

המאה ה-20

הדיגיטאלית

נאסף ונערך בעברית ע"י פרופ' צבי קם

אתגרי המאה ה-21 (לא בסדר חשיבות...)

- מדעי הסביבה - טבע - זנים נכחדים, גיוון החיים.
- רפואה - אריכות ואיכות חיים, ריפוי מחלות, בקטריות עמידות לאנטיביוטיקה.
- רפואה מותאמת אישית - גנום אישי. החלפת גנים פגומים, שיחזור אברים ותאי גזע.
- זיהום אויר, אטמוספירה - אוזון, גאזי חממה-CO₂, אמוניה.
- אנרגיה מתכלה (דלק אורגאני) ואנרגיות "נקיות" שמש, רוח, גלים, טרמי.
- רובוטיקה - לתעשייה, לנהיגה, לכלכלה. תוכנות לומדות.
- מחשבים ואינפורמציה. שמירת ודליית מידע בעולם פתוח ומתקשר. פרטיות.
- טכנולוגיות למחשבים יותר מהירים וזכרונות גדולים.
- ננוטכנולוגיה - מתקנים קטנים במדע החמרים, ברפואה ובמחשבים.
- חיים בחלל?

אירועי המאה ה-21

- 2001 הטיוטא הראשונה של רצף הגנום האנושי פורסמה.
- 2001 מצומורה Keneth Matsumura משתמש בחמרים מתרפאים מעצמם לשיחזור אברים.
- 2002 טומפסון James Thomson מחזיר תאי עור (תאים ממוינים) להתנהג כמו תאי גזע לא ממוינים מעובר.
- 2003 הצגת ההוכחה להשערת פואנקרה ע"י המתמטיקאי Gregoiri Perelman
- 2006 שיבוט תאי גזע פלורי-פוטנטים מתאי עור ממוינים ע"י Shinya Yamanaka
- 2010 וונטר- J. Craig Venter Insttiute יוצר גנום סינטטי של בקטריה.
- 2010 הוכחות גנטיות לזווגי תערובת בין האדם הננדרטאלי ואוכלוסיה לא אפריקאית היום.
- Neanderthal**
- 2012 בזון היגס, ששוער כחלקיק היסודי הנושא את המסה, התגלה ב-CERN.
- 2012 מולקולות פוטוניות התגלו ב-MIT
- 2014 הדרונים אקסוטיים מתגלים ב- Large Hadron Collider beauty ב-CERN
- 2015 נמצא כוכב עם תכונות דומות לארץ Kepler438b
- 2015 עקבות מים זוהו על מארס (מאדים)
- **** דווחים על נסיונות שיתכן שיאפשרו מחשבים קוונטיים- שובר מהירות האור?
- 2016 צוות LIGO מזהה גלי כבידה מאיחוד (למעשה סיבוב סביב עצמם לפני האיחוד) של חורים שחורים.
- 2017 זוהו 10 כוכבי לכת (במרחק הרבה שנות אור...) עם סיכוי לקיום חיים

המצאות שימושיות של המאה ה-21

לב מלאכותי, מצלמת מעיים בכדור לבליעה, רגליים רובוטיות לנכים, שתל רטינה לראיה
תיקון ועריכת גנים – CRISPR-Cas, ריצוף גנים אישי ב-100\$
מכוניות חשמליות, נהג אוטומאטי, תאי דלק (Fuel cells)
בינה מלאכותית, תכנות לומדות, deep learning
תשובות מחשב לשאלות בדיבור Siri
Big data analysis
Chess: IBM –deep Blue
מחשב משחק GO הבנוי על רשתות נוירוניות ותכנת למידה שמאמנת את עצמה.
iPod, , iPhone, iPad, iTune ,Amazon, Kindle, Music streamers, Android Operating system,
רשתות סלולאריות מדור רביעי 4G
Skype, Facebook, YouTube, Tinder and other social networks
Nintendo, Kinect 3D motion tracker, virtual reality, Google-glass
Web-browsers
BBC iPlayer
פיתוחי חיישנים (אופטיים, ראדאר, מגנטיים) לשימוש מערכות רובוטיות וערים חכמות.
מחשבים קוואנטיים
פיתוחי מעבדה על שבב (לבדיקות רפואיות מהירות, זולות, ובאזורים רחוקים)
פיתוחים בתקשורת אופטית.
פיתוח מצלמות הדמיה (אור, קרני רנטגן, MRI, IR, ראדאר) וסורקי ליזר (ברקוד)
פיתוח תאי שמש, גנרטורי רוח, גנרטורים טרמיים, ומקורות אנרגיה בלתי מתכלים אחרים.

מגמות ותהיות:

שיטות חדשות לקידוחי נפט וגאז בעומק הים ולהפקת דלק מפצלים מורידים את מחיר חבית נפט לחצי - טוב או רע?

הגדלת פערי השכר בעולם הקפיטליסטי מול דעיכת הקומוניזם והסוציאליזם - מה השיטה הכלכלית המועדפת? חקיקה ויסות והכוונה ממשלתית? מדיניות רווחה מורחבת?

עליית קיצוניות פוליטית ודתית בעולם המערבי - סיבות ותוצאות.
האם הדחיה מ-Political correctness במדיה מביאה למרד נגד צביעות ורצון לנשיא כמו טראמפ?

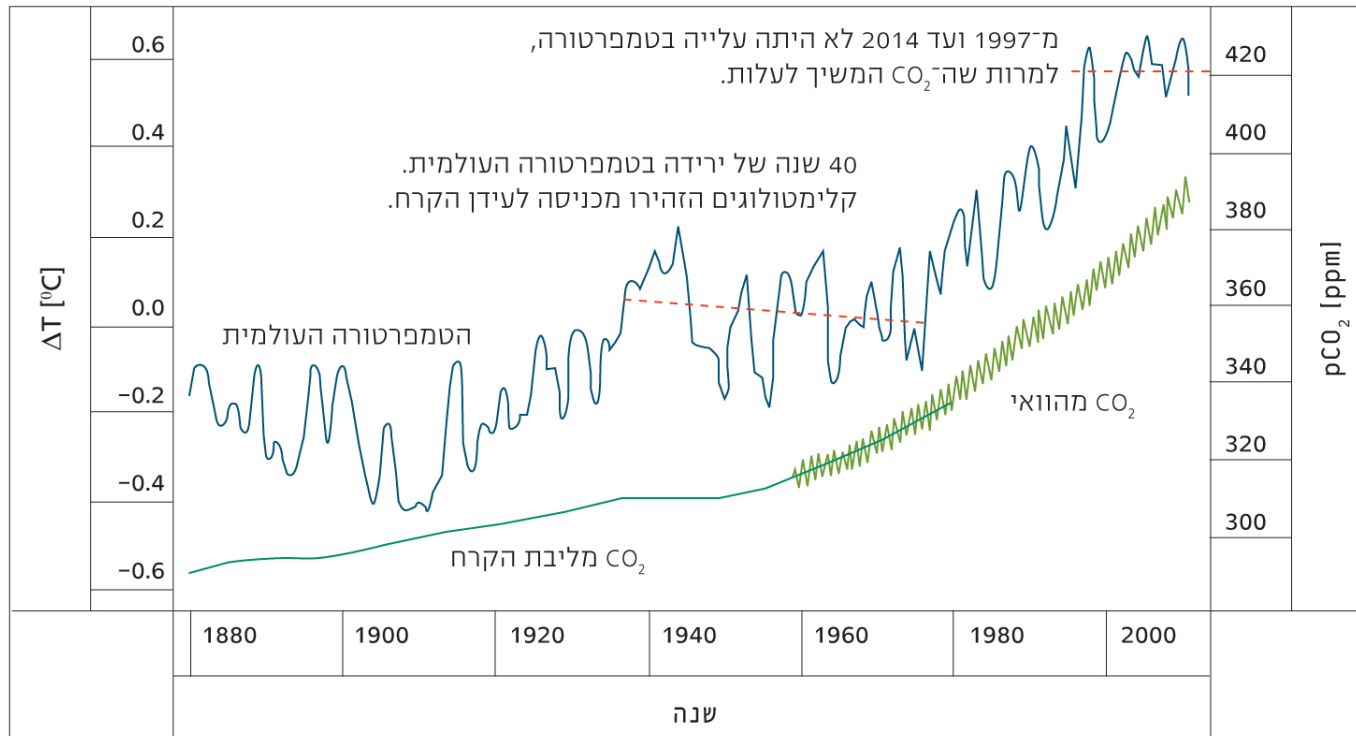
האם ההתקדמות הטכנולוגית מימשה את הציפיות שלנו לחיים טובים יותר? אנרגיה אטומית לא שחררה אותנו מהתלות בניצול שאריות פוטוסינטיזה שלפני חצי מיליארד שנים, הרפואה המודרנית לא הצילה אותנו מסרטן, והשימוש המואץ באנטיביוטיקה יהפוך אותה לבלתי יעילה, אין חיסון לאיידס ואין תחליף לקונדום, אין תרופות יעילות למחלות הזיקנה, שלא לדבר על הזיקנה עצמה, אין מניעת מלחמות, והחשוב ביותר: הטכנולוגיה לא מביאה לפחות עבודה או פחות לחץ בחיים. אולי הטכנולוגיה מציעה הנאות מעולם וירטואלי ברזולוציה משופרת תלת ממדית, בגלל שנכשלה בשיפור עולמנו הממשי...

