**סיכום כל המשפטים: בדידה**

**תורת הקבוצות מושגי יסוד:**

הגדרה 1.1, ע5: שתי קבוצות שוות זו לזו אםם יש להן בדיוק אותם האיברים:

הגדרה 1.2 ע6: A היא תת קבוצה של B אםם כל איבר של A הוא גם איבר של B: (עבור כל x השייך לA, x שייך ם לB).

הגדרה 1.3 ע7: הקבוצה הריקה היא קבוצה שאין בה איברים. עבור כל A מתקיים: . ,

הגדרה 1.4 ע8: קבוצת כל תת-הקבוצות של A תקרא קבוצת החזקה של A: P(A). ,

הגדרה 1.5 ע9: איחוד קבוצות A וB יסומן A∪B ומוגדר

תכונות האיחוד: קומטטיביות:   
 אסוציאטיביות:   
 אידמפוטנטיות:   
 איחוד עם הקבוצה הריקה:   
 כן מתקיים:

הגדרה 1.6 ע12: אםם קיים לפחות אחד כך ש-

הגדרה 1.7 ע15: החיתוך של קבוצות A וB המוסמן ב A∩B מוגדר: ,

תכונות החיתוך: קומטטיביות:   
 אסוציאטיביות:   
 אידמפוטנטיביות:   
 חיתוך עם הקבוצה הריקה:   
 כן מתקיים:

חוקי הספיגה ע19:

הגדרה 1.8 ע20: ההפרש של A ו-B המסומן A-B הוא הקבוצה המוגדרת   
 מתקיים בבירור: .

הגדרה 1.9 ע22: ההפרש U-A מסומן ב A’. B-A היא המשלים של A ביחס לB. . .

1.4.3 ע23: כללי דה מורגן: .בעמוד 24 לעוד דוגמאות.

עוד אלגברה של קבוצות: -ע24. -ע26.

שאלה 1.22 ע27: ההפרש הסימטרי:   
תכונות ההפרש הסימטרי: קומטטיביות:   
 אסוציאטיביות:   
 אידמפוטנטיות:   
 איחוד עם הקבוצה הריקה:   
 כן מתקיים:

**רלציות\יחסים:**

הגדרה 2.1 ע29: שני איברים שאחד מהם נקבע כראשון והשני כשני מהווים זוג סדור.

הגדרה 2.2 ע30: יהיו A וB קבוצות. קבוצת כל הזוגות הסדורים: – מכפלה קרטזית AXB

הגדרה 2.3 ע31: תת-קבוצה כלשהיא של AXB היא רצליה בינארית מA ל-B, תקרא רלציה.

הגדרה 2.4 ע35: התחום של רצליה R = האיברים הראשונים בזוגות הסדורים ב R. תמיד .

הגדרה 2.5 ע35: הטווח של רלציה R האיברים השניים בזוגות הסדורים ב R.  
תמיד .

הגדרה 2.6 עמ36: תהיה R רצליה מA ל-B, הרצליה ההופכית של R היא רלציה מB ל-A המסומנת מוגדרת:  
 בכתיב נוסף .

הגדרה 2.7 ע37: R-רצליה מA לB, S רלציה מB לC. המכפלה RS היא הרצליה מA ל-C המוגדרת כך:

**משפט** 2.8 ע43: כפל רלציות הוא אסוציאטיבי .

הגדרה 2.9 ע44: רלציית היחידה – כל הזוגות הסדורים ששני איבריהם שווים.  
עבור כל רלציה R:

עוד על כפל רלציות ע46: באופן פרטי: ,.   
עמוד 47: אם החזקה הקטנה ביותר השווה לחזקה אזי כל חזקה שווה ל . ולכן מספר החזקות השונות של R הוא m-1.

הגדרה 2.10 ע48: רצליה R מעל A המקיימת נקראית רפלקסיבית.

הגדרה 2.11 ע49: רצליה R המקיימת נקראית סימטרית בכתיב נוסף: לכל זוג.

משפט 2.12 ע50: אם S וR רלציות סימטריות מעל A, RS תהיה סימטרית אםם R ו-S מתחלפות, כלומר אםם RS=SR.

הגדרה 2.13 ע50: רלציה נקראית אנטי סימטרית אם: בכתיב נוסף: .  
כלומר אין זוג סדור והופכו אלא אם כן האיברים בזוג הסדור שווים.

