Phys. B12 281 (1969)
R. E. Cutcosky, Phys. Rev. 1386 (1970)
G. Kalman and S. T. Lai, to be published.
4. O. Bilaniak, V. Deshpande, E. C. G. Sudarshan, Am T. Phys. 30 (1962) 718;
M. E. Arons and E. C. G. Sudarshan, Phys. Rev. 173 (1968) 1622;
O. Bilaniak and E. C. G. Sudarshan, Phys. To-day 22 (1969) 43.