

עיסוקים עיקריים:

- הרכב ומבנה כדה"א
- הראשית וההתפתחות בזמן: כדה"א כל הזמן חווה שינויים, למשל אלו הנראים על פני השטח כגון הרי געש. כדה"א אינו יציב בפנים, ישנה זרימה של חומר. פנים כדה"א חם (עדות לכך היא המנגמה היוצאת מהרי געש), מהי אותה אנרגיה המתיכה את הסלעים בפנים. שינויים נוספים: כשירד גשם הוא סוחף איתו חומרים. אם האיזורים הגבוהים נשחקים, כיצד עדיין יש איזורים גבוהים ונמוכים? לפיכך מעניינים אותנו השינויים לאורך הזמן, מה הייתה ראשיתו.
- תהליכים וכוחות המניעים אותם, מה מקורות האנרגיה לתהליכים בכדה"א. לדוגמא: השמש (מקור אנרגיה על פני השטח); ניצול משאבים: אנו צורכים חומרים ובאינטראקציה עם כדה"א (ומשפיעים עליו).
- דוגמא להשפעה על כדה"א: גידול אוכלוסיית האדם – גידול אקספוננציאלי עד 7 מילארד נפשות. ניתן לראות שינוי מתאים בהרכב האטמוספירה: CO_2 , חנקן ומתאן (CH_4) – כנראה יש קשר. מאפייני פני השטח של כדה"א:
- אנו יכולים למפות את פני השטח: כדה"א מחולק לשתי יחידות ברורות של פני השטח – אוקיינוסים ויבשות.
- בתוך זו ישנה חלוקת משנה: גם באוקיינוסים וגם ביבשות יש שני סוגים של משטחים – משטחים גדולים, כגון אמצע האוקיינוס הפסיפי, הארקטי, יבשות אירופה, אמריקה וכו'; רצועות הרים – ההרים אינם מפוזרים בצורה אקראית, כי אם בסדר מסוים, ברצועות – הרי הרוקי, האנדים, ואף בתוך האוקיינוסים. לפיכך, ישנה כנראה חוקיות המכתיבה את סדר ההרים, וההשערה היא שתופעת טבע כלשהי גרמה לאותו תהליך בכל מקום (היווצרות רצועות הרים בדוגמא זו). עמקים גם מסודרים ברצועות, בעיקר באוקיינוסים. למשל העומק בצמוד לאנדים הוא 7 ק"מ לעומת 4 ק"מ לתוך מרכז האוקיינוס.
- מבנה כדה"א:
- פני השטח לא דומים לפנים. כדה"א מכיל גלעין העשוי כולו בעיקר מברזל, שחלקו הפנימי מוצק וחלקו החיצוני מותך (90% ברזל, 10% ניקל וחומרים אחרים). רדיוס כדה"א 6400 ק"מ, בעומק 2900 ק"מ מגיעים לגלעין – ענק.
- את הגלעין עוטפת המעטפת – בעיקר מסיליקון, חמצן, מגנזיום, ברזל – אלו החומרים העיקריים. סיליקון מגיע ל-30% מתרכובת שכבה זו.
- את המעטפת עוטף הקרום – מאותם חומרים של המעטפת, אך המתכות העיקריות אינן מגנזיום וברזל אלא נתרן, אשלגן ואלומיניום, והרבה סיליקון וחמצן.
- איך יודעים זאת והאם תמיד היה כך? כדי להבין זאת יש להבין כיצד נוצרה המערכת. מערכת השמש:
- כדה"א הוא חלק ממערכת השמש, המורכבת מהשמש במרכז ומספר גופים הנקראים פלנטות (בעברית: כוכבי לכת, למרות שמונח זה בעייתי כי כוכב מתייחס לגוף הפולט אנרגיה, הוא השמש). שמש; חמה/מרקורי; ונוס/נוגה; ארץ; מאדים; צדק/יופיטר; שבתאי; סטורן; אוראנוס; נפטון; פלוטו; הפלנטות מקיפות את השמש פחות או יותר מאותו משטח (אך מרחקים שונים), ומשטח זה נודע בשם מישור המלקה (מלשון ליקוי – המראה לקוי לפעמים כי אחד מסתיר לשני את השמש). כמו כן, הם מקיפים את השמש באותו כיוון ומסתובבים סביב עצמם באותו כיוון.
- מאפיין נוסף: חלוקה גסה בין פלנטות ענקיות ופלנטות קטנות מאוד וקרובות יותר.
- לרוב הפלנטות יש ירחים, ליופיטר יש יותר מ-20 ירחים (בערך 27?). לחמה אין אף ירח אחד. לאלו שיש להם ירחים, אלו מקיפים את הפלנטות באותה מגמה של הסיבוב הכללי – גם סביב השמש וגם סביב הציר.
- הפלנטות החיצוניות עשויות בעיקר מחומרים שעל כדה"א היו גז או נוזל, אך שם קפואים. לעומתם, הפלנטות הקרובות עשויים מסלעים דומים מאוד למה שיש בכדה"א. לכן הרחוקים נקראות פלנטות גזיות, לעומת הקרובים – סלעיות (טרסטריות).
- ונוס והארץ בערך אותו גודל, מאדים בערך מחצית הגודל מארץ. מה שמעניין הוא שבכדה"א יש חיים. במאדים קר מדי ובנוס חם מדי (400-450 מע' בונוס, 40-, 50- במאדים). השינוי הוא: המים – בונוס הם אדים (גז) ובמאדים – קפואים. חיים חייבים מים כדי להתקיים (כמעט כל תהליכי חילוף החומרים בגוף מונע עיי מים).
- במרכז: השמש, המהווה 99.85% מהמסה במערכת השמש. הפלנטות הן שבריר אחוז יחסים לכל המערכת. השמש דינאמית, יש בה התפרצויות, איזורים חמים יותר וקררים יותר. לשמש שדה מגנטי חזק והתפרצויות ושינויים בשדה המגנטי

