

22 Tamam, hadi başlayalım, *altın yüzeyine çarpan ışığın enerjisi 8.0 eV dur. Altının eşik enerjisi 5.1 ev ise, kopan e- ların kinetic enerjisi ne olur?* tıklatici sorusu için ilave 10 saniye daha. 37 ne yaptığınıza bakalım, %86 çok iyi

41 biraz önceki tıklatici sorusu, ışığın parçacık özelliği ve photoelektrik etki ile ilgiliydi. bu gün photoelectric etki ile ilgili birkaç noktaya değindikten sonra bu konuyu bitireceğiz. Sonra bir demo yapmaya çalışacağız, böylece bu tür hesaplamaları yapabileceğimize kendimizi inandırmış olacağız, sonra da bir test yapacağız.

103 ışığın parçacık gibi davrandığına dair diğer bir örnek olarak fotonun momentumu hakkında konuşacağız. Sonra madde dalgasına oradan da Schrödinger eşitliğine geçeceğiz, Schrödinger dalga eşitliği maddenin dalga özelliğini dikkate alarak parçacıkların davranışlarını tanımlar. Fotoelektrik etkiye geri dönelim, evet ? 131 Dersnotunuz yoksa tabiki vereceğiz. Asistanlardan biri bu dersnotlarını olmayanlara dağıtabilir mi? Sınıfa girme ve çıkma sanatını henüz iyileştiremedik. Dersnotuna ihtiyacınız varsa elinizi kaldırın, verelim.

147 OK, fotoelektrik etkiyi frekans yönünden konuştuk mesela, eşik frekansı metal yüzeyinden elektron koparmak için gereken ışığın minimum frekansıydı. Einstein bunu bize enerji cinsinden ifade edebileceğimiz de göstermiştir. Ayrıca frekans ve enerji arasındaki ilişkiyi tarif etmiştir. Bunlar birbiriyle orantılıdır, enerjiyi bilmek istersek frekans ile Planck sabitini çarparız.

218 şimdi bunu farklı bir terim üzerinden anlatabiliriz, mesela, E_i , gelen ışığın enerjisi cinsinden veya iş fonksiyonu cinsinde konuşabiliriz. iş fonksiyonu eşik enerjisini ifade etmenin başka bir yoludur, bir e- koparmak için gereken minimum enerjidir, Çoğunuz buradaki ilişkiyi anlamıştır, buradaki çok kısaltılmış hali... (ayrıntılı hali ders notlarında var). tıklatici sorusunda gördüğünüz buydu - mesela, kopan e- ların kinetic enerjisi, gelen ışığın enerjisi ile e- koparmak için gereken enerji arasındaki farktır.

300 bu sınıfta enerji üzerinde epeyce konuşacağız, burada tartışacağımız enerjideki farklarını daha iyi görebilmek için enerji diyagramları çizmek her zaman faydalıdır. photoelectric etki ile ilgili olarak bildiğimiz en önemli husus şudur: gelen fotonun enerjisi metalin iş fonksiyonuna eşit veya daha büyük olmalıdır. 323 bu diyagramda, y eksenini enerji artışını gösterir, alt tarafta gördüğümüz düz çizgi bağlı elektronların enerjisini gösterir, daha düşük enerjilidir ve daha karardır.

336 burada noktalı çizgiler ile serbest elektronları göstermektedir, enerjisi daha yüksektir ve daha az karardır. düşük enerjili halden yüksek enerjili hale geçmek istersek sisteme belli bir miktarda enerji vermemiz gerekir. Bu enerji, burada iş fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. iş fonksiyonu, serbest elektronların enerjisi ile metale bağlı elektronların enerjisi arasındaki farktır.

358 anlayacağımız en temel şey şudur. İlk durumda, burada şunu görüyoruz, gelen enerji iş fonksiyonundan daha büyüktür, bu durumda, elektronların kopması gerekir. bu oldukça mantıklıdır, şurada gördüğümüz küçük enerji farkı elektronların kinetic enerjisine gidecektir, bu kinetic enerjiyi ayrıca grafiğe alabiliriz.

425 ikinci durumda, gördüğümüz şey (veya olan şey) şudur: gelen enerji, iş fonksiyonundan daha küçüktür, burada iş enerjisini yarısı kadar olduğu görülüyor. bu durumda elektronu koparacak enerji mevcut değildir, bu nedenle e- kopmaz. Bu çok açıktır. Size sorduğum soru buradaki 3. Durum ile ilgiliydi. 3. Durumda, sadece tek foton için konuşmuyoruz, üç foton için konuşuyoruz, bunları metal yüzeyine aynı zamanda gönderiyoruz, her birinin enerjisi aynıdır ve iş fonksiyonunun yarısına eşittir. burada gayri resmi bir durum var. Burada kim bir elektronun kopacağını düşündü?

513 iki kişi, OK, peki kim bu durumda yeterli enerjiye sahip olmadığımızı düşündü? OK, büyük çoğunluk, her ikisinde mantıklı gibi görünüyor, her zaman olmaz ama bu defa çoğunluk doğru düşündü, bu durumda elektron kopmaz. Bunun nedeni fotoelektrik olayın en önemli noktalarından biridir.

