



מספר הקורס: 1020010

שם הקורס בעברית: השאלות הגדולות במדעי החיים

שם הקורס באנגלית: Great Questions in the Life Sciences

שנה"ל: תשפ"ג

שם המרצה: ד"ר אולגה קלבנוב-אקופיאן

שם תוכנית הלימודים: התוכנית ללימודים הומניסטיים

סיווג הקורס: שיעור

משך והיקף הקורס: שנתי, 2 ש"ש

נקודות זכות אקדמיות: 4 נ"ז

דרישות קדם: אין

מועד שעות הקבלה: ימי שני, 12:00–13:00

פרטי קשר של המרצה: olgapong@gmail.com, 052-8714602

תיאור הקורס:

מדעי החיים הם שם כולל לתחומי ידע ומחקר העוסקים ביצורים חיים. בקורס הנוכחי נלמד כיצד התחילו והתפתחו החיים על פני כדור הארץ ונציג אישים ותאוריות מרכזיים מתחום האבולוציה והבריאה הספונטנית.

כמו כן נעקוב אחר שינויים בחשיבה המדעית, ונראה כיצד תאוריות נבנות וכיצד הן הופכות לעובדות מדעיות המביאות לפתרונות כמו רפואה מותאמת אישית, לשינויי חקיקה, ולהתפתחויות היסטוריות המשנות את עתידנו. נראה גם כיצד תגליות חדשות ושיטות מחקר עכשוויות מובילות אותנו לשינוי גלובלי בתחום הרפואה, המתבטא השתלת תאים, בתיקון דנ"א של עובר בתוך הרחם, ביחס לפוטנציאל הטמון בתאי גזע, בהפריה מלאכותית, בתרופות ביולוגיות ובאימונתרפיה נגד מחלת סרטן, ועוד. נראה גם כיצד הרפואה משנה את פניה והופכת למותאמת אישית ועל ידי כך מעלה את הסיכוי לריפוי מחלות חשוכות מרפא.

בנוסף, בעזרת מסע אל תוך התא נבין כיצד הקוד הגנטי הופך לתכונה, ונלמד שפות שיאפשרו הבנה של תהליכי התפתחות ושל תגליות גדולות במדע של המאה ה-21: שפות של עריכת גנים ושפות של מיקרואורגניזמים. כמו כן נלמד את סודות הווירוסים ונחקור את הכוחות האדירים שמניעים תהליכים סרטניים. נכיר את עולם המיקרואורגניזמים ונבין את ההשפעות שלהם על בריאות גופנו, נלמד כיצד מתקשרים בעולם המיקרו, וכיצד חיידקים "מנוצלים" בעת מלחמה כנשק ביולוגי.

עוד נכיר תחומים חדשים כמו אפיגנטיקה התנהגותית, הורשה, הנדסה גנטית ונעמוד על ההשפעה הגנטית והסביבתית על טבעו של אדם. נכיר את השעונים הביולוגיים ואת היכולות הפיזיולוגיות של האדם "להתחמק" מהמוות. בעיקר נראה כיצד מדע מעורב בחיי היום של כל אחד ואחת מאתנו הן בפן הרפואי, הן בזה ההתנהגותי, כמו בדוגמת מגפת קורונה והשלכותיה הישירות על עולמינו היום.

מטרות הקורס:

מטרת הקורס היא להעניק לסטודנטים ידע בנושאים הקשורים למדעי הטבע הבא לידי ביטוי בסיטואציות יום יומיות הסובבות אותנו. זאת על מנת שיוכלו לראות כיצד פוליטיקה, פילוסופיה וספרות שזורות בקשרים בלתי ניתנים להפרדה עם אבולוציה, גנטיקה, אפיגנטיקה, מדעי הרפואה, ביו-הנדסה ומיקרוביולוגיה.

בקורס ניחשף לחידושים האחרונים בזירת המדע העולמית ולתרומתם של החוקרים הישראליים. כמו כן נבין מה השאלות שנשאלות במעבדות מחקר ובחברות הזנק שמניעות היום את החוקרים. לשם כך נעקוב אחר החשיבה המדעית מימי קדם ועד היום תוך התייחסות להתפתחות תחומים כגון הנדסה גנטית, עריכת גנום ופענוח מיקרוביום.

