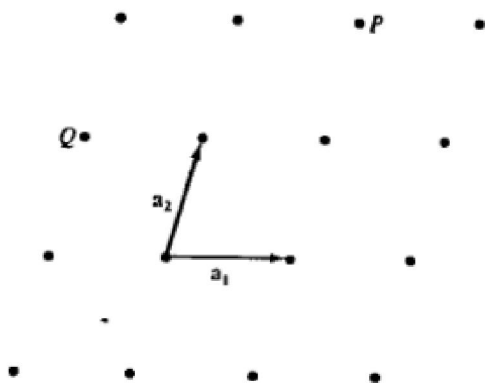
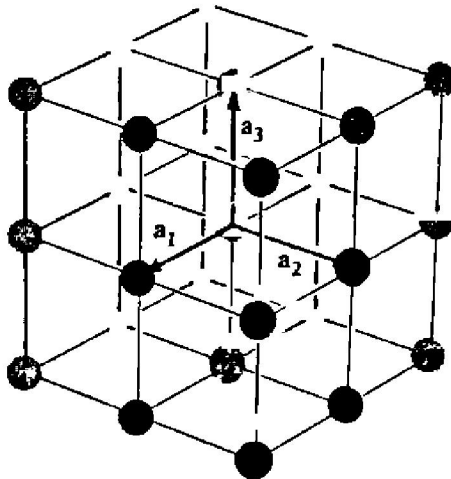




شکل مقابل قسمتی از شبکه براوه دو بعدی است، این شبکه فاقد تقارن خاص است (شبکه مایل) بردار های یکه  $a_1$  و  $a_2$  نشان داده شده اند ، همه نقاط شبکه ترکیب خطی این بردار ها با ضرایب صحیح می باشند. مثلاً  $P = a_1 + 2a_2$  و  $Q = -a_1 + a_2$

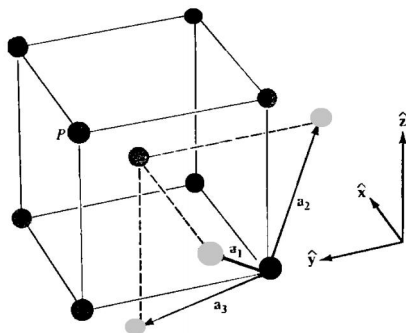


یکی از آشنا ترین شبکه های سه بعدی براوه، مکعبی ساده است. این نمونه را می توان با سه بردار یکه دو به دو عمود بر هم با طول مساوی تولید کرد.



یک مجموعه متقارن تر برای بردارهای پایه شبکه مکعبی مرکز حجمی عبارتست از :

$$\mathbf{a}_1 = \frac{a}{2}(\hat{y} + \hat{z} - \hat{x}), \quad \mathbf{a}_2 = \frac{a}{2}(\hat{z} + \hat{x} - \hat{y}), \quad \mathbf{a}_3 = \frac{a}{2}(\hat{x} + \hat{y} - \hat{z}).$$

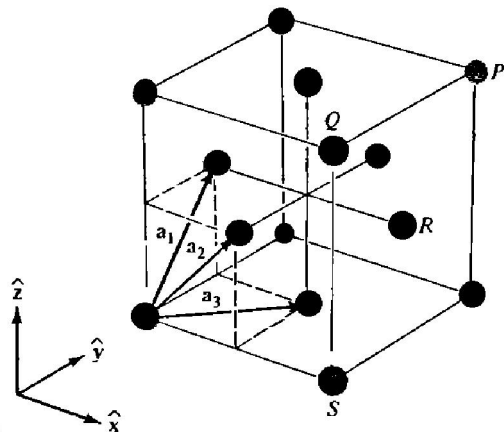


نمایش متقارن تری از بردار های پایه شبکه  
bcc. به طور مثال  $P=2\mathbf{a}_1+\mathbf{a}_2+\mathbf{a}_3$

یک مثال مهم دیگر شبکه براوه مکعبی مرکز سطحی (fcc) است که برای ساختن آن به مرکز هر وجه مربعی شبکه مکعبی ساده یک نقطه اضافه می شود.

