

0:02 בואו נחזור ללידת היקום העניינים חמים, מאוד חמים ודברים מתרחשים מהר, מאוד מהר
0:14 שבריר הזמן הקטן ביותר שאנחנו יכולים לדבר עליו עשר בחזקת מינוס 43 שניות הטמפרטורה הייתה עשר בחזקת 32 מעלות והצפיפות בלתי מתוארת בשבריר השנייה הזה היה רק כח אוניברסלי אחד ורק סוג אחד של חלקיק יסוד אבל זה לא החזיק מעמד בסוף שבריר שנייה זה, הכבידה נפרדה מהקבוצה בעשר בחזקת מינוס 35 שניות הכח הגרעיני החזק עוזב גם הוא את הקבוצה וזה מעורר את ההתפשטות הארוכה שגרם ליקום בשבריר שנייה לגדול מגודל קטן מאטום לגודל לא ידוע התפשטות זו וההתקררות שאחרי לעשר בחזקת 27 מעלות אפשר לשישה סוגי קווארקים להיווצר – הסבר בחינכית בעשר בחזקת מינוס 12 שניות ועשר בחזקת 15 מעלות הכח החלש והאלקטרומגנטיות נפרדו וקיבלנו את ארבעת הכוחות הבלתי תלויים שאנו מכירים כיום

1:34 בנקודה זו ששת סוגי הלפטונים נוצרו, כולל האלקטרון בעשר בחזקת מינוס 6 שניות - מלינית השנייה הקווארק העליון והתחתון יצרו פרוטונים ונויטרונים כל הקווארקים הכבדים דעכו כל הלפטונים הכבדים דעכו כל האנטי חומר נעלם ובזמן שהיקום היה בן שנייה אחת פרוטונים ונויטרונים כבר מתחברים זה לזה ליצירת הגרעין האטומי הקל ביותר
2:16 חכה, אתה יכול להאט ולהסביר זאת שוב בוודאי דיאנאהאט יכולה לאמר לי את ההבדל בין כח לחומר בוודאי, חומר זה דברים שאפשר להחזיק ביד או לפחות לדמיין שאתה מחזיק ביד וכן זה דבר שגורם לחומר לנוע, להשתנות או להגיב - פעולה אוויר זה חומר, למרות שלא ניתן לראות אותו אלא אם כן אתה בלוס אנג'לס

2:48 יפה, עכשיו תדמיני פיסת חומר ודמיני שאת מפרקת אותו לחלקים בסיסיים ביותר שלו החלקיקים שמרכיבים אותו עד לאטומים, ולפרוטונים, ונויטרונים ולבסוף לקווארקים ולאלקטרונים לו היו ידניו קטנות מספיק, יכולנו להחזיק אותם בידיים אם כן, חלקיקים אלו, עוברים את מבחן ה"להחזיק בידיים" ומוגדרים כחומר אך ברמת מזעור כזאת, דברים מתחילים להראות מטושטשים שימי לב
3:28 אם נסתכל על החומר עד לרמות הקטנות ביותר עלינו לעבור דרך רמות מבנה אשר אפשריות רק הודות לכוחות המחזיקים אותם יחד הפרוטון והאלקטרון, למשל, נמשכים זה לזה וכן המשיכה הזו מחזיק אותם יחד באטום אך מה באמת גורם למשיכה זו איך האלקטרון יודע שהפרוטון שם ומה מושך אותו אליו איך האלקטרון יודע לא להמשיך לנויטרון התשובה היא שהאלקטרון והפרוטון ממלאים חלל סביבם עם אינספור מיליוני חלקיקים אחרים אשר להם קיום זמני בלבד בגלל שמטענו החשמלי ניטרלי, הנויטרון לא [החלל שסביבו לא מכיל את החלקיקים האלה] החלקיקים הללו קיימים רק להרף עין ונעלמים ומוחלפים בידי אחרים הנזרקים מחלקיק האם ברמה הזאת, מעט האנרגיה שצריך לקיום יכולה להיווצר מכלום אך גם נעלמת בשבריר שנייה משום שהאנרגיה שמייצרת אותם יכולה להישמר רק להרף עין

4:58 ניתן לדמיין את החלקיקים הוירטואלים הללו ככדורים הנמשכים לחלקיק האם על ידי רצועות גומי וחוזרים לחלקיק האם כשהם נעלמים אם אחד או יותר מהם יפלוש למרחב של חלקיק וירטואלי אחר הקשור לחלקיק אם אחר הם יכולים להישזר ולהחליף זה את זה שחלוף כזה מורגש על ידי חלקיק האם ככוח. שדות כאלו של חלקיקי וירטואליים, המקיפים חלקיקי אם, נוצרים בתבניות מאוד מסוימות וממלאים את החלל סביבם בצורה מוגדרת היטב ומדענים קוראים להם שדות החלקיקים הוירטואליים נקראים נשאים של כח