בנוסף נכיר את תחום האפיגנטיקה ההתנהגותית ונתייחס להיבטים האתיים של התפתחות מדעית ושל השפעתה על האנושות. נראה כיצד פרויקט הפענוח של הגנום האנושי משנה את פני הרפואה היום, ונעלה את השאלות האם נוכל לחיות לנצח, להשפיע על הגנים שלנו, ולהבין מיהו השולט המרכזי על עתידנו – האם הגנים שולטים עלינו או שאנחנו אלו ששולטים על הגנים דרך הבחירות שאנחנו מקבלים במהלך החיים. נלמד על רפואה מותאמת אישית ונבין כיצד משתנות הגישות הרפואיות כיום. נבין מושגים בסיסיים במדעי החיים דרך צעידה במסלול מהדנ"א לחלבון, ונראה כיצד ההבנה של המסלול הזה שינתה את פני המדע. במסגרת הקורס נשים דגש על שינויים ועל המהפכות מדעיות, החל מרגע היווצרות החיים, דרך ימי הביניים, ועד למאה ה-21, בה נתרכז תוך הפניית מבטנו לעבר העתיד.

עד סוף הקורס ירכשו הסטודנטים מבט ביקורתי על המחקר המודרני, יכירו את השורשים וההיסטוריה של המדע והיו מסוגלים לקרוא טקסט מדעי.

חובות הקורס והרכב הציון בקורס:

פרזנטציה בכיתה: 25%. הציון על הפרזנטציה ילווה במשוב כתוב.

הגשת דו"ח כתוב על הפרזנטציה (בהיקף שני עמודים): 15%

עבודה מסכמת שמתבססת על ניתוח מאמר (בהיקף 4 עמודים): 50%

בוחן: 10%

יש לקרוא את קריאת החובה לקראת כל שיעור.

ציון עובר בקורס: 60

פירוט השיעורים, הנושאים הנלמדים בכל שיעור וקריאת החובה והמומלצת בכל שיעור:

מסטר א'

שיעור מס' 1: מה שהיה ומה שיהיה – התפתחות החיים בכדור הארץ

בשיעור זה נדבר על תאוריות התפתחות החיים בכדור הארץ, החל מתאוריית הבריאה הספונטנית וכלה באביוגנזה. נזכיר את גישתם של אריסטו ושל קארולוס ליניאוס, שהובילו להתחלה של תאוריית האבולוציה. כמו כן נלמד על המרק הקדמוני וכיצד נוצר חומר חי מחומר לא-חי.

קריאת חובה:

פרנסואה ז'קוב, על זבובים, עכברים ואנשים (תל אביב: עליית הגג, 2004), עמ' 31-32.
Stanley L. Miller, "A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions," *Science* 117(3046) (May 15, 1953), pp. 528-529.

קריאה מומלצת:

ג'ון גריבין, היסטוריה של מדע, 1543-2001 (תל אביב: משכל בע"מ, 2002), עמ' 25-57.

שיעור מס' 2: תאוריית האבולוציה והיווצרות המינים

השיעור יוקדש לתאוריית האבולוציה, החל מחתולים חנוטים במצרים העתיקה, דרך התאוריה של ז'אן למארק, ועד מסעו של צ'ארלס דרווין.

נבין כיצד התפתחו מינים כה רבים של יצורים חיים, מי המין השולט, ונלמד על הקשר בין הורשה לסביבה. כמו כן נדון בהוכחות לנכונות תאוריית אבולוציה באמצעות אנטומיה השוואתית, אמבריולוגיה, חקר מאובנים ועוד.

קריאת חובה:

צ'ארלס דרווין, מוצא המינים (ירושלים: מוסד ביאליק, 2019), עמ' לז-מד.

קריאה מומלצת:

ג'ון גריבין, היסטוריה של מדע, 2001-1543 (תל אביב: משכל בע"מ, 2002).

