

CLASS 3

III. Solar astronomy

A. A brief note on Heliocentrism/Geocentrism

1. Rav Chaim Kaniesky zt'l (quoted in the book, *Chazon Shamayim* (Hebrew))

שמעתי מחר"ג ר' חיים קנייבסקי שליט"א שאין זו כפירה לומר שהשמש היא מרכז העולם הגשמי. ז"א כמובן, שהאדם הוא המרכז הרוחני של הבריאה ובשבילו נברא העולם, אבל אין זה מעיקרי האמונה לחשוב שהארץ היא המרכז של העולם הגשמי, אלא זו חקירה מדעית גרידא.

I heard from Rav Chaim Kaniesky (shlit'a) [zt'l] that it is not considered against the Torah to say that the sun is the center of the physical universe. That is to say that, of course, man certainly is the spiritual center of the creation and for his sake the entire world was created, but it is not one of the foundations of faith to believe that the Earth is the center of the physical universe; rather, that is nothing more than a point of scientific study.

2. Teshuvos Chasam Sofer (Rav Moshe Sofer, 1762-1839), #26, ch. 3

פרק שלישי

מעניני גלגלים וככבי לכת ומהו מחזור גדול של חמה
וסבובה בגלגלה בעוה"י:

א. ויקרא חלקים ליבשה ארץ [צראשית א', י] אמרו
חז"ל [צ"ר שם] למה נקרא שמה ארץ שהיא
רץ לפשות רגלון קונה. מה"ר יעב"ץ במעמד ליום ג' [כתב],
דמח סיוע לכת קאפירניקום שהארץ סובבת, ולא תקשי
מוכרח לעולם עומדת [קבלת א', ד'] כאשר מצואר במקום
אחר, עכ"ד. הנה במ"ש שאין קושיא מוכרח לעולם

... "And Hashem called the dry land *Eretz*..." (Bereishis 1:10). Our Sages said (Midrash, Bereishis Rabbah): "Why is [the Earth] called by the name *Eretz*? Because it *runs* (*Ratz*) to do the will (*Ratzon*) of its Creator." ... This supports the Copernican view that the Earth rotates....

3. A non-Torah source: *The Evolution of Physics: From Early Concepts to Relativity and Quanta*, Albert Einstein

The struggle, so violent in the early days of science, between the views of Ptolemy and Copernicus would then be quite meaningless. Either CS [coordinate system] could be used with equal justification. The two sentences, "the Sun is at rest and the Earth moves," or "the Sun moves and the Earth is at rest," would simply mean two different conventions concerning two different CS.

B. The Sun – Hashem's immensely powerful creation and man's confusion

1. Bereishis 1:14-18

(ד) ויאמר אלהים יהי מארת ברקיע השמים להבדיל בין היום ובין הלילה והיו לאתת ולמועדים ולימים ושנים.
(טו) והיו למארת ברקיע השמים להאיר על הארץ ויהי כן.
(טז) ויעש אלקים את שני המארת הגדלים את המאור הגדל לממשלת היום ואת המאור הקטן לממשלת הלילה ואת הכוכבים.
(יז) ויתן אתם אלקים ברקיע השמים להאיר על הארץ.
(יח) ולמשל ביום ובלילה ולהבדיל בין האור ובין החשך וירא אלקים כי טוב.

14) And Hashem said, "Let there be luminaries in the expanse of the heavens, to separate between the day and between the night, and they will be for signs and for appointed seasons and for days and years.

15) And they will be for luminaries in the expanse of the heavens to shed light upon the earth." And it was so.

16) And Hashem made the two great luminaries: the great luminary to rule the day and the lesser luminary to rule the night, and the stars.

17) And Hashem placed them in the expanse of the heavens to shed light upon the earth.

18) And to rule over the day and over the night, and to separate between the light and between the darkness, and Hashem saw that it was good.

2. Rambam

a. Hilchos Avodas Kochavim 1:1-3 (see also Moreh Nevuchim 3:29)

(א) בימי אנוש טעו בני האדם טעות גדול ונבערה עצת חכמי אותו הדור ואנוש עצמו מן הטועים היה. וזו היתה טעותם. אמרו הואיל והאלקים ברא כוכבים אלו וגלגלים להנהיג את העולם ונתנם במרום וחלק להם כבוד והם שמשמים המשמשים לפניו ראויין הם לשבתם ולפארתם ולחלק להם כבוד. וזהו רצון האל ברוך הוא לגדל ולכבד מי שגדלו וכבדו. כמו שהמלך רוצה לכבד העומדים לפניו וזהו כבודו של מלך.

