

Hadi başlayalım. Bir bileşiğin Oluşum ΔG^0 si sıfırdan küçükse, o bileşik elementlerine göre kararlı mıdır? Yoksa kararsız mıdır? Clicker sorusu için 10 saniye daha. Cuma günü yaptığımız soruya çok benziyor. Oluşum ΔG si hakkında biraz daha fazla şeyler öğrendiğinizi ümit ediyorum. Burada olabilecek tek bir şey var..

OK. çok iyi. Başarı oranı %85. Bir kaç dakika sonra bu oran % 100 olacaktır. Oluşum ΔG değeri 0 dan küçükse, bir bileşik oluşurken, istemli bir tepkime oluyor demektir. Bir bileşik istemli bir şekilde oluşuyorsa, bu bileşik elementlerine göre daha kararlı olacaktır. Cuma günü işlediğimiz son konu buydu. Bu gün de devam edip bitireceğiz.

Bugünkü notlarımıza dönelim. Çarşamba günü 2. Sınav için bir hatırlatma yapayım. Aslında bunu herkese hatırlatmama gerek yok. Fakat, lütfen, sınav için bu odaya gelmeyin. Sınav için Walker salonuna gideceksiniz. Ayrıca, eğer bir sorunuz varsa, bir şeyi anlamadığınızı düşünüyorsanız, bugün 2 ile 4 saatleri arasında ofisimdeyim. Asistanlarınız da sınavdan önce, ofis saatlerinde odalarında olacak. sınavdan önce belirlenecek. Sormak istediğiniz sorulardan emin olun. Sormadan önce oturun ve çözmeye çalışın.

147 Bugün termodinamiğe kaldığımız yerden devam ediyoruz. En son, oluşum serbest enerjisini konuşuyorduk. Bundan sonra, istemlilik üzerine sıcaklığın etkisinden bahsedeceğiz. Buna Cuma günü biraz değinmiştik, fakat bu kez onu formülize edeceğiz. Bir tepkimenin istemli olup olmadığına sıcaklık etki eder mi? Bunu göreceğiz.

Bundan sonra biyolojik sistemler ve termodinamik konusuna biraz bakacağız. Konuşmak istediğim iki örnek var- Bunlardan biri ATP ile eşleşmiş (ATP-bağlı) tepkimelerdir ve biyolojide çok önemlidir. Diğeri ise hidrojen bağıdır. Hidrojen bağı, bağ entalpileri kavramı üzerinden anlatacağız, ayrıca hidrojen bağı, kovalent ve iyonik bağ kavramlarına göre yorumlayacağız.

232 Önce oluşum serbest enerjisini bitirelim. %85 iniz oluşum serbest enerjisi sıfırdan küçük olduğunda ne olacağını söyledi. Verdiğimiz örnekte bileşik elementlerine göre termodinamik olarak daha kararlıdır. Bunun tam sesi, oluşum serbest enerjisi sıfırdan büyük olduğunda, bileşik elementlerine göre termodinamik olarak kararsız olacaktır.

Oluşum serbest enerjisine ne zaman bakarsanız bakın, bir bileşiğin elementlerinden oluşum tepkimesinin ΔG si olduğunu unutmayın. Bu nedenle ΔG negatifse, bu tepkime istemli olacaktır ve kararlı bir bileşik oluşacaktır. Bu anlama gelir.

318 Çok sayıdaki örneğe bakabiliriz. İncelemek için herhangi bir bileşiği seçebiliriz. Burada örnek olarak benzen molekülünü seçtim. Benzen çok karşılaştığımız bir bileşiktir. Benzenin oluşum serbest enerjisi 124 kJ/mol dür. Buna göre benzen elementlerine göre kararlı mıdır yoksa kararsız mıdır?

Cevap verdiğinizde kararlı veya kararsız arasındaki farkı ayırt edemedim. Lütfen hepiniz aynı anda söyleyin. Başlayın.

KARARSIZ.

Çok iyi. Mukayese ederseniz, benzen elementlerine göre daha kararsızdır- veya tepkimenin tersi kararlıdır, yani benzenin bozunması gerçekten istemli olacaktır.

Buraya baktığımızda, tepkimenin tersinin istemli olduğunu görüyoruz. Bu durumda aklınıza derhal şu soru gelebilir. O halde benzen hakkında konuşmak için niçin bu kadar vakit harcıyoruz? Çünkü benzenin bozunacağı çok açıktır. Benzeni niçin oluşturuyoruz? Benzen hemen elementlerine bozunmuyor mu? Termodinamik olarak olması gereken şey budur. Benzen bozunmalıdır. Fakat gerçek şudur. benzenin bozunma tepkimesi çok çok yavaştır. O kadar yavaştır ki, biliğiniz gibi, benzeni organik tepkimelerinde her zaman kullanırız. Onu ısıttığımız zaman dahi bağlarının parçalandığını, elementlerine bozunduğunu görmeyiz. Çünkü benzenin oluşum tepkimesi, termodinamik olarak istemsiz olmasına rağmen, benzenin bozunması çok yavaştır. Olan şey budur.

Bu başka bir durumdur. Şunu söylemek istiyorum. Prof. Drennan kinetik konusunu anlatmaya başladığında, bunu da tekrar edecektir. Şunu aklınızdan hiç çıkarmamanızı istiyorum. ΔG bir tepkimenin olup olmayacağını söyler, bu tepkimenin ne kadar sürede gerçekleşeceği hakkında bir şey söylemez. Yani tepkimenin hızı hakkında bir şey söylemez. Bu örneğe bakmaya devam edeceğiz, kinetik konusuna geldiğinizde umarım bunları hiç kimse karıştırmaz.