הגדרה 2.14 ע52: רלציה R מעל A נקראית טרנזיטיבית אם: , מקיימת את התכונה .  
אם קיים וקיים גם חייב להתקיים על מנת שR תהיה טרנזיטיבית.

הגדרה 2.15 ע55: הסגור של R מעל A, הוא הרלציה S המקיימת את התכונה הרצויה, מכילה את R ומוכלת בכל רצליה אחרת בעלת אותה התכונה ומכילה את R.

משפט 2.16 ע56: תהא R רלציה מעל A, הסגור הטרנזיטיבי של R הוא (ראה עמוד 47).

הגדרה 2.17 ע58: קבוצת תת-קבוצות זרות זו לזו של קבוצה A, אשר איחודן הוא A היא חלוקה של A. מסומנת ב π.

הגדרה 2.18 ע61: רלציה רפלקסיבית, סימטרית וטרנזיטיבית נקראית רלציית שקילות מסומנת ב E.

משפט 2.19 אם π היא חלוקה של A, ומגדירים מעל A את הרצליה E באופן הבא: (x וy באותה מחלקה של π) אז E היא רלציית שקילות (סימטרית, רפלקסיבית וטרנזיטיבית).

משפט 2.20 ע64: שקילות E מעל A גוררת חלוקה של הקבוצה למחלקות שקילות. כל האיברים במחלקת שקילות אחת נמצאים ביחס E זה עם זה ואף אחד מהם אינו ביחס E עם אף איבר ממחלקה אחרת. (חלוקה לקבוצות זרות)

**רלציות מיוחדות: שקילות ופונקציות**

הגדרה 3.1 ע76: רלציה R מקבוצה A לקבוצה B תקרא פונקציה מA לB אם: . כלומר הרלציה מתאימה לכל איבר a מהקבוצה A איבר אחד ויחיד b מהקבוצה B. סימון

הגדרה 3.2 ע78: אם הטווח של הפונציה f מA לB הוא כל קבוצת B נאמר כי f היא פונקציה מA **על** B. במילים אחרות משתמשים בכל הטווח של הרלציה.

הגדרה 3.1.2 ע79: f היא פונקציה חח"ע מA לB אם   
לחילופין . כלומר עבור כל ערך הנכנס לפו' נקבל ערך ייחודי.

שאלה 3.7 ע82: מראה כי הרכבת פונקציות על, תוצאתה היא פונקציית על, הרכבת פונקציות חח"ע תוצאתה היא פו' חח"ע.

הגדרה 3.3 ע83: העתק חח"ע של קבוצה A על A נקרא תמורה של A.  
פונקצייה אופיינית ע85: עבור כל x∈U: – פו' אופיינית של תת קבוצה A של U.

הגדרה 3.4 ע86: סדר חלקי - רלציה רפלקסיבית,טרנזיטיבית ואנטיסימטרית תסומן ≤.

הגדרה 3.5 ע87: סדר **מלא**: סדר חלקי המקיים, עבור כל מתקיים או (לא שניהם בגלל האנטי סימטריות).

הגדרה 3.6 ע88: b מכסה את a אם ואין כך ש: (אין איבר באמצע).

הגדרה 3.7 ע91: איבר מינימלי: אם עבור עבור כל , כלומר אין איברים שונים מa הקטנים ממנו   
משפט 3.8 ע92: בקבוצה סדורה חלקית סופית חייב להיות איבר מינימלי אחד לפחות.

הגדרה 3.9 ע92: איבר מקסימלי:אם עבור עבור כל , כלומר אין איברים שונים מa הגדולים ממנו

הגדרה 3.10 ע93: איבר בקבוצה סדורה חלקית נקרא האיבר הקטן ביותר אם עבור **כל**  מתקיים   
איבר בקבוצה סדורה חלקית נקרא האיבר הקטן ביותר אם עבור **כל**  מתקיים .  
 בקבוצה סדרוה חלקית יכולה להיות לכל היותר איבר קטן ביותר אחד (גם מינימלי) ואיבר גדול ביותר אחד (גם מקסימלי).

סעיף 3.2. ע95: סדר לקסוגרפי:

סעיף 3.5 ע104 רקורסיה:

**עוצמת קבוצות – מספרים קרדינליים**

הגדרה 4.1 עמ116: אם קיימת פו' חח"ע ועל מA על B. נסמן A~B.