כיון שעלה דבר זה על לבם התחילו לבנות לפוכבים היכלות ולהקריב להן קרבנות ולשבתם ולפארם בדברים ולהשתחוות למולם כדי להשיג רצון הבורא בדעתם הרעה. וזה היה עקר עבודת פוכבים. וקר היו אומרים עובדיה היודעים עקרה. לא שהן אומרים שאין שם אלוה אלא פוכב זה. הוא שירמיהו אומר מי לא יראך מלך הגוים כי לך יאתה כי בכל חכמי הגוים ובכל מלכותם מאין כמוך ובאחת יבערו ויכסלו מוסר הבלים עץ הוא. כלומר הכל יודעים שאתה הוא לבדך אבל טעותם וכסילותם שמדמים שזה ההבל רצונך הוא.

(ב) ואחר שארכו הימים עמדו בבני האדם נביאי שקר ואמרו שהאל צוה ואמר להם עבדו פוכב פלוני או כל הפוכבים והקריבו לו ונסכו לו כר וקר ובנו לו היכל ועשו צורתו כדי להשתחוות לו כל העם הנשים והקטנים ושאר עמי הארץ. ומודיע להם צורה שבדה מלבו ואומר זו היא צורת הפוכב פלוני שהודיעוהו בבואתו. והתחילו על דרך זו לעשות צורות בהיכלות ותחת האילנות ובראשי ההרים ועל הגבעות ומתקבצין ומשתחוים להם ואומרים לכל העם שזה הצורה מיטיבה ומרעה וראוי לעבדה וליראה ממנה. וכהנייהם אומרים להם שבעבודה זו תרבו ותצליחו ועשו קר וקר ואל תעשו קר וקר. והתחילו פוכבים אחרים לעמד ולומר שהפוכב עצמו או הגלגל או המלאך דבר עמהם ואמר להם עבדוני בכך וקר והודיע להם דרך עבודתו ועשו קר ואל תעשו קר. ופשט דבר זה בכל העולם לעבד את הצורות בעבודות משנות זו מזו ולהקריב להם ולהשתחוות. וכיון שארכו הימים נשתפח השם הנכבד והנורא מפי כל היקום ומדעתם ולא הכירוהו ונמצאו כל עם הארץ הנשים והקטנים אינם יודעים אלא הצורה של עץ ושל אבן והיכל של אבנים שנתחנכו מקטנותם להשתחוות לה ולעבדה ולהשבע בשמה. והחכמים שהיו בהם כגון כהניהם וכיוצא בהן מדמין שאין שם אלוה אלא הפוכבים והגלגלים שנגעשו הצורות האלו בגללם ולידמותן. אבל צור העולמים לא היה שום אדם שהיה מכירו ולא יודעו אלא יחידים בעולם כגון חנוך ומתושלח נח שם ועבר. ועל דרך זה היה העולם הולך ומתגלגל עד שנולד עמידו של עולם והוא אברהם אבינו.

(ג) כיון שנגמל איתן זה התחיל לשוטט בדעתו והוא קטן והתחיל לחשב ביום ובלילה והיה תמה היאך אפשר שיהיה הגלגל הזה נהג תמיד ולא יהיה לו מנהיג ומי יסבב אותו. כי אי אפשר שיסבב את עצמו. ולא היה לו מלמד ולא מודיע דבר אלא משקע באור כשדים בין עובדי פוכבים הטפשים ואביו ואמו וכל העם עובדי פוכבים והוא עובד עמהם ולבו משוטט ומבין עד שהשיג דרך האמת והבין קו הצדק מתבוננתו הנכונה. וידע שיש שם אלוה אחד והוא מנהיג הגלגל והוא ברא הכל ואין בכל הנמצא אלוה חוץ ממנו. וידע שכל העולם טועים ודבר שגרם להם לטעות זה שעובדים את הפוכבים ואת הצורות עד שאבד האמת מדעתם....

During the times of Enosh (grandson of Adam), mankind made a great mistake, and the counsel of the wise men of that generation became foolish. Enosh himself was one of those who erred. Their mistake was as follows: They said Hashem created stars and spheres with which to control the world. He placed them on high and treated them with honor, making them servants who serve before Him. Accordingly, [they said] it is fitting to praise and glorify them and to treat them with honor. They perceived this to be the will of Hashem, blessed be He, that they magnify and honor those whom He magnified and honored, just as a king desires that the servants who stand before him be honored. Indeed, doing so is an expression of honor to the king....

