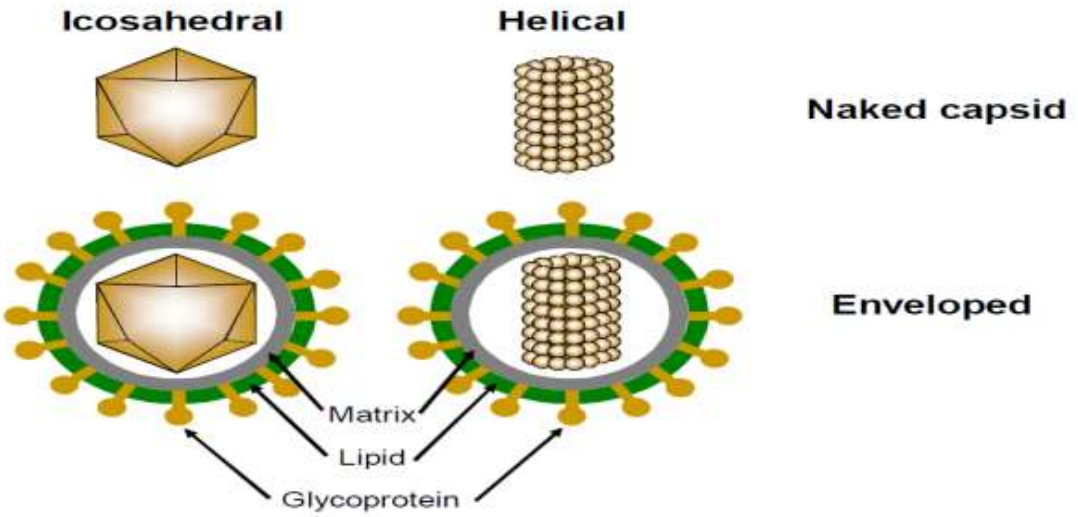
مختبر 2 : تناظر الفيروسات Symmetry of viruses

يوجد ثلاث اشكال رئيسة للتناظر:

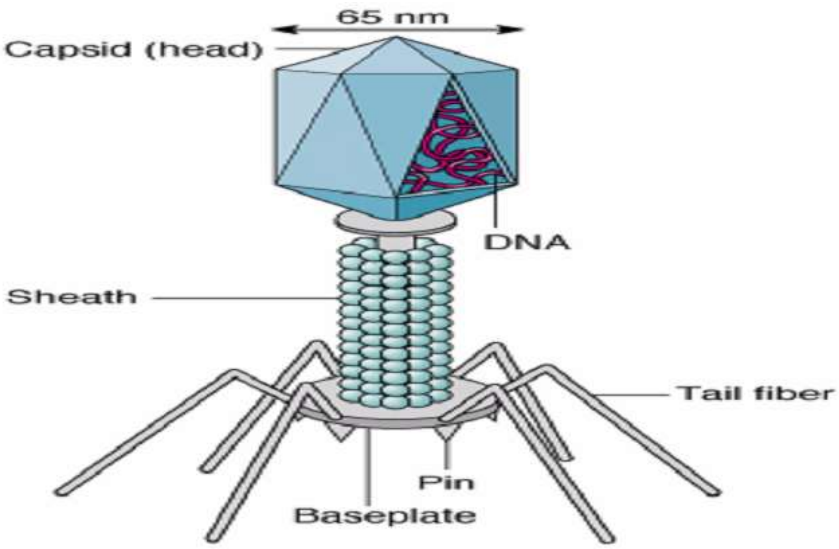
١. التناظر الحلزوني Helical symmetry

٢. التناظر المكعب Cubic او عشروني الوجوه Icosahedral

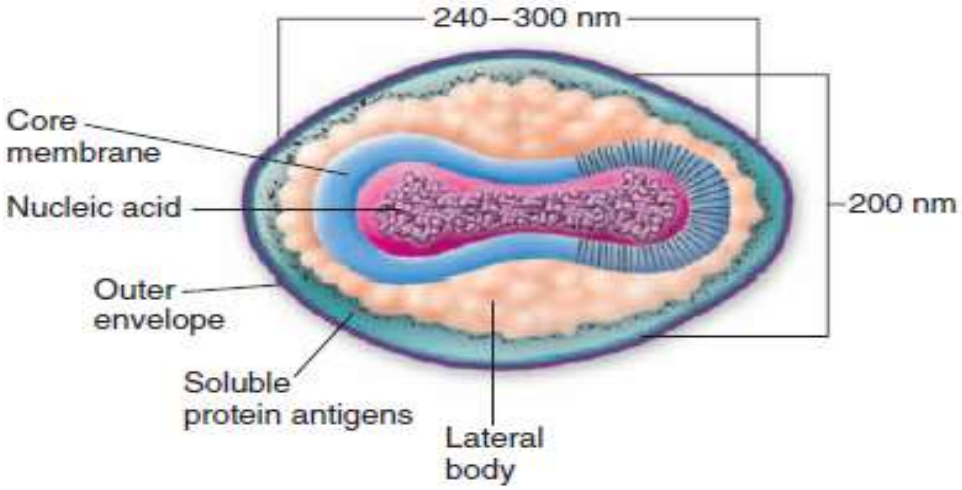
٣. التناظر المعقد Complex symmetry



التناظر الحلزوني والعشروني الوجوه



التناظر الثناثي المعقد في بعض العاثيات

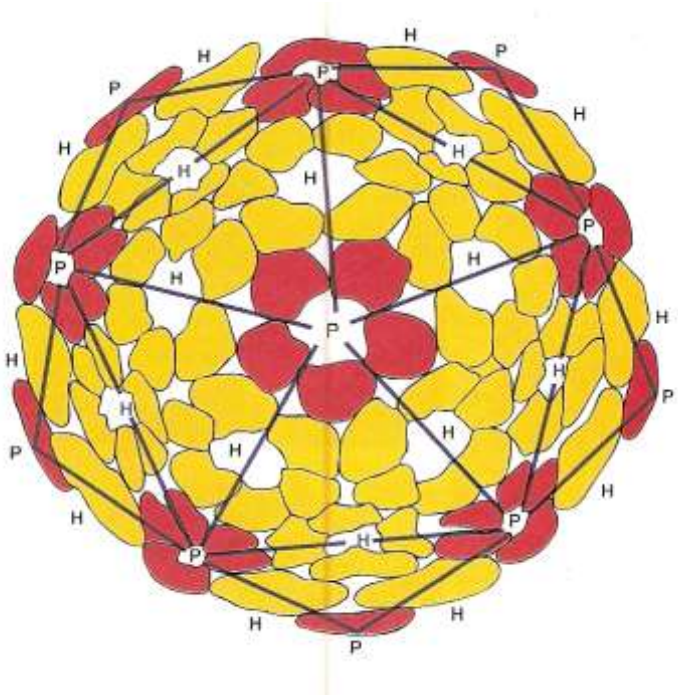


التناظر المعقد في فيروس الجدري

طريقة حساب العدد الكلي في الفيروسات الكروية ذات التناظر عشروني الوجوه

التناظر عشروني الوجوه : مكون من جسم كروي او مكعب المظهر يقسم سطحه الى **20** واجهة مثلثية **Triangular face** مسطحة متساوية الاضلاع المسماة **Icosahedrons** او تدعى **سطيحات Facets** ، تكون **12** محورا للتحدب يسمى السمت **Vertex** وهي محل لتجمع **خمسة** اوجه مثلثية ، و**30 حافة edge** هي ملتقى ضلعين من مثلثين متجاورين . ويوجد نوعين رئيسين من تجمع الوحدات الشكلية الكابسومير : الاول يمثل تجمع **5** كابسومير ويسمى **الوحدات الخماسية Pentamers** او **Pentons** وتوجد في محاور التحدب الاثنا عشر. اما الثاني يمثل تجمع **6** كابسومير ويسمى **الوحدات السداسية Hexamers** او **Hexons** وتوجد في الحواف وفي الاسطح المثلثية.اغلب الفيروسات التي تحوي هذا التناظر تحوي هذين التجمعين ،بعض الفيروسات مثل **Papovaviruses** تحتوي فقط الوحدات الخماسية.