גריא.קוין, למה אבולוציה נכונה (תל אביב: ספרי עליית הגג ומשכל, 2013).

שיעור מס' 3: התפתחות המינים ואבולוציה מודרנית

האם יש אבולוציה קצרה? האם אנחנו מסוגלים לראות תהליכים אבולוציוניים תוך ימים בודדים בלבד? כיצד טכנולוגיה והתפתחות המדע משפיעים על אבולוציה (אבולוציה מודרנית)? לאורך השיעור נדון בשאלות אלו ונסקור את ההיבט האתי של התערבות האדם בתהליכים אבולוציוניים.

קריאת חובה:

צ'ארלס דרווין, מוצא המינים (ירושלים: מוסד ביאליק, 2019), עמ' 90-95, 144-147.

קריאה מומלצת:

חווה יבלונקה ו מריון ג' למב, אבולוציה בארבעה ממדים: תורשה גנטית, אפיגנטית, התנהגותית וסמלית בתולדות החיים (תל אביב: עם עובד, 2009).

אמוץ ואבישג זהבי, טווסים, אלטרואיזם ועקרון ההכבדה: חברה ותקשורת בעולם החי (תל אביב: החברה להגנת הטבע, 2001).

שיעורים מס' 4-5: מסע לתוך התא – מבנה ותפקוד של מכונת שכפול אדירה + סיפורן של מגפות

בשיעורים אלו נלמד ממה מורכב גוף האדם או כל יצור חי. כיצד למדו שיצורים חיים מורכבים מתאים? מה זה תא וכיצד הוא מתפקד? מהי הפרשנות המודרנית לתאוריה תאית? האם וירוס הוא תא חי? מה מסתתר בעולם הווירוסים, והאם ישנן תיבות פנדורה בעולם הוויראלי? נדון בשאלות אלו ובהשפעתן של המגפות הגדולות על ההיסטוריה האנושית.

קריאת חובה:

ססי סטאר ואחרים, ביולוגיה: האחידות והמגוון של החיים (רעננה: האוניברסיטה הפתוחה, 2017), כרך א, עמ' 66-69, 73, 93.

שיעור מס' 6: מדנ"א – המולקולה עתירת המידע הגדולה ביותר ביקום – דרך הרנ"א – המולקולה שיודעת לעשות הכול – ועד לחלבון – המפקד על חיינו

במהלך השיעור נלמד מהו חומר תורשתי, מדוע חייבים להגן עליו בקפידה, ומי גילה את הדנ"א ועל ידי כך שינה את פני עתיד המדע והרפואה. נשאל כיצד פקודה הנעולה על ידי הקוד השמור ביותר בתולדות האנושות הופכת להיות תכונה, ונעסוק בדוגמה המרכזית של מדעי החיים: המעבר מדנ"א דרך רנ"א לחלבון.

קריאת חובה:

יהודית עתידיה, גנטיקה (ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים, 2004), עמ' 35-40.

קריאה מומלצת:

ברנדה מדוקס, רוזלינד פרנקלין: הגברת האפלה של הדנ"א (תל אביב: ידיעות ספרים, 2009).

שיעור מס' 7: חוקי ההורשה, גנום ולאום, נאנדרטל בן ימינו

השיעור יעסוק בתורשתיות, בהמשכיות, בהעברת מידע מדור לדור, בקשר שבין מוטציה למחלה ובקשר בין סביבה לתורשה.

לאורך השיעור נראה תהליך אבולוציוני בכרומוזומי המין X ו-Y. בנוסף נלמד על הורשה מיטוכונדריאלית ועל הקשר שלה לזיהוי "הגנום היהודי", ונראה כיצד במבט היסטורי ניתן לקחת תכונות ונטיות ולבנות סביבן פילוסופיה חברתית חדשה.

קריאת חובה:

יהודית עתידיה, גנטיקה (ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים, 2004), עמ' 105-110.