538 burada e- lar bir tanecik gibi davranıyor, bunların enerjilerini birbirine ilave edemezsiniz, her bir tanecik bireysel olarak metal tarafından soğurulur ve elektronu uyarır. 550 teknik olarak, çevredeki aynı enerjiye sahip diğer taneciklerin enerjisini toplayamazsınız, dalga gibi olsaydı bunları toplayabilirdiniz, ama tanecik için aynı şeyi yapamazsınız, onların hepsi birbirinden bağımsızdır. İster 3 fotonunuz ister 3 milyon fotonunuz olsun, metale yolladığınızda, minimum frekansta değilse veya minimum enerjide değilse, yapacağınız hiç bir şey yoktur

614 bir metal üzerine gönderilen foton sayısının önemini sorgulayabilirsiniz, mesela, metal yüzeyine çarpan veya metal tarafından absorblanan foton sayısının hiç bir önemi var mı? burada bir ilişki vardır ve metal tarafından soğurulan fotonların sayısı metalden kopan electron sayısı ile orantılıdır. buradaki şekilde göstermek istediğim şey budur, bu küçük bir güneş ışığı, diğer bir deyişle her biri bireysel bir foton. 6 foton giriyor ve bu nedenle çıkan maksimum elektron sayısı 6 olacaktır çünkü, gelen her fotonun metal yüzeyinden en fazla bir elektron uyaracağı ve metal yüzeyinden en fazla bir e koparacağı farz ediliyor.

706 burada bilmemiz gereken şey şudur: önemli olan her bir bireysel fotonun enerjisidir, sayısının pek bir önemi yoktur, şüphesiz her bir fotonun enerjisi metalin iş fonksiyonundan büyük olmalıdır. Burada konuştuğumuz foton sayısı, ışık şiddetine karşılık gelmektedir. ışık şiddeti electron sayısı ile orantılıdır, çünkü ışık şiddetini konuşuyorsak, aynı zamanda enerji miktarını da konuşuyoruz demektir, yani parçacık akımını, bir saniyedeki foton sayısını konuşuyoruz demektir. yüksek bir şiddet varsa, aynı zamanda bir saniyede daha çok foton var demektir, ayrıca bunun ne anlama geldiğini bilmek de önemlidir. Bu foton başına daha fazla enerjiye sahip olduğumuz anlamına gelmez. Bu gerçekten önemli bir farktır. Eğer şiddeti arttırsak her bir fotonun enerjisini arttırmış olmayız, foton sayısını arttırmış oluruz , hangi ışık kaynağı olursa olsun, ister lazer ister diğerleri.

805 şiddet terimlerini konuşacak olursak, genellikle watt birimini kullanırız. Eğer ampülünüzü değiştirirseniz üzerindeki ışık şiddetinin watt cinsinden yazıldığını görürsünüz. Bir problemde ışık şiddetini kullanmanız gerekiyorsa SI birimini kullanmak daha faydalıdır. Işık şiddetinin değeri saniye başına joule dur, yani J/s dir.

825 bu noktada, photoelectric olay la ilgili her tür problemi çözmeniz için gereken temel bilgilerin hepsini öğrenmiş oldunuz. Gördüğünüz gibi verdiğimiz problem setlerinde 3 tanesi bu konu ile ilgili, belki 1 tane daha verebiliriz. Bu konu ilgili bu kadar çok problem vermemizin nedeni, iyonlaşma enerjisine çok benzemesidir, iyonlaşma enerjisini ve photoelectrons spectroscopy ile ilgili problemleri daha sonra göreceğiz. Bu sınıfın tamamının bildiğinden emin olmak istiyorum. Bazen bir soru oldukça farklı bir şekilde kaleme alınmış olabilir, şimdi bu farklı yolları burada özetlemek istiyorum.

905 mesela, foton dediğimizde şüphesiz, aynı zamanda ışık demiş oluruz, bazen electromagnetic ışımada kullanılır. bunlar sizlere problemlerde çeşitli şekillerde sorulabilir ve cevap vermeniz istenebilir. Bazen doğrudan fotonun enerjisini sorarız- bu en kolay senaryodur, çünkü iş fonksiyonu enerji cinsinden verilir. Bu en kolay senaryo olduğu için bunun çok sık sorulmayacağından emin olabilirsiniz, enerjinin doğrudan verildiği problemler çok kolay olur. Veriler genellikle dalgaboyu veya frekans cinsinden verilir, buradan enerjiyi hesaplamamız gerekir.

948 elektron ile ilgili konuştuğumuzda, bu kitapta veya diğer kaynaklarda fotoelektron ifadesini görebilirsiniz, bazen bu iki ifade karıştırılır, çünkü hem fotona hem de elektrona benzemektedir. Buna bir açıklık getirmek istiyorum, bahsedilen elektrondur çünkü bir fotonun enerjisi soğurulduğunda bir elektron açığa çıkar bu nedenle fotoelektron denilmektedir.