یک مجموعه متقارن بردارهای پایه برای این شبکه به صورت زیر است :

$$\mathbf{a}_1 = \frac{a}{2}(\hat{y} + \hat{z}), \quad \mathbf{a}_2 = \frac{a}{2}(\hat{z} + \hat{x}), \quad \mathbf{a}_3 = \frac{a}{2}(\hat{x} + \hat{y}).$$

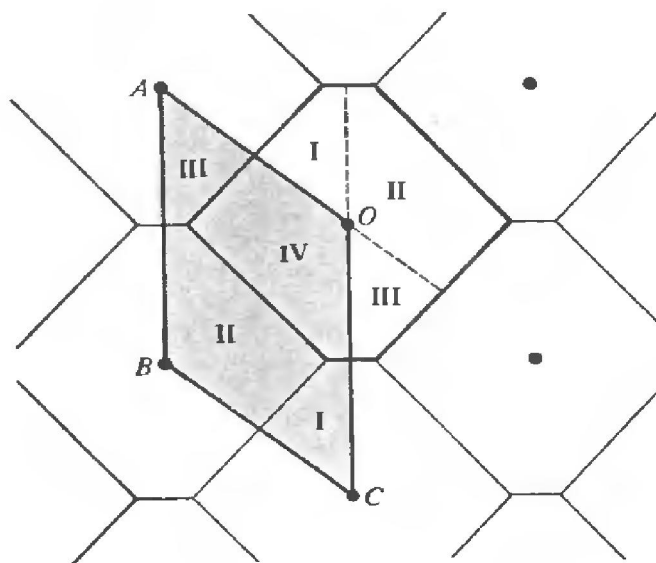


نمایش نقاط برچسب دار بر حسب بردارهای پایه شبکه fcc

$$S = -\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3, \quad P = \mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3, \quad Q = 2\mathbf{a}_2, \quad R = \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3$$

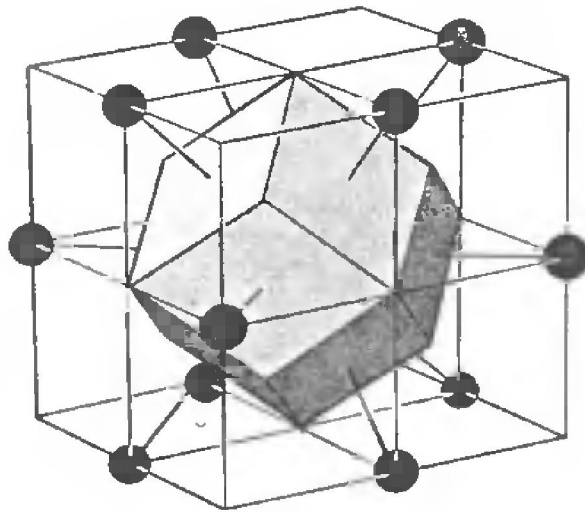


❖ برای هر دو سلول اولیه با شکل های دلخواه این امکان وجود دارد که پس از تکه تکه کردن یکی و با انتقال هر تکه از طریق بردارهای شبکه ای مناسب سلول اولیه دیگری بدست آید .



شکل دو سلول اولیه ممکن برای یک شبکه دو بعدی را نشان می دهد. سلول متوازی الاضلاع قابل تقسیم به قطعاتی است که وقتی با بردار های شبکه انتقال می یابند، شش گوشه را می سازند. انتقال های مربوط به چهار ناحیه متوازی الاضلاع چنین اند:

$\overrightarrow{CO}$  ناحیه ۱ و  $\overrightarrow{BO}$  ناحیه ۲ و  $\overrightarrow{AO}$  ناحیه ۳ و ناحیه ۴ بدون انتقال.



سلول ویگنرسایتز شبکه براوه مکعبی مرکز سطحی:  
مکعب احاطه کننده سلول مکعبی است که نقاط  
شبکه در مرکز و در وسط ۱۲ یال آن قرار دارند. هر یک از  
۱۲ وجه عمود بر یک خط واصل نقطه مرکزی به یک  
نقطه واقع در وسط یک یال است.  
(دوازده وجهی لوزی رخ)



## ساختار تنگ پکیده شش گوشه (hcp)

اگر چه این ساختار یک شبکه براوه نیست اما همراه شبکه های bcc و fcc از جایگاه مهمی برخوردار است حدود 30 عنصر به شکل تنگ پکیده شش گوشه بلورین می شوند.