513 Herhangi bir tepkimenin ΔG değerinin hesaplanmasından söz edecek olursak, aslında bunu birkaç yolla yapabiliriz. İlk yol, düşünürseniz, tepkimenin ΔH değerinin hesaplanmasına çok benzer. Burada çizelgelerden bileşiklerin oluşum ΔG değerlerine bakarız. Sonra ürünlerin oluşum ΔG lerinin toplamını alırız bu değerden reaktiflerin ΔG toplamını çıkarırız.

İkinci bir yol daha vardır, bu bilgileri elde edemediğimiz durumda kullanırız, yine de bu tepkimeyi kullanarak, bu eşitliğe bir göz atalım. Tepkimenin ΔG değeri eşittir tepkimenin entalpi değişimi eksi $Tx \Delta S$. Bir tepkimenin sıcaklığını dikkate almak istediğimizde bu formül oldukça yararlı olacaktır.

557 şimdi sıcaklığı dikkate alalım. Bunu şimdiye kadar biraz yapmıştık, fakat burada sıcaklık değişimlerinin büyük fark yarattığı tepkimelere bakacağız. Burada Sodyum bikarbonatın bozunma tepkimesine bakacağız. Sodyum bikarbonat bozduğunda sodyum karbonat, karbon dioksit ve su oluşur. Bu tepkimenin ΔG değerinin nasıl hesaplanacağını düşünelim. bu tepkimenin ΔH entalpi değişimi $+135.6 \text{ kJ/mol}$ dür. Bu endotermik bir tepkimedir. Tepkime için ısı alması gerekir.

Şimdi clicker sorusuna geçelim. Burada çeşitli çözümlerden birini seçmenizi istiyorum. buradaki entropi değişimlerinden hangisi sizce daha makuldür? Bu tepkimenin ΔS değeri sizce ne olmalıdır? OK. 10 s daha.

706 Çoğunuz yapmış, fakat hepiniz değil. Doğru cevap $+0.334 \text{ kJ/k.mol}$ olmalıydı. Şimdi bunun niçin doğru olduğuna bakalım. Burada 2 mol katıdan, 1 mol katı ve 2 mol gaz oluşmaktadır. Sizce burada düzensizlik artar mı? azalır mı?

Evet, düzensizlik artar. Düzensizlik arttıkça, entropi değişimi pozitif, yani artı, olur. Buradaki seçeneklerden sadece birisi pozitifdir. Ders notlarımıza baktığımızda bu tepkimenin deltaS değerinin + 0.334 kJ/K.mol olduğunu görebilirsiniz. Şimdi ilerleyelim ve bu tepkimenin deltaG değerini hesaplayalım. Yukarıdaki deltaH değerini formülde yerine koyalım. deltaH değeri 135.6 kJ/mol dür. Sıcak değeri olarak başlangıçta oda sıcaklığını alalım. $\Delta G = 135.6 - 298 \times (0.334)$ dür.

sonuçta tepkimenin deltaG değeri +36 kJ/mol olarak bulunur. Bu oda sıcaklığındaki değerdir. Bu tepkime oda sıcaklığında istemli midir, istemsiz midir?

İstemsizdir. Şimdi farklı bir sıcaklığa bakalım. Mesela pişirme sıcaklığına bakalım. Bir kurabiye pişirmek isterseniz sıcaklık yaklaşık 350 F veya 177 C olmalıdır. Bu sıcaklık 450 K e eşittir- fırınlarımız genellikle Fahrenheit veya Santigrat değerini gösterir, Kelvin değil. Tepkimenin sıcaklığından bahsedecek olursak, ilk olarak şunu söylemeliyim. Buradaki tepkimede niçin kurabiye pişirme sıcaklığını dikkate aldık? Önce bunu konuşalım. Sodyum birkarbonatın diğer adını bilen var mı?

evet, kabartma tozu, kurabiyeniz veya kekinizin kabarmasını sağlayan aslında bu tepkimedir. Paketin içindeki NaHCO₃ pişme esnasında bozduğunda, buradaki gazlar açığa çıkar. Pişirdiğimiz unlu mamüllerde, bu gazlar açığa çıkar. Kekleri oda sıcaklığında pişirmek istediğimizde, başaramayız, pişmezler ve kabarmazlar. Bu çok açıktır, çünkü, bu tepkime oda sıcaklığında olmaz. Bu bozunma tepkimesi oda sıcaklığında istemli değildir.

Pişirme sıcaklığına baktığımızda, bu yeni sıcaklığı formülde yerine koyarız. Sıcaklığı 450K aldığımızda tepkimenin deltaG değeri -14.7 kJ/mol olur. Bu durumda, tepkime istemli olur. Bu oldukça iyi haber, çünkü kekimize kabartma tozu koyduğumuzda, 450 K de, kabartma tozu bozunacak ve kekimiz kabarcak demektir.

1001 Konuştuklarımızla ilgili bir şeye dikkat etmenizi istiyorum. NaHCO₃ bozunmasından söz ederken, hem deltaS değerinin hem de deltaH değerinin işareti aynıydı. Şunu aklınızdan çıkarmayın, genel olarak, eğer bir tepkimede deltaS ve deltaH ın işareti aynı ise, tepkimenin sıcaklığını değiştirerek, bir tepkimeyi istemsizden istemliye veya tam tersine geçirmek mümkün olabilir.

Bunu bir grafik üzerinde düşünelim. deltaS ve deltaH değerini sıcaklıktan bağımsız olduğunu kabul edelim. ilk yaklaşım için bu iyi bir kabuldür. Bu durumda, tepkimenin deltaG değerinin sıcaklığın doğrusal fonksiyonu olduğunu görürüz. Biraz daha ileri gidelim, kabaratma tozu için ne gördüğümüzü grafik olarak gösterelim.