2) After many years passed, arose among the people false prophets, who told the people that Hashem had commanded them to say: Serve this star, or all the stars, sacrifice to it, offer libations to it, build a temple for it and make an image of it so that all people – including the women, the children, and the common people – could bow to it.... In this manner, the people began to make images in temples, under trees, and on the tops of mountains and hills. People would gather together and bow down to them.... Thus, these practices spread throughout the world. People would serve images with strange practices.... As the years passed, Hashem's glorious and

awesome name was forgotten by the entire population.... with the exception of a few individuals, such as Chanoch, Mesushelach, Noach, Shem, and Ever. The world continued in this fashion until the pillar of the world – our father, Avraham – was born....

b. Devarim 4:19

(ט) ופֶן תִּשָּׂא עֵינֶיךָ הַשְּׁמַיְמָה וְרָאִיתָ אֶת הַשֶּׁמֶשׁ וְאֶת הַיָּרֵחַ וְאֶת הַכּוֹכָבִים כֹּל צָבָא הַשְּׁמַיִם וְנִדְחִתָּ וְהִשְׁתַּחֲוִיתָ לָהֶם וְעַבַּדְתָּם אֲשֶׁר חָלַק ה' אֱלֹהֶיךָ אֹתָם לְכָל הָעַמִּים תַּחַת כָּל־הַשְּׁמַיִם.

19) Lest you lift up your eyes to heaven and see the sun, and the moon, and the stars, all the host of heaven, which Hashem your G-d assigned to all peoples under the entire heaven, and be drawn away to bow yourselves before them and worship them.

c. Hilchos Avodas Kochavim 2:1

(א) ... וְעֵינֶיךָ הַשְּׁמַיְמָה וְרָאִיתָ אֶת הַשֶּׁמֶשׁ וְגו' אֲשֶׁר חָלַק ה' אֱלֹהֶיךָ אֹתָם לְכָל הָעַמִּים, כְּלוֹמֵר שֶׁמָּא תִּשְׁוֶה בְּעֵין לְבָבְךָ וְתִרְאֶה שֶׁאֵלֹהִים הֵן הַמְּנַהֲיָגִים אֶת הָעוֹלָם וְהֵם שֶׁחָלַק ה' אוֹתָם לְכָל הָעוֹלָם לְהִיּוֹת חַיִּים וְהוּיִם וְאִינָם נִפְסָדִים כְּמִנְהַגוֹ שֶׁל עוֹלָם, וְתֹאמַר שֶׁרָאִי לְהִשְׁתַּחֲוֹת לָהֶם וּלְעַבְדָן, וְכַעֲנֵן הִזָּה צוּרָה וְאָמַר "הַשְּׁמַיִם לָכֶם פֶּן יִפְתֶּה לְבַבְכֶּם", כְּלוֹמֵר שֶׁלֹּא תִּטְעוּ בְּהִרְהוּר הַלֵּב לְעַבֵּד אֱלֹהִים לְהִיּוֹת סָרְסוּר בִּינֵיכֶם וּבֵין הַבּוֹרָא.

... This matter is what the Torah warns about and says, “Lest you lift your eyes heavenward and see the sun, the moon, and the stars... and bow down and worship them, the entities which Hashem apportioned to all the nations” (Devarim 4:19). That is to say, you might inquire with “the eye of your heart” and it might appear to you that these entities control the world.... And you might say that it is fitting to bow down to them and worship them. For this reason the verse commands, “Be very careful that your heart not be tempted to go astray and worship other gods” (Devarim 11:16). That is to say, the thoughts of your heart should not lead you astray to worship these, to make them an intermediary between you and the Creator.

3. The prohibition to make an image of the sun (and other celestial bodies)

a. Rambam, Hilchos Avodas Kochachim 3:11

(יא) ... וְכֵן אִסוּר לְצוּר דְּמוּת חֶמֶה וּלְבָנָה, כּוֹכָבִים מְזֻלּוֹת וּמִלְאָכִים, שֶׁנֶּאֱמַר "לֹא תַעֲשֶׂה אִתִּי" - לֹא תַעֲשֶׂה כְּדְמוּת שְׁמַשׁ הַמִּשְׁמָשִׁין לִפְנֵי בְּמָרוֹם.

11) Similarly, it is forbidden to make an image of the sun, the moon, the stars, the constellations, or the angels, as it says, “Do not make with Me [gods of silver...]” (Shemos 20:23) – that is, do not make images of My servants, those who serve before Me on high.

b. Shulchan Aruch, Yoreh Deah 141:4

ד) ... וצורת חמה ולבנה וכוכבים אסור בין בולטת בין שוקעת ואם הם להתלמד להבין ולהורות כולן מותרות אפי' בולטות (ויש מתירין בשל רבים דליכא חשדא).