ويختلف عدد الكابسومير من فيروس الى اخر ويعتمد دائما على الزيادة في **الوحدات السداسية**،لان عدد **الوحدات الخماسية** دائما ثابت وهو **12 مجموعة او وحدة** ،كل مجموعة واحدة مكونة من **5 كابسومير** فيكون العدد لها الكلي هو **6o كابسومير**. ويمكن حساب عدد الكابسومير الكلي بسهولة بعد اكتشاف المجهر الالكتروني من خلال حساب **عدد التثليث Triangulation number(T)** وهو عبارة عن مربع المسافة مابين اثنين من الوحدات الخماسية المتجاورة، وهو ايضا يمثل العلاقة مابين الوحدات الخماسية والسداسية. في **التناظر المتكافىء Equivalence symmetry** كل واجهه مثلثية من **20** واجهه تقسم الى **3 مثلثات**



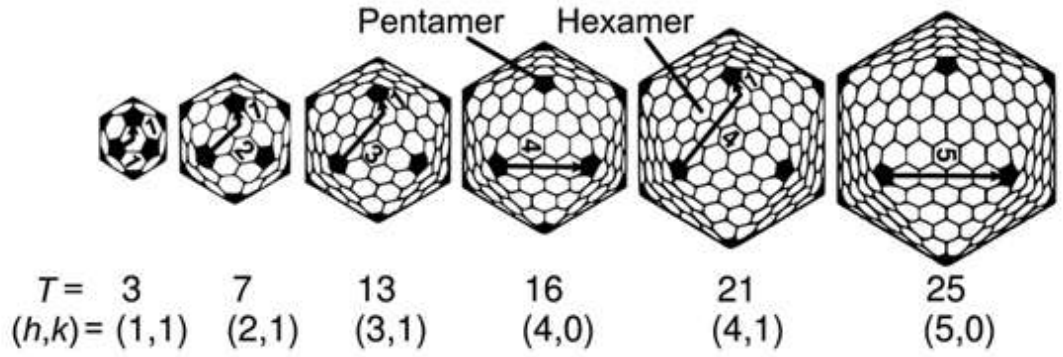
انواع تجمع الكابسومير والاوجه المثلثية في التناظر العشروني الوجوه

منتظمة او غير منتظمة الشكل، وبذلك يكون لدينا **60** واجهه مثلثية كما في **T=1** و **T=3** ، حيث تكون جميع المثلثات ضمن عدد التثليث مع بعضها البعض متكافئة من الناحية او العلاقة الهندسية. اما **التناظر شبه المتكافىء Quasi-equivalence symmetry** فيوجد في اعداد **T** العالية، حيث يزداد عدد التثليث طرديا كلما زاد حجم الفيروسات وذلك نتيجة الزيادة في الوحدات السداسية، مما يؤدي الى عدم التكافىء في العلاقة الهندسية للمثلثات الصغيرة مع بعضها البعض ضمن **T** الواحدة، لكن العلاقة الاساسية ما بين هذه الوحدات لازالت موجودة، ويمكن حساب عدد التثليث من خلال معادلة **Caspar and Klug system (1962)** التالية:

$$T=h^2+hk+k^2$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية، حيث تمثل **h** و**k** اعداد صحيحة، ويمثل **h المحور السيني او X** وهو عبارة عن عدد الوحدات السداسية ما بين اثنين من الوحدات الخماسية مع حساب وحدة خماسية واحدة فقط عندما تكون اثنين من الوحدات الخماسية على خط مستقيم لان احداهما تمثل نقطة الاصل. اما **k** فيمثل **المحور الصادي او Y**، وقيمته صفر عنما تكون اثنين من الوحدات الخماسية التي تمثل المحور السيني على خط مستقيم، وبذلك تكون **Y=0** أي **k=0**، اما اذا كانت

الوحدات الخماسية ليست على خط مستقيم فتكون قيمة **Y=1** أي**k=1**، او اكثر حسب عدد الوحدات، مثلا **k=3** في **T=27** .



طريقة عد الوحدات الخماسية والسداسية في معادلة حساب عدد التثليث

ثم يتم حساب عدد الوحدات الخماسية والسداسية الكلية من خلال استعمال المعادلة التالية:

10T+2

فأذا فرضنا **T=3** يصبح لدينا المجموع **(2+3*10)** يساوي **32 وحدة**، مكونة من **12 وحدات خماسية** دائما أي **60 كابسومير**، و **20 وحدات سداسية** واذا ضربنا:

12x5=60 Total Capsomers No. of Pentamers

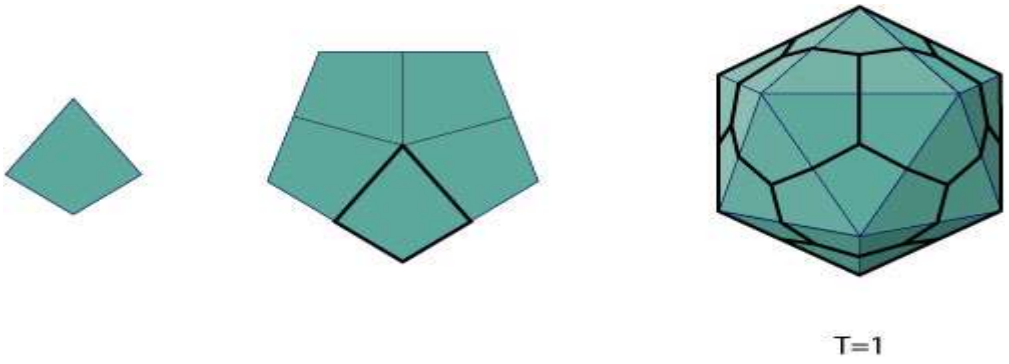
20x6=120 Total Capsomers No. of Hexamers

وبذلك يكون مجموعهما يساوي **180 كابسومير** يمثل العدد الكلي المكون لهيكل الفريونات ذي **T=3**.

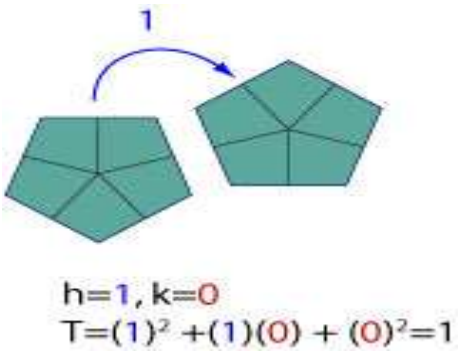
وسوف نناقش بعض اعداد التثليث الموجودة في الفيروسات الكروية التي تصيب البشر.

اولا: T=1

مكون فقط من **12** وحدة خماسية، حيث تمثل كل واجه مثلثية كابسومير واحد، والمجموع الكلي للكابسومير هو **60**. كما في عائلة **Parvoviridae**.