Burada gördüğünüz ilk nokta, oda sıcaklığına aittir. Sıcaklık 298 K dir ve buna karşılık gelen deltaG değeri +36 kJ/mol dür. İkinci nokta pişirme sıcaklığına aittir. 450 K ve buna karşılık gelen deltaG değeri -15 kJ/moldür. Şimdi bu iki noktadan geçen bir doğru çizebiliriz. Bu doğrunun noktalı çizgi ile kesim noktasına bakarsak, bu sıcaklığın üzerinde deltaG değeri pozitifdir, bu sıcaklığın altında ise, deltaG değeri negatiftir.

Bu bir doğrudur .Bu doğrunun eğiminin ve y-kesim noktasının ne anlama geldiğini düşünelim. $\Delta G = -\Delta S \times T + \Delta H$ tır. Bir doğru denkleminde bu değerleri yerine

koyalım. Bu doğru denkleminde, eğim $-\Delta S$ değerine eşit olacaktır. Y eksenini üzerindeki kesim noktası ise tepkimenin entalpi değişimine eşit olacaktır.

Tekrar edeyim. Vurgulamak istediğim şey şudur. Sıcaklık bu kesişme noktasındaki sıcaklıktan daha düşük ise, ΔG değeri sıfırdan büyük olacaktır, diğer bir deyişle tepkime istemsiz olacaktır.

Ancak, sıcaklığı gittikçe yükseltirsek, grafikte gittikçe sağa doğru gideriz. Sonunda bu noktaya kesişme noktasından geliriz, sıcaklığı daha da yükseltirsek ΔG sıfırdan küçük olur ve tepkime istemli hale geçer. 1221 Bu kesim noktasındaki sıcaklığın ne olduğunu düşünebiliriz. Bu sıcaklığa T^* (T yıldız) deriz. Bir tepkimede istemsizlikten istemliliğe, veya tam tersine, geçiş sıcaklığıdır. Şimdi biraz düşünecek olursak, bir tepkimenin kendiliğinden ilerlemesini istiyorsak, bu tepkimenin T^* sıcaklığının ne olduğunu hesaplamamızın çok önemli olduğunu anlarız. Organik kimya laboratuvarında, tepkimenin olması için ısı vermemiz gerekir-bu kısmen tepkimenin kinetiği için, kısmen de istemsiz bir tepkimeyi istemli hale döndürmek içindir.

Şimdi T^* ı veya bu geçiş sıcaklığını nasıl hesaplayacağımızı düşünelim. Bu eşik sıcaklığını konuşacak olursak, bu sıcaklıkta ΔG değerinin sıfıra eşit olması gerekir, çünkü bu sıcaklığın bir yanı istemsizliğe diğer yanı istemliliğe doğru gitmektedir.

Bunu yapmamız için tepkimeyi yeniden yazalım. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, ve bu formülde ΔG yerine sıfır koyarsak, formülü bu eşik değeri için yeniden yazabiliriz. T yıldız, entalpi değişimi bölü entropi değişimine eşit olacaktır. Gördüğümüz gibi bunu hesaplamak bizim için çok kolaydır. Şimdi bunu kabartma tozu için hesaplayalım. Kabartma tozu için $\Delta H = +136$ kJ/mol, entropi değişimi $+0.334$ kJ/mol'dür. Bu iki değeri birbirine bölersek eşik sıcaklık için 406 K değeri bulunmuş olur.

Basitçe özetlemeye çalışalım. kek pişirmek istersek, 406 K in yani 177 C nin altında kek kabarmaz. Ancak bu sıcaklığın üzerine çıkarsak kekimiz kabarmaz, çünkü bu sıcaklıkta tepkime istemli hale geçer.

1408 bizaz önce anlattığımız durumda, hem ΔH hem de ΔS , her ikisi de pozitif değere sahiptir. Şimdi de hem ΔH hem de ΔS in, her ikisinin de sıfırdan küçük olduğu duruma bakalım. Bir grafik çizelim ve bunu tekrar grafik üzerinde düşünelim, Elimizde gerçek değerler yok, ama işaretlerin nasıl olması gerektiğini düşünebiliriz. Burası sıcaklığın mutlak sıfır olduğu yerdir, yani sıfır noktasıdır. Eğer ΔH değeri negatifse, sıcaklığın sıfır olduğu yerde ΔG ne olmalıdır? Negatif mi pozitif mi? Evet, negatif olmalı. 1447 eğer ΔH negatifse ve mutlak sıcaklık sıfır ise, sağdaki terim ($T\Delta S$) tamamen iptal olacağı için (sıfır olacağı için) ΔG negatif olacaktır.

Sıcaklık artıkça bir eşik sıcaklığına ulaşılabilecektir, bir noktadan sonra, $\Delta S \times T$ terimi ΔH teriminden büyük olmaya başlayacaktır, bu noktada işaret değişecek ve tepkimenin ΔG değeri pozitif olacaktır.

Bunu ders notlarınızdaki grafik üzerinde çizebilirsiniz. Başlıyoruz. Bu durumda ΔG negatifse, ΔG negatiften başlar. Sıcaklık arttıkça bir eşik sıcaklığına ulaşılır, bu sıcaklığın üzerinde ΔG pozitif olacaktır.

1521 elimizde gerçek değerler varsa, bu değerleri grafik üzerinde yerine koyabiliriz, fakat bu hayali durumda dahi genel eğilimin nereye doğru gittiğini anlayabilmek mümkün. Bu hayali durumda negatif ve pozitif bölgeleri belirleyebiliriz.