השימוש באנטיביוטיקה לגידול בקר עופות וחזירים מהווה 80% מהאנטיביוטיקה המיוצרת, ומגדיל את הסיכוי להתפתחות בקטריות עמידות והתפרצות מגיפות שלא יהיו לנו כלים להתמודד איתן. התחבורה המודרנית, בעיקר במטוסים, כבר הדגימה שהיא גורם מאיץ להתפשטות מהירה של מגיפות.

מגמות ותהיות – המשך:

כריתת יערות באמזונאס (כנראה עד 80% בעשורים האחרונים) לצורך גידול סויה וחקלאות, שברובה הולכת להאכלת בעלי חיים לבשר, מקצצת בספיגת הפחמן הדו-חמצני על ידי יערות. יחד עם פליטת גאזי חממה מתחנות חשמל, מכוניות, תעשיות פטרוכימיות ועוד, עלתה רמת דו-תחמוצת הפחמן באטמוספירה מ-0.028% (אחוז נפח) ל-0.04% וכנראה יגיע ל-0.06% בעשורים הבאים.

האם זה יביא לקץ העולם בו אנו חיים? האם יש קשר ישיר של CO₂ להתחממות גלובלית? (ראה גרף: תקופות ארוכות של התחממות ללא עלית CO₂ ולהפך לאחרונה עליה משמעותית ב-CO₂ ועצירת התחממות.)



איור 1. העלייה בריכוז האטמוספרי של פחמן דו-חמצני ושל הטמפרטורות העולמיות נתוני פחמן דו-חמצני וטמפרטורה לקוחים מפרסומי ה-IPCC [12] ואחרים.

תחומים מרכזיים במדע העכשוי:

מקביליות מסיבית, מחשבי טרה-פלופ. שבבים גרפיים GPU (מחשב גרפי מקבילי על שבב) נשבר גבול מהירות פיטה-פלופ של סופר-מחשבים: שימוש ישיר בניבוי הוריקאנים. רובוטים, תבונה מלאכותית, רשתות נירונים, מערכות מורכבות מסתגלות (adaptive), מערכות מומחה (expert), לוגיקה מעורפלת - fuzzy, תבונת מחשבים לומדים deep machine learning, חיים מלאכותיים, אוטומאטים תאיים (cellular automata), קיברנטיקה (Norbert Wiener) 'מרחב סייבר, עולם וירטואלי, תיאורית הכאוס, פרקטאלים, שוי משקל מנוקד (punctuated) גלי גראויטציה - גילוי סחרור של שני חורים שחורים אחד סביב השני - 2016 מים סוכרים חמצן ופחמן-דו-חמצני על כוכבי לכת רחוקים בשביל החלב. מים על מארס? עולם מתנפח, פיזיקת המיתרים, ננוטכנולוגיה, יצירת מימן וחמצן ממים בעזרת אנרגית השמש, ובמקום סוללות חשמליות לאגירת אנרגיה. מדידות אויר כלוא וגאז מתאן בקרחוני הקטב מוכיח עליה חדה בגאזי חממה באטמוספירה. שימושים לננו-צינורות פחם: רמקולים, דפים דקים וחזקים מפלדה לשימושי אויוניקה ועוד (Buckypaper, Ben Wang, Florida state U)

ביולוגיה מולקולארית, גוון ביולוגי (diverstiy), גנום אנושי, ביוספירה ויוזמות לשימורה (space biosphere), טיפולים בעזרת תאי גזע, ושיחזור אברים. ריצוף גן של אדם מתאים בודדים, כולל גילוי מוטציות סרטניות שאינן מצויות בתאי גוף רגילים. טיפולים בחולי איידס עם וירוסים עמידים: Gero Huetter, מברלין עורך גנים בתאי מח עצם.

השגי המדע:

חיסון לאבולה (פעיל גם מעט אחרי הדבקות).
אנרגית ואקום (Saul Perlmutter, Brian Schmidt and Adam Riess-2011 Nobel).
רפלקטורים קטנים ברגישות הגדולה מרפלקטור אחד גדול ויקר DRAGONFLY TELESCOPE.
הדמיה רפואית. מניעת דחיה אימונית בהשתלות Cyclosporine.
אנשים בריאים יותר וחיים יותר, ומחלות ומגיפות תחת שליטה או אף מוגרו (מגיפות חדשות?).
יותר ילדים לומדים והחינוך משתפר ומתפשט.
הדמוקרטיה והשוויון מתפשט: לנשים, בין לאומים וגזעים, אך גם גילויי לאומנות וגזענות.
עוני קיצוני בעולם יורד, וגידול אוכלוסיה נשאר רק בחלק מהמדינות.
חקלאות מודרנית מספקת מזון מספיק לאוכלוסיה, למרות הקטנת שטחים מעובדים.
חשיבות הבקטריות בגופנו (למערכת חיסון, לעיכול, ...) Microbiome
גנום של חיים (ומאובנים) עריכת גנים CRISPR. Bruce Conklin, George Church et al. gene drive.
היררכיה של חיישנים קשורים לומדים לפתור בעיות: DeepMind AI team, Deep Learning,
אינפורמציה ועיבוד שלה (אלגוריטמים) במחשבים לניתוח כללים וחיזוי (big data)
רשתות מידע ותקשורת עולמיות
שיפור טכנולוגיות לחישה, תאורה, תקשורת, מיחשוב, רובוטיקה, סינתזת חמרים, ...

בעיות לא פתורות:

גאזי חממה מתרכזים באטמוספירה - התחממות הארץ. אויר מזוהם (בסין, מקסיקו, ...) פחות מים נקיים בעולם, יותר זני בקטריות חסינים לאנטיביוטיקה. גנים נכחדים, תרבויות נאבדות בגלובליזציה, האנושות הומוגנית - סכוי גבוה יותר להכחדה. יש קטסטרופות גרעיניות, ולמרות הפיקוח יש המשך פיתוח נשק גרעיני בכמה מדינות. שטחים כמו סוציולוגיה, כלכלה, פסיכולוגיה וגם נוירוביולוגיה אינם מספקים תשובות. אין פתרון ליצירת אנרגיה בלי נזקי סביבה, וניצול אנרגית רוח ושמש. בטריות יקרות ומזהמות.

עדין אין תיאוריה המאחדת יחסיות כללית ומכאניקה קוואנטית. שכיחות סרטן עולה (אולי עקב עליה באורך החיים) ואין פתרון לריפוי. לשימוש במדבירים ובדשנים בחקלאות אינטנסיבית אפקטים מצטברים על איכות מים וקרקע. פיתוח זנים עמידים ומניבים הופך חקלאות להיות הומוגנית וחשופה לפגיעה.

תצפית לשינויים במערכת האקולוגית של כדור הארץ:

תחילת מאה 19 – מלטוס **Thomas Maltus** – אוכלוסית האדם גדלה גידול אקפוננציאלי, אך המשאבים (בעיקר מזון) גדלים רק באופן ליניארי, ולכן הסביבה דועכת, ותתמוטט.

1968 – פאול ארליך **Paul Ehrlich** מפרסם "פצצת האוכלוסיה"

1972 – מידוס ועמיתיו **Meadows** מפרסמים "מגבלות הגידול". למרות המיתון בגידול האוכלוסיה, ופתוח טכנולוגיות חדשות, הצריכה לא יכולה לגדול בלי סוף. משתמשים בשיטות סימולציה דינאמית, ולמרות הביקורת על פרטיה, המסקנה נשארה עומדת.

2009, 2015 רוקשטרום ועמיתיו **Rockström** ואח"כ שטיפן ועמיתיו **Steffen** דנים במושג "גבולות כוכב הלכת" ושואלים האם האנושות דחקה את הסביבה שלנו הרחק מעבר למצבה ב-10,000 השנים האחרונות, במה שנוגע לאקלים, כימיה של האטמוספירה (עליה של 50% ב- CO_2 וגאזי חממה אחרים), משאבים, מערכות אקולוגיות, גוון ביולוגי, כימיה ודגה של האוקיאנוסים ומאגרי מים מתוקים, ומחזוריים ביוכימיים ושל חנקן וזרחן בקרקעות (עקב דישון), וחומציות של מי אוקיאנוסים.

40% של שטח הארץ מעובד בחקלאות.

הפתרון היחיד שנראה יציב הוא שוויון בין ה"ניצול" של משאבים לבין ה"חידוש/ייצור" שלהם. האם יש לנו אפשרות כזו? האם משקיעים מספיק לפיתוח טכנולוגיות לשימור הביוספירה שלנו?

חוסר שוויוניות בחברה

חברת המלקטים והציידים הקדמונית היתה שוויונית לגברים: לכולם היו המיומנויות והחלטות בקבוצה היו דמוקרטיות.

התפתחות החקלאות הביאה להפרדה בין האכרים שסיפקו מזון מעבר לצורכיהם עצמם, ולרובד שליט. לצורך מיסים וצבא התפתח צורך בתיעוד כתוב, וניהול המעצמות שהתפתחו דרש בידע של תקשורת פוליטית. לצורך ממשל ייצרו השכבות השליטות מיטוסים ודתות משעבדות.