שיעור מס' 8: אאוגניקה

לאחר הבנה ראשונית של חוקי הגנטיקה, החלו חוקרים מתחומי האבולוציה והפסיכולוגיה בסוף המאה ה-19 לבנות תאוריית אאוגניקה. הם טבעו לראשונה את שמו של המושג, שמשמעותו המילולית היא "נולד היטב", והקימו תנועה חדשה ששמה לה למטרה להשביח את הגזע האנושי. לאורך השיעור ניחשף לקשר שבין גנטיקה ובין תוכניות לעידוד ילודה בקרב "האנשים הטובים ביותר" בחברה ומניעת ילודה בקרב "האלמנטים הגרועים ביותר".

קריאת חובה:

Laura Betzig (ed.), *Human Nature: A Critical Reader* (Oxford and New York: Oxford University Press, 1997), pp 454-455.

שיעורים מס' 9-10: גן העדן וגנום

כוחות פוליטיים, כלכליים וחברתיים מקנים לפרויקט הגנום משמעויות מרחיקות לכת, המשפיעות באופן עמוק על הדרך שבה אנו תופסים את עצמנו. בשיעורים אלו נדון באופן שבו הפך הגנום ממולקולה ביוכימית דוממת לגיבור תרבות ולמבשר "המהפכה הגנטית", ובהשלכותיו של פרויקט הגנום על האופן שבו אנו מנהלים את חיינו ומביאים לעולם את ילדינו. נלמד על פענוח הגנום האנושי ועל היבטיו המדעיים, הפוליטיים, הכלכליים והאתיים של פענוח זה. כמו כן ננסה לענות על אחת השאלות העתיקות בחקר הגנומיקה: "האם קיים גנום יהודי?"

קריאת חובה:

F.S. Collins, M. Morgan, and A. Patrinos, "The Human Genome Project: Lessons from Large-scale Biology," *Science* 300(5617) (April 11, 2003), pp. 286-290.

שיעור מס' 11: דיונים בנושא גנומיקה וגנטיקה

שיעור זה יוקדש לרפרטים בנושאי אבולוציה, גנטיקה ומיקרוביולוגיה.

שיעור מס' 12: טכניקת עריכת הגנים CRISPR משנה את פני הרפואה והמחקר

חוקרים סינים הצליחו לשנות את הגנום של עוברים אנושיים בשיטה ביוטכנולוגית חדשנית הנקראת CRISPR/Cas9, ראשי תיבות של Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat. בשיעור נדון באופן שבו המערכת החיסונית של החיידקים התגלתה ככלי

המאפשר לערוך גנים בכל יצור חי – כלי מהפכני עבור עולם ההנדסה הגנטית ורפואה – אבל גם נשאל את עצמינו האם יש דברים שהיה עדיף להשאיר לטיפול של אמא טבע.

קריאה חובה:

Carolyn Brokowski and Mazhar Adli, "CRISPR Ethics: Moral Considerations for Applications of a Powerful Tool," *Journal of Molecular Biology* 431(1) (2019), pp. 88-101.

קריאה מומלצת:

F. Hille et al., "The Biology of CRISPR-Cas: Backward and Forward," *Cell* 172(6) (2018), pp. 1239-1259.

שיעור מס' 13: פרקים נבחרים בנוירוביולוגיה – הרצאת אורח

בשיעור נארח את ד"ר גלעד יעקובסון ונתמקד בסקירת אירועים היסטוריים במדעי המוח.

סמסטר ב'

שיעור מס' 14: מיקרוביום – ממה באמת מורכב גוף האדם?

במהלך שיעור זה נענה על השאלות הבאות: מה הם חיידקים והאם הם שונים מווירוסים ומטפילים? ממה באמת מורכב גוף האדם? כיצד העובדה שרובינו מורכבים מתאי חיידק ולא מתא הומני משליכה על בריאותינו? האם פתרון למחלות נמצא בהשתלת צואה? מה הקשר בין המיקרוביום שלנו למוח ולהבדל בין לידה טבעית ללידה קיסרית? האם על ידי למידה על מיקרואורגניזמים בגופינו נוכל להתאים דיאטה אישית עבור כל אחד ואחת? והאם קיים חיידק ש"בזכותו" הוקמה מדינת ישראל?