1012 elektronları veya fotoelektronları konuştuğumuzda, bunları enerji cinsinden ifade ederiz, bazen de hızlarını konuşuruz, bu durumda $1/2mv^2$ formülünü kullanarak enerjisini bulabiliriz. elektronu dalgaboyu cinsinden de ifade edebiliriz, bunu henüz bilmiyorsunuz, bu ders sonunda öğreneceksiniz, gerçekten elektronlar aynı zamanda dalga özelliğine de sahiptir. Bu konuyu anlattıktan sonra, Elektronun dalgaboyunu kullanarak fotoelektron spektroskopisi veya fotoelektrik olay ile ilgili soru sormak bir oyun gibidir. Bir şeye daha işaret etmek istiyorum. çoğu zaman joules yerine eV ifadesini göreceksiniz, çevirme faktörünü kullanarak bunları birbirine dönüştürebilirsiniz, bu faktör notlarımızda var.

1056 şimdi teste geçelim, photoelectric etkiyi biliyorsunuz, deneye geçmeden önce hesaplama yaparak bir öngörü oluşturalım. demo yaptığımızda bu daha anlamlı olacaktır, böylece başarılı olup olmadığımızı söyleyebiliriz. ümit ederim başarırız, yapacağımız şey bir tür photoelectric etki problemi, Pazartesi notlarına geri dönebilirsiniz, buradaki bütün boşlukları dolduracağız. 1125 Çeşitli biliminsanları photoelectric etki ile ilgili deney yaparken, farklı metaller üzerine yolladıkları ışığın ya frekansını ya da şiddetini ölçmüş, ayrıca kopan elektronların sayısını ve kinetik enerjisini gözlemlemiştir. 1141 web sitesinden dersnotlarının fotokopisini alabilirsiniz ve buradaki bütün grafikleri doldurun. Bunu sadece hatırlamak için değil, ayrıca photoelectric olayı anlamak için yapın.

1151 sınıfta Zn ile ilgili bir problem çözelim, Buradaki deneyde çinko plaka kullanılacak, 1 dakika, bu elektronların nasıl fırlayacağını anlatacağım. Buradaki plakaya 2 farklı ışık kaynağı ile ışık yollayacağız, bunlardan biri 254 nanometrede ışığa yapan bir UV lambası, diğeri benim kırmızı pointerim, 700 nanometre dalgaboyunda ışığa yapıyor.

1222 önce cevaplamamız gereken bir kaç soruy var. Bu metal yüzeyinden elektronların kopmasını bekliyor muyuz? Bunun için yeterli enerjiye sahip miyiz? Bunun için UV ışığından gelen fotonların enerjisini hesaplamamız gerekir. 1239 ayrıca kırmızı laser pointerden gelen fotonların enerjisi nedir? Ayrıca bu ışıkların şiddetlerini hesaplamamız iyi olur. Şimdi kırmızı laser pointer den çıkan foton sayısını hesaplayalım. mesala süre 60 saniye olsun. Lambanın şiddeti 1 miliwatt dır.

1253 önce her bir fotonun enerjisini hesaplayalım, UV lambasından başlayalım. 1310 şunu biliyoruz, enerji = Planck sabiti X nü dür. Fakat bize dalgaboyu verilmiş. O halde nü eşittir c / dalgaboyu

1325 UV lambasından gönderilen her bir fotonun enerjisini bulabiliriz, enerji eşittir $h\nu$ / hc/λ , 1340 bu sayıları eşitlikte yerine koyalım, yani

$$\frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{254 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

1419 inşallah birinin hesap makinesi vardır ve sonucu doğrular, 1415 enerji eşittir 7.82×10^{-19} Joule, 1431 hatırlatırım, buradaki foton başına düşen enerjidir. 1437 çinkonun iş fonksiyonu 6.9×10^{-19} J dür. 1446 çinko üzerine UV ışığı gönderdiğimizde electron kopacaktır.

1452 ne düşünüyorsunuz? 1454 yes .. hıhıh good ok ..

1458 aksini düşünen var mı ıhı no okey bu doğru çünkü UV lambasının her bir fotonu bir electron koparmak için gereken enerjiden daha fazlasına sahiptir.

1518 şimdi şunu düşünelim tepeşir nerde ?? 1525 kırmızı laser pointer de fotonun enerji miktarı 1529 yine, energy eşittir $E = hc/\lambda$, 1532 enerji eşittir $hc/700 \times 10^{-9}$ m, 1547 enerji eşittir 2.84×10^{-19} Joule.

1559 metal yüzeyinden elektron koparmak için gerek enerjiye sahip olduğumuzu düşünen el kaldırsın. 1608 sahip olmadığını düşünen el kaldırsın . 1611 okey el kaldırma tekniği çok iyi.

