

העולם העתיק והקלאסי

לפה"ס ועד המאה ה-5

מספרים – 1

נאסף ונערך בעברית ע"י פרופ' צבי קם

כתב

סוגי כתב

הירוגליפים מול אותיות האלפבת: עיצורים, הברות, ניקוד
שים לב למגוון האפיינים של שיטות הכתיבה:
כוון (ימין-שמאל [עברית, לטינית], מעלה-מטה [סינית]),
מבנה הסימנים (יתדות-מבנים קויים, חלקי עיגולים, משיכה רציפה של אותיות הטבעה
בחרס, חציבה באבן גיר)
סיבוכיות הסימנים (הירוגליפים מצריים, מאיה)
האם ניתן לקשר אופיינים אלה לרקע התרבותי?

תוים

גובה (תדירות), אורך (קצב), אטמוספירה (שמח-עצוב
(מונוטוני - פוליפוני (הרמוניה, תזמורת

ריקוד

צורת הגוף והגפיים, מתוח-רפוי, עגול-מצולע.
הבעת פנים, ביטוי אצבעות ידים ורגלים
תנועה: מהיר-איטי, נמרץ-רך, צעדים נחושים-זרימת תנועה

מספרים

2, 5, 1/4, 1.4, -6, 10^7

בסיס, מיקום, אפס
מספרים שלמים: סימן כללי לגודל קבוצה - מספר חפצים כלשהם
שברים: חלקי השלם

שפת המחשב

הצגה בינארית של מספרים ופקודות.
שפת מורס לקידוד אותיות
שפות קידוד להצפנת מסרים



דוגמאות כתב

שומר-כתב יתדות



αβγδεκλμνυθψφωωρστιοπζξχ

יוונית

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

לטיני

नम बालः बाला स सा तौ ते
bow (namaste) boy girl he she they (m) they(f) many

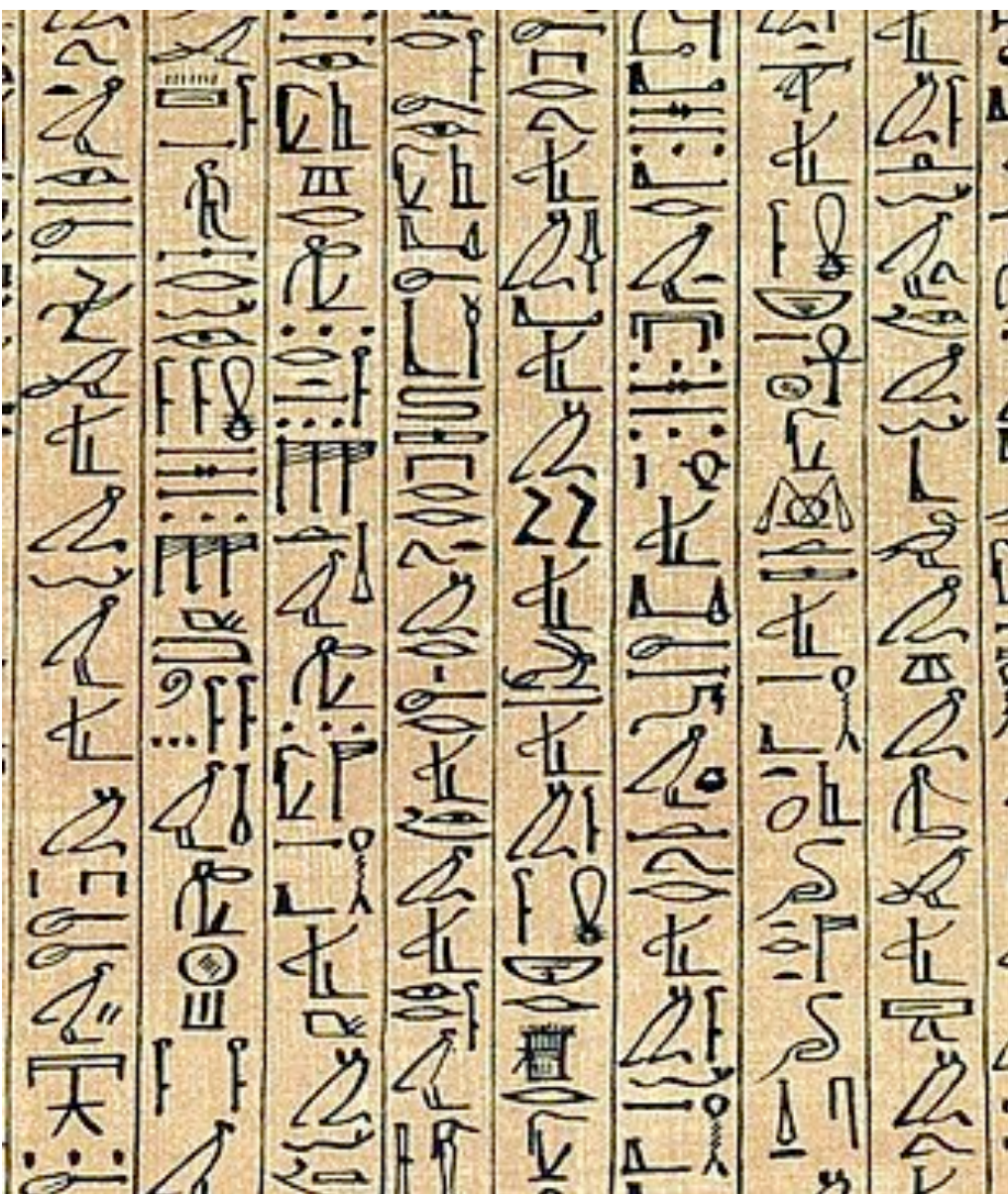
पठ पठति लिख पच खाद चल हस धाव
read reads write cook eat walk laugh run

खेल वद शाखा पत अम्बा जनक
play speak branch fall mother father

पुत्र एव च न कुत्र अत्र तत्र
son also and no where ? here there

अज गज अश्व सिंह ति तः न्ति
goat elephant horse lion does-singular does-(two) does-many

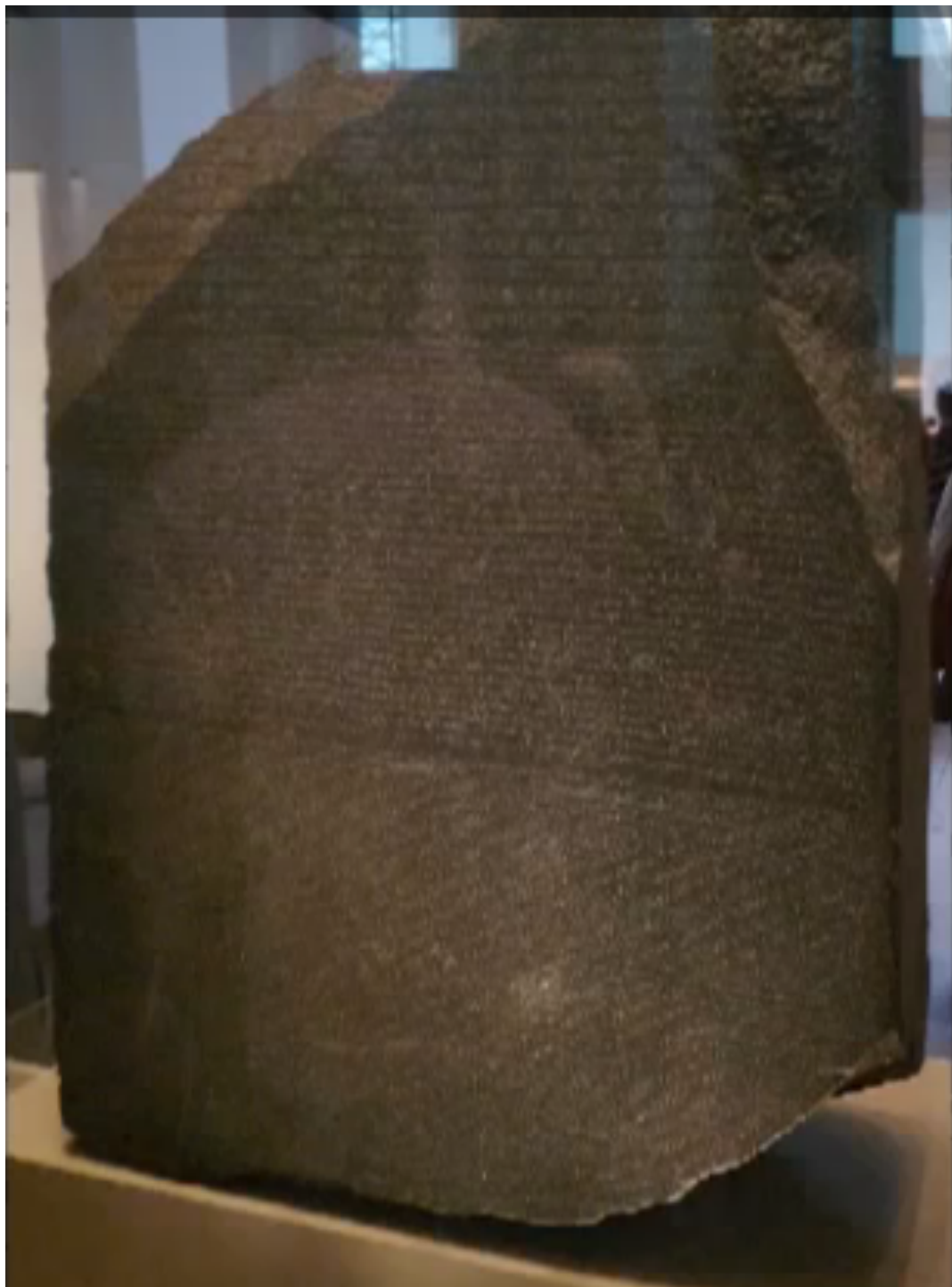
הודו-סנסקריט



מצרים -
 כתב החרטומים -
 נחרט באבן גיר ובשיש
 ובעט על פפירוסים

במה נבדל כתב החרטומים
 מהכתב הבבלי והיווני?