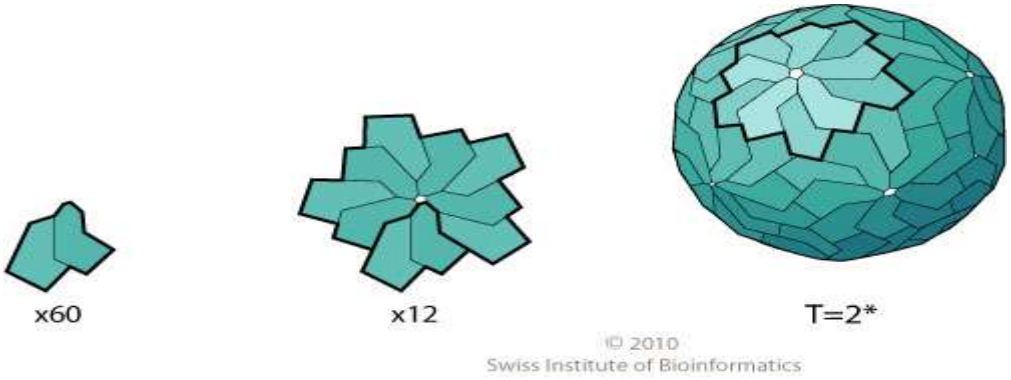
شكل الفيروسات T=1



كيفية حساب T=1

ثانيا: T=2

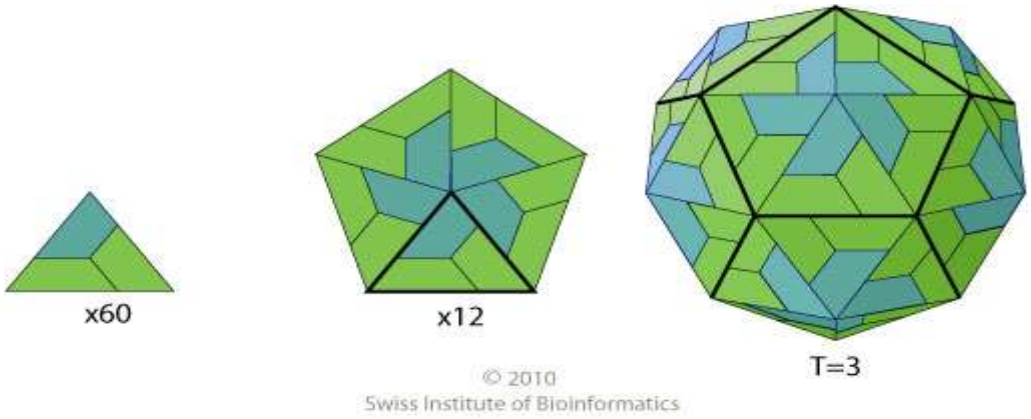
مكون من **12** زوج من الوحدات الخماسية **pentameric dimers** أي تجمع **5** كابسومير بشكل زوجي بمعنى **10** كابسومير، والمجموع الكلي للكابسومير هو **120**. ويعد هذا التناظر غير رسمي لان حساب عدد التثليث يعطي تناظر **T=1**. كما في الجدار الداخلي للعائلة **Reoviridae**.



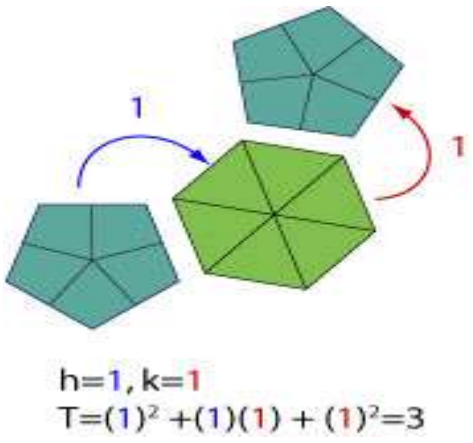
شكل الفيروسات T=2

ثالثا: T=3

مكون من 12 وحدة خماسية و **20** وحدة سداسية، والمجموع الكلي للكابسومير هو **180**. كما في العوائل **Astroviridae** و **Caliciviridae** و **Flaviviridae**.



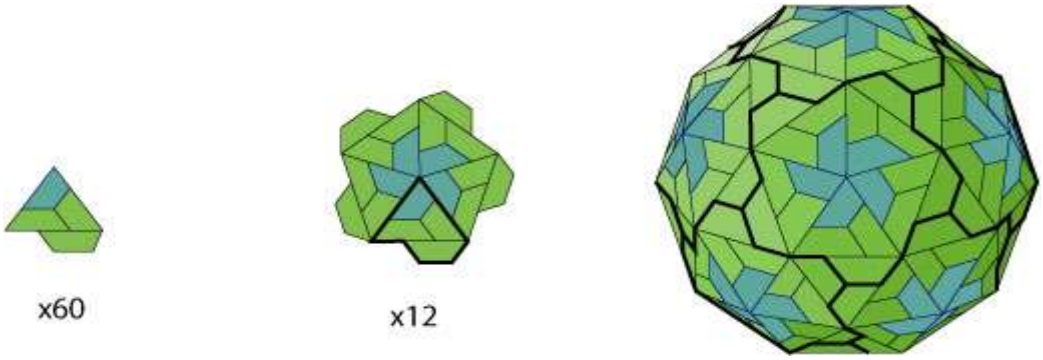
شكل الفيروسات T=3



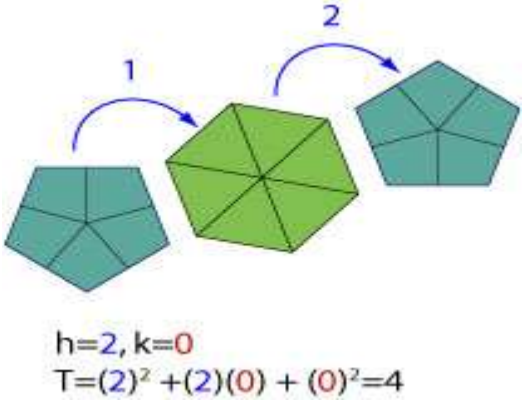
كيفية حساب T=3

رابعا: T= 4

مكون من 12 وحدة خماسية و **30** وحدة سداسية، والمجموع الكلي للكابسومير هو **240**. كما في عائلة **Hepadnaviridae** و**Togaviridae** .



شكل الفيروسات T=4



كيفية حساب T=4