1537 Burada görünen şey şudur: bu sıcaklığın altında tepkime istemli olacak, bu sıcaklığın üzerinde ise tepkime istemsiz olacaktır. Bu noktada ΔS ve ΔH nin pozitif olduğu duruma geçeriz.

1551 Şimdi ΔH ve ΔS ile ilgili olarak dört farklı senaryoyu özetleyelim. Şununla başlayalım, eğer tepkimenin ΔH değeri negatif ve ΔS değeri pozitif olursa, ne olmasını beklersiniz? A) Tepkime hiçbir zaman istemli değildir? B) tepkime her zaman istemlidir, C) tepkimenin istemliliği sıcaklığa bağlıdır. Sizce hangisi?

1626 10s daha. Çok iyi, çoğunuz doğru cevap vermiş. Şimdi slayttaki soruya geri dönelim ve cevabın nedenini tartışalım. Doğru cevap: tepkime her zaman istemlidir. Çünkü bu durumda, negatif ΔH , negatif ΔG ye katkıda bulunur, ΔS pozitif olduğunda, formülde önünde - işareti olduğundan, pozitif ΔS de ΔG ye katkıda bulunur. Bu nedenle sıcaklığa bağlı olmaksızın tepkime istemli olacaktır. Bu nedenle tepkimenin her zaman istemli olacağını söyleyebiliriz- Her sıcaklıkta ΔG sıfırdan küçüktür.

Ok. Şimdi de tam tersi bir duruma bakalım. Bu durumda, ΔH sıfırdan büyük ve ΔS sıfırdan küçüktür. Bu durumda tepkime ne zaman istemli olur?olur? Bazen, her zaman, hiçbir zaman?

1734 Bu durumda tepkime hiçbir zaman istemli olmaz. Çünkü ΔH sıfırdan büyüktür ve pozitif ΔG ye katkıda bulunur, benzer şekilde, negatif ΔS , pozitif ΔG ye katkıda bulunur, bu durumda sıcaklık ne olursa olsun ΔG sıfırdan büyük olur.

Şimdi hem ΔH sıfırdan büyük, hem de ΔS de sıfırdan büyük olduğu duruma bakalım. Bu durumda tepkime ne zaman istemli olur?olur? Bazen, her zaman, hiçbir zaman?

Bazen. Çok iyi. Doğru cevap: Bazen olacaktır. Daha öncesini hatırlayalım, işaretler aynı ise istemlilik sıcaklığa bağlıdır demiştik. Tepkime bazen istemli olur. Bu durumda, bunun ne zaman olacağını düşünebiliriz. Tepkime sıcaklığı eşik sıcaklığından büyük mü olmalıdır, yoksa küçük mü olmalıdır?

Çoğunuz büyük olmalıdır dedi. Evet daha büyük olmalıdır çünkü, eşik sıcaklığından büyük olduğunda, formüldeki $T\Delta S$ terimi ΔH teriminden daha baskın olmaya başlar, ancak tepkime sıcaklığı eşik sıcaklıktan büyük olduğunda, ΔG teriminde pozitif ΔH teriminin etkinliği azalmış olur. $T\Delta S$ terimi, ΔH teriminden küçükse, tepkime istemsizdir, $T\Delta S$ terimi, ΔH teriminden büyükse, tepkime istemli olacaktır. Bunun içinde T değerinin büyük olması gerekir.

Benzer şekilde, hem ΔH sıfırdan küçükse ve hem de ΔS de sıfırdan küçükse, tepkime bazen istemli olur. Tepkimenin sıcaklığı eşik sıcaklıktan küçük olduğunda tepkimenin ΔG değeri sıfırdan küçük olur.

Bu dört duruma bakarak, karar verebilirsiniz. Eğer tepkimenizin entalpi ve entropi değişimini biliyorsanız, bu dört senaryoya bakarak, hiçbir hesaplama yapmadan, tepkimeniz istemli mi, istemsiz mi yoksa bazen mi istemli olduğunu anlatabilirsiniz. Böylece tepkimenin sıcaklığa bağlı olup olmadığına karar verebilirsiniz. Eğer tepkimeniz sıcaklığa bağlı ise bu eşik sıcaklığı hesaplayabilirsiniz. Böylece hangi sıcaklıktan sonra tepkimenin istemli olacağını bilebilirsiniz.

1945 Şimdi vitesi biraz değiştirelim, biyolojik sistemler ve termodinamik üzerinde düşüneneğimiz çok önemli birkaç örneğe göz atalım. Özellikle iki konu üzerinde odaklanmak istiyorum. Bunlardan biri, ATP-bağımlı tepkimeler düşüncesidir. 2000 Bu gerçekten çok önemlidir, çünkü daha önce biyolojik tepkimelerle ilgili konuşurken, vücudumuzda oluşan çok sayıdaki tepkimenin istemsiz olduğunu söylemiştim. Yani çözdüğümüzde bu tepkimelerin ΔG değerinin pozitif olduğunu görürüz. Burada biyolojik bir tepkimeyi şematik olarak gösteriyorum. Buradaki molekül tepkime sonunda iki parçaya bölünmüştür. Bu tepkimenin ΔG değeri sıfırdan büyüktür. Bu tepkimelerin vücudumuzda nasıl oluştuğunu düşünmemiz gerekir.

Bunu yapmanın bir yolu, aynı anda, vücutta ATP hidrolizinin gerçekleşmesidir. İstemsiz bir tepkime ATP nin hidrolizi ile birlikte yürüyebilir. Bir istemli tepkime, başka bir istemsiz tepkime ile eşleşirse, tepkime ileri yönde ilerleyebilir. ATP nin hidrolizi istemli bir tepkimedir. ATP nin hidrolizi ile açığa çıkan ısı enerjisi, enerji gerektiren istemsiz tepkime ile eşleşir böylece her iki tepkime birlikte yürür.