היווצרות מערכת השמש:

- עם אינפורמציה זו ניתן לשחזר כיצד קאנט הגה את הרעיון של היווצרות מערכת השמש. לדבריו, תחילת המערכת היתה ענן חומר וגז, פירורי אבק שמה שאיחד אותו זה כוח המשיכה. הגרגירים ישאפו לנוע כלפי המרכז של ענן זה, אל שאר הגרגירים. כוח המשיכה יחסי למסה, ולכן ענן זה מתחיל להתכווץ ולהצטמק. תוך כדי כך יוצר מסלול ספירלי, מערבולת, עקב התנועה. אם כן ענן זה יתחיל להסתובב בהתכווצותו (בדומה למים המתנקזים לפתח ביוב). בהסתובבות זו נוצר הכוח הצנטריפוגלי – המנסה לזרוק את החומר החוצה לכיוון המישור הניצב לסיבוב. לבן, ענן זה מתכווץ והופך ומקבל צורה של דסקית. לאט לאט נוצרים איזורים עם יותר חומר ופחות חומר בצורת דסקית כשכולם מסתובבים לאותו כיוון. כל ריכוז מסה שואב אליו חומר, מנקה את הסביבה מהחומר וגדל. בסופו של דבר נוצרות פלנטות, כאשר רוב החומר יהיה במרכז. המרכז חם כל כך בגלל שההתנגשויות גרמו לאנרגיה חום הנוצרת מאנרגיה קינטית.
 - מהתיאור של קאנט נובע שאין דרך למיין את החומרים, הכל התחיל מתערובת גדולה, וכדה"א לפיכך היה בראשית ימיו כדור הומוגני. החומר היה מסודר בצורה זהה. כיוון שכיום המצב אינו כזה, מכאן שכדה"א עבר תהליך של הפרדה – דיפרנציציה. כיצד מפרידים חומר הומוגני? צריך אנרגיה. למשל: אם נתיך את כדה"א, החומר הכבד ישקע והחומר הקל יעלה החוצה. מקורות האנרגיה שגרמו לתהליך – יפורט בהמשך.
 - כיצד יודעים שזה התהליך שקרה? עקרון החלפת מימדים (לבדוק) – במקום להסתכל על משהו אחד למשך הרבה זמן, מסתכלים על הרבה פרטים בשלבים שונים. במחקר החלל נראים גם ערפיליות וגם כוכבים כמו השמש עם פלנטות סביבם – וזו עדות לכך שהתהליך הזה בר ביצוע. בנוסף יש ניסויים במעבדה וכו.
 - אם כן, האנרגיה הראשונית – מכות פגיעה של מטאוריטים בתהליך הצטברות החומר גרמו לעליית הטמפרטורה. עם הזמן כמות הפגיעות מתמעטת, בשל התמעטות החומר. כיצד יודעים שזה קרה? רואים סימני פגיעות, אך לא על כדה"א אלא על הירח. בכדה"א פני השטח של היום שונים לגמרי מאז התהליך לפני 4.5 מיליארד שנה. על הירח אין אטמוספירה ותהליכים המשנים את פני השטח, והמכתשים עליו סימנים לכך. הירח קטן יחסית לכדה"א, ולכן יש להניח שאף ספג יותר פגיעות מהירח. דוגמא לפגיעה בכדה"א: באריזונה.