5:54 מדענים מזהים ארבעה סוגי שדות כוח וכולם עובדים באותה צורה שתוארה קודם אתם בוודאי מכירים שניים מהכוחות כבידה ואלקטרומגנטיות הם פועלים בחיי היום יום שלנו כח שליש גורם לקווארקים לדבוק יחד ליצירת פרוטונים ונויטרונים ושארית מהכח גורמת לפרוטונים ולנויטרונים לדבוק יחד בגרעין האטום כח זה נקרא הכח החזק או לעיתים כח הצבע הכח הרביעי יוצר רדיואקטיביות נקרא הכח החלש

7:01 החלקיקים הווירטואליים היוצרים את השדות הללו ושמוחלפים בכל כוח נקראים הבוזונים של גייג' ולכל אחד מהכוחות יש את הבוזונים שלו בגבולות מסוימים אנרגיה ומסה יכולה להיווצר מהכלום של הזמן-חלל אך רק לשבריר שנייה וככל שיש לחלקיקים הווירטואליים הללו יותר אנרגיה ומסה הזמן שהם קיימים קצר יותר, לפני שהם חוזרים לחלקיק האם בוזונים קלים יותר, יכולים להתקיים לזמן רב יותר והם יכולים להתרחק יותר מחלקיק האם לפני שהם חייבים לחזור כך שטווח הכת קשור למסת הבוזון

7:55 הפוטון הינו בוזון של הכח האלקטרומגנטי והגרביטון הוא הבוזון של הכבידה שני החלקיקים חסרי מסה ועל כן הטווח של הכוחות הללו בלתי מוגבל

8:19 הכוחות החזקים הם יותר מורכבים המטען האחראי על הכת בין הקווארקים מגיע בשלושה מצבים שונים לא רק שניים כמו במטען חיובי ושלילי באלקטרומגנטיות באנלוגיה לשלושת צבעי היסוד אדום, ירוק וכחול שלושת סוגי המטען בכוח החזק נקראים מטען צבע ונקראים כל אחד על שם הצבע: אדום, ירוק, כחול מכיוון שתיאורית המטען נקראת אלקטרודינמיקה קוונטית או QED תיאורית הקווארקים נקראת כרומודינמיקה קוונטית או QCD

9:13 מעניין לראות שכל החלקיקים הנראים הם לבנים הצבע לעולם אינו נראה לעין ומשום שהפרוטון ובני דודו ההבאריון לכל אחד מהם יש שלושה קווארקים הצבע של הקווארקים חייב להיות אחד לכל אחד אדום ירוק וכחול אשר מתמזגים ללבן ומזונום תמיד יהיו קווארק ואנטי קווארק בזוג צבעם יהיה אדום ואנטי אדום או כחול ואנטי כחול או ירוק ואנטי ירוק קומבינציות הנותנות לבן

10:02 לכוח החזק חייב להיות הבוזון שלו ומסתבר שיש שמונה שמונה גלואונים שונים אשר נושאים את צבע הכח ובניגוד לנשאי הכח האחרים לגלואונים יש מאפייני צבע משלהם ולכן מגיבים זה עם זה בכל פעם ששני קווארקים מגיבים – בתהליך החלפת גלואון הם מחליפים צבעים גם בגלל שגלואונים נמשכים זה אל זה זה אפשרי שיהיה אוסף גלואונים אשר נקרא גלובל - כדור גלוי

10:44 התגובות שנובעות מכח חלש הן בעלות טווח קצר מאוד השפעתם במרחב, קטנה יותר מקוטר של פרוטון וזה מעיד על כך שחלקיקי הכח החלש הנקראים W Z הם מאוד כבדים במרחק קטן מספיק ובאנרגיות גבוהות מספיק לא ניתן להבדיל בין ארבעת הכוחות בגלל שלא ניתן להבדיל בין חלקיקיהם המודל הסטנדרטי של הפיזיקה מאחד QCD עם QED

11:33 ותיאורית הכח החלש טוענת שיש שישה קווארקים ושישה לפטונים ושני עשר בוזונים ביחד עם האנטי חלקיקים שלהם אך רק הקווארקים העליון והתחתון האלקטרון והנויטרינו הקל ביותר הם בלבד מאוכלסים כיום במודל הסטנדרטי את כל מערכת החומר והכוחות למעט כבידה מתוארת במספר משוואות פשוטות ומאורגנת סביב עקרון בסיסי אחד הנקרא הסימטריה המקומית של גייג' מדהים