Burada olmasını ümit ettiğimiz şey, iki tepkimenin serbest enerji değişimini topladığımızda, elde ettiğimiz toplam ΔG değerinin negatif olmasıdır. Bu durumda her iki tepkimede ileri yönde yürüyebilir.

Şimdi bu eşleşmiş tepkimelerde neler oluyor bir bakalım. Yapmamız gereken ilk şey, ATP nin hidroliz tepkimesini incelemek ve bu tepkimenin ΔG değerini hesaplamaktır. Bu hesaplama için sıcaklık 310 K olarak alınır, çünkü bu vücut sıcaklığıdır. Tekrar ediyorum. Adenozin trifostat (ATP) molekülünde 3 tane fosfat grubu vardır. Burada ATP su ile tepkimeye girer ve ADP (Adenozin difostat) + fosfat + asit oluşur.

Bu tepkimenin ΔG değeri -24 kJ/mol dır. Bunu geçen Cuma günü derste hesaplamıştık. ΔS değeri ise +22J/K.mol dır. Bu iki değeri kullanarak vücut sıcaklığındaki ΔG değerini hesaplayabiliriz. Toplam tepkimenin ΔG değeri TAHTA $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -24 \text{ KJ/mol} - (310 \text{ K})(0.022 \text{ KJ/K.mol})$ sonuçta ΔG eşittir -31 KJ/mol dır.

Beklediğimiz gibi negatif sayı elde ettik. Bu şu anlama gelir: ATP hidroliz olursa enerji açığa çıkacak demektir. Yani bir başka tepkime ile eşleşebilir demektir. Burada gördüğümüz gibi değeri -31 kJ/mol dır.

Şimdi ATP ile eşleşmiş tepkimeler hakkında konuşalım. Vücutta bu tepkimelerden çok miktarda bulunur. Bunlardan Glükoz ile ilgili olanı seçtim, çünkü glükoz hakkında daha önceleri çok konuşmuştuk. Glükozun Glükoz -6-P ye dönüşme tepkisini örnek olarak alalım. Burada P harfi fosfat grubunu, 6 ise bağlı olduğu C atomunun numarasını simgeler, fosfat grubu 6 numaralı karbon atomuna bağlanmıştır demektir.

Öncelikle ,vücut bu tepkimeye niçin ihtiyaç duyar? ona bakalım. Bildiğiniz gibi glükoz vücudumuza enerji sağlar. Glükoz polar bir moleküldür. Hücre içine kolayca girebilir veya çıkabilir, çünkü hücre çeperlerimiz oldukça kaygandır (yağimsıdır). Burada olan şey aslında glükoz üzerine - 2 yüklü fosfat grubunun bağlanmasıdır. -2 yüklü fosfat grubunun bağlanması glükoz molekülünü çok polar hale getirir. Bu çok polar molekül artık hücre çeperinden geçemeyecektir, fosfat grubuna bağlanarak hücre içinde kalacaktır. Bu tepkimeyi istememizin nedeni budur. Şimdi bu tepkimenin enerjisine bir bakalım. Bu tepkime enerji gerektirir. Bu tepkimenin deltaG değeri +17 kJ/ mol dür.

2425 Vücudumuz bu enerjiyi temin etmek için bir yol bulamazsardı, bir problem olabilirdi, fakat bir yolu vardır, bunun için ATP nin ADP ye dönüşüm tepkimesi ile eşleşir. Biraz önce hesapladığımız gibi, bu tepkimenin deltaG değeri -31 kJ/mol dür. Bu iki tepkimenin eşleşmesi nedeniyle, toplam deltaG değerini dikkate almamız gerekir, +17 kJ/mol ile -31 kJ/mol değerini toplarsak, toplam deltaG değeri – 14 kJ/mol olur.

Burada ATP ile eşleşmiş tepkimelerin nasıl işlediğini gösteren en basit örneklerden biri verilmiştir. Bazı ATP ile eşleşmiş tepkimeler, bir molar eşdeğer ATP gerektirirken, bazıları daha fazla ATP ye ihtiyaç duyar. Ama genel fikir hepsinde aynıdır. Enerji isten tepkimeler, enerji açığa çıkaran tepkimeler ile eşleşerek tepkime verirler., “ATP hücrenin enerji değişim aracıdır” ifadesi, tam olarak bu anlama gelir Bazı ATP ler istemsiz tepkimeleri gerçekleştirmek için harcanır.

Biraz da hidrojen bağından bahsetmek istiyorum. Bu da termodinamik ile ilgili bir konudur. Ayrıca daha önce bahsettiğimiz farklı bağ türleri ile de ilişkilidir.

2548HB nı konuşacak olursak, önce şunun bilinmesini istiyorum, HB kovalent bağ değildir. Buradaki, X-H bağı kovalent bağıdır, HB değildir. HB, H atomu üzerinde kısmi pozitif yük oluştuğuna meydana gelir. Y ise H bağı dörör atomudur, üzerinde hem kısmi negatif yük hem de yalın çifti vardır. Y atomu başka bir molekül üzerinde bulunur. Burada, H atomu üzerindeki kısmi negatif yük ile Y dörör atomu üzerindeki kısmi pozitif yük arasında Coulomb çekim kuvveti oluşur. Bunlar arasında oluşan HB, fark ettiğinizi gibi, noktalı çizgilerle gösterilir. İster çizgilerle ister noktalarla gösterilsin, HB, düz çizgi ile gösterilen kovalent bağdan farklıdır.