המהפיכה התעשיתית הביאה לניצול עובדים ללא חוקי עבודה וללא איגודי עובדים. אך האורבניזציה וההתאגדות במפעלים גדולים יצרה כוח פוליטי לפועלים ששנתה כללי שלטון לטובת שוויוניות ומדיניות סעד. בתחילת המאה העשרים מעמדי פועלים הצביעו למפלגות שמאל ועשירים לימין. אולם נושאים מחוץ לכלכלה בחברה הפוסט-חומרנית יצרו דוקא תמיכה שמאלית בין אליטות עשירות, ומעמדי עובדים פנו לימין עקב גורמים תרבותיים (סביבה, מגזריות, דתיות והגירה).

גלובליזציה עירערה מעמד איגודי העובדים, ומהפיכת המידע יצרה את כלכלת הזכיה הגדולה לבודדים, העשירים צברו כוח פוליטי, ואי השוויוניות שוב גדלה בין אליטה עשירה ושאר האזרחים. אולם עיקר הקיטוב בפוליטיקה נובע היום מערכים ולא ממניעים כלכליים. הגלובליזציה הקטינה את אי השוויוניות בין מדינות מתפתחות ומפותחות בזמן שהגדילה אי שוויוניות בתוך המדינות המפותחות. סין והודו סוגרות פערים במהירות, אך לא אפריקה!

עובדי החקלאות בחברה המערבית ירדו מ-55% ב-1850 ל-2% ב-1980, ומקורות התעסוקה עברו לתעשייה (עליה מ-15% ל-25%) ואת הירידה בתעסוקה עקב ייצור רובוטי קיזזה העליה בעובדי שירותים (כיום 80% מכוח העבודה). מתוכם הסקטור של הי-טק, פיננסים ומערכות מידע נראה ככזה שיגדל וימשוך כלכלות למעלה. זה לא קרה בשלשת העשורים האחרונים. מגזר ההי-טק נשאר קטן, ומקורות התעסוקה לשירותים ללא צורכי השכלה (גננים, מלצרים, מטפלות, עובדי מרכולים וקופאים) מתייצב. העליה בתוצר הלאומי אינה מתבטאת בשכר היציג של אוכלוסית השרות, וגם לא של הדרג המקצועי (רופאים, עו"ד, מהנדסים ומדענים) אלא בעליה מטאורית במשכורות ותמלוגי דרג המנהלים, שעלתה מפי 20 עד פי 300 מהמשכורת של עובד מהשורה. התירוץ הקפיטליסטי של תמריץ כלכלי מתמוטט גם בקרב תומכי ימין אופיניים.

חוסר שוויוניות בחברה - המשך

הבעיה המרכזית בשינוי המדיניות היא הפילוג והגוון בנושאים לשינוי שהשמאל נושא על דיגלו: מיסוי עשירים, דה-רגולציה כלכלית, נישואים בין בני מין אחד, מעמד הדת בחינוך ובתרבות, ואצלנו הכנסות הגאז, הפרטת מערכות החינוך הבריאות והסעד, והתישבות בגדה וכיבוש. מלחמות העולם גרמו לעליה במדיניות שוויונית ומחויבות חברתית (מיסי עשירים עד 95% בארה"ב למשל) ובהבנת עוני כתוצר החברה כולה ולא אשמת העני כבודד. וכך העושר תלוי בתרומת החברה כולה ולא הבעלים והמנהלים. מגמה זו התהפכה בסוף המאה ה-20. נפילת הקומוניזם ביטלה את גורם הפחד הקולקטיבי (למרות בעיות הגירה, בטחון וטרור) וגרמה לביטול רגולציות כלכליות שהגדילו את אי השוויון. הגדרה חדשה של "שוויון הזדמנויות" מנסה לשמור על יזמות כבסיס לקפיטליזם ולהקטין הבדלי מעמד, לאום, תרבות ודת כגורם להצלחה אישית. זה דורש אבל גם לשמור על קבלת האחר, על ייחודיות האזרח מול שותפות אזרחית. הרגשת שותפות יכולה להתחזק ולתרום לחוסן חברתי וכלכלי רק תוך שמירה קפדנית על שוויוניות של חוק וסדר, ומניעת שחיתות. ניצול מדיניות סעד ע"י עניים כמו ניצול פרצות חוקיות loop holes חוקי מיסים ע"י עשירים מביאים לריקבון השותפות בחברה. למשל, בדלנות במערכות חינוך (דתי-חילוני, שכונתי, בתי ספר מיוחדים) גורמת לבדלנות חברתית של קבוצות ולירידה במחויבות להדדיות בין החברה כולה והיחיד.

החוקה האמריקאית (בהשראת ניצני המהפיכה הצרפתית) התבססה על חפש ושוויון שהתבטא לא רק בזכות הצבעה אלא גם בכלכלה, למשל פיזור הבעלות על אדמה. כל אמריקאי (אך לא שחורים) היה זכאי להשתתף בלוטו לזכיה באדמות, אך אלה באו מגירוש אינדיאנים, והכלכלה החקלאית התבססה על עבדות. המניפסט הקומוניסטי שאף לשוויון כלכלי אבל על סמך אבדן החירות האישית מול הדיקטטורה של ההמון. בארה"ב החופש גרם לאי שוויון כלכלי קיצוני.

גם חופש הדיעה וההתאגדות בדמוקרטיה נוגד לשוויוניות, כי הוא יוצר קבוצות נבדלות, שמנצלות כסף לרכוש השפעה ברמת המדינה. ביזור הפוליטיקה להתארגנויות אזוריות מקומיות יכול לנטרל השפעת הכסף הגדול על הפוליטיקה הגדולה.

חוסר שוויוניות בחברה - המשך

הבעיה המרכזית בביסוס מערכות שלטון "אידיאליות" היא הסיבוכיות הגבוהה של העובדות ולעיתים חוסר שקיפות ובהירות בהצגתן לציבור. אדם מן השורה שצריך להצביע בקלפי וחייב לגבש את עמדתו, מוצא עצמו מושפע מהמדיה המתבססת על פירסומות קצרצרות ושטחיות, ועל הצגה מוטה וסלקטיבית של המציאות עד כדי גילוי "אמת חלופית" (לפי הגדרת יועצי התקשורת של טראמפ...).

לאדם המודרני הוגבלו שעות העבודה, יש שותפות הורים בנטל המשפחה, ולרוב יש זמן פנוי להעצמה תרבותית. אך התרבות המודרנית מתבססת על בילוי קל ורדוד, ומשוללת לרוב מהשקעה בעומק מחשבתית שדווקא נדרש יותר ויותר בעולמנו המסובך עקב תלות גלובאלית בכל מערכות החיים הכלכליות והתרבותיות.

הגירה של אוכלוסיות

בניגוד לתפיסה של לאומנים בכל העולם, הגירת אוכלוסין ליוותה את כל ההיסטוריה האנושית

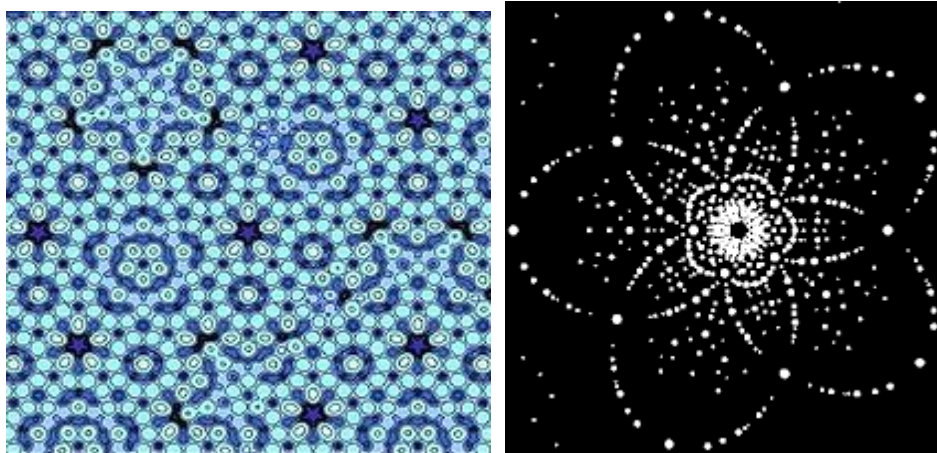
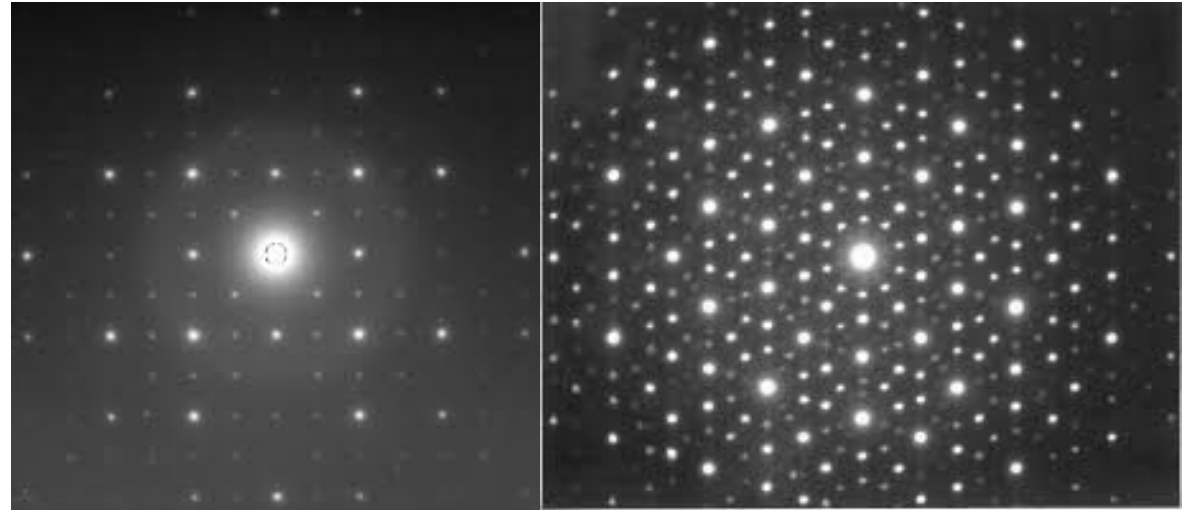
:

- לפני 60,000 שנים הגר האדם מאפריקה
- לפני 50,000 שנים היגרו אבות האבאוריגינים לאוסטרליה
- לפני 40,000 שנים התישבו אנשים באירופה
- לפני 30,000 שנים היה עידן הקרח שדחף אוכלוסיה דרומה
- לפני 18,000 שנים היגרו ציידים-לקטים בחזרה מהמזרח התיכון לאירופה
- לפני 15,000 שנים היגרו ציידים לקטים מאסיה לאמריקה
- לפני 8,000 שנים היגרו חקלאים מאנטוליה לאירופה
- לפני 4,800 שנים פלשו היימניה מערבות אסיה התיכונה (בין הים השחור והכספי) לאירופה ואסיה
- לפני 3,200 שנים פלשו עמי הים התיכון לחופי ישראל
- לפני 2,500 שנים פלשו עמים קלטיים לאנגליה וספרד
- לפני 1,800 שנים פלשו האנגלו-סקסונים לבריטניה
- לפני 1,500 שנים פלשו שבטים גרמאניים (ברברים) לאירופה, דחקו את הרומאים, והתערבו בקלטים
- לפני 1,100 שנים הויקינגים משתלטים על חופי אירופה
- לפני 800 שנים המונגולים כבשו את רוב אסיה, המזרח התיכון ומזרח אירופה
- לפני 500 שנים החלו האירופאים בתהליך פלישה מסיבי לאמריקות

דן שכטמן - קוואזי-גבישים

מתמטיקאים במאה ה-19 הוכיחו שיש מספר מוגבל של אפשרויות לצייר טפטים (Wall paper) עם דוגמאות החוזרות על עצמן. ההרחבה ל-3 ממדים - שריגי ברווה (Bravais lattices) הראתה 14 שריגים עם 32 סימטריות שנותנות 230 סימטריות מרחביות אפשריות, עם סימטריות נקודתיות אפשריות 1,2,3,4 בלבד.

תמונות דיפרקציה בקרני רנטגן מראות סימטריות אלה בברור כשכוון הקרן מקביל לציר הסימטריה בגביש.



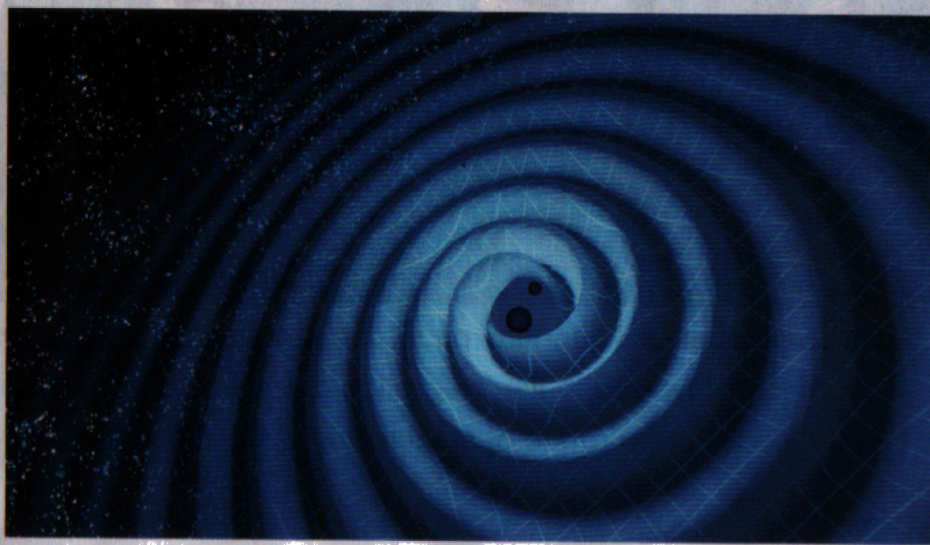
דן שכטמן הראה שיש "קוואזי-גבישים" עם שמירה ארוכת טווח בגביש על כווניות, אך שבירת המחזוריות של העתקה מרחבית, המאפשרת "אריזה" של סימטריות נקודתיות "אסורות" כגון של 5.

גלי כבידה

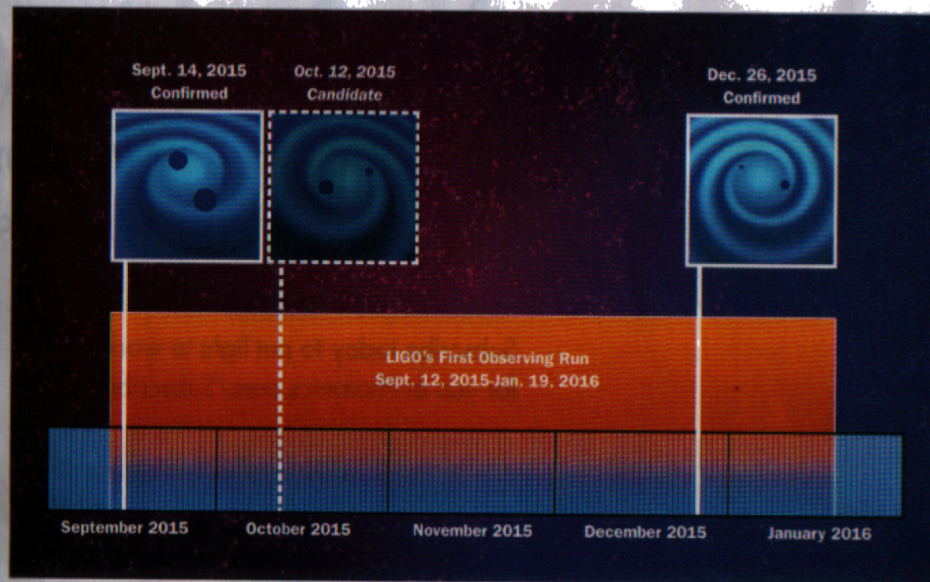
גלי כבידה (גראויטציה)

נובל 1917

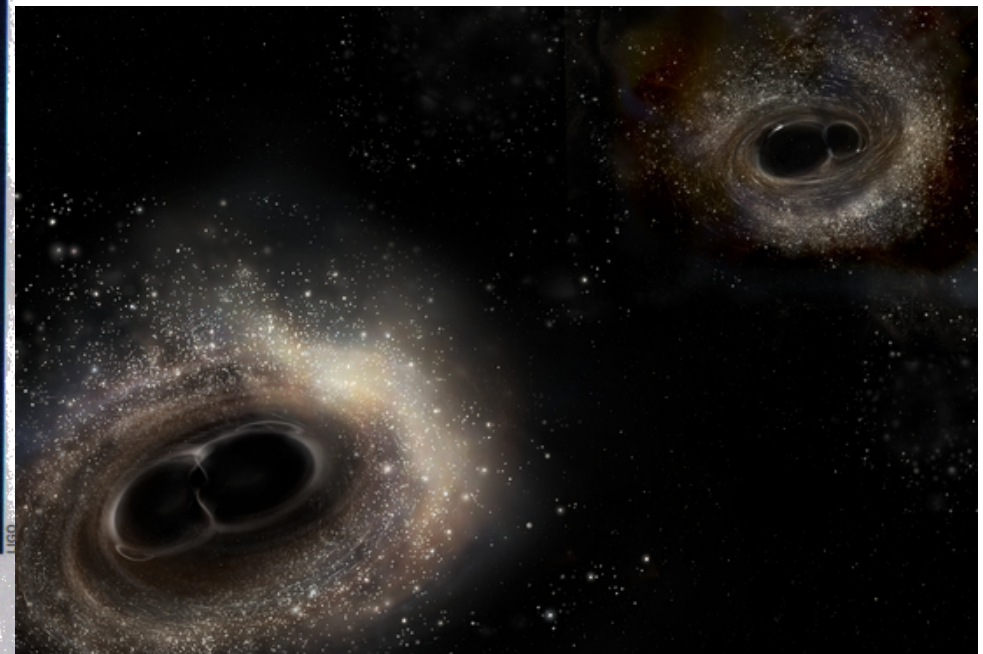
ה"קול" של שני חורים שחורים המתאחדים



This illustration shows the merger of two black holes and the gravitational waves that ripple outward as the black holes spiral toward each other. The black holes — which represent those detected by LIGO on Dec. 26, 2015 — were 14 and 8 times the mass of the sun, until they merged, forming a single black hole 21 times the mass of the sun. In reality, the area near the black holes would appear highly warped, and the gravitational waves would be difficult to see directly.