הגדרה 4.2 עמ117: כל קבוצה שמהספר הקרדינאלי שלה הוא מס' טבעי היא קבוצה סופית

הגדרה 4.3 עמ118: כל קבוצה A המקיימת A~N היא קבוצת בת מניה ועוצמה .

תחתית ע120: איחוד של קבוצות בנות מנייה כאשר הקבוצות אינן זרות זו לזו עוצמת הקבוצה המאחודת היא .

משפט 4.4 ע121: לכל קבוצה אינסופית A יש תת-קבוצות אמיתיות בעלות עוצמה שווה לזו של A.

משפט 4.5 ע126: קבוצת המספרים הממשיים 0<x<1 איננה בת מנייה ועוצמתה היא C.

תחתית ע127: עוצמת קבוצת המספרים הממשיים R הינה C.

הגדרה 5.1א ע6: אם קיימת פונקצייה חח"ע של A לתוך B נאמר ש

הגדרה 5.1ב ע7: |A|=k, |B|=m אם קיימת פו' חח"ע של A לתוך B (ההגדרה מראה אי תלות בנציגים).

\***חשוב** – הכייון ההופכי לא בהכרח נכון. אם לא בהכרח קיימת פו' חח"ע מA לB. אבל קיימת קבוצה חלקית לB השווה בעוצמתה לA: , מכאן אנחנו יודעים שיש פו' חח"ע ועל בין A לB1 (ואז יודעים כי יש פו' חח"ע לB?).

משפט 5.2 ע8: אם k היא עוצמה כלשהיא אזי: .

הגדרה 5.3 ע8: אם k,m הן עוצמות המקיימות:

משפט 5.4 ע8: משפט קנטור-שרדר-ברנשטיין:

משפט 5.5 ע14: לא ייתכן ש ו בעת ובעונה אחת.

משפט 5.6 ע14: משפט קנטור, לכל קבוצה A:

משפט 5.7 ע15: תהי K קבוצה כלשהי של עוצמות היחס ≤ הוא יחס סדר חלקי מעל K.

הגדרה 5.8 ע16: תהיינה A וB קבוצות זרות המקיימות |A|=k, |B|=m: .

טענה 5.10 ע17: לכל עוצמתה k: k+0=k.

משפט 5.11 ע18: אם k עוצמה אינסופית כלשהיא אז:

משפט 5.12 ע19: חיבור עוצמות הוא חילופי: .  
חיבור עוצמות הוא קיבוצי:

משפט 5.13 ע19: תהי A קבוצה, תהיה B⊆A, אם ההפרש A-B הוא קבוצה אינסופית אז |A-B|=|A|  
תהי A קבוצה אינסופית שאינה בת מניה, תהיה B⊆A אז |A-B|=|A|.

הגדרה 5.14 ע20: כפל עוצמות. |A|=k, |B|=m המכפלה תוגדר:

טענה 5.15 ע20: לכל עוצמה k: . .

משפט 5.16 ע21: כפל עוצמות הוא חילופי: . כפל עוצמות הוא קיבוצי: .

משפט 5.17 ע21: מתקיים .

טענה 5.18 ע21: אם A וB הן קבוצות סופיות ו |A|=a, |B|=b≠0 אז מספר הפונקציות של A ל-B הוא

הגדרה 5.19 ע22: חזקה של קבוצות: אם A וB הן קבוצות, היא קבוצת כל הפונקציות של A ל-B.

משפט 5.20 ע22: לכל קבוצה A: .

הגדרה 5.21 ע23: |A|=k, |B|=m אז:

משפט 5.23 ע23: אם |A|=k אז .

משפט 5.24 ע24: לכל עוצמה k,

משפט 2.25 ע24:

משפט 2.26 ע24:

משפט 5.27 ע24: ,,

טענה 5.28 ע26: .

**קומבינטוריקה:**

סעיף 1.2 ע7: עקרון החיבור: – אם ניתן לבחור איבר מסוים בn אופנים ואיבר אחר בm אופנים – הרי בחירת אחד מן השניים (או האיבר הראשון או האיבר השני) יש m+n אופנים (אפשרויות בחירה).