Şimdi HB nın nasıl oluşacağını düşünelim. Öncelikle, HX bağının hangi şartlarda oluşacağını düşünelim. Buradaki X atomu oldukça elektronegatif olmalıdır, çünkü H atomu üzerinde kısmi pozitif yükün oluşması gerekir. Bu da, X-H arasındaki kovalent bağda é yoğunluğunun X atomu tarafından çekildiği anlamına gelir, böylece H atomu üzerinde kısmi pozitif yük oluşacaktır. Benzer şekilde, Y atomunun da elektronegatifliği yüksek olmalıdır. Y atomu N, O ve F olabilir. Bunlar HB nı oluşturabilecek HB dörör atomlarıdır.

Bunun nedenini düşünebiliriz. Bunun sebebi oldukça basit ve bilgi vericidir. Y nin küçük ve aynı zamanda elektronegatifliğinin yüksek olması gerekir. Bu mantıklıdır, çünkü Coulomb çekimi için burada kısmi negatif yükün olması gerekir. Diğer bir gereklilik Y atomu üzerinde YÇ é larının bulunmasıdır. Aslında H bağında, H atomu ile bu YÇ ler etkileşime girer.

2747 şimdi iki su molekülü arasında oluşan HB örneğine bakalım. Su moleküllerini tahtaya yeniden yazalım—bunlar birbirlerine göre düzensiz bir şekilde yönelmiştir. Bunların arasında HB olunca nasıl olacağını yeniden çizelim. HB ile ilgili olarak bir şeyi işaret etmek istiyorum. Bu üç atom bir düz çizgi üzerinde bulunduğu oluşmuş HB en kuvvetlisidir. Çünkü bu durumda kısmi pozitif ve kısmi negatif yükler daha fazla etkileşime girebilir.

Şimdi su moleküllerini yeniden çizelim. TAHTA Bu ilk su molekülü, HB nı bu H atomu üzerinden anlatacağım. Çünkü burada HB yapacak olan 4 tane H atomu mevcuttur. Biz bu atom üzerinde odaklanacağız. Bu H atomundan İkinci O atomuna doğru düz bir çizgi çizeceğim. Bu su molekülünün H atomlarını da koyayım.

Buradaki su molekülünün Lewis yapısını düşünelim. Bu O üzerinde kaç tane YÇ vardır? 2 tane YÇ, çok iyi. Şimdi bunları çizelim, diğerininkini de çizelim. HB nı bu iki atom üzerinden konuşalım. Bunun üzerindeki delta nın işareti pozitif midir yoksa negatif midir? delta pozitif. Buradaki polar bağıdır. Bu O-H bağı polardır. H atomu üzerinde kısmi pozitif yük vardır. O atomu üzerinde kısmi negatif yük vardır. şüphesiz diğer H atomları üzerinde de kısmi pozitif yük ve O atomu üzerinde de kısmi negatif yük vardır.

Bu ikisi bir düz hat boyunca etkileşime girebilir. Şimdi yapacağımız bu HB nı çizmek, bu H ve bu O arasında.

Bir şeyin daha altını çizmek istiyorum. HB 1, kovalent bağ kadar kuvvetli değildir. Bağ kuvveti ve bağ uzunluğu arasındaki ilişkiyi düşünürseniz, HBağı, kovalent bağ kadar kuvvetli değildir. Buradaki HB, kovalent bağdan daha uzun mudur? Yoksa kısa mıdır?

Evet, Daha uzun olmalıdır, bu bağ daha uzundur, çünkü daha zayıf bir bağıdır, çok sıkı tutulmazlar. Bu iki farklı molekül arasındaki, moleküller arası HB na bir örnektir. Ayrıca tek bir su molekülü üzerindeki HB üzerine odaklanabiliriz. Burada diğer su molekülleri ile yapacağı HB larını çizebiliriz, Buradaki iki H atomu ve 2 YÇ ler HB oluşturur. Sonuç olarak bir su molekülü 4 tane HB oluşturur.

3036 Biraz da HB larının bağ entalpileri kavramı üzerinden konuşalım. Daha önceden de söylediğim gibi HB, kovalent bağdan daha zayıftır. Şimdi bazı karşılaştırmalara bakalım. O-H kovalent bağı ile OH hidrojen bağına mukayese edelim. Buradaki entalpilerin birimi kJ/ mol dür. HB nın değeri 20 kJ/mol dür buna karşılık kovalent bağın değeri 463 kJ/mol dür. Gördüğümüz gibi HB sadece küçük değil çok çok küçüktür.

Benzer şekilde N atomuna bakalım, OH bağının N atomu ile yaptığı HB nın değeri 29 kJ/mol dür. NH bağının diğer N atomu ile yaptığı HB nın değeri 14 kJ/mol dür, halbuki N-H kovalent bağının değeri 388 kJ/mol dür.

Gördüğünüz gibi, bu durumda da, HB çok çok daha zayıftır. kovalent bağın yaklaşık %5 i kadar daha zayıftır. Bir moleküldeki her tür bağdan çok daha zayıftır. Buna karşılık farklı iki molekül arasındaki bağlar içinde en kuvvetlisidir. Su molekülünü düşünecek olursak, burada su molekülleri arasındaki çok fazla HB vardır ve durum suyun pek çok özeliğini değiştirir. Mesela, su molekülünün kn sı, beklentilerimizin çok üzerindedir, benzer durum diğer özelliklerinde de gözlenir, çünkü bütün HB larının kırılması gerekir. Bir tane HB nın enerjisi çok yüksek olmayabilir, ama çok fazla HB vardır ve bu da çok fazla enerji gerektirir.