אבן הרוזטה:
פיענוח כתב החרטומים
נתגלתה ע"י חיל בצבא נפוליון
למעלה: הירוגליפים,
במרכז: כתב מיצרי מאוחר
למטה: יונית קדומה
פוענחה ע"י ינג ושמפליון.
כיום במוזיאון הבריטי

מצרים-כתב היראטי - Hieratic script

דומה לכתב החרטומים אך מאפשר כתיבה מהירה בדיו ובציפורן מקנה סוף על פפירוס



השוואת כתב החרטומים או הירוגליפי (עמודות 1,3,5) לכתב ההיראטי (עמודות 2,4,6):

1	2	3	4	5	6
HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES.	HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES.	HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES.
					
					
					

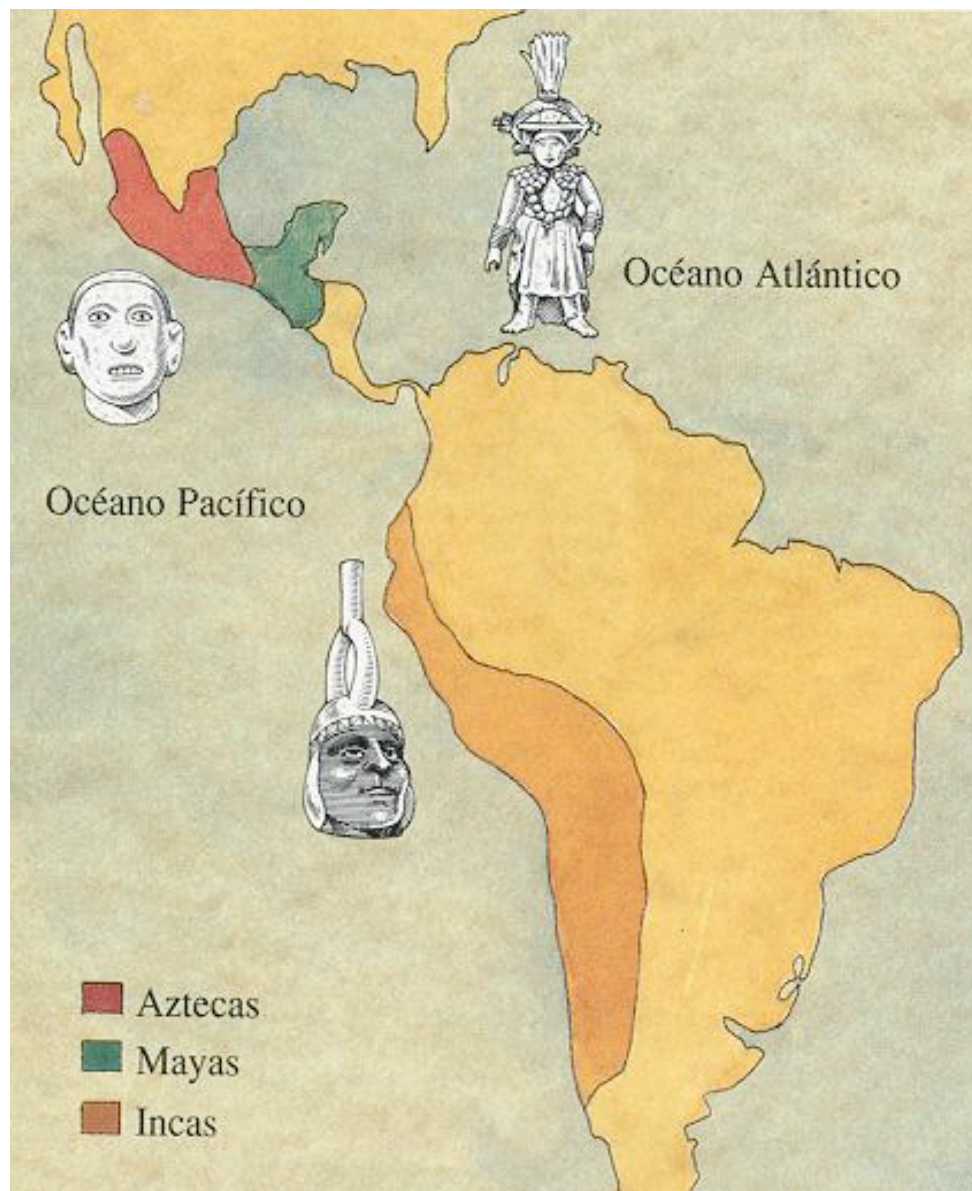
המומחה לכתב ההיראטי היה אלן גרדינר האנגלי 1879–1963 Alan Henderson Gardiner הוא תירגם בפירושים חשובים, וגם פענח את הכתב הפרוטו-סינאי שנחרט על סלעים בסיני על סמך זיהוי מילות מפתח (כמו שמות אלים). כתב זה השתמש בסימני ההירוגליפים כאותיות לפי ההברה הראשונה (ולא המשמעות של ציור האות), והיה סימן להשפעות הבבליות.

סוגי כתב:

**כתב ציורי (פיקטוגראפי) – סימן לכל מילה – מצרים, מאיה.
כתב לוגוגראפי – סימן לכל הברה פונטית: רוב השפות כיום (סינית ויפנית – שימוש בחלק
מהאותיות כפונטיות)
ובכתובת מספרים? – מעבר מבסיס 60 לשימוש במעט סימנים (10 או 2 במחשב)**

**מה הקשר בין צורת האותיות לשיטת הכתיבה וה"נר"? אסוף דוגמאות.
(קוי, מעוגל, ציורי, תבניות חוזרות, כוון כתיבה: ימין-לשמאל, אנכי,)**

התרבויות באמריקה: אצטקים – מכסיקו
מאיה – יוקטן, הונדורס, גוואטמלה: טיקאל, פלנקה 2000 לפה"ס–900
אינקה – פרו: מצו פיצו, קוסקו





חשיבות לאסטרונומיה בדת ושלטון ובחקלאות.
שנה חקלאית: 20 ימים בחדש, 18 חדשים בשנה + 5 חדשי חג 365 ימים בשנה
שנה דתית: לפי השמש והכוכבים 365.2420 ימים חדש ירח 29.52 ימים
כל 5 שנים ראש שנה דתי וחקלאי נפגשו
ספרו תאריך מהבריאה – ב – 12 לאוגוסט 3113 לפה"ס