1614 gerçekten de tek foton çinko yüzeyinden electron koparmak için yeterli enerjiye sahip değil. 1623 son soru, verilen şiddette 60 saniyede gönderilen toplam foton sayısı nedir

1636 şunu unutmayalım 1 mili W (1 mW) , 1×10^{-3} J/s ile aynıdır . 1645 yani 1.00×10^{-3} J / s ve bu birimleri götürecek şekilde çarpmalıyız, öncelikle fotonun enerjisi nedir? 1659 laser de foton başına düşen enerji nedir? 1708 bu değer her foton için 2.84×10^{-19} Joule dür. 1719 sonra 60 saniye ile çarpabiliriz. 1724 sona geldik, laser ışınındaki foton sayısı 2.1×10^{17} foton. 1735 laser ışığında kaç tane foton olduğu hususunda size biraz fikir verir. 1741 bu sayı oldukça büyüktür. 1744 elektronların koparılması ile ilgili olarak bu sayıda fotonu göndermek sizce bir fark yaratır mı? 1753 hayır, bu kadar büyük sayı hiç bir fark yaratmaz

1759 böylece laser ışığının elektron koparamayacağını gördük, 6 saniye gibi sürede ve bu kadar yüksek şiddete sahip olsak bile...Işık şiddeti fotonların enerjisi ile ilgili değildir. 1811 hiç bir etki yaratmaz. 1814 umarım bu öngörüğü burada deney yaparak doğrularız. Prof.Drennan bu aletin elektronla doldurulmasında bana yardım edecek. Şimdi buradaki cihazı ve onun ne yaptığını anlatayım.

1832 Basit olarak, burada bir çinko plaka var, amacımız onu elektron ile doldurmak, sonra bu elektronlardan bazılarını uzaklaştırıp uzaklaştıramadığımız görmek. 1840 fakat bu biraz zor, elektronları gözümüzle göremeyiz. 1845 bunu yapmanın bir yolunu düşünmeliyiz. 1847 Bunun için Drennan cihazı elektron ile doldurmaya çalışıyor, gördüğümüz gibi bu çok yavaş ilerliyor. Bu biraz zaman alacak. 1856 başlangıçta bu çubuklar düşey olarak durmaktadır. çünkü alete bu şekilde bağlanmışlardır. e- sistemde her yere hareket eder. B nedenle 2 çubuk bu şekilde durur. sistem e- ile yüklenince eksi yükler birbirini iter. e- lar birbirinden mümkün olduğu kadar uzaklaşmak isterler, burada oldukça yavaş yükleniyorlar. 1922 bunu yükledikten sonra , e-ları koparmak için levha üzerine ışık yollanacak, çubuklar ilk durumlarına geri dönecekler. 1934 bazen bunu metale dokundurmak daha kolay olabilir. 1941 Anlıyorum . Hareket edip etmediğini görmek zor. 1946 bizim teknolojiğimiz, . kağıt için bir asistan. 1949 Darcy sarı bir kağıt tutacak. Sanırım biraz ilerleme var. Daha önce biraz ilerlemişti, ama göremediniz. 2000 Buradaki cihaz ile ilgili sorusu olan var mı? çubukların tekrar geri dönmesinin sizin için mantıklı bir açıklaması var mı?

2008 bu demo Boston da kış aylarında çok iyi çalışmıştı. O zaman çevrede çok fazla statik elektrik vardı. 2015 şimdi yaz bitmek üzere, hava static elektrik ile dolu değil, bu nedenle cihazı şimdi doldurmak daha zor. denemeye devam edeceğiz. 2025 Belki bir kez daha . metale dokundurmak daha iyi olabilir. 2109 Bu sınıftaki ışıklandırma yeni yapıldı. bu lambalardan UV ışığı gelip gelmediğini merak ediyorum.2120 biraz hileli olurdu. 2133 Sanırım, bu yeterli, görebileceğiz. 2147 hadi deneyelim

2150 önce kırmızı lazer pointeri deneyeceğiz, çünkü hiç bir etki yapmamasını bekliyoruz. 2200 Darcy tedbir olsun diye bu esnada aşağı bak, sisteme lazer yollayacağız, bir şey olmadığını göreceğiz. 2208 ok iyi, bu beklediğimiz gibi oldu. 2212 şimdi tekrar UV ışığı göndereceğim, Darcy gözlerini ve cildini koru. 2241 ok UV ışığı yolluyoruz, hadi bakalım, ne olduğunu görebiliriz, bu cihaz çok iyi çalışmadı, bunu tekrar yükleyelim. 2256 hareketi gördünüz mü veya bundan bir sonuç çıkardınız mı?

2309 bu iyi bir örnek olabilir, laboratuvarında araştırma yaparken her şeyin çok iyi gitmediğini görebilirsiniz, mesela 20 dakika önce bu cihazı ofiste kontrol etmiştik. 2319 aslında buradaki problemin ne olduğunu çözmek gerek. Sanırım odadaki ilave ışıklandırmalardan kaynaklanıyor. Gelecek sefer, sınıfa getirirmeden önce onu şarj edeceğiz. 2341 Ok burada ne olduğunu biraz gördük, çok az hareket etti. 2345 denemeye devam edeceğiz ama belki de, yaşantımıza devam etmeliyiz, olan bu..2353 deneyi durduruyorum. Cihazı yeniden kontrol edelim. Bu deneyi tekrarlayacağız.