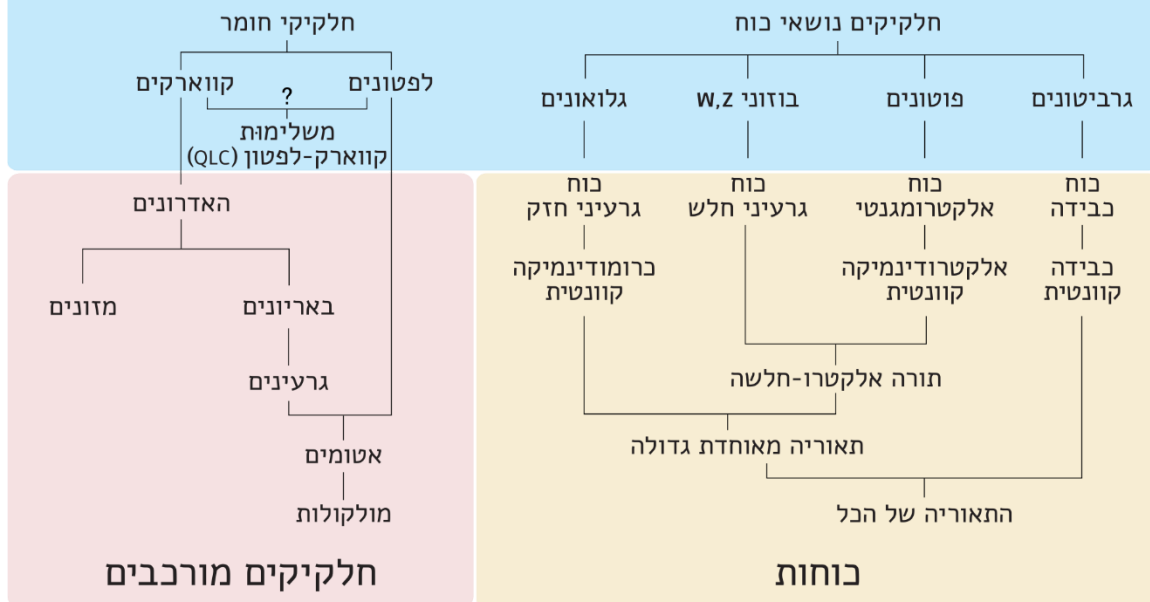
12:28 בסדר, עכשיו אתה רוצה להסביר לי את מה שאמרת מקודם לפני שבקשתי ממך להאט בוודאי בואו נחזור ללידת היקום עניינים חמים, מאוד חמים ודברים מתרחשים מהר, מאוד מהר שבריר הזמן הקטן ביותר שאנחנו יכולים לדבר עליו עשר בחזקת מינוס 43 שניות הטמפרטורה היתה עשר בחזקת 32 מעלות והצפיפות בלתי מתוארת בשבריר השנייה הזו היה רק כח אוניברסלי אחד ורק סוג אחד של חלקיק יסוד אבל זה לא החזיק מעמד בסוף שבריר שנייה זה, הכבידה נפרדה מהקבוצה בעשר בחזקת מינוס 35 שניות הכח הגרעיני החזק עוזב גם הוא את הקבוצה וזה מעורר את ההתפשטות הארוע שגרם ליקום בשבריר שנייה לגדול מגודל קטן מאטום לגודל לא ידוע התפשטות זו וההתקררות שאחריו לעשר בחזקת 27 מעלות אפשר לשישה סוגי קווארקים להיווצר בעשר בחזקת מינוס 12 שניות ועשר בחזקת 15 מעלות הכח החלש והמגנטיות נפרדו וקיבלנו את ארבעת הכוחות הבלתי תלויים שאנו מכירים כיום בנקודה זו ששת סוגי הלפטונים נוצרו, כולל האלקטרון בעשר בחזקת מינוס 6 שניות - מליונית השנייה הקווארק העליון והתחתון יצרו פרוטונים ונויטרונים כל הקווארקים הכבדים דעכו כל הלפטונים הכבדים דעכו כל האנטי חומר נעלם ובזמן שהיקום היה בן שנייה אחת פרוטונים ונויטרונים כבר מתחברים זה לזה ליצירת הגרעין האטומי הקל ביותר סרטון זה תורגם בידי צוות אתר דוידסון אונליין לסרטונים נוספים הכנסו לאתר דוידסון אונליין - מאגר