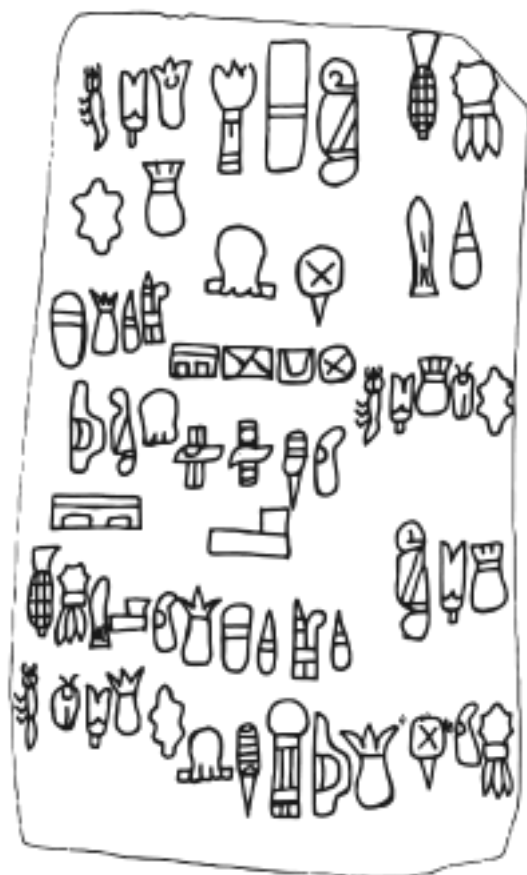
שמות 20 הימים בחדש



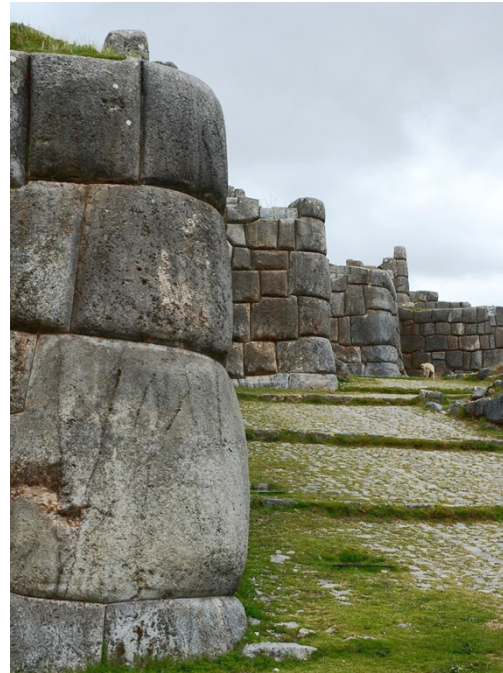
שמות 19 חדשים בשנה



מתועד כ-900 לפה"ס Cascajal block
כנראה עדות לכתב אצטקי



האינקה – תרבות מרשימה שהשאירה אדריכלות אדירה (קוסקו ומצ'ופיצ'ו) למרות שלא היו להם עגלות או חיות משא, כנראה עבדים אנושיים היו יותר יעילים בהרי האנדים... לפי הטענה הפרשים הספרדים נראו להם כאלים ולכן נכנעו להם ללא מלחמה, דת של אל שמש, יצירות פיסול וציור, וניהול אימפריה עצומה ללא חרבות ברזל, יוצרת **דילמה להסטוריונים** בכך **שלא היה להם כתב!** רק עבור רישומים אדמיניסטרטיביים של מספרים היתה להם שיטת רישום החבלים (קויפו – Quipu).



אל השמש (עם נחשים)
רקמת בד וקויפו

קוסקו

מצ'ופיצ'ו

為此所能無



Chinese Writing Temporary Tutor

美狂友

運氣
Luck "terh"

樂
Happiness "xi"

熱情
Passion "reg ching"

權力
Power "chuan li"

和平
Peace "her pyng"

智慧
Wisdom "jyr huay"

性感
Sexy "shing gaan"

狂
Crazy "kuang"

信
Faith "hsin"

友
Friend "Yiu"

愛
Love "Ai"

美
Beauty "Mei"

本紀第一

南齊書一

梁

臣

蕭子顯

撰

大明南京國子監

祭

酒

趙用賢

司

業

張一桂

同校

高帝上

太祖高皇帝諱道成字紹伯姓蕭氏小諱闕將
漢相國蕭何二十四世孫也何子鄴定侯延生
侍中彪彪生公府掾章章生皓皓生仰仰生御
史大夫望之望之生光祿大夫育育生御史中

סוגי הכתב

כתב יתדות שומרי – אלף הרביעי לפה"ס
כתב חרטומים מיצרי – אלף הרביעי לפה"ס, כנראה קצת אחרי כתב היתדות.
הליוגריפים מכרתים, ליניאר A,B ו- – 1000 1500 לפה"ס
כתב פרוטו-כנעני – 1700 לפה"ס (תקופת הברונזה) הופץ ע"י הפניקים בכל אגן הים התיכון
היה סינטיזה של הרוגליפים מיצריים ושימוש באותיות להברות כמו בכתב יתדות
ממנו התפתח הכתב היווני 1500 לפה"ס והעיברי 1400 לפה"ס
כתב סיני, (מ-1200 לפה"ס) ומרכז אמריקאי כנראה התפתחו באופן בלתי תלוי.