2407 notlarımıza geri dönelim. 2417 ne yaptığımıza bir bakalım, UV lambası ile denedik, belirgin bir kayma gözlenemedi, çünkü yüksek bir noktadan başlayamamıştık. 2426 fakat kırmızı lazer pointer denedik ve hareket etmediğini gördük. Öngörümüzün doğru olduğunu anladık ve photoelectric etkiye baktığımızda artık ne olduğunu tahmin edebiliyoruz

2444 Fotoelektrik olay, sadece ışığın parçacık özelliğine sahip olduğunu kanıtlamadı, Einstein ayrıca ışığın aslında bir parçacık akımı olduğunu ileri sürdü, yani bu taneciklerden veya fotonlardan her biri momentuma sahip olmalıydı. 2505 şöyle düşünebiliriz, fotonlar şüphesiz kütleli taneciklerdir, kütleleri yoktur. Kütleye sahip değiller ama momentumları var. Böyle düşünmek biraz garip gelebilir. Einstein ileri sürdüğü ilişki şuydu, $\text{momentum} = \text{Planck sabiti} \times \text{frekans} / \text{ışık hızı}$. 2523 dalga boyuna göre düşünmek bizim için daha yararlı olabilir, $\text{ışık hızı} = \text{frekans} \times \text{dalga boyu}$, o halde momentum eşittir $h \times \text{frekans} / \text{dalga boyu}$

2534 bunu destekleyen bir deney vardı, bu Compton Saçılma Deneyi dir ve Arthur Compton tarafından yapılmıştır. 2542 kısaca, frekansı bilinen bir x-ışın aldı, bu ışığın frekansı oldukça yüksektir, bu ışığı durgun bir e- üzerine gönderdi, e- nun saçıldığını gördü, buna göre elektronun bir momentumu olmalıydı, aynı zamanda frekansı da olmalıydı, bu nedenle, e- na çarpan ışınlar saçılıyor ve dalga boyları azalıyor.

2609 burada, ilk defa, ışığın momentuma sahip olduğu görüldü, ve ışık bir elektrona çarptığında momentumunun bir kısmını e- na transfer ediyordu. Bu deneyde, fotondan e- na momentum transfer edildiği gözlemlendi. Bu photoelectric etkiden tamamen farklı bir deney ve yeni bir kanıtı, evet gerçekten ışık parçacık gibi davranıyordu.

2637 şimdi ışık bazen tanecik gibi davranıyordu, halbuki şimdiye kadar, maddenin ve ışığın ne olduğu hususunda kesin bir ayırım vardı. Işık hakkında konuşursak ışık bir dalgadır, madde hakkında konuşursak madde bir parçacıktır. 2656 bunlar birbirinden kesin olarak ayrılıyordu, bunların davranışları hiç bir zaman örtüşmezdi. Fakat photoelectric etki ve Compton saçılmasından şunu gördük, gerçekten foton bazen tanecikmiş gibi davranır...bu ilişki biraz karmaşıklıkmaya başlamıştı, madde ve ışık arasındaki fark nedir? ışık ve maddeye nasıl yaklaşacaktık.

2719 Louis de Broglie, bir adım daha ileri gitti. Doktora tezinde yeni bir fikir ileri sürdü, Einstein'ın söyledikleri konusunda herkes hemfikirdi, ışık belirli zamanlarda tanecik gibi davranır, ışık şüphesiz dalga boyuna da sahiptir, dalga boyu varsa momentum da olacaktır. Broglie nin söylediği şuydu; bu doğru ise yani ışık hem dalga boyu hem de momentuma sahipse, aynı şey madde içinde doğru olabilir. Madde de hem dalga boyuna hem de momentuma sahip olabilir.

2800 Buna iki farklı şekilde bakabiliriz, ilk görüşe göre Dr. Tezinde yaptığı sadece eşitlikleri yeniden düzenlemektir ve Nobel ödülü aldı. 2808 ikinci görüşe göre ileri sürdüğü bu fikir, bilimde bir devrim oluşturmuştu, çünkü maddenin aynı zamanda dalga gibi davranabileceğini ileri sürmüştü.

2821 Kullandığımız eşitliğe göre, bunları bir araya getirmek daha kolaydır. Çünkü 2823 Momentum eşittir kütle X hız, 2826 Buna göre herhangi bir maddenin dalgaboyunu bulabiliriz, bunda bir sınır yoktur, mesela elektron.

2832 Broglie nin söylediği şey şuydu. Herhangi bir maddenin kütesini ve hızını biliyorsak onun dalgaboyunu da bilebiliriz. 2838 Einstein Broglie yi destekledi ve bunu “büyük bir peçenin köşesini kaldırdı” şeklinde ifade etti, çünkü gerçekten madde ve ışık arasındaki farkın ne olduğukonusunda temel bir anlaşmazlık vardı. 2850 Gerçekte her ikisi de tanecik gibiydi, ve her ikisi de dalga özelliği gösteriyordu. Daha önce söylediğim gibi Broglie in çalışması kesinlikle Nobel ödülü değerinde idi, fakat aynı zamanda onun doktora teziydi.