קריאת חובה:

Albert L. Lehninger, *Principles of Biochemistry*, 2en ed. (New York: Worth Publishers, 1993), pp. 21-28.

קריאה מומלצת:

Luke K. Ursell et al., "Defining the Human Microbiome," *Nutrition Reviews* 70(1) (August 2012), pp. S38-S44.

Joseph F. Petrosino, "The Microbiome in Precision Medicine: The Way Forward," *Genome Medicine* 10(12) (February 22, 2018).

שיעור מס' 15: תקשורת בעולם המיקרו (על מה חיידקים מרכלים?)

במהלך השיעור נגלה שפה חדשה שמייחדת ומאחדת את היצורים בעולם המיקרו, נלמד על אופן התקשורת ביניהם ונבין מדוע כל כך חשוב שאפילו ביצורים המורכבים מתא אחד בלבד תהיה קומוניקציה לצורך הישרדות.

קריאת חובה:

Bonnie L. Bassler, "Small Talk: Cell-to-Cell Communication in Bacteria," *Cell* 109(4) (May 17, 2002), pp. 421–424.

שיעור מס' 16: אימים ביולוגיים במלחמה ושלום

את האפשרות כי במהלך מלחמת עולם עתידית גדולה יוכרע שדה הקרב לא בכלי נשק קונבנציונליים, אלא בכלי נשק ביולוגיים – במגפה קשה – כבר ניבא הנביא זכריה. הוא אף טרח לפרט את הסימפטומים: "המק בשרו והוא עמד על רגליו ועיניו תמקנה בחריהן ולשונו תמק" (זכריה יד, 12). בשיעור זה נלמד מהו נשק ביולוגי, נעסוק בהיסטוריה של הנשק הביולוגי ונסקור אנשי מפתח המעורבים במחקר העכשווי על אודותיו.

קריאת חובה:

F. Frischknecht, "The History of Biological Warfare: Human Experimentation, Modern Nightmares and Lone Madmen in the Twentieth Century," *EMBO Reports* 4 Spec No (Suppl 1) (June 2003), pp. S47-S52.

קריאה מומלצת:

יגאל שפי, "מערכת גליפולי וכניסת הנשק הכימי למזרח התיכון", זמנים 81 (2002-2003), עמ' 17-4.

Tim Cook, "Against God Inspired Conscience: The Perception of Gas Warfare as a Weapon of Mass Destruction, 1915-1939," *War & Society* 18(1) (2000), pp. 47-63.

Erhard Geissler and John Ellis van Courtland Moon (eds.), *Biological and Toxin Weapons: Research, Development and Use from the Middle Ages to 1945* (Oxford: Oxford University Press, 1999).

שיעור מס' 17: תאי גזע

מה הם תאי גזע? בשיעור זה נתמקד ביישומים רפואיים הטמונים בחקר תאי הגזע, ונלמד על מודלים של מחלות האלצהיימר, הפרקינסון, והסרטן. בנוסף נדון בהתפתחויות בתחומי ההפריה המלאכותית והשיבוט הרפואי.

קריאת חובה:

אברהם שטינברג, "מעמד קדם-עבר ותאי גזע בהלכה", דעת 142 (תשס"ד), פרשת נח:
<https://www.daat.ac.il/mishpat-ivri/skirot/142-2.htm>

W. Zakrzewski et al., "Stem Cells: Past, Present, and Future," *Stem Cell Research & Therapy* 10(68) (February 26, 2019).

שיעור מס' 18: עשרת המכות – הסיפור המדעי

האם ניתן להסביר אירועים המתוארים בתנ"ך, כדוגמת עשר המכות, בצורה מדעית התואמת תאוריות עכשוויות?

שיעור מס' 19: שעונים ביולוגיים והאם יש חיי הנצח?