אלפבית פרוטו-כנעני / פרוטו-סינאי					
𐤀	𐤁	𐤂	𐤃	𐤄	𐤅
𐤆	𐤇	𐤈	𐤉	𐤊	𐤋
𐤌	𐤍	𐤎	𐤏	𐤐	𐤑
𐤒	𐤓	𐤔	𐤕	𐤖	𐤗
𐤘	𐤙	𐤚	𐤛	𐤜	𐤝
𐤞	𐤟	𐤠	𐤡	𐤢	𐤣
𐤤	𐤥	𐤦	𐤧	𐤨	𐤩
𐤪	𐤫	𐤬	𐤭	𐤮	𐤯
𐤰	𐤱	𐤲	𐤳	𐤴	𐤵
𐤶	𐤷	𐤸	𐤹	𐤺	𐤻
𐤼	𐤽	𐤾	𐤿	𐥀	𐥁
𐥂	𐥃	𐥄	𐥅	𐥆	𐥇
𐥈	𐥉	𐥊	𐥋	𐥌	𐥍
𐥎	𐥏	𐥐	𐥑	𐥒	𐥓
𐥔	𐥕	𐥖	𐥗	𐥘	𐥙
𐥚	𐥛	𐥜	𐥝	𐥞	𐥟
𐥠	𐥡	𐥢	𐥣	𐥤	𐥥
𐥦	𐥧	𐥨	𐥩	𐥪	𐥫
𐥬	𐥭	𐥮	𐥯	𐥰	𐥱
𐥲	𐥳	𐥴	𐥵	𐥶	𐥷
𐥸	𐥹	𐥺	𐥻	𐥼	𐥽
𐥿	𐦀	𐦁	𐦂	𐦃	𐦄
𐦅	𐦆	𐦇	𐦈	𐦉	𐦊
𐦋	𐦌	𐦍	𐦎	𐦏	𐦐
𐦑	𐦒	𐦓	𐦔	𐦕	𐦖
𐦗	𐦘	𐦙	𐦚	𐦛	𐦜
𐦝	𐦞	𐦟	𐦠	𐦡	𐦢
𐦣	𐦤	𐦥	𐦦	𐦧	𐦨
𐦩	𐦪	𐦫	𐦬	𐦭	𐦮
𐦯	𐦰	𐦱	𐦲	𐦳	𐦴
𐦵	𐦶	𐦷	𐦸	𐦹	𐦺
𐦻	𐦼	𐦽	𐦾	𐦿	𐧀
𐧁	𐧂	𐧃	𐧄	𐧅	𐧆
𐧇	𐧈	𐧉	𐧊	𐧋	𐧌
𐧍	𐧎	𐧏	𐧐	𐧑	𐧒
𐧓	𐧔	𐧕	𐧖	𐧗	𐧘
𐧙	𐧚	𐧛	𐧜	𐧝	𐧞
𐧟	𐧠	𐧡	𐧢	𐧣	𐧤
𐧥	𐧦	𐧧	𐧨	𐧩	𐧪
𐧫	𐧬	𐧭	𐧮	𐧯	𐧰
𐧱	𐧲	𐧳	𐧴	𐧵	𐧶
𐧷	𐧸	𐧹	𐧺	𐧻	𐧼
𐧽	𐧾	𐧿	𐨀	𐨁	𐨂
𐨃	𐨄	𐨅	𐨆	𐨇	𐨈
𐨉	𐨊	𐨋	𐨌	𐨍	𐨎
𐨏	𐨐	𐨑	𐨒	𐨓	𐨔
𐨕	𐨖	𐨗	𐨘	𐨙	𐨚
𐨛	𐨜	𐨝	𐨞	𐨟	𐨠
𐨡	𐨢	𐨣	𐨤	𐨥	𐨦
𐨧	𐨨	𐨩	𐨪	𐨫	𐨬
𐨭	𐨮	𐨯	𐨰	𐨱	𐨲
𐨳	𐨴	𐨵	𐨶	𐨷	𐨸
𐨹	𐨺	𐨻	𐨼	𐨽	𐨾
𐨿	𐩀	𐩁	𐩂	𐩃	𐩄
𐩅	𐩆	𐩇	𐩈	𐩉	𐩊
𐩋	𐩌	𐩍	𐩎	𐩏	𐩐
𐩑	𐩒	𐩓	𐩔	𐩕	𐩖
𐩗	𐩘	𐩙	𐩚	𐩛	𐩜
𐩝	𐩞	𐩟	𐩠	𐩡	𐩢
𐩣	𐩤	𐩥	𐩦	𐩧	𐩨
𐩩	𐩪	𐩫	𐩬	𐩭	𐩮
𐩯	𐩰	𐩱	𐩲	𐩳	𐩴
𐩵	𐩶	𐩷	𐩸	𐩹	𐩺
𐩻	𐩼	𐩽	𐩾	𐩿	𐪀
𐪁	𐪂	𐪃	𐪄	𐪅	𐪆
𐪇	𐪈	𐪉	𐪊	𐪋	𐪌
𐪍	𐪎	𐪏	𐪐	𐪑	𐪒
𐪓	𐪔	𐪕	𐪖	𐪗	𐪘
𐪙	𐪚	𐪛	𐪜	𐪝	𐪞
𐪟	𐪠	𐪡	𐪢	𐪣	𐪤
𐪥	𐪦	𐪧	𐪨	𐪩	𐪪
𐪫	𐪬	𐪭	𐪮	𐪯	𐪰
𐪱	𐪲	𐪳	𐪴	𐪵	𐪶
𐪷	𐪸	𐪹	𐪺	𐪻	𐪼
𐪽	𐪾	𐪿	𐫀	𐫁	𐫂
𐫃	𐫄	𐫅	𐫆	𐫇	𐫈
𐫉	𐫊	𐫋	𐫌	𐫍	𐫎
𐫏	𐫐	𐫑	𐫒	𐫓	𐫔
𐫕	𐫖	𐫗	𐫘	𐫙	𐫚
𐫛	𐫜	𐫝	𐫞	𐫟	𐫠
𐫡	𐫢	𐫣	𐫤	𐫥	𐫦
𐫧	𐫨	𐫩	𐫪	𐫫	𐫬
𐫭	𐫮	𐫯	𐫰	𐫱	𐫲
𐫳	𐫴	𐫵	𐫶	𐫷	𐫸
𐫹	𐫺	𐫻	𐫼	𐫽	𐫾
𐫿	𐬀	𐬁	𐬂	𐬃	𐬄
𐬅	𐬆	𐬇	𐬈	𐬉	𐬊
𐬋	𐬌	𐬍	𐬎	𐬏	𐬐
𐬑	𐬒	𐬓	𐬔	𐬕	𐬖
𐬗	𐬘	𐬙	𐬚	𐬛	𐬜
𐬝	𐬞	𐬟	𐬠	𐬡	𐬢
𐬣	𐬤	𐬥	𐬦	𐬧	𐬨
𐬩	𐬪	𐬫	𐬬	𐬭	𐬮
𐬯	𐬰	𐬱	𐬲	𐬳	𐬴
𐬵	𐬶	𐬷	𐬸	𐬹	𐬺
𐬻	𐬼	𐬽	𐬾	𐬿	𐭀
𐭁	𐭂	𐭃	𐭄	𐭅	𐭆
𐭇	𐭈	𐭉	𐭊	𐭋	𐭌
𐭍	𐭎	𐭏	𐭐	𐭑	𐭒
𐭓	𐭔	𐭕	𐭖	𐭗	𐭘
𐭙	𐭚	𐭛	𐭜	𐭝	𐭞
𐭟	𐭠	𐭡	𐭢	𐭣	𐭤
𐭥	𐭦	𐭧	𐭨	𐭩	𐭪
𐭫	𐭬	𐭭	𐭮	𐭯	𐭰
𐭱	𐭲	𐭳	𐭴	𐭵	𐭶
𐭷	𐭸	𐭹	𐭺	𐭻	𐭼
𐭽	𐭾	𐭿	𐮀	𐮁	𐮂
𐮃	𐮄	𐮅	𐮆	𐮇	𐮈
𐮉	𐮊	𐮋	𐮌	𐮍	𐮎
𐮏	𐮐	𐮑	𐮒	𐮓	𐮔
𐮕	𐮖	𐮗	𐮘	𐮙	𐮚
𐮛	𐮜	𐮝	𐮞	𐮟	𐮠
𐮡	𐮢	𐮣	𐮤	𐮥	𐮦
𐮧	𐮨	𐮩	𐮪	𐮫	𐮬
𐮭	𐮮	𐮯	𐮰	𐮱	𐮲
𐮳	𐮴	𐮵	𐮶	𐮷	𐮸
𐮹	𐮺	𐮻	𐮼	𐮽	𐮾
𐮿	𐯀	𐯁	𐯂	𐯃	𐯄
𐯅	𐯆	𐯇	𐯈	𐯉	𐯊
𐯋	𐯌	𐯍	𐯎	𐯏	𐯐
𐯑	𐯒	𐯓	𐯔	𐯕	𐯖
𐯗	𐯘	𐯙	𐯚	𐯛	𐯜
𐯝	𐯞	𐯟	𐯠	𐯡	𐯢
𐯣	𐯤	𐯥	𐯦	𐯧	𐯨
𐯩	𐯪	𐯫	𐯬	𐯭	𐯮
𐯯	𐯰	𐯱	𐯲	𐯳	𐯴
𐯵	𐯶	𐯷	𐯸	𐯹	𐯺
𐯻	𐯼	𐯽	𐯾	𐯿	𐰀
𐰁	𐰂	𐰃	𐰄	𐰅	𐰆
𐰇	𐰈	𐰉	𐰊	𐰋	𐰌
𐰍	𐰎	𐰏	𐰐	𐰑	𐰒
𐰓	𐰔	𐰕	𐰖	𐰗	𐰘
𐰙	𐰚	𐰛	𐰜	𐰝	𐰞
𐰟	𐰠	𐰡	𐰢	𐰣	𐰤
𐰥	𐰦	𐰧	𐰨	𐰩	𐰪
𐰫	𐰬	𐰭	𐰮	𐰯	𐰰
𐰱	𐰲	𐰳	𐰴	𐰵	𐰶
𐰷	𐰸	𐰹	𐰺	𐰻	𐰼
𐰽	𐰾	𐰿	𐱀	𐱁	𐱂
𐱃	𐱄	𐱅	𐱆	𐱇	𐱈
𐱉	𐱊	𐱋	𐱌	𐱍	𐱎
𐱏	𐱐	𐱑	𐱒	𐱓	𐱔
𐱕	𐱖	𐱗	𐱘	𐱙	𐱚
𐱛	𐱜	𐱝	𐱞	𐱟	𐱠
𐱡	𐱢	𐱣	𐱤	𐱥	𐱦
𐱧	𐱨	𐱩	𐱪	𐱫	𐱬
𐱭	𐱮	𐱯	𐱰	𐱱	𐱲
𐱳	𐱴	𐱵	𐱶	𐱷	𐱸
𐱹	𐱺	𐱻	𐱼	𐱽	𐱾
𐱿	𐲀	𐲁	𐲂	𐲃	𐲄
𐲅	𐲆	𐲇	𐲈	𐲉	𐲊
𐲋	𐲌	𐲍	𐲎	𐲏	𐲐
𐲑	𐲒	𐲓	𐲔	𐲕	𐲖
𐲗	𐲘	𐲙	𐲚	𐲛	𐲜
𐲝	𐲞	𐲟	𐲠	𐲡	𐲢
𐲣	𐲤	𐲥	𐲦	𐲧	𐲨
𐲩	𐲪	𐲫	𐲬	𐲭	𐲮
𐲯	𐲰	𐲱	𐲲	𐲳	𐲴
𐲵	𐲶	𐲷	𐲸	𐲹	𐲺
𐲻	𐲼	𐲽	𐲾	𐲿	𐳀
𐳁	𐳂	𐳃	𐳄	𐳅	𐳆
𐳇	𐳈	𐳉	𐳊	𐳋	𐳌
𐳍	𐳎	𐳏	𐳐	𐳑	𐳒
𐳓	𐳔	𐳕	𐳖	𐳗	𐳘
𐳙	𐳚	𐳛	𐳜	𐳝	𐳞
𐳟	𐳠	𐳡	𐳢	𐳣	𐳤
𐳥	𐳦	𐳧	𐳨	𐳩	𐳪
𐳫	𐳬	𐳭	𐳮	𐳯	𐳰
𐳱	𐳲	𐳳	𐳴	𐳵	𐳶
𐳷	𐳸	𐳹	𐳺	𐳻	𐳼
𐳽	𐳾	𐳿	𐴀	𐴁	𐴂
𐴃	𐴄	𐴅	𐴆	𐴇	𐴈
𐴉	𐴊	𐴋	𐴌	𐴍	𐴎
𐴏	𐴐	𐴑	𐴒	𐴓	𐴔
𐴕	𐴖	𐴗	𐴘	𐴙	𐴚
𐴛	𐴜	𐴝	𐴞	𐴟	𐴠
𐴡	𐴢	𐴣	𐴤	𐴥	𐴦
𐴧	𐴨	𐴩	𐴪	𐴫	𐴬
𐴭	𐴮	𐴯	𐴰	𐴱	𐴲
𐴳	𐴴	𐴵	𐴶	𐴷	𐴸
𐴹	𐴺	𐴻	𐴼	𐴽	𐴾
𐴿	𐵀	𐵁	𐵂	𐵃	𐵄
𐵅	𐵆	𐵇	𐵈	𐵉	𐵊
𐵋	𐵌	𐵍	𐵎	𐵏	𐵐
𐵑	𐵒	𐵓	𐵔	𐵕	𐵖
𐵗	𐵘	𐵙	𐵚	𐵛	𐵜
𐵝	𐵞	𐵟	𐵠	𐵡	𐵢
𐵣	𐵤	𐵥	𐵦	𐵧	𐵨
𐵩	𐵪	𐵫	𐵬	𐵭	𐵮
𐵯	𐵰	𐵱	𐵲	𐵳	𐵴
𐵵	𐵶	𐵷	𐵸	𐵹	𐵺
𐵻	𐵼	𐵽	𐵾	𐵿	𐶀
𐶁	𐶂	𐶃	𐶄	𐶅	𐶆
𐶇	𐶈	𐶉	𐶊	𐶋	𐶌
𐶍	𐶎	𐶏	𐶐	𐶑	𐶒
𐶓	𐶔	𐶕	𐶖	𐶗	𐶘
𐶙	𐶚	𐶛	𐶜	𐶝	𐶞
𐶟	𐶠	𐶡	𐶢	𐶣	𐶤
𐶥	𐶦	𐶧	𐶨	𐶩	𐶪
𐶫	𐶬	𐶭	𐶮	𐶯	𐶰
𐶱	𐶲	𐶳	𐶴	𐶵	𐶶
𐶷	𐶸	𐶹	𐶺	𐶻	𐶼
𐶽	𐶾	𐶿	𐷀	𐷁	𐷂
𐷃	𐷄	𐷅	𐷆	𐷇	𐷈
𐷉	𐷊	𐷋			