3225 Biyolojik işlemlerde HB nın nerelerde görüldüğüne dair birkaç örnek verelim. Önce protein molekülünü düşünelim. Proteinlerdeki HB nın önemli çok büyüktür. Protein o kadar büyük bir moleküldür ki, iki farklı molekül arasındaki HB nı göremezsiniz. Buna karşılık molekül içindeki HB ların görmek mümkündür. Protein molekülleri içindeki HB inanılmaz derecede önemlidir. Gerçekten de , HB protein molekülünün şeklini belirler, burada bir örnek göstereceğim. *Histon deasetilaz* enzimi. *Histon deasetilaz* molekülünde, gördüğünüz gibi, sayılamayacak kadar çok HB mevcuttur ve molekülün şeklini bu HB ları belirler.

Belli bir şekli olan bir protein molekülüne bakalım. mesela, burada bir kurdele yapısı görülmektedir. Bu kurdele yapısına alfa heliks denir. Ayrıca burada ok şeklinde bazı beta düzlemsel tabakaları (beta yaprakları) da görülmektedir. Protein en kararlı olduğunda gerçek şeklini oluşturur. Protein içindeki pek çok HB, moleküle belli bir yönelme sağlar ve ona belli bir şekil kazandırır. 3336 proteinleri konuştuğumuzda, şeklinin çok önemli olduğunu biliriz. Çünkü proteinin gerçek şekli, diğer proteinlerle veya diğer ufak moleküllerle etkileşimini belirler.

Protein şekli ve üzerindeki atomların pozisyonları çok önemlidir. Çünkü enzimler bu atomlar üzerinden tepkime verirler ve başka atomlarla etkileşip etkin hale geçer, bu nedenle protein için HB çok önemlidir. 3402 HB nın önemini bir de şeker veya polisakkaritler üzerinde görelim. Bu oldukça çarpıcı bir örnektir. Proteinler, mikroskopik sistemlerde HB varlığına ait bir örnektir.

HB nı makrosopik düzeyde görmek istersek, ağaçlardaki hb nı konuşabiliriz. Ağaçları konuşacak olursak, büyük bir kısmı polisakkarit olan selülozdur. Burada gösterilmektedir. Selüloz, birbirine bağlanmış glükoz molekülü zincirleridir. Pek çok 1000 veya daha fazla glükoz molekülü birbirine kovalent bağlarla bağlanmıştır. Bu resme bakarsanız, glükoz zincirlerini görebilirsiniz. zincir üzerindeki bütün noktalı çizgiler HB nı gösterir. Her bir molekül, H bağlı moleküllerin oluşturduğu zincirde yer alır ve bunlar oldukça serttir, esnek değildir. Bu yapıda o kadar çok HB vardır ki, bunları parçalamak için vermeniz gereken enerji çok büyüktür.

Bu da odunun niçin bu kadar sert ve katı bir materyal olduğunu açıklar. Her bir bitki ve ağaç oldukça etkileyicidir demek istiyorum, ağaçların yapısı, makroskopik bir yapıdır ve HB ile açıklanabilir. HB, ağaçlarda bütün bu molekülleri bir arada tutar.

HB ile ilgili olarak protein ve şeker örneklerini verdik. HB nın önemini bir de DNA da görelim. DNA nın karakteristik özelliği çift sarmal oluşudur. 3527 DNA da iki uzun zincir

vardır, burada görmektesiniz, aslında bu iki zincir HB ile bir arada tutulur ve çift sarmal oluşturur. Özel olarak, buradaki HB, tümleyici baz eşleşmesi yapar .

mesela, buradaki guanin ve sitozin ile bakacak olursanız, pek çok yerde guanin ve sitozin birbirine HB ile bağlanmıştır. Bu iki molekülün nasıl bir hizada durduğunu düşünürsek, bunun için bu iki baz arasında kaç tane HB nın oluşması gerekir? Evet, 3 tane HB ile aynı hizada dururlar. Bir tane OH, bir tane HN ve bir tane HO hb vardır.

Diğer tümleyici baz çifti A T baz çiftidir (yani adeninin ve timin). Bunun nasıl hizalandığına bakacak olursak, burada görülmektedir. A ve T baz çifti arasında kaç tane HB oluşur? Evet, iki tane HB ile bu şekil oluşur. Bir tanesi HO diğeri de NH atomları arasındadır. 3633 Burada gördüğümüz gibi, ikinci yapıda bu NH grubu yoktur, her şeyden önce, burada HB yapamayacak kadar uzak mesafe var, zeten buradaki CH grubu hb yapamaz. Hatırladığınız gibi, N, O, F gibi atomlar, HB oluştururdu. Çünkü bu atomlar bağdaki é larını kendilerine çekerler ve böylece H atomu üzerinde kısmi negatif yük oluştururlar.

Aslında DNA yı düşünecek olursak, HB larını, bağ entalpilerini ve termodinamik kavramını incelemek için iyi bir örnektir. Çünkü DNA her zaman buradaki gibi çift sarmal olarak kalmaz.--İlaçların prospektüsünü okuduğunuzda, bu sarmalı açmamız ya da ayırmamız gerektiğini görürüz. Böylece her bir zincir kopyalanabilir.

Yani hidrojen bağlarının DNA çift sarmalındaki bu iki zinciri bir arada tutacak kadar güçlü olması çok önemlidir, fakat bu bağlar çok kuvvetli değildir, çift sarmalı açmak için HB larını kırabilirsiniz, ama gerçekten, DNA daki bütün kovalent bağları kırmak istemezsiniz.