במקרה והקבוצות אינן זרות: - כלומר פשרות לבחירה של איבר ראשון או איבר שני היא  
 היכולת לבחור באיבר הראשון או באיבר השני פחות האפשרות לבחור בשניהם יחד.

סעיף 1.3 ע11: עקרון הכפל: אם אפשר לבחור איבר ראשון בn אופנים ולאחר מכן (שלב שני) לבחור איבר נוסף בm אופנים הרי שניתן לבחור את האיבר הראשון **ואז** את האיבר השני ב m\*n אופנים (יש לשים לב למקרים בהם הסדר אינו חשוב).

סעיף 2.1 ע18: חליפה(parmentation): k איברים **סדורים** מתוך n (k≤n) שכל האיברים שונים תקרא חליפה של k מתוך n.  
סעיף 2.1.1 ע23: תמורה (): חליפה של n איברים מתוך n:   
סעיף 2.2 ע27: צירופים (comb): תת קבוצה בעלת k איברים של קבוצה n נקרא צירוף   
הערה: סידור בשורה של n רכיבים כאשר יש 3 תת קבוצות: יש a איברים זהים (תאומים) וכך גם b,c אז מס' הסידורים הוא:   
סעיף 2.3 ע39: עם חזרות: בכמה דרכים ניתן לסדר k=6 כדרוים זהים בn=4 תאים?   
מה מספר הפתרונות הטבעיים למשוואה:

**הבינום של ניוטון:** ע66, משלוש פסקל ע69.

**זהויות קומבינטוריות:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**עקרון ההכלה וההפרדה:** ע80

המקרה כללי

אי סדדר מלא ע90:

הפו' של אוילר ע92: כאשר הם המספרים הראושניים לn.

**עקרון שובך היונים**,ע104: עקרון פשוט אבל טריקי לשימוש. אם יש n שובכים וn+1 יונים←יש לפחות 2 יונים בשובך אחד.  
אם יש n שובכים ו kn+1 יונים ← יש לפחות k+1 יונים בשובך.

**רקורסיה**: נגדיר העונה לתנאי הרקורסיה. יוגדר באמצעות , נבדוק אם משתמש באיבר אחד או שניים.  
לאחר שהגדרנו את האיבר הכללי, לדוגמא: , נגדיר ומכאן: ומכאן:  
 ממשוואה זו נקבל את נציב עבור ו – נקבל שתי משוואות עם שני נעלמים.

**פו' יוצרות** ע121: שאלות כמו: מה המקדם של , כמה פתרונות טבעיים למשוואה עם הגבלות לכל איבר.  
זהויות עבור פו' יוצרות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | הנדסי סורי | הנדסי סופי |
|  |  |  |

**תורת הגרפים:**

הגדרה 1.1 ע7: גרף-G, צמתים-V, קשתות-E. פו' המתאימה לכל קשת צומת אחד או שניים מתוך V.  
צמתים שכנים הם צמתים המחוברים בקשת. הקשת סמוכה לצומת וגם ל .  
לולאה היא קשת המחברת צומת לעצמו . קשתות מקבילות הן קשתות המחברות אותו זוג צמתים.  
צומת מבודד הוא צומת ללא שכנים.  
**גרף פשוט** הוא גרף שאינו מכיל לולאות וקשתות מקבילות.  
הדרגה של צומת v ב-G תוסמן ע"י והיא מספר הקשתות ב E הסמוכות לv. לולאה סופרים פעמיים.

הגדרה 1.2 ע9: גרף מכוון G=(E,V) + פו' המתאימה לכל קשת זוג **סדור** של צמתים.

טענה 1.3 ע10: **בכל** גרף . סכום הדרגות בגרף = כפליים מספר הקשתות.

הגדרות ע10: **מסלול** בגרף הוא סדרה של קשתות כאשר כל קשת מופיעה בסדרה לכל היותר פעם אחת.  
**אורך של מסלול**: מספר הקשתות במסלול. **מעגל** הוא מסלול שבו צמתי הקצה זהים. **מסלול פשוט** מסלול בו כל הצמתים שונים (מסלול שאינו חותך את צמו"). **מעגל פשוט** הוא מסלול פשוט שצומתי הקצה שלו זהים. **מרחק** אורך המסלול הקצר ביותר בין צמתים (אם אין מסלול המרחק הוא 0). **גרף קשיר:** גרף שיש בו מסלול בין כל שני צמתים. **רכיב קשירות:** תת-קבוצה מקסימלית של צמתים בגרף שבין כל שני צמתים יש מסלול.