2906 Onun tez savunmasında neler olduğunu düşünebiliriz, Broglie ye teorisi hakkında sert ve saçma sorular sorulmuştu- bir tez savunurken bunlar olur. Nobel Ödülü değerindeki bir fikride boşluklar bulmak zordur, ve soru da sormak gerekir. Ona sorulmuş olabilecek basit bir soru bulmaya çalışalım. Şöyle demiş olabilirler. Bütün maddelerin dalga özelliğine sahip olduğunu söylüyorsun ama bunları niçin gözleyemiyoruz? Mesela, bir kapıdan geçirilen masa niçin kırınımına uğramıyor? Çevremizdeki maddelerde dalga özelliğinin etkisini niçin göremiyoruz? 2947 bunu açıklamak için herhangi bir şey seçmiş olabilir ve bir hesaplama yapmış olabilir. Bunun bir benzerini şimdi yapacağız. Burada seçeceğimiz örnek bir Matsuzaka atışı. Pek çoğunuz Boston’da yeni olabilirsiniz ve bilmenizi isterim ki M.I.T’de olmak için bir Red Socks hayranı olmanız şart değil. Ama biz genel olarak teşvik ediyoruz. aslında eski takımınızı bırakmanıza gerek yok. Adını bilmediğim eski takımınızı bir kenara koyup Red Socks kulübüne katılabilirsiniz. Red Sox takımı fanı olmak için aynı zamanda takımınızın istatistiklerini bilmelisiniz. Örneğin Matsuzaka gibi bir atıcıdan söz ediyorsak onun ortalama atış hızını bilmeniz istenebilir. eğer iyi bir hayransanız ayrıca M.I.T. de okuyorsanız bu atışların dalga boyunu bilmek isteyebilirsiniz.

Matsuzaka topunun dalga boyunu hesaplamak istiyorsak, önce hızını bilmemiz gerekir, saatte 42 mil. Ama kimyada genellikle deneyler mille yapılmadığı için bunu saniyede 42 metreye çevirelim. Pardon bu arada o saatte 94 mildi.

3109 Bunun için Broglie eşitliğini kullanabiliriz, dalgaboyu eşittir h/mv ve Planck sabitini burada yerine koyabiliriz. Burada J/s yazmak yerine joule un karşılığı olan $\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$ yazmak daha iyidir, böylece birimler sadeleşebilir, bir problem çözerken her zaman birim analizi yapın. 3135 bazen joule u $\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$ ye çevirmeniz gerekebilir. 3142 bunu kütleyle böleriz kütle 0.142 kg dır, bu ligdeki topun kütesidir ve topun hızı saniyede 42 metre idi

54 birim analizi yapalım ve birimleri sadeleştirelim, kg lar ve saniyeler birbirini götürür, üstteki metrelerden biri gider sadece tek metre kalır. 3204 bu iyi, bizde dalgaboyu arıyorduk, cevabımız uzunluk birimi cinsinden , bu iyiye işaret. Matsuzaka topunun dalgaboyunu 1.1×10^{-32} m olarak bulduk. Bu gerçekten çok küçük, ölçülemeyecek kadar küçük bir değerdir. Eğer düşünecek olursak, önemli olan, çevresi ile ilişkili olan dalgaboyu büyüklüğüdür. Topun büyüklüğü, beyzbol sahasının büyüklüğü ile mukayese edilirse 1.1×10^{-32} m anlamlı bir sayı değildir. Çevremizdeki maddelerde dalgaboyu davranışını gözleyememizin nedeni nedir sorusuna Broglie nin vereceği cevap belkide buydu.

54 Burada sadece Matsuzaka nın hesabını yaptık. Bütün atıcıların dalgaboylarını hatırlamak zorunda değilsiniz. Ama şunu beklerim. İster Red Sox hayranı olun ister olmayın, burada

farklı atıcıların listesine ve onların onların ortalama hızlarına bakabilirsiniz, Bunlardan hangisinin dalga boyunun en büyük veya en küçük olduğunu söyleyebilmelisiniz. Bunun için aralarındaki ilişkiyi biliyor olmanız gerekir.

3317 niçin tıklatıcı sorusuna geçmiyoruz. 3323 Burada dört farklı atıcı var, resimlerini görmektesiniz, hepsinin gücü ayrı. Bazen farkı stiller veya farklı tarzlar nedeniyle her zaman aynı hızda atamazsınız, ilk gördüğünüz Matsuzaka saatte 94mil. 3341 onun en uzun dalgaboyuna sahip olduğunu düşünüyorsanız tıklatın. DL den Tim Wakefield, biraz daha yavaş fırlatmış, çünkü hileli atış yapar, onun için çok hızlı fırlatmasına gerek yok. Sonraki, Beckett eskiden saatte 96 mil fırlatırdı. Ve Timlin saatte 91 mil hızla fırlatıyor.

3404 yapmanız için 10 saniye süre daha veriyorum. Tim Lynn (LAYN) benim her zaman favorimdir, dalgaboyu ile hız arasındaki ilişkiyi unuttuysanız bakabilirsiniz, aslında bu ilişkiyi unutmamış gönünüyorsunuz. beni % 1 iniz şaşırttı. Doğru cevaba bakalım, doğru cevap 2 numara wakefield idi. Çünkü taneciğin dalgaboyu ile hızı arasında ters ilişki var.

3442 dalgaboyuna göre, en uzun dalgaboyu wakefield e aittir. ama hala ölçülemeyecek kadar küçüktür. EVET

ÖĞRENCİ: Dururken dalgaboyu niçin sonsuza girmiyor?

