



מספר הקורס: 1020010

שם הקורס בעברית: השאלות הגדולות במדעי הטבע

שם הקורס באנגלית: Great Questions in the Life Sciences

שנה"ל: תשפ"ב

שם המרצה: ד"ר אולגה קלבנוב-אקופיאן

שם תכנית הלימודים: התכנית ללימודים הומניסטיים

סיווג הקורס: שיעור

משך והיקף הקורס: שנתי, 2 ש"ש

נקודות זכות אקדמיות: 4 נ"ז

דרישות קדם: אין

מועד שעות הקבלה: יום ד' 12:00-13:00

פרטי קשר של המרצה: olgak@shalem.ac.il

052-8714602

תיאור הקורס:

מדעי החיים הם שם כולל לתחומי ידע ומחקר העוסקים ביצורים חיים. אנחנו נלמד כיצד התחילו והתפתחו החיים על פני כדור הארץ. נציג אישים ותיאוריות מרכזיות בתחום האבולוציה והבריאה הספונטנית. נעקוב כיצד משתנה חשיבה מדעית, כיצד נבנות תאוריות וכיצד תאוריה הופכת לעובדה מדעית ומכאן נולדים פתרונות של רפואה מותאמת אישית, שינויי חקיקה ומתפתחים אירועים היסטוריים המשנים את עתידינו.

בעזרת מסע לתוך התא נבין כיצד הקוד הגנטי הופך לתכונה. נלמד שפות שיאפשרו להתמקד ולהבין תהליכי התפתחות ותגליות גדולות במדע המאה ה-21, שפות של עריכת גנים, שפות של מיקרואורגניזמים, סודות הווירוסים והכוחות האדירים שמניעים תהליכים סרטניים.

נראה כיצד תגליות חדשות ושיטות מחקר עכשוויות מובילות אותנו לשינוי גלובלי בתחום הרפואה (השתלת תאים, תיקון דנ"א של עובר בתוך הרחם, פוטנציאל הטמון בתאי גזע, הפריה מלאכותית, תרופות ביולוגיות ואימונותרפיה נגד מחלת סרטן). נראה כיצד הרפואה משנה את פניה והופכת למותאמת אישית ועל ידי כך מעלה סיכוי לריפוי מחלות חשוכות מרפא.

נכיר את עולם המיקרואורגניזמים ונבין את ההשפעות שלהם על בריאות גופנו, נלמד כיצד מתקשרים בעולם המיקרו וכיצד חיידקים "מנוצלים" בעת מלחמה כנשק ביולוגי.

נכיר תחומים חדשים כמו: אפיגנטיקה התנהגותית, הורשה, הנדסה גנטית ונעמוד על ההשפעה הגנטית והסביבתית על אופי וחוזק של אדם. נכיר את השעונים הביולוגיים, ויכולות פיזיולוגיות של

אדם "להתחמק" ממוות. בעיקר נראה כיצד מדע מעורב בחיי היום יום של כל אחד ואחת מאתנו הן בפן רפואי, והן בפן התנהגותי וכלכלי. כדוגמת מגפת קורונה והשלכותיה הישירות על עולמינו היום.

מטרות הקורס:

מטרת הקורס היא להעניק ידע וכלים בנושאים הקשורים למדעי הטבע בסיטואציות יום יומיות הסובבות אותנו. כאשר נראה כיצד מידי יום אנחנו נתקלים במצבים מורכבים בפוליטיקה, בפילוסופיה ובספרות והם שזורים בקשרים בלתי ניתנים להפרדה עם אבולוציה, גנטיקה, אפיגנטיקה, מדעי הרפואה, ביו-הנדסה ומיקרוביולוגיה.

ניחשף לחידושים האחרונים בשוק המדע העולמי ולתרומתם של חוקרים ישראלים. נבין מה השאלות שנשאלות במעבדות מחקר ובחברות הזנק שמניעות היום את החוקרים. לשם כך נעקוב אחר חשיבה מדעית מימי קדם ועד היום תוך התפתחות תחומים כגון: הנדסה גנטית, עריכת גנום, ופיענוח מיקרוביום.

נכיר את התחום של אפיגנטיקה התנהגותית ונקיף ההיבט האתי של התפתחות מדעית והשפעתה על האנושות. נראה כיצד פרויקט הפיענוח של הגנום האנושי משנה את פני הרפואה היום, האם נוכל לחנות לנצח, להשפיע על הגנים שלנו, להבין מיהו השולט המרכזי על עתידנו - הגנים עלינו או אנחנו על הגנים על ידי הבחירות שלנו במהלך החיים. נלמד על רפואה מותאמת אישית ונבין כיצד משתנות הגישות הרפואיות כיום. נבין מושגים בסיסיים דרך צעדת מסלול מדנ"א לחלבון, נראה כיצד הבנה של המסלול הזה שינתה את פני המדע. נשים דגש על השינויים והמהפכות המדעיות מרגע היווצרות החיים, דרך ימי הביניים, נתרכז במאה ה-21 ונביט אל העתיד.