This timeline shows the dates for two confirmed gravitational-wave detections by LIGO and one candidate detection, which was too weak to unambiguously confirm. All three events occurred during the first four-month run of Advanced LIGO — the upgraded, more-sensitive version of the facilities.



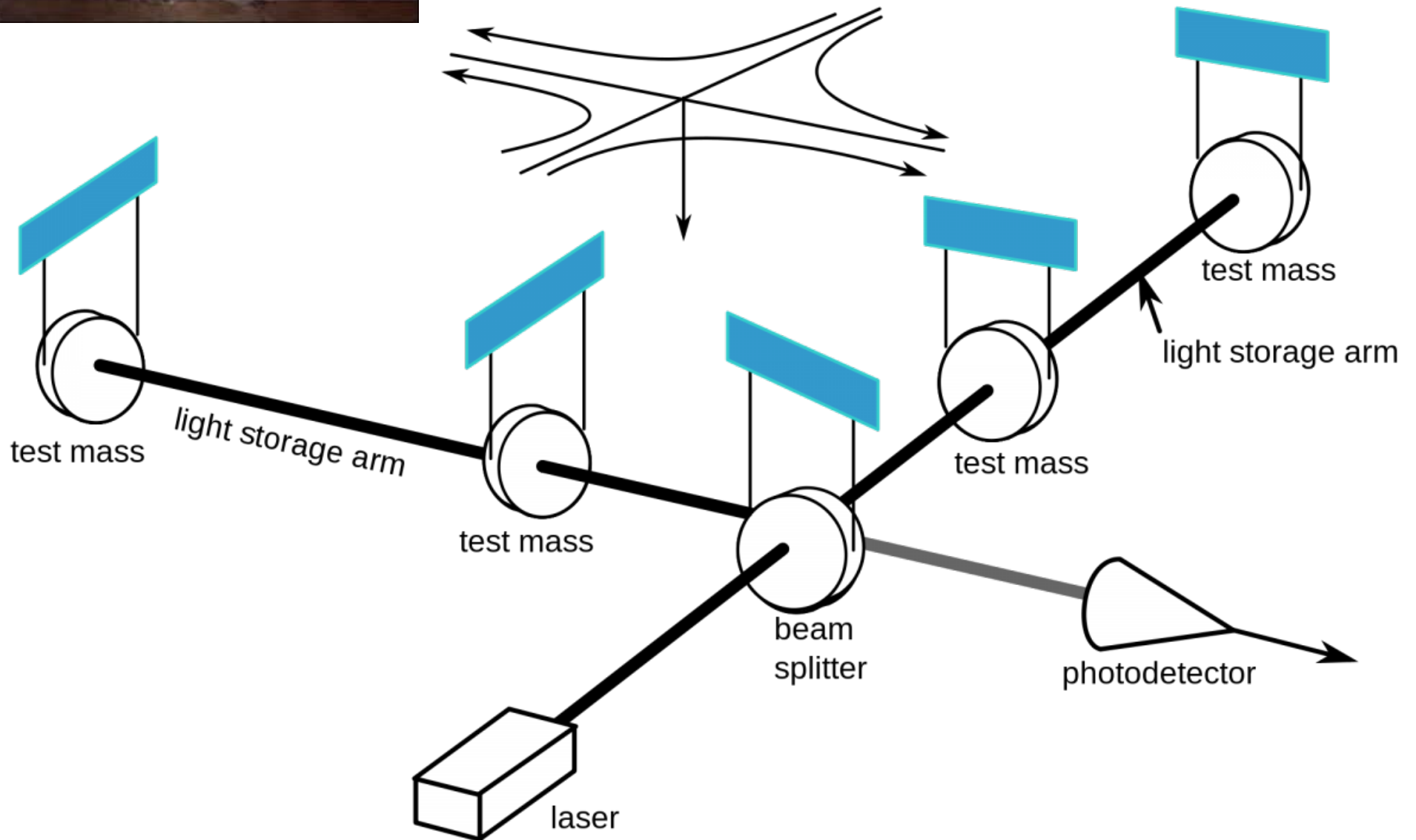
LIGO Laser Interferometer Gravitational wave Observatory

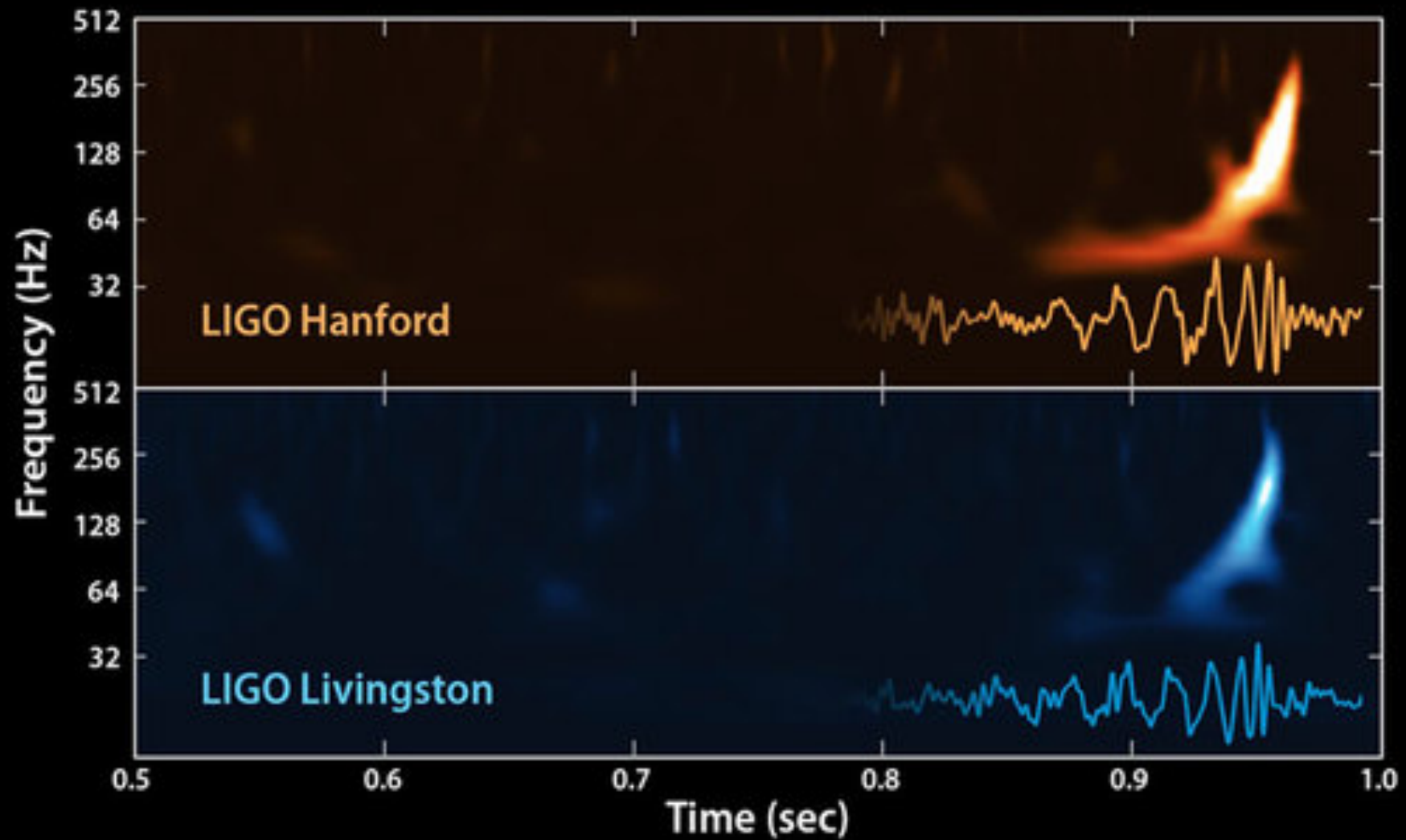
בושינגטון ולואיזיאנה, במרחק של 3000 ק"מ הוצבו שני מכשירי התאבכות המודדים את השפעת גלי הכבידה. בגלל המרחק בין שתי המראות, הן יחוו את גלי הכבידה בהפרש זמן של עד 10 מילי-שניות. מדידת הפרש הזמן גם מאפשר לחשב את הכוון בשמים של מקור הקרינה ע"י טריאנגולציה.