3505 Dururken. Biraz düşünüyüm. Üzerinde biraz daha düşünmem gerekir. Aslında böyle bir şey olmaz, sonsuz dalgaboyu olmaz. Eminim burada bir üst sınır var, ışığın farklı dalgaboylarını düşünecek olursak, dalgaboyu ne kadar büyük olursa olsun bir üst sınıra ulaşılır. Ders notlarına dönelim. Yapacak mıyız? OK

3538 Deneyi bir kez daha tekrarlayacağız. UV ışığının etkisini bir kez daha göstermiş olacağız. Buradaki problemin ne olduğunu anladık. Sorun spot ışıklarından kaynaklanıyor. UV ışığının cam tarafından absorblandığını biliyoruz. Bu nedenle cam kullanacağız, UV ışını camdan geçemeyecek. Önce Prof Drennan deneyecek, hiç bir şey olmadığını göreceğiz, şimdi camı uzaklaştıralım OK.

3621 Çok iyi. şimdi hesaplarımıza tamamen inandık, bunu yapmamız çok iyi oldu. Geri dönelim ve farklı objelerin dalgaboyuna bakalım. şimdiye kadar beyzbola baktık, şimdi de e-na bakalım. e- nun dalgaboyunu hesaplayabiliriz, hesapladığımızda onun dalga özelliğinin gözlenebileceğini göreceğiz. Bu eşitlik é da işler.

3647 e- için bu hesaplamayı yapalım, hızının, 1×10^5 m/s olduğunu kabul edelim. Bu durumda dalgaboyu 7×10^{-9} m olacaktır. Çoğu durumda bu tür uzaklıkları nanometre veya angstrom cinsinden veririz, bu 70 angstrome karşılık gelir.

3708 .Öncelikle, mutlak sklalaya baktığımızda, bu dalga boyunun bahsi geçen beyzbol topunun dalga boyundan çok daha büyük olduğunu görürüz. Ayrıca, bunu atomun yarıçapı ile mukayese edersek, atomun çapı 1 ve 10 angstroms arasındadır, elektronun dalgaboyunun çevresinden makul oranda büyük olduğunu görüyoruz, bu nedenle, açıkça dalga özelliğinin, dalga özelliğinin etkisinin gözlenmesini bekleriz.

3738 bu deneysel olarak doğrulanmıştır, -burada yaptığımız deneyden daha açık bir şekilde doğrulanmıştır. bu deney ilk kez Davisson(deyvitsın) and Germer (görmır) tarafından yapılmıştır, bunlar Amerikalı bilimadamlarıydı, é nu Ni kristali üzerine gönderip kırınımına uğratmaya çalışıyorlardı. Bell laboratuvarlarında bunu başardılar. e- nun kırınımına uğradığını buldular. Aslında G.P. Thomson da benzer şeyi göstermişti. elektronu oldukça ince altın folyoda kırınımına uğratmıştı, burada resmi görülmektedir –3808 bu değil. OK

3814 Buradaki kitabınızdan alınan bir resim, altın folyodan geçen e- nun kırınım desenlerini gösteriyor. 3823 gördüğünüz gibi, e nun hem dalga hem de tanecik özelliğine sahip olduğu

doğrulanmıştır. Davison ve Thomson, e- nun dalga özelliğini gösterdikleri için Nobel ödülünü paylaştılar.

3841 Burada bir şeye işaret etmek istiyorum. çünkü JJ Thomson nu 2.dersten hatırlıyoruz, JJ Thomson 1906 da atomda e- nun bulunduğunu ve bunun küçük bir tanecik olduğunu göstererek Nobel ödülü almıştı. GP Thomson onun oğluydu, bunun üzerinde biraz duralım. Eminim durum böyle değildi, fakat bunu çocuğun babaya karşı isyanı gibi düşünebiliriz. 3906 Baba e- nun tanecik olduğunu göstererek Nobel ödülü aldı. 3910 ve oğlu bunun üstüne çıkmak için ne yapabilirim diye düşündü. Bunun tam tersini göstereceğim dedi. Şunu demek istiyorum. “Babam ne derse desin e- bir dalgadır” denesinin nedeni, ancak babamdan farklı bir şey söylersem Nobel ödülü alabilirim diye düşünmüş olması olabilir. ve Nobel ödülü aldı. Aslında bu hikayenin iyi kısmı şu ki her ikisi de haklıydı. gerçekte elektron hem taneciktir hem de dalga. Baba , oğul ve mutlu son. Her ikisi de Nobel ödülü aldı.

3936 Şimdi ne olacak, gerçekte, maddenin bir dalga olması neyi değiştirir? Bunun için biraz geri dönelim. uzun yıllardan beri açıklanamamış bazı olayları açıklamaya çalışalım. Mesela insanlar, çeşitli atomların farklı karakteristik spektrumlarına bakmış, bunları sonraki dersde anlatacağım, ayrı ayrı hatlar görmüştür, fakat atomların emisyonundaki bu izinli veya izinsiz geçişlere ait hatlar klasik fizik ile açıklanamıyordu.