חובות הקורס והרכב הציון בקורס:

- פרזנטציה בכיתה: 25% (הציון על הפרזנטציה ילווה במשוב כתוב);
- הגשת דו"ח כתוב על הפרזנטציה (היקף שני עמודים) 15%;
- עבודה כתובה (היקף של 4 עמודים) ניתוח מאמר: 50%
- בוחן: 10%
- **ציון עובר בקורס: 60**
- **יש לקרוא את קריאת החובה לקראת כל שיעור רלוונטי.**

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

סמטר א'

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

נדבר על תאוריות התפתחות חיים בכדור הארץ, החל מבריאיה ספונטנית וכלה באביוגנזה. נזכיר את גישתם של אריסטו, קארולוס ליניאוס שהובילו להתחלה של תאוריית האבולוציה. נלמד על המרק הקדמוני וכיצד נוצר חומר חי מחומר לא-חי.

קריאת חובה:

Stanley L. Miller, "A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions Science," *New Series* 117:3046 (May 15, 1953), pp. 528-529

קריאה מומלצת:

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

שיעור מס' 2: תאוריית האבולוציה והיווצרות המינים

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

נבין כיצד התפתחו מינים כה רבים של יצורים חיים, מי המין השולט, ונלמד על הקשר בין הורשה לסביבה. נדון בהוכחות לנכונות תאוריית אבולוציה על ידי אנטומיה השוואתית, אמברולוגיה וחקר מאובנים ועוד.

קריאת חובה:

Broecker F, Moelling K. "What viruses tell us about evolution and immunity: beyond Darwin?" *Ann N Y Acad Sci.* 2019;1447(1):53-68.

קריאה מומלצת:

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

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

ויליאם ביינום, היסטוריה של המדע לצעירים מכל הגילאים, תל אביב, ספרי עליית הגג ומשכל,

2016

מריון ג' למב וחווה יבלונקה, אבולוציה בארבעה ממדים, תל אביב, עם עובד, 2009.

שיעור מס' 3: התפתחות המינים ואבולוציה מודרנית

האם יש אבולוציה קצרה, האם אנחנו מסוגלים לראות תהליכים אבולוציוניים תוך מספר ימים בודדים בלבד, כיצד טכנולוגיה והתפתחות המדע משפיעים על אבולוציה (אבולוציה מודרנית). סקירה של ההיבט האתי של התערבות האדם בתהליכים אבולוציוניים.

קריאת חובה:

Stock JT. Are humans still evolving? Technological advances and unique biological characteristics allow us to adapt to environmental stress. Has this stopped genetic evolution? *EMBO Rep.* 2008

קריאה מומלצת:

Lenski, Richard E." Source of founding strain ".2009 Michigan State University.
ד"ר גרטי, אבולוציה בעידן המודרני, רחובות, מכון דוידסון, 2011

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

סיפורן של מגפות

בשיעור זה 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? השפעתן של המגיפות הגדולות על היסטוריה אנושית.

קריאת חובה:

Callaway E, Cyranoski D, Mallapaty S, Stoye E, Tollefson J. "The coronavirus pandemic in five powerful charts." *Nature.* 2020;579(7800):482-483.

שיעור מס' 6: מדנ"א, המולקולה עתירת המידע הגדולה ביותר ביקום דרך הרנ"א, המולקולה

שיודעת לעשות הכל ועד לחלבון המפקד על חיינו.

בשיעור זה נלמד מהו חומר תורשתי, מדוע חייבים להגן עליו בקפידה, מי גילה את הדנ"א ועל ידי כך שינה את פני עתיד המדע והרפואה? כיצד פקודה הנעולה על ידי הקוד השמור ביותר בתולדות האנושות הופכת להיות תכונה? נעסוק בדוגמה המרכזית של מדעי החיים: מדנ"א, ורנ"א לחלבון.

קריאת חובה:

יהודית עתידיה, גנטיקה, עמ' 35-40, ירושלים, האוניברסיטה העברית בירושלים, 2004

קריאה מומלצת:

ברנדה מדוקס, רוזלינד פרנקלין הגברת האפלה של דנא, תל אביב, ידיעות ספרים, 2009

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

השיעור יעסוק בתורשתיות, המשכיות, העברת מידע מדור לדור, הקשר שבין מוטציה למחלה, הקשר בין סביבה לתורשה.