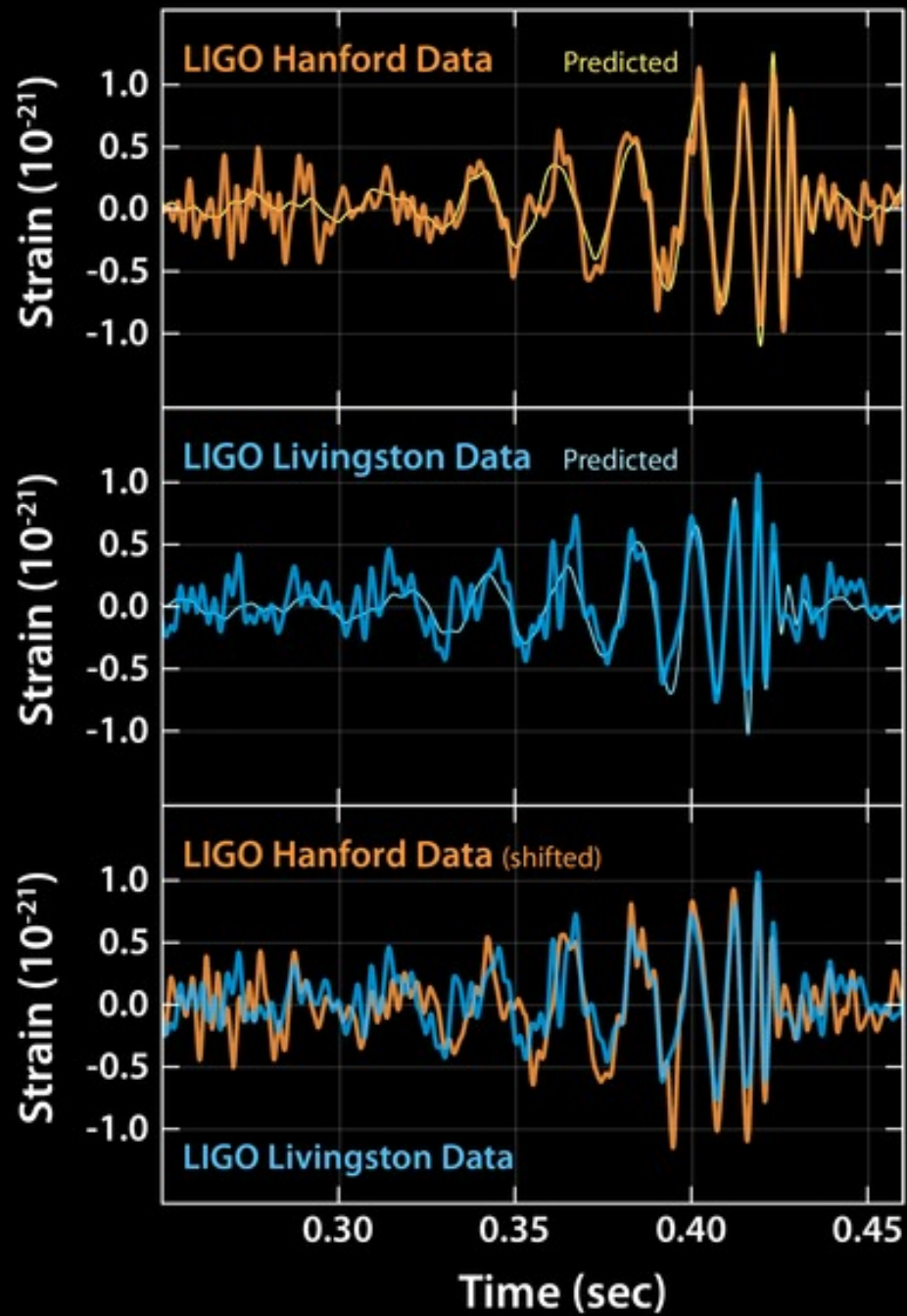


איך עובד LIGO?
(כמו אינטרפרומטר של מיקלסון). אורך כל זרוע כ-4 ק"מ.
גלי הכבידה משפיעים בצורה שונה על שתי הזרועות,
וגורמים לשינוי בעצמת התאבכות הקרניים.





ה"קול" של שני חורים שחורים המתאחדים משני המיצפים



מהפרש הזמן בין
 המדידות ניתן לדעת
 את הכוון בשמים
 ממנו קורנים גלי
 הכבידה

נספח:
זוכי מדליית קופליי
של האקדמיה המלכותית הבריטית

Copley Medal 21-st century

2000 **Alan R. Battersby** "In recognition of his pioneering work in elucidating the detailed biosynthetic pathways to all the major families of plant alkaloids. His approach, which stands as a paradigm for future biosynthetic studies on complex molecules, combines isolation work, structure determination, synthesis, isotopic labelling and spectroscopy, especially advanced NMR, as well as genetics and molecular biology. This spectacular research revealed the entire pathway to vitamin B12"

2001 **Jacques Miller** "For his work on the immunological function of the thymus and of T cells, which has revolutionised the science of immunology. Professor Millers work is paving the way for designing new methods to improve resistance to infections, producing new vaccines, enhancing graft survival, dealing with autoimmunity and even persuading the immune system to reject cancer cells" —

2002 **John Pople** "For his development of computational methods in quantum chemistry. His work transformed density functional theory into a powerful theoretical tool for chemistry, chemical physics and biology"

2003 **John Gurdon** "For his unique range of groundbreaking discoveries in the fields of cell and developmental biology. He pioneered the concept that specialised cells are genetically equivalent and that they differ only in the genes they express not the genes they contain, a concept fundamental to modern biology"

2004 **Harry Kroto** "in recognition of his seminal contributions to understanding the fundamental dynamics of carbon chain molecules, leading to the detection of these species (polyynes) in the interstellar medium by radioastronomy, and thence to the genesis of a new era in carbon science"

2005 **Paul Nurse** "for his contributions to cell biology in general, and to the elucidation of the control of cell division."

2006 **Stephen Hawking** "For his outstanding contribution to theoretical physics and theoretical cosmology. "

2007 **Robert May** "for his seminal studies of interactions within and among biological populations that have reshaped our understanding of how species, communities and entire ecosystems respond to natural or human created disturbance."

2008 **Roger Penrose** "for his beautiful and original insights into many areas of mathematics and mathematical physics. Sir Roger has made outstanding contributions to general relativity theory and cosmology, most notably for his work on black holes and the Big Bang."

2009 **Martin Evans** "for his seminal work on embryonic stem cells in mice, which revolutionised the field of genetics."

2010 **David Cox** "for his seminal contributions to the theory and applications of statistics."

Tomas Lindahl "for his seminal contributions to the understanding of the biochemistry of DNA repair."

2011 **Dan McKenzie** "For his seminal contributions to the understanding of geological and geophysical phenomena including tectonic plates."

2012 **John Walker** "For his ground-breaking work on bioenergetics, discovering the mechanism of ATP synthesis in the mitochondrion."

2013 **Andre Geim** "For his numerous scientific contributions and, in particular, for initiating research on two-dimensional atomic crystals and their artificial heterostructures."

2014 **Alec Jeffreys** "For his pioneering work on variation and mutation in the human genome."

2015 **Peter Higgs** "For his fundamental contribution to particle physics with his theory explaining the origin of mass in elementary particles, confirmed by the experiments at the Large Hadron Collider."

2016 **Richard Henderson** "In recognition of his fundamental and revolutionary contributions to the development of electron microscopy of biological materials, enabling their atomic structures to be deduced."

פרסי נובל בפיזיקה

PHYSICS

2000-Zhores I. Alferov and Herbert Kroemer "for developing semiconductor heterostructures used in high-speed- and opto-electronics"

2000-Jack S. Kilby "for his part in the invention of the integrated circuit"

2001-Eric A. Cornell, Wolfgang Ketterle and Carl E. Wieman "for the achievement of Bose-Einstein condensation in dilute gases of alkali atoms, and for early fundamental studies of the properties of the condensates"

2002-Raymond Davis Jr. and Masatoshi Koshiba "for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos"

2002-Riccardo Giacconi "for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources"

2003-Alexei A. Abrikosov, Vitaly L. Ginzburg and Anthony J. Leggett "for pioneering contributions to the theory of superconductors and superfluids"

2004-David J. Gross, H. David Politzer and Frank Wilczek "for the discovery of asymptotic freedom in the theory of the strong interaction"

2005-Roy J. Glauber "for his contribution to the quantum theory of optical coherence"

2005-John L. Hall and Theodor W. Hänsch "for their contributions to the development of laser-based precision spectroscopy, including the optical frequency comb technique"

2006-John C. Mather and George F. Smoot "for their discovery of the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation"

2007-Albert Fert and Peter Grünberg "for the discovery of Giant Magnetoresistance"

PHYSICS

2008-Yoichiro Nambu "for the discovery of the mechanism of spontaneous broken symmetry in subatomic physics"

2008-Makoto Kobayashi and Toshihide Maskawa "for the discovery of the origin of the broken symmetry which predicts the existence of at least three families of quarks in nature"

2009-Charles Kuen Kao "for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication"

2009-Willard S. Boyle and George E. Smith "for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor"

2010-Andre Geim and Konstantin Novoselov "for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene"

2011-Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt and Adam G. Riess "for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae"

2012- Serge Haroche and David J. Wineland "for ground-breaking experimental methods that enable measuring and manipulation of individual quantum systems"