4008 Schrödinger(Şrödincir) eşitliğine dönecek olursak, bu bir hareket eşitliğidir, burada parçacıklar dalga olarak tanımlanmıştır. Basit olarak, tanecik için bir dalga eşitliği vardır. Ve amacımız oldukça özel bir parçacığın dalga eşitliğinden bahsetmektir. Bizi ilgilendiren bu tanecik elektrondur. ve kısaca elektronu dalga özelliğinden bahsedeceğiz.

4035 Bu Erwin Schrödinger dir, bu da onun ileri sürdüğü eşitliğidir. $H\psi = E\psi$ (eyç hat say equal i say)

4055 bunların ne olduğunu açıklayayım. 4047 bu sembol dalga fonksiyonu olarak isimlendirilir, çok kullanacağız, sonraki iki ders bunu konuşacağız. 4048 Şunu söylemek istiyorum. Burada dalga fonksiyonunu elektronun bir gösterimi olarak düşünmenizi istiyorum. Bu elektronu tarif etmenin diğer bir yoludur. Özellikle, farklı orbitalleri konuşurken bunun hakkında daha çok konuşacağız. Bir orbitalin uzydaki parçasıdır. Kısaca, bu parçacığı temsil ediyor, elektronu temsil ediyor, dalgafonksiyonu budur.

4120 buradaki E terimi, enerji dir, buradaki örnekte H atomundaki bir elektronu konuşacağız, örneğin, elektronun çekirdeğe bağlanma enerjisini konuşacağız. 4133 E, bağlanma enerjisidir. 4137 şapkalı H da şapka operatörü gösterir, burada H^{\wedge} , Hamiltonian operatörüdür, bunu dalga fonksiyonu üzerine uygularsak, elektronun bağlanma enerjisinin elde ederiz ve geriye elektronun dalga fonksiyonu kalır

4157 dalga fonksiyonunu daha spesifik olarak tanımlamaya ihtiyacımız var, mesela, elektronun pozisyonunu tanımlamamız gerekir. Burada bir şeyden bahsetmek istiyorum. Bunu tarif etmek için iki yolumuz var, ya kartezyen koordinatları kullanırız yada polar koordinatları kullanırız. 4213 Yani ya x, y, z, yi konuşacağız yada r (ar), θ (teyta), ϕ (fay)

Dalga fonksiyonlarına bir bakın, bir şeye dikkat etmenizi istiyorum. Burada Polar koordinatları kullanacağız, çünkü burada önemli bir etkileşim var, bu elektron ve çekirdek arasındaki etkileşimdir ve bunu r cinsinden tanımlamak istiyoruz, Burada gördüğünüz gibi polar koordinatlarda sadece r terimini kullanırız, halbuki kartezyen koordinatlarda hem y hem de z terimini kullanmak gerekir.

4239 Bunun üstünde durmamın diğer nedeni şu: burada gördüğünüz polar koordinatları belkide fizikte görmüş olabilirsiniz. Bazen farklı disiplinlerin farklı alışkanlıkları olabilir. Bu çok kafa karıştırıcıdır. Çünkü farklı disiplinler arasında pek çok kesişme noktaları var. Bu durumda bire bir karşılaştırma yapmanız gerekebilir.

4259 Buradaki durumda, teta açısı z eksenine olan uzaklığı gösterir, fi açısı ise x eksenine olan uzaklığa karşılık gelir. 4313 Bunları aklınızda bulundurun, aslında bunları çok kullanmayız, Kimyada bunları daha çok grafikler üzerinde kullanmamız gerekecek. Ayrıca çözümlerin açıklamasında çok kullanacağız, ama bunlarla ilgi problem yapmayacağız.

4328 Schrödinger eşitliğini, polar koordinatlara göre şöyle yazabiliriz.

4332 Burada dalga fonksiyonu üzerine uygulanmış bir operasyon r , θ , ϕ cinsinden yazılmıştır, tekrar hatırlayalım. burada E elektronun bağlanma enerjisidir, sonraki elektronun dalga fonksiyonudur

4347 Şunu sorabilirsiniz, H şapka kullanıldığında bu ifade kolay görünüyor. Aslında bunu açık olarak da yazabiliriz. üç farklı ikinci dereceden türev ve üç farklı parametre ile yazıldığında biraz karmaşık gözükecektir..

4401 Bunları bu derste çözmek zorunda değilsiniz, benzer diferensiyel eşitlikleri başka derslerde çözeceksiniz, SE ni çözmek isterseniz kimya derslerini almaya devam edin.

4423 Üzerinde durmak istediğim diğer bir şey, bu H şapka dır, yani Hamiltonian operatörü, Burada en basit haliyle yazılmıştır. bu en kolay şekilde H atomu üzerinde uygulayabiliriz. çünkü H atomunda sadece tek elektron ve tek çekirdek ile uğraşırız, H atomunda çözmek kolaydır, ama çok elektronlu sistemleri ve molekülleri düşünürseniz çok karmaşıklaşır.

Bu derste sadece Schrödinger eşitliğinin çözümlerini göreceğiz, Sadece çözümlerini kullanacağımız için çok şanslısınız, ama kariyerinizde bir gün bunu çözmemiz gerekebilir, Bunların, çözümlerinden bazılarını ve enerjilerini Cuma günü konuşacağız