נראה תהליך אבולוציוני בכרומוזומי מין X ו-Y. נלמד על הורשה מיטוכונדראלית והקשר שלה לזיהוי "הגנום היהודי" ונראה כיצד במבט היסטורי ניתן לקחת תכונות ונטיות ולבנות סביבן פילוסופיה חברתית חדשה.

קריאת חובה:

יהודית עתידיה, גנטיקה, עמ' 105-110, ירושלים, האוניברסיטה העברית בירושלים, 2004

שיעור 8 : אאוגניקה

לאחר הבנה ראשונית של חוקי הגנטיקה, חוקרים מתחומי אבולוציה ופסיכולוגיה החלו לבנות תאוריית אאוגניקה בסוף המאה ה-19. לראשונה טבעו את המושג - שמשמעותו המילולית היא "נולד היטב" והקימו תנועה חדשה. מטרת התנועה האאוגנית הייתה להשביח את הגזע האנושי. ניחשף לקשר שבין גנטיקה ותוכניות לעידוד ילודה בקרב "האנשים הטובים ביותר" בחברה ומניעת ילודה בקרב "האלמנטים הגרועים ביותר".

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. בשיעור נדון כיצד הפך הגנום ממולקולה ביוכימית דוממת לגיבור תרבות ולמבשר ה"מהפכה הגנטית", מהן השלכותיו של הפרויקט על האופן שבו אנו מנהלים את חיינו ומביאים לעולם את ילדינו. נלמד על פיענוח הגנום האנושי והיבטיו המדעיים, הפוליטיים, הכלכליים והאתיים. ננסה לענות על אחת השאלות העתיקות בחקר הגנומיקה: "האם קיים גנום יהודי?"

קריאה מומלצת:

Collins FS, Morgan M, Patrinos A. The Human Genome Project: lessons from large-scale biology. *Science*. 2003;300(5617):286-290.

שיעור מס' 11 – דיונים בנושא גנומיקה וגנטיקה

שיעור זה יוקדש לרפרטים בנושאי אבולוציה, גנטיקה ומיקרוביולוגיה

שיעור מס' 12: טכניקת עריכת גנים CRISPR משנים את פני הרפואה והמחקר

חוקרים סיניים הצליחו לשנות את הגנום של עוברים אנושיים בשיטה ביוטכנולוגית חדשנית שנקראת CRISPR/Cas9 ראשי תיבות של Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat. בשיעור נדון כיצד המערכת החיסונית של החיידקים התגלתה ככלי המאפשר לערוך גנים בכל יצור חי. כלי מהפכני עבור עולם ההנדסה הגנטית ורפואה, אבל גם נשאל את עצמינו אולי יש דברים שהיה עדיף להשאיר לטיפול של אמא טבע?

קריאה מומלצת:

Hille F, Richter H, Wong SP, Bratovič M, Ressel S, Charpentier E. The Biology of CRISPR-Cas: Backward and Forward. *Cell*. 2018;172(6):1239-1259.

שיעור מס' 13: פרקים נבחרים בנירוביולוגיה - הרצאת אורח.

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

סמטר ב

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

במהלך שיעור זה נענה על השאלות הבאות:

מהם חיידקים והאם הם שונים מווירוס וטפילים? ממה באמת מורכב גוף האדם? מהם ההשלכות על בריאותינו בגין העובדה כי רובינו מורכבים מתאי חיידק ולא מתא הומני? האם פתרון למחלות נמצא בהשתלת צואה? מה הקשר בין המיקרוביום שלנו למוח, ללידה טבעית מול לידה קיסרית?

האם על ידי למידה על מיקרואורגניזמים בגופינו נוכל להתאים דיאטה אישית עבור כל אחד? האם קיים חיידק ש"בזכותו" הוקמה מדינת ישראל?

קריאת חובה:

Albert L. Lehninger, *Principles of Biochemistry* 2nd ed., p. 21-28, 1993

קריאה מומלצת:

Ursell, Luke K et al. "Defining the Human Microbiome." *Nutrition reviews*. 2012.
Petrosino JF. The microbiome in precision medicine: the way forward. *Genome Med*. 2018;10(1):12.

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

בשיעור זה 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*, Vol. 109, 421–424, May 17, 2002

שיעור מס' 16: איומים ביולוגיים במלחמה ושלום

את האפשרות כי שדה הקרב העתידי יוכרע, במהלך מלחמת עולם גדולה, 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, על ההיסטוריה של הנשק הביולוגי ועד אנשי מפתח המעורבים במחקר העכשווי על אודותיו.