אות פרוטו-כנענית	שם ופירושו	אות פיניקית	מקבילה עברית	ערך ב-IPA
	"אלף" שור		א	ʔ
	"בית" בית		ב	b
	"גמל" מקל זריקה		ג	g
	"דיג" דג		ד	d
	"הל"/"הל" הריע		ה	h
	"ו" וו		ו	w
	"זיק" אזיק		ז	z
	"חז" חצר		ח	ḥ
	"טת" גלגל		ט	t' או t'
	"יד" יד		י	j
	"כפ" כף יד		כ	k
	"למד" מלמד בקר (מקל)		ל	l
	"מם" מים		מ	m
	"נחש" נחש		נ	n
	"סמך" דג		ס	s
	"ען" עין		ע	ʿ
	"פאת" מרפק		פ	p
	"צד" שתיל		צ	s' או s'
	"קופ" קוף מחט		ק	q או k'
	"ראש" ראש		ר	r
	"שימש" שמש		ש	ʃ
	"תו" תו		ת	t

1. כתב פרוטו-כנעני הציור מייצג את האות לפי העיצור הראשון

מעבר מהירוגליפים לאותיות

הפענוח: כתובת הירוגליפית מיצרית
ביחד עם כתובת פרוטו-כנענית
על ספינקס של אמנמחת השלישי.

כתובות כאלה נמצאו בסיני

2. כתב פניקי (לוח גזר) ממנו התפתחו הכתב הארמי העיברי והיווני

אות	שם ^[3]	מובן	האות התואמת					תעתיק IPA
			אלפבית עברי	אלפבית ערבי	אלפבית יווני	אלפבית לטיני	אלפבית קירילי	
𐤀	אלף	שור ("אלוף" כבפסוק: שגר אלפיה ועשתרות צאנה)	א	ا	Αα	Aa	Aa	?
𐤁	בת	בית ^[4]	ב	ب	Ββ	Bb	Бб, Вв	b
𐤂	גמל	גמל ^[5]	ג	ج	Γγ	Gg	Гг, Гг	g
𐤃	דלת	דלת או הקריאה "דא!" לגמל ^[6]	ד	د, ذ	Δδ	Dd	Дд	d
𐤄	הה	חלון או הקריאה לגמל לעצור "הי!"	ה	ه	Εε	Ee	Ее, Ее, Ээ	h
𐤅	וואו	וו או הקריאה לגמל להסתובב.	ו	و	Ϝϝ ⁽¹⁾ , Υυ	Ff, Uu, Vv, Ww, Yy	Vv ⁽²⁾ , yy, ŷŷ	w
𐤆	זי	כלי זין	ז	ز	Ζζ	Zz	Зз	z
𐤇	חת	חיץ / סולם (או חתי הפיל והממותה, או מוטות העגלה)	ח	ح, هـ	Ηη	Hh	Ии, Йй	h
𐤈	טת	גלגל או סמל הטוב הקדום	ט	ط, ظ	Θθ		Θθ ⁽²⁾	t'
𐤉	יוד	יד או את חפירה	י	ي	Ιι	Ii, Jj	Ii, Ĭi, Jj	j
𐤊	כף	כף יד או כף חפירה	כ	ك	Κκ	Kk	Kk	k
𐤋	למד	מקל (שוט - מלמד בקר)	ל	ل	Λλ	Ll	Лл	l
𐤌	מם	מים	מ	م	Μμ	Mm	Mm	m
𐤍	נון	דג	נ	ن	Νν	Nn	Нн	n
𐤎	סמך	עמוד / סמוכה, סומכי: דג קטן, סולם צבאי	ס	س	Ξξ, Χχ	Xx	Ξξ ⁽²⁾ , Xx	s
𐤏	עין	עין או אמצע, וייתכן חלק בחכה לצורך דיג	ע	ع, غ	Οο, Ωω	Oo	Oo, Ww ⁽²⁾	ʿ
𐤐	פה	פה או פי הדג ואולי קרס דיג נקרא פי	פ	ف	Ππ	Pp	Ππ	p
𐤑	צדה	פפירוס (צמח) או ציד (דיג בערבית) ^[7]	צ	ص, ض	Μμ ⁽¹⁾		Цц, Чч, Ъъ	s'
𐤒	קוף	קוף המחט או של קרס הדיג	ק	ق	Φφ, Ψψ, Ϟϟ ⁽¹⁾	Qq	Φφ, Ψψ, Ϟϟ ⁽²⁾	q
𐤓	רוש	ראש ואולי ראש החכה	ר	ر	Ρρ	Rr	Pp	r
𐤔	שין	שן ואולי חלק מציוד הדיג	ש	ش	Σσς	Ss	Сс, Шш, Щщ	f
𐤕	תאו	ת'ז או תיו, סימן (X או צלב) ^[8] .	ת	ث, ت	Ττ	Tt	Тт	t

	Majuscule					Minuscule					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
א	𐤀	𐤁	𐤂	𐤃	𐤄	𐤅	𐤆	𐤇	𐤈	𐤉	ā'lāf
ב	𐤊	𐤋	𐤌	𐤍	𐤎	𐤏	𐤐	𐤑	𐤒	𐤓	bīṭ
ג	𐤔	𐤕	𐤖	𐤗	𐤘	𐤙	𐤚	𐤛	𐤜	𐤝	gā'mān
ד	𐤞	𐤟	𐤠	𐤡	𐤢	𐤣	𐤤	𐤥	𐤦	𐤧	dā'lāt
ה	𐤨	𐤩	𐤪	𐤫	𐤬	𐤭	𐤮	𐤯	𐤰	𐤱	īy
ו	𐤲	𐤳	𐤴	𐤵	𐤶	𐤷	𐤸	𐤹	𐤺	𐤻	bā
ז	𐤼	𐤽	𐤾	𐤿	𐥀	𐥁	𐥂	𐥃	𐥄	𐥅	zēn
ח	𐥆	𐥇	𐥈	𐥉	𐥊	𐥋	𐥌	𐥍	𐥎	𐥏	it
ט	𐥐	𐥑	𐥒	𐥓	𐥔	𐥕	𐥖	𐥗	𐥘	𐥙	ṭit
י	𐥚	𐥛	𐥜	𐥝	𐥞	𐥟	𐥠	𐥡	𐥢	𐥣	yūt
כ	𐥤	𐥥	𐥦	𐥧	𐥨	𐥩	𐥪	𐥫	𐥬	𐥭	kāf
ל	𐥮	𐥯	𐥰	𐥱	𐥲	𐥳	𐥴	𐥵	𐥶	𐥷	lā'bāt
מ	𐥸	𐥹	𐥺	𐥻	𐥼	𐥽	𐥾	𐥿	𐦀	𐦁	mīm
נ	𐦂	𐦃	𐦄	𐦅	𐦆	𐦇	𐦈	𐦉	𐦊	𐦋	nūn
ס	𐦌	𐦍	𐦎	𐦏	𐦐	𐦑	𐦒	𐦓	𐦔	𐦕	sin'gāt, sin'kāt
ע	𐦖	𐦗	𐦘	𐦙	𐦚	𐦛	𐦜	𐦝	𐦞	𐦟	in
פ	𐦠	𐦡	𐦢	𐦣	𐦤	𐦥	𐦦	𐦧	𐦨	𐦩	fi
צ	𐦪	𐦫	𐦬	𐦭	𐦮	𐦯	𐦰	𐦱	𐦲	𐦳	ṣā'diy
ק	𐦴	𐦵	𐦶	𐦷	𐦸	𐦹	𐦺	𐦻	𐦼	𐦽	qūf
ר	𐦾	𐦿	𐧀	𐧁	𐧂	𐧃	𐧄	𐧅	𐧆	𐧇	rīs
ש	𐧈	𐧉	𐧊	𐧋	𐧌	𐧍	𐧎	𐧏	𐧐	𐧑	šān
ת	𐧒	𐧓	𐧔	𐧕	𐧖	𐧗	𐧘	𐧙	𐧚	𐧛	tāf

4. כתב שומרוני (דפוס וכתב)