 - פעילות וולקנית – המשך תהליך הדיפרנציציה: תהליך ההתכה אל תוך כדה"א נמשך גם היום. בחומר היוצא בטמפרטורה של 1100 מעלות יש מספיק חומר רדיואקטיבי הפולט חום בהתפרקות. אם כן, תהליך הלוחך יותר זמן אך ממשיך את פעולת המטאוריטים, הוא חומר רדיואקטיבי מתפרק. יסודות רדיואקטיביים ארוכי חיים ממשיכים להתפרק בתוך כדה"א, ולמרות שכמות החום שמייצרים קטנה יחסית, היא עדיין גדולה – יש הרבה חומר; הסלעים מבודדים מצויינים לחום – חום בעומק כמה קילומטרים פורץ החוצה אחרי זמן רב מאוד. לכן, רוב החומר הנוצר מהתפרקות יסודות רדיואקטיביים בעומק נשאר שם. אם כל החומר הרדיואקטיבי היה מתפרק מבלי לנקז חום החוצה (דרך הרי געש), הטמפרטורה בתוך כדה"א היתה כה גדולה עד שהיה מתפוצץ. הפעילות הוולקנית מונעת התפוצצות שלכדה"א.
 - סיכום: תחילה תהליך הצטברות העלה את החום, לאחר מכן התפרקות יסודות רדיואקטיביים פולטים חום (אורניום, פלוטוניום, אשלגן רדיואקטיבי).
- כיצד יודעים את הרכב כדה"א: שני מקורות עיקריים
- לקיחת הרכב השמש כדי לקבל את הרכב כדה"א. כל חומר פולט אור במספר ארוכי גל ופייניים, וכך ניתן לזהות את הרכב השמש מבלי לאסוף דגימה ממשית. בשיטה זו ניתן לזהות הרכבי כוכבים ופלנטות. שיטה נוספת לשימוש באורכי גל לזיהוי חומרים בגופים קרים (כגון ערפילים, וכך הוכחת קיומם): במעבר אור דרך חומר קר, החומר הקר בולע את אורכי הגל שהיה פולט לו היה חם. לכן, בהסתכלות על אור דרך ערפילים, ה"חורים", כלומר אורכי הגל שלא רואים מעידים על החומרים המרכיבים את הערפיל. למשל: נניח ערפיל מכיל נתרן, אז אורך הגל המתאים העובר דרך הערפיל ייספג בנתרן, ומה"חור" שיראה נסיק כי קיים בערפיל נתרן. כל אורך גל האופייני לחומר מסוים שנראה, מעיד על כך שאינו קיים בערפיל כך ניתן לזהות הרכבי ערפילים (קרים).
 - המקור השני הוא גושי חומר שלא עברו דיפרנציציה כי הם קטנים מדי, כמו מטאוריטים. ישנם מספר סוגים של מטאוריטים, חלקם תוצר ריסוק של פלנטות כי חלקם עשויים חומרים שעברו דיפרנציציה (למשל רק ברזל, גלעין של פלנטה שעברה דיפרנציציה; חומר המכיל בועות ברזל; מטאוריטים סלעיים. סה"כ: סלעיים, ברזליים, וסונו-אירון). דוגמא: מטאוריט המכיל כונדרולות (מטאוריטים כונדרטיים) – חומר נדיר. כיוון שהמטאוריט מכיל חומרים נדיפים, מסיקים מכך שהוא לא עבר חימום, דהיינו דיפרנציציה – עשוי פירורים כמו התיאוריה של קאנט. אם החומר היה עובר חימום, החומר בכונדרולות היה מתנדף. לפיכך חומר זה מראשית ימי מע' השמש. דבר נוסף: ניתן למדוד גיל. בסלע יש כמות מסוימת של אורניום וכמות מסוימת של עופרת – תוצר פירוק האורניום. מודדים את האורניום שנשאר ואת כמות העופרת שנוצרה ממנו, ויודעים את קצב התהליך הזה. לפיכך, אם יודעים כמה חומר מקור נשאר וכמה כבר נוצר, יודעים כמה זמן התהליך נמשך. נמדד שגיל מטאוריטים אלו הוא 4.6 מיליארד שנה. דבר חשוב: חוקי הפיסיקה המזוהים בכוכבים רחוקים מלפני מיליארדי שנים, לא השתנו. אותה פיסיקה היתה אז וקיימת היום.