קריאה מומלצת:

Janik E, Ceremuga M, Saluk-Bijak J, Bijak M. Biological Toxins as the Potential Tools for Bioterrorism. *Int J Mol Sci*. 2019;20(5):1181.

שיעור מס' 17: תאי גזע

מהם תאי גזע? בשיעור זה נתמקד ביישומים רפואיים הטמונים בחקר תאי הגזע, נלמד על מודלים של מחלות האלצהיימר, הפרקינסון, והסרטן. נדון על התפתחות ההפריה המלאכותית והשיבוט רפואי.

קריאת חובה:

Dulak J, Szade K, Szade A, Nowak W, Józkwicz A. Adult stem cells hopes and hypes of regenerative medicine. *Acta Biochim Pol.* 2015;62(3):329-337.

ד"ר מאיר ברק, מהם תאי גזע, רחובות, מכון דוידסון, 2011

קריאה מומלצת:

Mimeault, M., R. Hauke, and S.K. Batra, Stem cells: a revolution in therapeutics- recent advances in stem cell biology and their therapeutic applications in regenerative medicine and cancer therapies. *Clin Pharmacol Ther*, 2007. 82(3): p. 252-64.

2018

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 על חיי נצח, נדבר על שעונים ביולוגיים, תהליך ההזדקנות ומעיין הנועורים. נדבר על קבוצת גנים האחראיים על אריכות ימים והאם בכלים הידועים לנו היום בביולוגיה מולקולרית ניתן להאריך את החיים ולשפר את איכותם.

בנוסף, נדון על תהליך האפופטוזיס – מוות מתוכנן מראש, ברמה תאית, ברמת האורגניזם וברמת האוכלוסייה.

קריאת חובה:

Chan SR, Blackburn EH. Telomeres and telomerase. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2004;359(1441):109-121.

שיעור מס' 20 : סרטן- מלכת המחלות ורפואה מותאמת אישית

נתחיל את השיעור בסקירה קצרה של מחלת הסרטן, מקור המחלה, יחס לחולים מימי אמחוטפ, ימי היפוקרטס ושינוי גישה במאה ה-19. נלמד על מנגנונים מולקולריים מאחורי המחלה, נדון בפתרונות ריפוי כימותרפיים, ביולוגיים, אימונתרפיים.

קריאת חובה:

Tuveson D, Clevers H. Cancer modeling meets human organoid technology. *Science.* 2019;364(6444):952-955.

שיעור מס' 21 : שיעור זה יוקדש לעבודות אמצע בנושא סרטן, שעונים ביולוגיים, תאי גזע והפריה מלאכותית.

שיעורים מס' 22-23: אפיגנטיקה ואפיגנטיקה התנהגותית

האם אנחנו יכולים לשלוט על גורלינו הגנטי? כיצד הגנים שלנו משפיעים על ההתנהגות ויכולת התמודדות שלנו. האם דפוסי התנהגות עוברים בתורשה ומה נוריש לילדינו מלבד הגנים? אלו הן הסוגיות שבהן נדון בשיעור זה. בנוסף, בשיעור נדבר על הורים כמהנדסים גנטיים של עתיד ילדיהם ועל מחקר אפיגנטי בבני אדם ובעלי חיים.

קריאה מומלצת:

Cavalli G, Heard E. Advances in epigenetics link genetics to the environment and disease. *Nature*. 2019;571(7766):489-499.

Hamilton PJ, Nestler EJ. Epigenetics and addiction. *Curr Opin Neurobiol*. 2019; 59:128-136.

Osman E, Franasiak J, Scott R. Oocyte and Embryo Manipulation and Epigenetics. *Semin Reprod Med*. 2018;36(3-04): e1-e9.

שיעור מס' 24: פרקים נבחרים בנירוביולוגיה - מרצה אורח.

בשיעורי נארח את ד"ר גלעד יעקובסון ונתמקד בנושא של תקשורת במערכת העצבים ומהפכת האופטוגנטיקה וחידושים מדעיים בחקר המוח.

שיעור מס' 25: עולם תעשיית הביו-טק בישראל

בשיעור זה נארח את ד"ר ניקולאי קוניצר מנכ"ל חברת "Betalin Therapeutics" אשר ידבר על התפתחות תעשיית ההי טק בישראל.

שיעור מס' 26: מלחמת המינים

בשיעור זה נסגור מעגל ונסכם את השנה על ידי חשיפה לתאוריית ברייטון, נראה כיצד תיאורטיקנים של תחילת מאה ה-19 הובילו לחשיבה מגדרית מודרנית והשפעתם של ניטשה ואריסטו. נדון על ההבדלים בין המינים בטבע בהתבסס על הידע הביולוגי הקיים כיום.

***הערות:**

ייתכנו שינויים קלים בסדר השיעורים.