בשיעור זה נדון בחיי נצח ונדבר על שעונים ביולוגיים, על תהליך ההזדקנות ועל מעיין הנעורים. נדבר על קבוצת גנים האחראיים על אריכות ימים ונשאל האם ניתן להאריך את החיים ולשפר את איכותם בכלים הידועים לנו היום מעולם הביולוגיה המולקולרית. בנוסף, נדון בתהליך האפופטוזיס – מוות מתוכנן מראש – ברמה תאית, ברמת האורגניזם וברמת האוכלוסייה.

קריאת חובה:

S.R. Chan and E.H. Blackburn, "Telomeres and Telomerase," *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 359(1441) (September 29, 2004), pp. 109-121.

שיעור מס' 20: סרטן – מלך המחלות ורפואה מותאמת אישית

נתחיל את השיעור בסקירה קצרה של מחלת הסרטן ומקורה, ולאחר מכן נעבור ליחס לחולים בימי אמחותפ, בימי היפוקרטס ובמאה ה-19 – אז השתנתה הגישה לחולים. כמו כן נלמד על מגגונים מולקולריים העומדים מאחורי המחלה ונדון בפתרונות ריפוי כימותרפיים, ביולוגיים ואימונתרפיים.

קריאה מומלצת:

D. Tuveson and H. Clevers, "Cancer Modeling Meets Human Organoid Technology," *Science* 364 (6444) (2019), pp. 952-955.

שיעור מס' 21: דיונים בנושא סרטן, שעונים ביולוגיים, תאי גזע והפריה מלאכותית

שיעור זה יוקדש לרפרטים בנושא סרטן, שעונים ביולוגיים, תאי גזע והפריה מלאכותית.

שיעורים מס' 22-23: אפיגנטיקה ואפיגנטיקה התנהגותית

האם אנחנו יכולים לשלוט בגורלנו הגנטי? כיצד הגנים שלנו משפיעים על ההתנהגות ועל יכולת ההתמודדות שלנו? האם דפוסי התנהגות עוברים בתורשה, ומה נוריש לילדינו מלבד הגנים? אלו הן הסוגיות שבהן נדון בשיעורים אלו. בנוסף נדבר על הורים כמהנדסים גנטיים של עתיד ילדיהם ועל מחקר אפיגנטי בבני אדם ובבעלי חיים.

קריאת חובה:

Amy Lehrner and Rachel Yehuda, "Cultural Trauma and Epigenetic Inheritance," *Development and Psychopathology* 30(5) (2018), pp. 1763-1777.

Tabitha M. Powledge, "Behavioral Epigenetics: How Nurture Shapes Nature," *BioScience* 61(8) (August 2011), pp. 588-592,

<https://noamsark.org/2015/05/13/lamarcks-strive-for-evolution/>

קריאה מומלצת:

Eva Jablonka and Marion J. Lamb, *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life* (Cambridge, MA: MIT Press, 2014).

שיעור מס' 24: סיור לחממה טכנולוגית, ירושלים

שיעור מס' 25: אבולוציה של סיפור

בשיעור זה נעסוק בקירוב בין מדעי הרוח והטבע. כיום, תובנות שונות ממדעי הרוח נבדקות במעבדה, ומדעני הרוח אינם עוינים כבעבר את המדעים האחרים. שילובים שונים מתחילים להיווצר, ואנחנו נבדוק כיצד ניתן להיעזר בידע האבולוציוני הקיים בחקר מקורותיהם של סיפורים: מהאודיסאה של הומרוס ועד ד"ר סוס, כיצד סיפורים התפתחו מבחינה אבולוציונית.

קריאה מומלצת:

Brian Boyd, *On the Origin of Stories: Evolution, Cognition, and Fiction* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2009).

שיעור מס' 26: סיכום

שיעור מסכם אשר מטרתו לענות לאחר שנה של מחקר על שאלות כגון: מהו מדע – ידע על מה הם דברים, או על איך הדברים עובדים? מה המטרה של המדע בחיינו כחברה מודרנית? והאם הידע שצברנו היה משמעותי מספיק על מנת לספק הדרכה במענה על השאלות האתיות שהוא מעורר?