כנראה מוצאו מהכתב במלכות
ישראל ויהודה בבית ראשון

5. כתב ארמי

האות הארמית	האות העברית	האות הערבית	האות הסורית	הגייה
ܐ	א	ا	□	/ʔ/
ܒ	ב	ب	□□	/m/
ܓ	ג	ج	□□□	/n/
ܕ	ד	د	□	/s/
ܫ	ה	ه	□	/ʕ/
ו	ו	و	□	/p/, /t/
ܙ	ז	ز	□	נחצי /sʕ/
ܠ	ח	ح	□	/q/
ܡ	ט	ط	□	/r/
ܢ	י	ي	□	/ʃ/, /ʕ/
ܥ	כ	ك	□	/ʔ/, /θ/

האות הארמית	האות העברית	האות הערבית	האות הסורית	הגייה
ܐ	א	ا	□	/ʔ/, /aʔ/, /eʔ/
ܒ	ב	ب	□	/b/, /v/
ܓ	ג	ج	□	/g/, /ʕ/
ܕ	ד	د	□	/d/, /ð/
ܫ	ה	ه	□	/h/
ו	ו	و	□	w/, /oʔ/, /uʔ//
ܙ	ז	ز	□	/z/
ܠ	ח	ح	□	/ʔ/
ܡ	ט	ط	□	נחצי /ʕ/
ܢ	י	ي	□	/j/, /iʔ/, /eʔ//
ܥ	כ	ك	□□	/k/, /ʕ/

צורת האותיות העבריות

התפתחות האלפבית העברי - באבן ובעט על קלף

אלפבית פרוטו-כנעני / פרוטו-סינאי

אלפבית פיניקי

הכתב העברי הקדום

אלפבית שומרוני

אלפבית ארמי

א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ	ל	מ	נ	ס	ע	פ	צ	ק	ר	ש	ת
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ	ל	מ	נ	ס	ע	פ	צ	ק	ר	ש	ת

כֹּה אָמַר יְהוָה אֱלֹהֵינוּ
פָּשְׁעֵינוּ וְדָמָנוּ אֵלֵינוּ
לֹא אֲשִׁיבוּנוּ עַל דְּוָשָׁם
בְּחֻקֵּי צֶדֶק וְחֶסֶד אֱתָנוּ
הִגְדֵּנוּ עַד וְשָׁלַחְתָּנוּ אֲשֵׁי
בְּבֵית חֹזֵא וְאֵלֵינוּ אֲרָמְנוּ
בְּהַר הָרִי וְשִׁבְרֵנוּ בְּרִיחַ

אות	אות	אות	אות	אות	אות	אות	אות
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח

אות	אות	אות	אות	אות	אות	אות	אות
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח

א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ

- כתב כנעני
- כתב פרוטו-כנעני
- חותמות עבריות
- כתב עברי מרובע

כתיבת מוסיקה

שיר הלל לאפולו – יון



תוי קוראליים גריגוריאנים מימי הביניים



תוים ביזנטינים



ⲁⲓⲥⲡⲣⲧⲗⲏ

ⲕⲑ

ⲁⲙⲛⲉⲥⲉⲥⲧⲉⲗⲗⲏ ⲥⲫⲏⲧⲗ.

ⲁⲗⲗ ⲁⲗⲏⲟⲩⲗⲁⲩⲏ ⲁⲧⲕⲟ.

Ⲓⲗⲁⲥⲕ ⲁ. ⲉⲡⲁ

ⲁ ⲟⲗ ⲁⲙⲛⲉ ⲥⲧⲣⲏ ⲁⲗⲧⲁⲙⲏⲧⲗⲗⲏ ⲧⲣⲉⲉ ⲧⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲉⲧ ⲁ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲏ ⲏ

ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲙⲗⲗ ⲉⲧ ⲁ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲏ ⲏ ⲙⲗⲗ ⲗⲗⲗⲗⲗ ⲁⲟⲗⲗ ⲁ ⲁ ⲙⲛⲉ ⲉⲧ ⲁⲟⲗⲙⲛⲉ

ⲥⲧⲣⲏ ⲁⲗⲁ ⲁⲧⲁⲙⲏⲧⲗⲗ ⲧⲣⲉ ⲧⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲉⲧ ⲁ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲙⲗⲗ

ⲏⲁ ⲁ ⲙⲏ ⲏ ⲏ ⲧⲉ Ⲓⲗⲁ ⲁ ⲥⲟⲩⲗⲁ ⲣⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲏ ⲏ ⲙⲉ ⲉ ⲉ ⲉ ⲙⲉ

ⲕⲁⲛⲁ ⲥⲧⲣⲏ ⲏⲧⲗⲗⲗ ⲧⲣⲉ ⲉ ⲉ ⲧⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲏ ⲉⲧ ⲉ ⲉ ⲉⲧ ⲁ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲑ ⲏ ⲏ ⲙⲗⲗ ⲗⲗⲗⲗ

ⲁⲟⲗⲗ ⲁ ⲁ ⲁ ⲁ ⲙⲛⲉ ⲉⲧ ⲁⲟⲗ

1

טעמי המקרא – לפי מנהג הקריאה של עדות המזרח

זָרְקָה מִקֶּרֶף-שׁוֹפָר-הַנִּלְךָ סָגוּלָתָא פְּזֹר-גָּדוֹל
תִּלְשָׁא תִּילְשָׁא אֲזִלָּא גָרִישׁ פָּסְקוּ רַבִּיעַ שְׁנֵי-גִרְשֵׁין
בְּרָגָא תִּבְרִיר מְאָרִיף טַרְחָא אֲתַנַּח שׁוֹפָר-מְהַפֵּךְ
קִדְמָא תִּרִי-קִדְמִין זָקָף-קָטָן זָקָף-גָּדוֹל שְׁלֵשֶׁת
תִּרִי-טַעֲמֵי יְתִיב סוּף-פָּסוּק

טעמי המקרא – לפי מנהג הקריאה של האשכנזים
זָרְקָה סָגוּלָא מְנַח מְנַח רַבִּיעַ מְהַפֵּךְ פִּשְׁטָא זָקָף קָטָן
זָקָף גָּדוֹל מִרְכָּא טַרְחָא אֲתַנַּחְתָּא פְּזֹר תִּלְשָׁא קִטְנָה
תִּלְשָׁא גָדוֹלָה קִדְמָא וְאֲזִלָּא אֲזִלָּא-גִרְשֵׁי גִרְשֵׁים
בְּרָגָא תִּבְרִיר יְתִיב פָּסִיקוּ מִתַּג סוּף-פָּסוּק שְׁלֵשֶׁת
קִרְגִי-פֶרֶה מִרְכָּא-כַּפּוּלָה יֵרַח-בֶּן-יֻזְמוּ

עד כה תוי המוזיקה מתארים מלודיה ב"שורה אחת", ללא קצב או אורך התו, ורק בשירה הגריגוריאנית מופיעים קנונים (שני קולות).

Arie pour la Luth par J. S. Bach.



כתב ידו של באך
תוי הרפסיקורד לשתי ידיים

בך לא רק כתב לשתי ידיים
שניגנו בו זמנית
אלא גם בנה "כתיבה הרמונית"
בה ניבנו אקורדים מרצף של תוים

עוד נחזור לנושא אקורדים
"קונסוננטים"

懼仙神奇譜

下卷



霞外神品

黃鍾調

即無射

取五品一又一山
造製一造一均一雅一

神品無射意

世裔

省國

苙。苙。苙。五。七。苙。七。苙。苙。六。

大牙

志

𦵏
𦵐
𦵑
𦵒
𦵓
𦵔
𦵕
𦵖
𦵗
𦵘
𦵙
𦵚
𦵛
𦵜
𦵝
𦵞
𦵟
𦵠
𦵡
𦵢
𦵣
𦵤
𦵥
𦵦
𦵧
𦵨
𦵩
𦵪
𦵫
𦵬
𦵭
𦵮
𦵯
𦵰
𦵱
𦵲
𦵳
𦵴
𦵵
𦵶
𦵷
𦵸
𦵹
𦵺
𦵻
𦵼
𦵽
𦵾
𦵿