2013- François Englert and Peter W. Higgs "for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"

2014- Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura "for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources"

PHYSICS

2015- Takaaki Kajita & Arthur B. McDonald "for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass"

2016- David J. Thouless, F. Duncan M. Haldane & John M. Kosterlitz "for theoretical discoveries of topological phase transitions and topological phases of matter"

פרסי נובל בכימיה

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Nobel_laureates_in_Chemistry

CHEMISTRY

2000-Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid and Hideki Shirakawa "for the discovery and development of conductive polymers"

2001-William S. Knowles and Ryoji Noyori "for their work on chirally catalysed hydrogenation reactions"

2001-K. Barry Sharpless "for his work on chirally catalysed oxidation reactions"

2002-Kurt Wüthrich "for his development of nuclear magnetic resonance spectroscopy for determining the three-dimensional structure of biological macromolecules in solution"

2002-John B. Fenn and Koichi Tanaka "for their development of soft desorption ionisation methods for mass spectrometric analyses of biological macromolecules"

2003-Peter Agre "for the discovery of water channels"

2003-Roderick MacKinnon "for structural and mechanistic studies of ion channels"

2004-Aaron Ciechanover, Avram Hershko and Irwin Rose "for the discovery of ubiquitin-mediated protein degradation"

2005-Yves Chauvin, Robert H. Grubbs and Richard R. Schrock "for the development of the metathesis method in organic synthesis"

2006-Roger D. Kornberg "for his studies of the molecular basis of eukaryotic transcription"

2007-Gerhard Ertl "for his studies of chemical processes on solid surfaces"

2008-Osamu Shimomura, Martin Chalfie and Roger Y. Tsien "for the discovery and development of the green fluorescent protein, GFP"

2009-Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz and Ada E. Yonath "for studies of the structure and function of the ribosome"

CHEMISTRY

2010- Richard F. Heck, Ei-ichi Negishi and Akira Suzuki "for palladium-catalyzed cross couplings in organic synthesis"

2011-Dan Shechtman "for the discovery of quasicrystals"

2012- Robert J. Lefkowitz and Brian K. Kobilka "for studies of G-protein-coupled receptors"

2013- Martin Karplus, Michael Levitt and Arieh Warshel

"for the development of multiscale models for complex chemical systems"

2014- Eric Betzig, Stefan W. Hell and William E. Moerner "for the development of super-resolved fluorescence microscopy"

2015-Tomas Lindahl, Paul Modrich and Aziz Sancar "for mechanistic studies of DNA repair"

2016-Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart and Bernard L. Feringa "for the design and synthesis of molecular machines"

**פרסי נובל
בפיזיולוגיה
וברפואה**

PHYSIOLOGY & MEDICINE

2000-Arvid Carlsson, Paul Greengard and Eric R. Kandel "for their discoveries concerning signal transduction in the nervous system"

2001-Leland H. Hartwell, Tim Hunt and Sir Paul M. Nurse "for their discoveries of key regulators of the cell cycle"

2002-Sydney Brenner, H. Robert Horvitz and John E. Sulston "for their discoveries concerning genetic regulation of organ development and programmed cell death"

2003-Paul C. Lauterbur and Sir Peter Mansfield "for their discoveries concerning magnetic resonance imaging"

2004-Richard Axel and Linda B. Buck "for their discoveries of odorant receptors and the organization of the olfactory system"

2005-Barry J. Marshall and J. Robin Warren "for their discovery of the bacterium *Helicobacter pylori* and its role in gastritis and peptic ulcer disease"

2006-Andrew Z. Fire and Craig C. Mello "for their discovery of RNA interference - gene silencing by double-stranded RNA"

2007-Mario R. Capecchi, Sir Martin J. Evans and Oliver Smithies "for their discoveries of principles for introducing specific gene modifications in mice by the use of embryonic stem cells"

2008-Françoise Barré-Sinoussi and Luc Montagnier "for their discovery of human immunodeficiency virus"

2008-Harald zur Hausen "for his discovery of human papilloma viruses causing cervical cancer"

PHYSIOLOGY & MEDICINE

2009-Elizabeth H. Blackburn, Carol W. Greider and Jack W. Szostak "for the discovery of how chromosomes are protected by telomeres and the enzyme telomerase"

2010-Robert G. Edwards "for the development of in vitro fertilization"

2011-Bruce A. Beutler and Jules A. Hoffmann "for their discoveries concerning the activation of innate immunity"

2011-Ralph M. Steinman "for his discovery of the dendritic cell and its role in adaptive immunity"

2012- Sir John B. Gurdon and Shinya Yamanaka "for the discovery that mature cells can be reprogrammed to become pluripotent"

2013- James E. Rothman, Randy W. Schekman and Thomas C. Südhof "for their discoveries of machinery regulating vesicle traffic, a major transport system in our cells"

2014- John O'Keefe, May-Britt Moser and Edvard I. Moser "for their discoveries of cells that constitute a positioning system in the brain"

2015- William C. Campbell and Satoshi Ōmura "for their discoveries concerning a novel therapy against infections caused by roundworm parasites"

2016- Yoshinori Ohsumi "for his discoveries of mechanisms for autophagy"

פרסי טורינג למדעי המחשב

<http://amturing.acm.org/byyear.cfm>

2000 Andrew Chi-Chih Yao In recognition of his fundamental contributions to the theory of computation, including the complexity-based theory of pseudorandom number generation, cryptography, and communication complexity.

2001 Ole-Johan Dahl and Kristen Nygaard For ideas fundamental to the emergence of object-oriented programming, through their design of the programming languages Simula I and Simula 67.

2002 Ronald L. Rivest, Adi Shamir and Leonard M. Adleman For their ingenious contribution for making public-key cryptography useful in practice.

2003 Alan Kay For pioneering many of the ideas at the root of contemporary object-oriented programming languages, leading the team that developed Smalltalk, and for fundamental contributions to personal computing.

2004 Vinton G. Cerf and Robert E. Kahn For pioneering work on internetworking, including the design and implementation of the Internet's basic communications protocols, TCP/IP, and for inspired leadership in networking.

2005 Peter Naur For fundamental contributions to programming language design and the definition of ALGOL 60, to compiler design, and to the art and practice of computer programming.

- 2006 Frances E. Allen** For pioneering contributions to the theory and practice of optimizing compiler techniques that laid the foundation for modern optimizing compilers and automatic parallel execution.
- 2007 Edmund M. Clarke, E. Allen Emerson and Joseph Sifakis** For [their roles] in developing model checking into a highly effective verification technology, widely adopted in the hardware and software industries.[8]
- 2008 Barbara Liskov** For contributions to practical and theoretical foundations of programming language and system design, especially related to data abstraction, fault tolerance, and distributed computing.
- 2009 Charles P. Thacker** For his pioneering design and realization of the Xerox Alto, the first modern personal computer, and in addition for his contributions to the Ethernet and the Tablet PC.
- 2010 Leslie G. Valiant** For transformative contributions to the theory of computation, including the theory of probably approximately correct (PAC) learning, the complexity of enumeration and of algebraic computation, and the theory of parallel and distributed computing.
- 2011 Judea Pearl** For fundamental contributions to artificial intelligence through the development of a calculus for probabilistic and causal reasoning.[9]
- 2012 Shafi Goldwasser / Silvio Micali** for transformative work that laid the complexity-theoretic foundations for the science of cryptography, and in the process pioneered new methods for efficient verification of mathematical proofs in complexity theory.
- 2013 Leslie Lamport** For fundamental contributions to the theory and practice of distributed and concurrent systems, notably the invention of concepts such as causality and logical clocks, safety and liveness, replicated state machines, and sequential consistency.

2014 Michael Stonebraker For fundamental contributions to the concepts and practices underlying modern database systems.

2015 Diffie, Whitfield & Hellman, Martin For inventing and promulgating both asymmetric public-key cryptography, including its application to digital signatures, and a practical cryptographic key-exchange method.

Fields Medal

במתמטיקה

2002 Laurent Lafforgue For proving the global Langlands correspondence for function fields, a major advance toward the realization of the "Langlands Program," which deals with the deep connections between number theory, analysis, and group representation

Group theory | Number theory

Vladimir Voevodsky For developing a new cohomology theory for algebraic varieties, which represents an important advance in number theory and algebraic geometry

2006 Grigory Perelman For his contributions to geometry and his revolutionary insights into the analytical and geometric structure of the Ricci flow. His results provide a way of resolving two outstanding problems in topology: the Poincaré Conjecture and the Thurston Geometrization Conjecture. The mathematical community is in the process of checking his work to ensure that it is entirely correct and that the conjectures have been proved.

Geometry | Topology

Andrei Okounkov For his contributions bridging probability, representation theory, and algebraic geometry. | Algebraic geometry | Group theory | Probability

Terence Tao For his contributions to partial differential equations, combinatorics, harmonic analysis, and additive number theory. | Combinatorial theory | Differential equation | Fourier series and transforms | Number theory

Wendelin Werner For his contributions to the development of stochastic Loewner evolution, the geometry of two-dimensional Brownian motion, and conformal field theory.