הגדרה 1.4 ע12: גרף G’=(V’,E’) הוא **תת גרף** של G אם וכל קשת ב E’ מחברת בין שני צמתים.  
**תת-גרף פורש** הוא תת גרף כאשר V’=V.  
**התת-גרף המושרה ע"י U ב-G** הוא תת גרף של G שקבוצת הצמתים שלו היא ושקבוצת הקשתות שלו היא כל הקשתות של G ששני הקצוות שלהם ב- U.  
**גרף מלא** הוא גרף פשוט שכל זוג צמתים בו מחובר ע"י קשת. יסומן   
**הגרף המשלים של G** הוא גרף בעל אותם צמתים כאשר שני צמתים יחוברו בקשת ב אםם הם לא היו מחובר בG  
הערה: הסימול G\H הוא עבור גרף המתקבל עבור השמטת איברי H מG.

הגדרה 1.5 ע13: **גרף דו-צדדי** הוא גרף שניתן לחלק את צמתיו לשתי קבוצות לא ריקות A,B כך שלכל קשת של G יש קצה אחד בA וקצה שני בB. שתי הקבוצות יקראו הצדדים של הגרף.  
**גרף דו-צדדי מלא** יסמון הוא גרף דו-צדדי פשוט בעל p צמתים בצד אחד וq צמתים בצד השני אשיר מכיל את כל p\*q קשתות אפשרויות.

משפט1.6 ע14: גרף G בעל שני צמתים לפחות הוא דו-צדדי אםם אין בו מעגל באורך אי-זוגי.

הגדרה 2.1 ע17: גרף נקרא **יער** אם אין בו מעגל.יער קשיר נקרא **עץ.**

הגדרה 2.2 ע17: **עלה** בעץ הוא צומת עם דרגה 1.

טענה 2.3 ע17: בכל עץ בעל לפחות שני צמתים יש לפחות עלה אחד.

טענה 2.4 ע18: יהי v צומת בעץ T: אם נוסיף לT צומת חדש u וקשת בודדת uv נקבל עץ. אם נחסיר עלה v גם T\{v} הוא עץ.

משפט 2.5 ע19: הטענות הבאות שקולות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| G הוא עץ | בין כל שני צמתים של G יש מסלול יחיד | G הוא גרף קשיר מינימלי |
| G אינו מכיל מעגלים | G קשיר ו |  |

טענה 2.6 ע21: כל גרף קשיר מכיל תת-גרף פורש שהוא עץ.

הגדרה 2.7 ע23: שני גרפים G=(V,E) ו G’=(V’,E’) נקראים **איזומורפים** אם קיימת העתקה חח"ע ועל כך שלכל מתקיים אםם .  
בדיקת איזומורפיות (לא רשמי): 1. אותו מס' צמתים 2. אותו מס' קשתות 3. אותו מס' רכיבי קשירות 4. אותו מס' צמתים בעלי אותה דרגה 5. אותו מס' מעגלים באותו האורך

הגדרה 2.8 ע24: שני גרפים מתויגים G=(V,E) וG’=(V’,E’) נקראים **איזומורפים** אם קיימת העתקה חח"ע ועל, כך שלכל התג של u שווה לתג של f(u) ובנוסף מתקיים אםם

משפט 2.9 (משפט קיילי) ע25: לכל מספר העצים המתוגים השונים על קבוצה מתוייגת V של n צמתים הוא .

סדרת פרופר ע26: אלגורתים: כל עוד מספר הצמתים גדול מ2, רשום את כל העלים ב"מחסן העלים" מחק את העלה הנמוך ביותר מ"מחסן העלים" ומהגרף, רשום את מי שהיה מחובר לעלה זה בסדרה. אם נוצר עלה חדש הוסף אותו ל"מחסן העלים" חזור להתחלה (כל עוד מס' הצמתים גדול מ2).

טענה 2.10 ע27: אם S=f(T) אז L(T)=V\S.

טענה 2.11 ע29: אם T=g(S) אז L(T)=V\S.