4) ... And [drawing or sculpting] an image of the sun, moon, or stars is forbidden, whether it protrudes or is engraved. But if they are made for learning, to understand, and to teach, they are all permitted, even if they are protruding. (Rema: And there are those who permit [making images of the sun, moon, or stars] when they are for the public, since [in that case] there is no suspicion [of idolatrous intent].)

c. Shevet ha'Levi, vol. 7, 134:6 (Rav Shmuel ha'Levi Vosner zt'l, 1913-2015)

שאלה :

ו. צורת חמה לבנה וכוכבים אסור אפילו אינו בולט כמבואר בשו"ע שם (סעיף ב') האם מותר ללסם החמה לפני שקיעתה (כמו שיש עושין על יד הים) או דיש בזה איסור תורה.

תשובה :

אם יש בו איסור תורה של לא תעשון כזר כחצוי למעלה באות ה' מכ"מ איסור שהי' נראה דליכא.

Question: An image of the sun, moon, or stars is forbidden, even if it is does not protrude (i.e. it is 2-dimensional), as is explained in the Shulchan Aruch. Is it permitted to photograph the sun before sunset (like people do at the ocean), or does this constitute a Torah prohibition?

Answer: Whether there is a Torah prohibition of "Do not make..." (Shemos 20:23) [when photographing] I have discussed earlier (that it is doubtful whether photographing is included in the prohibition, since the person does not make the image himself, but rather the mechanism of the camera creates the image). Nevertheless, it appears that there is a prohibition to keep the picture.

d. Shevet ha'Levi, vol. 7, 134:8

שאלה :

ח. האם מותר לצייר שמש וירח וכוכבים צפרשט צראשיח כשלומדים ענייני צריחת העולם האם זה נחשב להתלמד שמבואר בשו"ע (שם) שמותר או לא, וכן מציירין חלום יוסף צפרשט וישב, האם זהו בכלל להתלמד.

תשובה :

הרי הש"ך בנקודת הכסף התיר אפילו ציורים של י"צ מזלות מטעם להבין ולהורות ומכ"ש להתלמד כעניינינו.

Question: Is it permitted to draw the sun, moon, or stars in Parshas Bereishis when learning the subjects of the creation of the world? Is this included in “learning,” which the Shulchan Aruch says is permitted? Similarly, is drawing the [sun, moon, and stars in the] dream of Yosef in Parshas Vayeshev included in “learning”?

Answer: The *Shach* in *Nekudas ha’Kesef* permits even drawings of the 12 constellations when it is done to understand and to teach, and all the more so when it done for the sake of learning.

C. The Sun – its role in establishing Halachic time (hours, days, and seasons)

1. Units of time

a. The seven basic units of time:

- 1) second
- 2) minute
- 3) hour
- 4) day
- 5) week
- 6) month
- 7) year

b. The three units of time determined by astronomical motion: day, month, and year.

- 1) day
- 2) month
- 3) year

c. The difference between *conventional units* and *natural/astronomical units*

| | | |
|-----------|--------------|---|
| 1) second | conventional | (1/60 of a minute) |
| 2) minute | conventional | (1/60 of an hour) |
| 3) hour | conventional | (1/24 of a day) |
| 4) day | astronomical | (the time from one sunset to the next) (or earth’s rotation relative to the sun) |
| 5) week | conventional | (7 days, the Torah mitzvah of Shabbos) |
| 6) month | astronomical | (the time from one new moon to the next) |
| 7) year | astronomical | (one full cycle of the sun through the seasons (or a full revolution of the earth around the sun)) |

2. Halachic times dependent on the Sun

a. Mishnah, Berachos 4:1

תפלת השחר, עד חצות. רבי יהודה אומר, עד ארבע שעות. תפלת המנחה עד הערב. רבי יהודה אומר, עד פלג המנחה. תפלת הערב אין לה קבע. ושל מוספין כל היום. רבי יהודה אומר, עד שבע שעות.

The morning prayer (Shacharis) [may be recited] until **midday**. Rabbi Yehudah says: Until **four hours**. The afternoon prayer (Minchah) [may be recited] until **the evening**. Rabbi Yehudah says: Until the midpoint of the afternoon (**Plag ha'Minchah**). The evening prayer (Ma'ariv) has no fixed time [limit]. The prayer of Musaf [may be recited] **all day**. Rabbi Yehudah says: Until **seven hours**.

b. Mishnah, Berachos 1:2

מאימתי קורין את שמע בשחרית. משיכיר בין תכלת ללבן. רבי אליעזר אומר, בין תכלת לכרתי. וגומרה עד הנץ החמה. רבי יהושע אומר, עד שלש שעות, שכן דרך בני מלכים לעמד בשלש שעות. הקורא מכאן ואילך לא הפסיד, קאדם הקורא בתורה.