הרכב כדה"א:

- הרכב השמש לעומת מטאוריטים: בשתי שיטות בלתי תלויות אחת בשניה מדדו את הרכבי אלו ואלו, השוו ונראה דמיון. מכאן מסיקים את הרכב כדה"א. הרכב זה הוא המודל הכונדריטי של כדה"א, כיוון שאין זו מדידה ישירה.
- מטאוריטים קשה לזהות, אך באנטרקטיקה נמצאו מטאוריטים רבים – סלעים על פני הקרח שמקורם היחיד חייב היה להיות מהחלל. לכן המדידות נסמכות על מטאוריטים רבים.
- פליטת גזים מהרי הגעש מלמדת על האטמוספירה הראשונית. גילו כי הרכב האטמוספירה הראשונית היה שונה לגמרי מהרכב האטמוספירה כיום: חנקן (80%) וחמצן (בערך 20%). הרכב האטמוספירה שנפלט כיום מהרי געש בעיקרו CO_2 , תרכובות חנקן, קצת אדי מים. כלומר גם האטמוספירה עברה שינויים והתפתחות. חמצן החל להצטבר רק לפני 2.5 מיליארד שנה, אז נוצרו אאוקריוטים ועולם החי החל להתפתח בצורה יעילה יותר, כי חמצן מאפשר תהליכים יותר אנרגטיים. רק לפני 3.8 מיליארד שנה ישנן עדויות חיים.

סיכום:

- התחלת כדה"א גרמה להפרדת החומר. החלק הקל – קרום, החלק הכבד – מעטפת והחלק הכבד ביותר – גלעין. החומרים הקלים ביותר יצאו כגזים החוצה, ולאחר פרק זמן מסויים הטמפי' על פני השטח הולכת ויורדת, והעדות הראשונה לכך היא הופעת מים. איך חוקרים את פנים כדה"א:
- השדה המגנטי של כדה"א מעיד על גלעין שעיקרו ברזל. השדה המגנטי הוא מאפיין השייך לכל כדה"א, לא משנה איפה נמצאים. השדה מסודר פחות או יותר במקביל לציר הסיבוב שלו. ניתן למדוד "קווי" שדה, ומצטייר כאילו יש מוט מצפון לדרום, וכיוון השדה הוא מהדרום סביב כדה"א אל הצפון. כל הזמן חוטפים קרינה מסוכנת מהחלל שהייתה פוגעת בחי על כדה"א, והשדה המגנטי מסיט אותה לקטבים. זו אחת הדרכים בהן השדה המגנטי מציל את החיים על כדה"א. אין אפשרות ליצור שדה מגנטי בלי ברזל, ולכן מסיקים מצורת השדה המגנטי על פני השטח שבמרכז יש מגנט גדול. משערים שצורתו כדורים, ועל כך הסבר שיעור הבא.
- השדה המגנטי מגן על עולם החי באופן נוסף: אם הברזל לא היה מרוכז במרכז כדה"א אלא היה כמו בראשונה, הברזל היה מתחמץ – ולא היה נשאר חמצן חופשי באטמוספירה. כלומר ללא דיפנציאציה, סילוק הברזל למרכז והפרדתו מפני השטח, לא היה חמצן באטמוספירה ולא היו חיים. סילוק הקרינה לקטבים – הילה, זוהר הקוטב היא הקרינה שהשדה המגנטי מסיט לקטבים.