טענה 2.12 ע30:

פרק 3 הגדרה ע35: מסלול\מעגל אוילר בגרף G הוא מסלול\מעגל שבו כל קשת של G מופיעה בדיוק פעם אחת.  
 מסלול\מעגל המילטון בגרף G הוא מסלול\מעגל שבו כל צומת של G מופיעה בדיוק פעם אחת.  
גרף נקרא אוילרי\המילטוני אם יש בו **מעגל** אוילר\המילטון

משפט 3.1 ע35: גרף קשיר G הוא אוילרי אם דרגת כל צומת בו היא זוגית.

משפט 3.2 (משפט אור) ע40: יהי G=(V,E) גרף פשוט על צמתים כך שלכל זוג צמתים u,v שאינם שכנים מתקיים: אז G הוא המילטוני.

משפט 3.3 (משפט דירק) ע42: יהי G=(V,E) גרף פשוט על צמתים. אם הדרגה של כל צומת לפחות , G הוא המילטוני.

הגדרה 4.1 ע44: **זיווג** בגרף G=(V,E) הוא קבוצת קשתות M שאין בה שתי קשתות הסמוכות לאותו הצומת. (בM תופיע צומת עבור קשת פעם אחת בלבד.)

הגדרה 4.2 ע45: צומת v **מכוסה** ע"י קבוצת קשתות, אם בקבוצה קשת הסמוכה לv. אם זיווג M מכסה צומת v נאמר כי הצומת **מזווג** ע"י M.

הגדרה 4.3 45: זיווג M הוא **זיווג מקסימום** בגרף, אם אין זיווג גדול יותר בגרף. אם עבור כל M’ בגרף.  
זיווג הוא **זיווג מושלם** אם הוא מזווג את כל הצמתים בגרף . (נזכור כי לא ניתן לחלק 5 צמתים ל2 קבוצות).

הגדרה 4.4 ע45:

טענה 4.5 ע46:

משפט 4.6 (משפט ברג') ע46: M הוא זיווג מקסימום אםם אין מסלול שיפור ביחס לM.

סימון שכנים:

משפט 4.7 (משפט הול) ע48: בגרף דו צדדי יש זיווג המזווג את כל צומתי A אםם לכל מתקיים .

מסקנה 4.8 ע50: בגרף דו צדדי יש זיווג מושלם אםם וגם לכל מתקיים .

הגדרה 5.1 ע57: גרף נקרא **מישורי** אם **ניתן** לציירו על דף כך שלא יהיו שתי קשתות שיצלבו.

טענה 5.2 ע57: אינו מישורי

משפט 5.3 (נוסחת אוילר) ע59: יהי G גרף מישורי קשיר (לאו דווקא פשוט) בעל n צמתים וm קשתות. מספר הפאות (אזורים) בכל שיכון מישורי של G הוא . (בעץ רק פאה אחת).

מסקנה 5.4 ע59: בגרף מישורי פשוט בעל צמתים יש לכל היותר קשתות.

מסקנה 5.5 ע60: בכל גרף מישורי פשוט יש (כלומר קיים) צומת שדרגתו קטנה או שווה ל5.

הגדרה 5.6 ע62: **עידון של קשת**

טענה 5.7 ע62: גרף הוא מישורי אםם כל העדנה שלו היא גרף מישורי.

משפט 5.8 (משפט קורטובסקי) ע63: גרף הוא מישורי אםם הוא לא מכיל כתת גרף העדנה של או .

הגדרה 6.1 ע65: **צביעה של צומתי הגרף היא פו' מצומתי הגרף לקבוצה שאיבריה נקראים צבעים (או תגיות)**צביעה נאותה **של גרף: אם כל שני צמתים שכנים צבועים בצבעים שונים.**מספר הצביעה **של גרף G הוא מספר הצבעים המינימלים בצביעה נאותה ומסומן . נאמר כי G הוא k-צביע אם .**

**סימון – הדרגה המקסימלית של צומת בגרף G.**

**משפט 6.2 (משפט ברוקס) ע66: פרט לשני המקרים הבאים שבהם :**

* **ל-G יש רכיב קשירות המשרה גרף מלא על צמתים**
* **=2 ויש לG רכיב קשירות המשרה מעגל באורך אי זוגי.**

**משפט 6.3 (משפט ארבעת הצבעים) ע67: כל גרף מישורי הוא 4-צביע (כלומר לכל גרף מישורי G).**

**משפט 6.4 (משפט חמשת הצבעים) ע69: כל גרף מישורי הוא 5-צביע.**