מדע www.weizmann.ac.il/davidson/maagarmada

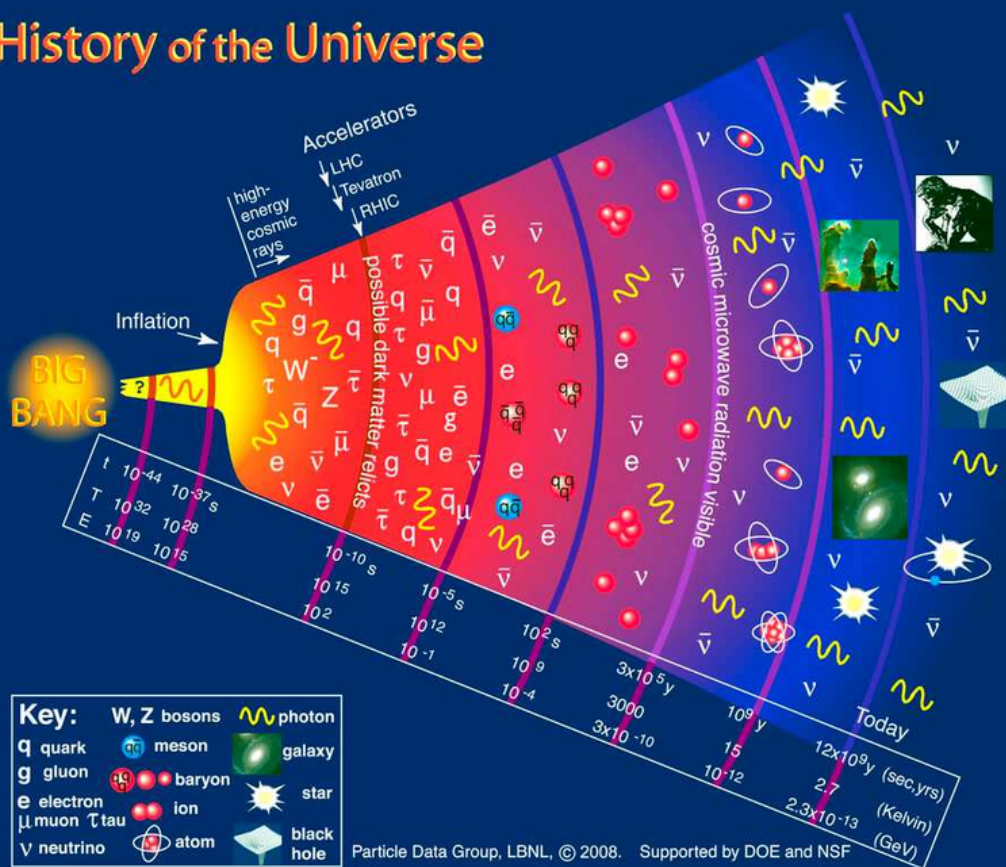
לפטונים

בפרק " חומר , כוחות וסימטריה בטבע" ציינו שקיימים תריסר חלקיקי יסוד של חומר , שישה קוורקים ושישה לפטונים . משפחת הלפטונים מכילה שלושה חלקיקים בעלי מטען חשמלי – האלקטרון , המיואון והטאו – ושלושה חלקיקי נויטרינו שהם חסרי מטען חשמלי . החלוקה הזאת איננה מקרית , קיים קשר בין הנויטרינים ללפטונים הטעונים ; לכל לפטון בעל מטען חשמלי מתאים נויטרינו באותו " טעם" – נויטרינו אלקטרוני (כלומר בטעם אלקטרוני) קשור לאלקטרון , נויטרינו מיואוני קשור למיואון ונויטרינו טאו קשור לחלקיק הטאו . כל זוג כזה מגדיר " דור" במסגרת המודל הסטנדרטי המאחד את הכוחות בטבע . הדורות נבדלים זה מזה במסה של החלקיקים הטעונים . כמו שלושת הדובים בסיפור זהבה ושלושת הדובים , כאלה הם דורות החלקיקים : הטאו , שהוא הכבד מבין השלושה , מזכיר את אבא דוב , המיואון – את אמה דובה , והאלקטרון , שהוא הקל ביותר , את הדובון . וכמו הדייסה שאכל כל אחד מהם , כך גם הנויטרינים . הנויטרינו טאו מייצג את הדייסה של אבא דוב , הנויטרינו המיואוני את הדייסה של אמה דובה (שטעמה שונה מטעם הדייסה של אבא דוב ,) והנויטרינו האלקטרוני מייצג את הדייסה שאוהב הדובון .

חלקיקים יסודיים



History of the Universe



Particle Data Group, LBNL, © 2008. Supported by DOE and NSF