Termodinamik ve biyolojik sistemler hakkında konuşacaklarımızın hepsi bu kadar. Bekleyin, daha zamanımız var. Birkaç tıklama sorusu yapmak istiyorum. Size çok uzun notlar vermek istemiyorum çünkü Prof. Drennan ile yer değiştiriyoruz. Cuma günü Prof. Drennan ders anlatmaya başlayacak. Benim notlarımı bitirmeye mecbur kılmak istemiyorum.

3756 Ben ders notlarımı bitirdim. Prof. Drennan termodinamiği anlatmaya devam edecek. Kimyasal dengeyi konuşacaksınız, sonra geçiş elementlerine ve kinetiğe geçeceksiniz.3806 Çarşamba günü finalden sonra bu konulara geçeceksiniz. Bir bakalım, biraz vaktimiz var. 3815 Birkaç clicker sorusu yapalım. Herkes şimdiye kadar işlediğimiz konuları tekrar görebilir ve kaçırmadığından emin olabilir. 3824 Sınav için genel bir tekrar olur. Elimde birkaç tıklayıcı sorusu var, bakalım bu sorulara cevap verebilecek misiniz. Bundan emin olmanızı istiyorum.

İlki, bugün anlattıklarımızla ilgili. Bunun için notlarınıza bakabilirsiniz. Bir tepkimenin *entapisi pozitif ise, entropisi negatif ise, bu tepkimenin ne olmasını beklersiniz? Hiçbir zaman istemli olmaz, her zaman istemli olur, sıcaklığa bağlı olarak bazen istemli olur. Bunun için 10 saniye yeter.*

3905 çok iyi, %90 yapmış. Cevap asla istemli olmaz olacaktı. Çünkü burada hem entalpi hem de entropi terimi pozitifdir. Çünkü hem entalpi hem de entropi terimi pozitif deltaG ye katkıda bulunur.

Şimdi vites değiştirelim. Bundan sonraki iki soru son sınav için tekrar mahiyetindedir. Bunların sizin için çok bilgi verici olacağını ümit ederim. Bu soruda bağ uzunluklarını düşünmenizi istiyorum. Şu iki molekülden hangisinde NO bağ uzunluğunun daha kısa olmasını beklersiniz. NO^{-1} ve NO_2^{-1} . Bu problemi çözmeniz için önce ne yapmanız gerekir? Evet, Lewis yapılarını yazmanız gerekir. Bunu düşünerek başlamanız oldukça iyi.

3956 çözümü buraya yazacağım, ama kendiniz denemek istiyorsanız bakmayın. cevap Unutmayın, cevap verdiğiniz takdirde quiz puanı alacaksınız. Doğru veya yanlış yapmanız önemli değil.

10 saniye daha. OK. Bekleyin. Doğru cevabı göstermeyin. Bildiğiniz gibi yeniden oylayacaksınız, size biraz daha zaman vereceğim, bakalım uzlaşmaya varabilecek miyiz. 30 saniye daha vereyim veya ben bunları çözüncüye kadar devam edin.

4117 OK, iyi. % 81 doğru cevap vermiş. NO– molekülünde bir tane bağ var, bir tane ikili bağ mevcut.

Efendim? Hayır, burada bir tane ikili bağ olmalı. Lewis kurallarını takip ederseniz, burada 4 tane bağ é nu olduğunu bulacaksınız, geriye de bu yalın çift é ları kalır. Biraz daha ilerleyelim, bunları yerine koyalım. Elimizde bunlar kalır. Burada üçlü bağ olsaydı elimizde daha fazla bağ é larının kalması gerekirdi—Bağ için şimdi kullandığımızdan daha fazla é kullanmamız gerekirdi.

Bu durumda NO da bir tane ikili bağ dır. Diğer molekülde, buradaki bağ nedir? Evet gerçekten 1.5 bağ vardır. Buradaki bağ nedir?

OK, Bu durumda 1.5 bağ vardır. Bu molekülde iki tane 1.5 bağ mevcuttur. Bunlar niçin 1.5 bağdır, mesela, niçin ikili bağ değildir?

Çok iyi, bu sorudaki püf noktası budur. Bu yapıların her birinde ikili bağ bulunmasına rağmen, bu yapıda rezonans vardır, bu nedenle her biri 1.5 olur. Burada ikili bağ vardır ve daha sağlam olacaktır. Çünkü sağlam bağ da daha kısa olacaktır. Bağ uzunluğu ve bağ kuvveti arasındaki ilişkiyi bildiğinizden emin olun. Bir yapıda rezonans var mı yok mu bundan da emin olun.

Şimdi bir tane daha tıklayıcı sorusu yapalım. Bugün soracağımız son soru bu. Bu soruyu hepimizin yapacağını ümit ediyorum, çünkü bunları hem derste hem de uygulamada tekrar tekrar yaptık. ATP molekülünde belli bir C ve O atomunun melezleşmesi ile ilgili konuşalım. C a ve O b atomlarındaki melezleşmeyi söyleyin.

10 saniye daha veriyorum. Final cevapları içinde var. OK. çok iyi % 83 doğru yapmış. Niçin böyle olduğuna bir göz atalım. Karbon a atomu üç şeye bağlı ve üzerinde YÇ yok. O halde üç tane melez orbitali olmalı, yani sp^2 . Oksijen b ise iki atoma bağlı ve üzerinde 2 tane YÇ var. O halde 4 melez orbitaline ihtiyaç var, bu nedenle sp^3 .

4425 Bu kuiz sorunuzdu, bu soruyu cevapladığınız sürece, bu günkü quiz puanını aldınız demektir. Bugün biraz daha erken bırakıyorum, sınav için çalışmayı unutmayın.