### عناصر با ساختار hcp

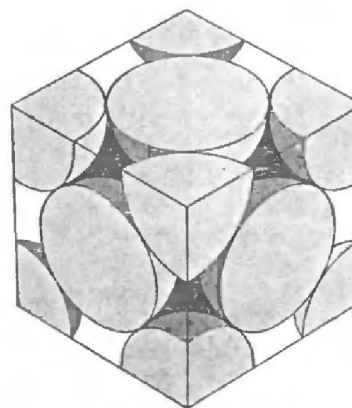
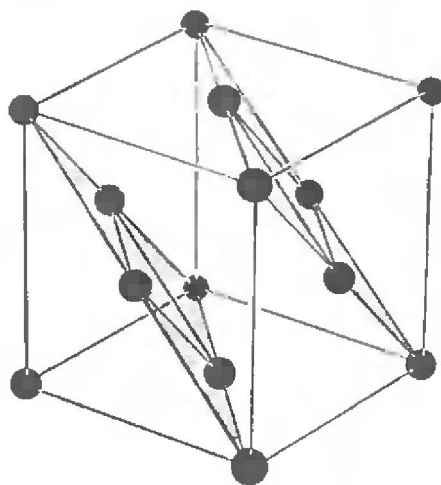
| ELEMENT      | $a$ (Å) | $c$  | $c/a$ | ELEMENT | $a$ (Å) | $c$  | $c/a$ |
|--------------|---------|------|-------|---------|---------|------|-------|
| Be           | 2.29    | 3.58 | 1.56  | Os      | 2.74    | 4.32 | 1.58  |
| Cd           | 2.98    | 5.62 | 1.89  | Pr      | 3.67    | 5.92 | 1.61  |
| Ce           | 3.65    | 5.96 | 1.63  | Re      | 2.76    | 4.46 | 1.62  |
| $\alpha$ -Co | 2.51    | 4.07 | 1.62  | Ru      | 2.70    | 4.28 | 1.59  |
| Dy           | 3.59    | 5.65 | 1.57  | Sc      | 3.31    | 5.27 | 1.59  |
| Er           | 3.56    | 5.59 | 1.57  | Tb      | 3.60    | 5.69 | 1.58  |
| Gd           | 3.64    | 5.78 | 1.59  | Ti      | 2.95    | 4.69 | 1.59  |
| He (2 K)     | 3.57    | 5.83 | 1.63  | Tl      | 3.46    | 5.53 | 1.60  |
| Hf           | 3.20    | 5.06 | 1.58  | Tm      | 3.54    | 5.55 | 1.57  |
| Ho           | 3.58    | 5.62 | 1.57  | Y       | 3.65    | 5.73 | 1.57  |
| La           | 3.75    | 6.07 | 1.62  | Zn      | 2.66    | 4.95 | 1.86  |
| Lu           | 3.50    | 5.55 | 1.59  | Zr      | 3.23    | 5.15 | 1.59  |
| Mg           | 3.21    | 5.21 | 1.62  |         | —       | —    |       |
| Nd           | 3.66    | 5.90 | 1.61  | "Ideal" |         |      | 1.63  |



## دیگر ساختار های تنگ پکیده ممکن

توجه کنید ساختار hcp تنها راه تنگ هم چیدن کره ها نیست. اگر توپ ها به شکلی که قبلا ذکر شد روی هم قرار بگیرند یک شبکه براوه مکعبی مرکز سطحی ایجاد می شود که در آن قطر مکعب عمود بر صفحات مثلثی است.

چگونگی قطع کردن شبکه براوه مکعبی مرکز سطحی برای تعیین لایه هایی که در شکل قبلی نمایش داده شد.



یک بخش مکعبی از کره های تنگ پکیده مکعبی مرکز سطحی

از آنجایی که هر لایه می تواند در هر یک از دو جایگاه وصف شده قرا گیرد، تعداد بی شماری چینش تنگ پکیده وجود دارد. تنها شبکه تنگ پکیده fcc یک شبکه براوه می دهد. ساختارهای fcc (...ABC ABC ABC...) و hcp (...AB AB AB...) متداولترین ساختارهایی هستند که با آن مواجهیم. ولی ساختارهای تنگ پکیده دیگری نیز مشاهده شده اند. برای مثال برخی فلزات خاکی کمیاب ساختار (...ABAC ABAC AB...) را به خود می گیرند.



## سایر جنبه های شبکه بلوری

این فصل در مجموع به توصیف **تقارن انتقالی** شبکه های بلوری در **فضای فیزیکی واقعی** پرداخته است در فصول آینده به جنبه های دیگر آرایه های دوره ای مانند تقارن انتقالی در فضای وارون و تقارن دورانی شبکه های بلوری خواهیم پرداخت.