Brownian movement | Conformal mapping | Stochastic process

2010 Elon Lindenstrauss For his results on measure rigidity in ergodic theory, and their applications to number theory. | Number theory | Topological dynamics

Ngô Báo Châu For his proof of the Fundamental Lemma in the theory of automorphic forms through the introduction of new algebra-geometric methods.

Group theory | Number theory

Stanislav Smirnov For the proof of conformal invariance of percolation and the planar Ising model in statistical physics. | Ising model | Mathematical physics | Statistical mechanics

Cedric Villani For his work proofs of nonlinear Landau damping and convergence to equilibrium for the Boltzmann equation | Entropy | Plasma (physics) | Thermodynamic principles

2014 Artur Avila Cordeiro de Melo For his profound contributions to dynamical systems theory, which have changed the face of the field, using the powerful idea of renormalization as a unifying principle.

Manjul Bhargava For developing powerful new methods in the geometry of numbers, which he applied to count rings of small rank and to bound the average rank of elliptic curves.

Martin Hairer For his outstanding contributions to the theory of stochastic partial differential equations, and in particular for the creation of a theory of regularity structures for such equations.

Maryam Mirzakhani For her outstanding contributions to the dynamics and geometry of Riemann surfaces and their moduli spaces

2018

Abel prize

במתמטיקה

<http://www.abelprize.no>

נוסד ע"י הממשלה הנורווגית ע"ש המתמטיקאי הנורווגי (1802–29) **Niels Henrik Abel**

2003 Jean-Pierre Serre Collège de France

"for playing a key role in shaping the modern form of many parts of mathematics, including topology, algebraic geometry and number theory"

2004 Michael Atiyah; British;

Isadore Singer United States American University of Edinburgh; MIT

"for their discovery and proof of the index theorem, bringing together topology, geometry and analysis, and their outstanding role in building new bridges between mathematics and theoretical physics"

2005 Peter Lax United States American Courant Institute

"for his groundbreaking contributions to the theory and application of partial differential equations and to the computation of their solutions"

2006 Lennart Carleson Sweden Swedish Royal Institute of Technology

"for his profound and seminal contributions to harmonic analysis and the theory of smooth dynamical systems"

2007 S. R. Srinivasa Varadhan India, United States American Courant Institute

"for his fundamental contributions to probability theory and in particular for creating a unified theory of large deviation"

2008 John G. Thompson; United States American; University of Florida;

Jacques Tits Belgium France French Collège de France

"for their profound achievements in algebra and in particular for shaping modern group theory"

2009 Mikhail Gromov Russia Institut des Hautes Études Scientifiques Courant Institute

"for his revolutionary contributions to geometry"

- 2010 John Tate** United States American University of Texas at Austin
"for his vast and lasting impact on the theory of numbers"
- 2011 John Milnor** United States Stony Brook University
"for pioneering discoveries in topology, geometry, and algebra"
- 2012 Endre Szemerédi** Hungary US Alfréd Rényi Institute and Rutgers University
"for his fundamental contributions to discrete mathematics and theoretical computer science, and in recognition of the profound and lasting impact of these contributions on additive number theory and ergodic theory"
- 2013 Pierre Deligne** Belgium Institute for Advanced Study
"for seminal contributions to algebraic geometry and for their transformative impact on number theory, representation theory, and related fields"
- 2014 Yakov Sinai** Russia US Landau Institute for Theoretical Physics Princeton University
"for his fundamental contributions to dynamical systems, ergodic theory, and mathematical physics"
- 2015 John F. Nash, Jr.** US (Nobel prize for economics for game theory)
Louis Nirenberg Canada US Princeton University Courant Institute
"for striking and seminal contributions to the theory of nonlinear partial differential equations and its applications to geometric analysis"
- 2016 Andrew J Wiles** British -> US Princeton
"for his stunning proof of Fermat's Last Theorem by way of the modularity conjecture for semistable elliptic curves, opening a new era in number theory."

**פרסי נובל
בכלכלה**

ECONOMY

2000-James J. Heckman "for his development of theory and methods for analyzing selective samples"

2000-Daniel L. McFadden "for his development of theory and methods for analyzing discrete choice"

2001-George A. Akerlof, A. Michael Spence and Joseph E. Stiglitz "for their analyses of markets with asymmetric information"

2002-Daniel Kahneman "for having integrated insights from psychological research into economic science, especially concerning human judgment and decision-making under uncertainty"

2002-Vernon L. Smith "for having established laboratory experiments as a tool in empirical economic analysis, especially in the study of alternative market mechanisms"

2003-Clive W.J. Granger "for methods of analyzing economic time series with common trends (cointegration)"

2003-Robert F. Engle III "for methods of analyzing economic time series with time-varying volatility (ARCH)"

2004-Finn E. Kydland and Edward C. Prescott "for their contributions to dynamic macroeconomics: the time consistency of economic policy and the driving forces behind business cycles"

2005-Robert J. Aumann and Thomas C. Schelling "for having enhanced our understanding of conflict and cooperation through game-theory analysis"

2006-Edmund S. Phelps "for his analysis of intertemporal tradeoffs in macroeconomic policy"

ECONOMY

2007-Leonid Hurwicz, Eric S. Maskin and Roger B. Myerson "for having laid the foundations of mechanism design theory"

2008-Paul Krugman "for his analysis of trade patterns and location of economic activity"

2009-Elinor Ostrom "for her analysis of economic governance, especially the commons"

2009-Oliver E. Williamson "for his analysis of economic governance, especially the boundaries of the firm"

2010-Peter A. Diamond, Dale T. Mortensen and Christopher A. Pissarides "for their analysis of markets with search frictions"

2011-Thomas J. Sargent and Christopher A. Sims "for their empirical research on cause and effect in the macroeconomy"

2012- Alvin E. Roth and Lloyd S. Shapley "for the theory of stable allocations and the practice of market design"

2013-Eugene F. Fama, Lars Peter Hansen and Robert J. Shiller "for their empirical analysis of asset prices"

2014-Jean Tirole "for his analysis of market power and regulation"

2015-Angus Deaton "for his analysis of consumption, poverty, and welfare"

2016-Oliver Hart and Bengt Holmström "for their contributions to contract theory"

מדלית דייוו בכימיה

המוענק ע"י
האקדמיה המלכותית למדעים,
לונדון

2000 **Steven Victor Ley** "In recognition of his invention of new synthetic methods applied to the synthesis of complex natural products including those from insects, micro-organisms and plants. Among his most outstanding successes have been the synthesis of avermectin B1a, tetronasin, the milbemycins and indanomycin as well as his important development of short, practical syntheses of oligosaccharides"

2001 **Alastair Ian Scott** "For his pioneering contributions to the understanding of biosynthetic pathways, and in particular for his work on vitamin B12. He is a world leader in his area and the impact of his discoveries are likely to have a significant effect on the way natural product chemistry progresses into the future"

2002 **Neil Bartlett** "For his research exploring the highest oxidation limits of the less oxidizable elements, primarily using elemental fluorine. *[sic] He has exposed the new chemistry of the noble gases and new procedures for attaining high oxidation state limits across the elements of the periodic table*"

- 2003 **Roger Parsons** "For his distinguished career in electrochemistry. [*sic*] *He developed the method of preparing, for the first time, clean and well-defined metal surfaces and putting them into contact with the electrolyte without contamination*"
- 2004 **Takeshi Oka** "For his many and varied contributions to molecular spectroscopy and its applications, particularly to astronomy"
- 2005 **Chris Dobson** "For his work on the application of NMR and other structural methods for studying protein folding and misfolding, especially the formation of amyloid fibrils, leading to novel insights on protein structure and folding"
- 2006 **Martin Pope** "For his pioneering work in the field of molecular semiconductors which has now become a large and important area of semiconductor science and technology"
- 2007 **John Simons** "For his many innovative experimental contributions to a broad area of chemical physics, including molecular reaction dynamics, molecular spectroscopy and most recently, biophysical chemistry"

2008 **James Fraser Stoddart** "For his contributions in molecular technology"

2009 **Jeremy Sanders** "For his pioneering contributions to several fields, most recently to the field of dynamic combinatorial chemistry at the forefront of supramolecular chemistry"

2010 **Carol Robinson** "For her ground-breaking and novel use of mass spectrometry for the characterisation of large protein complexes."

2011 **Ahmed Zewail** "For his seminal contributions to the study of ultrafast reactions and the understanding of transition states in chemistry, and to dynamic electron microscopy."

2012 **Fraser Armstrong** "For his pioneering protein film electrochemistry allowing exquisite thermodynamic and kinetic control of redox enzymes, exemplified by hydrogenases, key in energy technology."

2013 **Graham Hutchings** "for the discovery of catalysis by gold and for his seminal contributions to this new field of chemistry"

2014 **Clare Grey** "for further pioneering applications of solid state nuclear magnetic resonance to materials of relevance to energy and the environment"

2015 **Gideon John Davies** "for his work in determining the reaction chemistry of enzyme-catalysed carbohydrate transformations"

2016 **Stephen Mann** "for distinguished contributions to the chemistry of bio-mineralization and for pioneering the bio-inspired synthesis and self-assembly of functional nanostructures and hybrid nanoscale objects"