From when may we recite the Shema in the morning? From the time one can differentiate between [something colored] blue and [something colored] white. Rabbi Eliezer says: Between blue and green. One may finish reciting it until **sunrise**. Rabbi Yehoshua says: Until **three hours**. For so is the way of the sons of kings, to arise at the third hour. If one recites [Shema] later than this, he has not lost out, [but he is] like one who is reading [verses] in the Torah.

c. שעות זמניות - variable (or halachic) hours

$$\text{Length of one variable hour} = \frac{\text{number of minutes from sunrise to sunset}}{12}$$

Example A (times for Jerusalem, August 11):

$$6:02\text{am (sunrise) to } 7:26\text{pm (sunset)} = 13 \text{ hours, } 24 \text{ minutes} = 804 \text{ minutes}$$

$$804 / 12 = 67 \text{ min.}$$

Example B (times for Jerusalem, December 21):

$$6:35\text{am (sunrise) to } 4:39\text{pm (sunset)} = 10 \text{ hours, } 4 \text{ minutes} = 604 \text{ minutes}$$

$$604 / 12 = 50 \frac{1}{3} \text{ min.}$$

Let's work out some of the Halachic times for Example A:

$$\text{Midday} = 67 \text{ minutes} \times 6 = 402 \text{ minutes}$$

$$402 / 60 = 6.7, \text{ or } 6 \text{ hours and } 42 \text{ minutes}$$

$$6 \text{ hr } 42 \text{ m} + 6:02\text{am} = 12:44\text{pm}$$

$$\begin{aligned} 3^{\text{rd}} \text{ hour} &= 67 \text{ minutes} \times 3 = 201 \text{ minutes} \\ 201 / 60 &= 3.35, \text{ or } 3 \text{ hours and } 21 \text{ minutes} \\ 3 \text{ hr } 21 \text{ m} + 6:02\text{am} &= 9:23\text{am} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4^{\text{th}} \text{ hour} &= 67 \text{ minutes} \times 4 = 268 \text{ minutes} \\ 268 / 60 &= 4.4666667, \text{ or } 4 \text{ hours and } 28 \text{ minutes} \\ 4 \text{ hr } 28 \text{ m} + 6:02\text{am} &= 10:30\text{am} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plag ha'Minchah} &= 67 \text{ minutes} \times 10 \frac{3}{4} = 720.25 \text{ minutes} \\ 720.25 / 60 &= 12 \text{ hours (and 15 seconds)} \\ 12 \text{ hours} + 6:02\text{am} &= 6:02\text{pm} \end{aligned}$$

According to the Magen Avraham (Orach Chaim 58:1, in contrast to the Vilna Gaon (Orach Chaim 459:2), we calculate not from sunrise to sunset, but from dawn (עלות השחר) to nightfall (צאת הכוכבים). Therefore:

$$\begin{aligned} 4:43\text{am (dawn) to } 8:43\text{pm (nightfall)} &= 16 \text{ hours} = 960 \text{ minutes} \\ 960 / 12 &= 80 \text{ min.} \end{aligned}$$

Therefore:

(According to Magen Avraham):

$$\begin{aligned} \text{Midday} &= 80 \text{ minutes} \times 6 = 480 \text{ minutes} \\ 480 / 60 &= 8 \text{ hours} \\ 8 \text{ hr} + 4:43\text{am} &= 12:43\text{pm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3^{\text{rd}} \text{ hour} &= 80 \text{ minutes} \times 3 = 240 \text{ minutes} \\ 240 / 60 &= 4 \text{ hours} \\ 4 \text{ hr} + 4:43\text{am} &= 8:43\text{am} \end{aligned}$$

Additional resources for Class 3:

Tzeva ha'Shamayim: Machshevet ha'Astronomiyah b'Mekoroteha ha'Yehudiyim (The Legions of the Heavens: The Study of Astronomy in its Jewish Sources. Rabbi Professor Nissim Vidal. Jerusalem: Memtran, 2003–2021. 13 vols. Hebrew. (A comprehensive series on astronomy and Jewish tradition, exploring halachic, philosophical, and scientific perspectives on the phenomena of the cosmos.) Part of the volumes are available online at: <https://tinyurl.com/4u9vdx8n>

Understanding the Jewish Calendar. Rabbi Nathan Bushwick, Moznaim Publishing (1989).

A Glimpse of Light: A Discussion on the Hebrew Calendar and Judaic Astronomy. Dr. Julian Schamroth, Targum/Feldheim (1998).