鷺
十
分
上

अथ

𪗇 身下 𪗈 南已 𪗉 合 𪗊 𪗋 𪗌 𪗍

塞

旅

𪔐𪔑𪔒𪔓𪔔𪔕𪔖𪔗𪔘𪔙𪔚𪔛𪔜𪔝𪔞𪔟𪔠𪔡𪔢𪔣𪔤𪔥𪔦𪔧𪔨𪔩𪔪𪔫𪔬𪔭𪔮𪔯𪔰𪔱𪔲𪔳𪔴𪔵𪔶𪔷𪔸𪔹𪔺𪔻𪔼𪔽𪔾𪔿𪕀𪕁𪕂𪕃𪕄𪕅𪕆𪕇𪕈𪕉𪕊𪕋𪕌𪕍𪕎𪕏𪕐𪕑𪕒𪕓𪕔𪕕𪕖𪕗𪕘𪕙𪕚𪕛𪕜𪕝𪕞𪕟𪕠𪕡𪕢𪕣𪕤𪕥𪕦𪕧𪕨𪕩𪕪𪕫𪕬𪕭𪕮𪕯𪕰𪕱𪕲𪕳𪕴𪕵𪕶𪕷𪕸𪕹𪕺𪕻𪕼𪕽𪕾𪕿𪖀𪖁𪖂𪖃𪖄𪖅𪖆𪖇𪖈𪖉𪖊𪖋𪖌𪖍𪖎𪖏𪖐𪖑𪖒𪖓𪖔𪖕𪖖𪖗𪖘𪖙𪖚𪖛𪖜𪖝𪖞𪖟𪖠𪖡𪖢𪖣𪖤𪖥𪖦𪖧𪖨𪖩𪖪𪖫𪖬𪖭𪖮𪖯𪖰𪖱𪖲𪖳𪖴𪖵𪖶𪖷𪖸𪖹𪖺𪖻𪖼𪖽𪖾𪖿𪗀𪗁𪗂𪗃𪗄𪗅𪗆𪗇𪗈𪗉𪗊𪗋𪗌𪗍𪗎𪗏𪗐𪗑𪗒𪗓𪗔𪗕𪗖𪗗𪗘𪗙𪗚𪗛𪗜𪗝𪗞𪗟𪗠𪗡𪗢𪗣𪗤𪗥𪗦𪗧𪗨𪗩𪗪𪗫𪗬𪗭𪗮𪗯𪗰𪗱𪗲𪗳𪗴𪗵𪗶𪗷𪗸𪗹𪗺𪗻𪗼𪗽𪗾𪗿𪘀𪘁𪘂𪘃𪘄𪘅𪘆𪘇𪘈𪘉𪘊𪘋𪘌𪘍𪘎𪘏𪘐𪘑𪘒𪘓𪘔𪘕𪘖𪘗𪘘𪘙𪘚𪘛𪘜𪘝𪘞𪘟𪘠𪘡𪘢𪘣𪘤𪘥𪘦𪘧𪘨𪘩𪘪𪘫𪘬𪘭𪘮𪘯𪘰𪘱𪘲𪘳𪘴𪘵𪘶𪘷𪘸𪘹𪘺𪘻𪘼𪘽𪘾𪘿𪙀𪙁𪙂𪙃𪙄𪙅𪙆𪙇𪙈𪙉𪙊𪙋𪙌𪙍𪙎𪙏𪙐𪙑𪙒𪙓𪙔𪙕𪙖𪙗𪙘𪙙𪙚𪙛𪙜𪙝𪙞𪙟𪙠𪙡𪙢𪙣𪙤𪙥𪙦𪙧𪙨𪙩𪙪𪙫𪙬𪙭𪙮𪙯𪙰𪙱𪙲𪙳𪙴𪙵𪙶𪙷𪙸𪙹𪙺𪙻𪙼𪙽𪙾𪙿𪚀𪚁𪚂𪚃𪚄𪚅𪚆𪚇𪚈𪚉𪚊𪚋𪚌𪚍𪚎𪚏𪚐𪚑𪚒𪚓𪚔𪚕𪚖𪚗𪚘𪚙𪚚𪚛𪚜𪚝𪚞𪚟𪚠𪚡𪚢𪚣𪚤𪚥𪚦𪚧𪚨𪚩𪚪𪚫𪚬𪚭𪚮𪚯𪚰𪚱𪚲𪚳𪚴𪚵𪚶𪚷𪚸𪚹𪚺𪚻𪚼𪚽𪚾𪚿𪛀𪛁𪛂𪛃𪛄𪛅𪛆𪛇𪛈𪛉𪛊𪛋𪛌𪛍𪛎𪛏𪛐𪛑𪛒𪛓𪛔𪛕𪛖𪛗𪛘𪛙𪛚𪛛𪛜𪛝𪛞𪛟𪛠𪛡𪛢𪛣𪛤𪛥𪛦𪛧𪛨𪛩𪛪𪛫𪛬𪛭𪛮𪛯𪛰𪛱𪛲𪛳𪛴𪛵𪛶𪛷𪛸𪛹𪛺𪛻𪛼𪛽𪛾𪛿𪜀𪜁𪜂𪜃𪜄𪜅𪜆𪜇𪜈𪜉𪜊𪜋𪜌𪜍𪜎𪜏𪜐𪜑𪜒𪜓𪜔𪜕𪜖𪜗𪜘𪜙𪜚𪜛𪜜𪜝𪜞𪜟𪜠𪜡𪜢𪜣𪜤𪜥𪜦𪜧𪜨𪜩𪜪𪜫𪜬𪜭𪜮𪜯𪜰𪜱𪜲𪜳𪜴𪜵𪜶𪜷𪜸𪜹𪜺𪜻𪜼𪜽𪜾𪜿𪝀𪝁𪝂𪝃𪝄𪝅𪝆𪝇𪝈𪝉𪝊𪝋𪝌𪝍𪝎𪝏𪝐𪝑𪝒𪝓𪝔𪝕𪝖𪝗𪝘𪝙𪝚𪝛𪝜𪝝𪝞𪝟𪝠𪝡𪝢𪝣𪝤𪝥𪝦𪝧𪝨𪝩𪝪𪝫𪝬𪝭𪝮𪝯𪝰𪝱𪝲𪝳𪝴𪝵𪝶𪝷𪝸𪝹𪝺𪝻𪝼𪝽𪝾𪝿𪞀𪞁𪞂𪞃𪞄𪞅𪞆𪞇𪞈𪞉𪞊𪞋𪞌𪞍𪞎𪞏𪞐𪞑𪞒𪞓𪞔𪞕𪞖𪞗𪞘𪞙𪞚𪞛𪞜𪞝𪞞𪞟𪞠𪞡𪞢𪞣𪞤𪞥𪞦𪞧𪞨𪞩𪞪𪞫𪞬𪞭𪞮𪞯𪞰𪞱𪞲𪞳𪞴𪞵𪞶𪞷𪞸𪞹𪞺𪞻𪞼𪞽𪞾𪞿𪟀𪟁𪟂𪟃𪟄𪟅𪟆𪟇𪟈𪟉𪟊𪟋𪟌𪟍𪟎𪟏𪟐𪟑𪟒𪟓𪟔𪟕𪟖𪟗𪟘𪟙𪟚𪟛𪟜𪟝𪟞𪟟𪟠𪟡𪟢𪟣𪟤𪟥𪟦𪟧𪟨𪟩𪟪𪟫𪟬𪟭𪟮𪟯𪟰𪟱𪟲𪟳𪟴𪟵𪟶𪟷𪟸𪟹𪟺𪟻𪟼𪟽𪟾𪟿𪠀𪠁𪠂𪠃𪠄𪠅𪠆𪠇𪠈𪠉𪠊𪠋𪠌𪠍𪠎𪠏𪠐𪠑𪠒𪠓𪠔𪠕𪠖𪠗𪠘𪠙𪠚𪠛𪠜𪠝𪠞𪠟𪠠𪠡𪠢𪠣𪠤𪠥𪠦𪠧𪠨𪠩𪠪𪠫𪠬𪠭𪠮𪠯𪠰𪠱𪠲𪠳𪠴𪠵𪠶𪠷𪠸𪠹𪠺𪠻𪠼𪠽𪠾𪠿𪡀𪡁𪡂𪡃𪡄𪡅𪡆𪡇𪡈𪡉𪡊𪡋𪡌𪡍𪡎𪡏𪡐𪡑𪡒𪡓𪡔𪡕𪡖𪡗𪡘𪡙𪡚𪡛𪡜𪡝𪡞𪡟𪡠𪡡𪡢𪡣𪡤𪡥𪡦𪡧𪡨𪡩𪡪𪡫𪡬𪡭𪡮𪡯𪡰𪡱𪡲𪡳𪡴𪡵𪡶𪡷𪡸𪡹𪡺𪡻𪡼𪡽𪡾𪡿𪢀𪢁𪢂𪢃𪢄𪢅𪢆𪢇𪢈𪢉𪢊𪢋𪢌𪢍𪢎𪢏𪢐𪢑𪢒𪢓𪢔𪢕𪢖𪢗𪢘𪢙𪢚𪢛𪢜𪢝𪢞𪢟𪢠𪢡𪢢𪢣𪢤𪢥𪢦𪢧𪢨𪢩𪢪𪢫𪢬𪢭𪢮𪢯𪢰𪢱𪢲𪢳𪢴𪢵𪢶𪢷𪢸𪢹𪢺𪢻𪢼𪢽𪢾𪢿𪣀𪣁𪣂𪣃𪣄𪣅𪣆𪣇𪣈𪣉𪣊𪣋𪣌𪣍𪣎𪣏𪣐𪣑𪣒𪣓𪣔𪣕𪣖𪣗𪣘𪣙𪣚𪣛𪣜𪣝𪣞𪣟𪣠𪣡𪣢𪣣𪣤𪣥𪣦𪣧𪣨𪣩𪣪𪣫𪣬𪣭𪣮𪣯𪣰𪣱𪣲𪣳𪣴𪣵𪣶𪣷𪣸𪣹𪣺𪣻𪣼𪣽𪣾𪣿𪤀𪤁𪤂𪤃𪤄𪤅𪤆𪤇𪤈𪤉𪤊𪤋𪤌𪤍𪤎

二 民力下十
中已

④

筭二四六五筭正總

黃雲秋塞

臞仙曰。是曲者。蓋古曲也。言塞上胡沙漠。迢遞萬里。黃雲蔽天。酸風射入。滿目淒然。關山南北。其悲愴之意。寂寥蕭索。觀景傷懷。足以含情寄意。付諸微軫者。可以起營州之秋思。而感玉關之懷故鄉也。

一 鹽

葯

𦵏上九
𦵐
𦵑
𦵒
𦵓
𦵔
𦵕
𦵖
𦵗
𦵘
𦵙
𦵚
𦵛
𦵜
𦵝
𦵞
𦵟
𦵠
𦵡
𦵢
𦵣
𦵤
𦵥
𦵦
𦵧
𦵨
𦵩
𦵪
𦵫
𦵬
𦵭
𦵮
𦵯
𦵰
𦵱
𦵲
𦵳
𦵴
𦵵
𦵶
𦵷
𦵸
𦵹
𦵺
𦵻
𦵼
𦵽
𦵾
𦵿
𦶀
𦶁
𦶂
𦶃
𦶄
𦶅
𦶆
𦶇
𦶈
𦶉
𦶊
𦶋
𦶌
𦶍
𦶎
𦶏
𦶐
𦶑
𦶒
𦶓
𦶔
𦶕
𦶖
𦶗
𦶘
𦶙
𦶚
𦶛
𦶜
𦶝
𦶞
𦶟
𦶠
𦶡
𦶢
𦶣
𦶤
𦶥
𦶦
𦶧
𦶨
𦶩
𦶪
𦶫
𦶬
𦶭
𦶮
𦶯
𦶰
𦶱
𦶲
𦶳
𦶴
𦶵
𦶶
𦶷
𦶸
𦶹
𦶺
𦶻
𦶼
𦶽
𦶾
𦶿
𦷀
𦷁
𦷂
𦷃
𦷄
𦷅
𦷆
𦷇
𦷈
𦷉
𦷊
𦷋
𦷌
𦷍
𦷎
𦷏
𦷐
𦷑
𦷒
𦷓
𦷔
𦷕
𦷖
𦷗
𦷘
𦷙
𦷚
𦷛
𦷜
𦷝
𦷞
𦷟
𦷠
𦷡
𦷢
𦷣
𦷤
𦷥
𦷦
𦷧
𦷨
𦷩
𦷪
𦷫
𦷬
𦷭
𦷮
𦷯
𦷰
𦷱
𦷲
𦷳
𦷴
𦷵
𦷶
𦷷
𦷸
𦷹
𦷺
𦷻
𦷼
𦷽
𦷾
𦷿
𦸀
𦸁
𦸂
𦸃
𦸄
𦸅
𦸆
𦸇
𦸈
𦸉
𦸊
𦸋
𦸌
𦸍
𦸎
𦸏
𦸐
𦸑
𦸒
𦸓
𦸔
𦸕
𦸖
𦸗
𦸘
𦸙
𦸚
𦸛
𦸜
𦸝
𦸞
𦸟
𦸠
𦸡
𦸢
𦸣
𦸤
𦸥
𦸦
𦸧
𦸨
𦸩
𦸪
𦸫
𦸬
𦸭
𦸮
𦸯
𦸰
𦸱
𦸲
𦸳
𦸴
𦸵
𦸶
𦸷
𦸸
𦸹
𦸺
𦸻
𦸼
𦸽
𦸾
𦸿
𦹀
𦹁
𦹂
𦹃
𦹄
𦹅
𦹆
𦹇
𦹈
𦹉
𦹊
𦹋
𦹌
𦹍
𦹎
𦹏
𦹐
𦹑
𦹒
𦹓
𦹔
𦹕
𦹖
𦹗
𦹘
𦹙
𦹚
𦹛
𦹜
𦹝
𦹞
𦹟
𦹠
𦹡
𦹢
𦹣
𦹤
𦹥
𦹦
𦹧
𦹨
𦹩
𦹪
𦹫
𦹬
𦹭
𦹮
𦹯
𦹰
𦹱
𦹲
𦹳
𦹴
𦹵
𦹶
𦹷
𦹸
𦹹
𦹺
𦹻
𦹼
𦹽
𦹾
𦹿
𦺀
𦺁
𦺂
𦺃
𦺄
𦺅
𦺆
𦺇
𦺈
𦺉
𦺊
𦺋
𦺌
𦺍
𦺎
𦺏
𦺐
𦺑
𦺒
𦺓
𦺔
𦺕
𦺖
𦺗
𦺘
𦺙
𦺚
𦺛
𦺜
𦺝
𦺞
𦺟
𦺠
𦺡
𦺢
𦺣
𦺤
𦺥
𦺦
𦺧
𦺨
𦺩
𦺪
𦺫
𦺬
𦺭
𦺮
𦺯
𦺰
𦺱
𦺲
𦺳
𦺴
𦺵
𦺶
𦺷
𦺸
𦺹
𦺺
𦺻
𦺼
𦺽
𦺾
𦺿
𦻀
𦻁
𦻂
𦻃
𦻄
𦻅
𦻆
𦻇
𦻈
𦻉
𦻊
𦻋
𦻌
𦻍
𦻎
𦻏
𦻐
𦻑
𦻒
𦻓
𦻔
𦻕
𦻖
𦻗
𦻘
𦻙
𦻚
𦻛
𦻜
𦻝
𦻞
𦻟
𦻠
𦻡
𦻢
𦻣
𦻤
𦻥
𦻦
𦻧
𦻨
𦻩
𦻪
𦻫
𦻬
𦻭
𦻮
𦻯
𦻰
𦻱
𦻲
𦻳
𦻴
𦻵
𦻶
𦻷
𦻸
𦻹
𦻺
𦻻
𦻼
𦻽
𦻾
𦻿
𦺼
𦽀
𦽁
𦽂
𦽃
𦽄
𦽅
𦽆
𦽇
𦽈
𦽉
𦽊
𦽋
𦽌
𦽍
𦽎
𦽏
𦽐
𦽑
𦽒
𦽓
𦽔
𦽕
𦽖
𦽗
𦽘
𦽙
𦽚
𦽛
𦽜
𦽝
𦽞
𦽟
𦽠
𦽡
𦽢
𦽣
𦽤
𦽥
𦽦
𦽧
𦽨
𦽩
𦽪
𦽫
𦽬
𦽭
𦽮
𦽯
𦽰
𦽱
𦽲
𦽳
𦽴
𦽵
𦽶
𦽷
𦽸
𦽹
𦽺
𦽻
𦽼
𦽽
𦽾
𦽿
𦾀
𦾁
𦾂
𦾃
𦾄
𦾅
𦾆
𦾇
𦾈
𦾉
𦾊
𦾋
𦾌
𦾍
𦾎
𦾏
𦾐
𦾑
𦾒
𦾓
𦾔
𦾕
𦾖
𦾗
𦾘
𦾙
𦾚
𦾛
𦾜
𦾝
𦾞
𦾟
𦾠
𦾡
𦾢
𦾣
𦾤
𦾥
𦾦
𦾧
𦾨
𦾩
𦾪
𦾫
𦾬
𦾭
𦾮
𦾯
𦾰
𦾱
𦾲
𦾳
𦾴
𦾵
𦾶
𦾷
𦾸
𦾹
𦾺
𦾻
𦾼
𦾽
𦾾
𦾿
𦿀
𦿁
𦿂
𦿃
𦿄
𦿅
𦿆
𦿇
𦿈
𦿉
𦿊
𦿋
𦿌
𦿍
𦿎
𦿏
𦿐
𦿑
𦿒
𦿓
𦿔
𦿕
𦿖
𦿗
𦿘
𦿙
𦿚
𦿛
𦿜
𦿝
𦿞
𦿟
𦿠
𦿡
𦿢
𦿣
𦿤
𦿥
𦿦
𦿧
𦿨
𦿩
𦿪
𦿫
𦿬
𦿭
𦿮
𦿯
𦿰
𦿱
𦿲
𦿳
𦿴
𦿵
𦿶
𦿷
𦿸
𦿹
𦿺
𦿻
𦿼
𦿽
𦿾
𦿿
𦻀
𦻁
𦻂
𦻃
𦻄
𦻅
𦻆
𦻇
𦻈
𦻉
𦻊
𦻋
𦻌
𦻍
𦻎
𦻏
𦻐
𦻑
𦻒
𦻓
𦻔
𦻕
𦻖
𦻗
𦻘
𦻙
𦻚
𦻛
𦻜
𦻝
𦻞
𦻟
𦻠
𦻡
𦻢
𦻣
𦻤
𦻥
𦻦
𦻧
𦻨
𦻩
𦻪
𦻫
𦻬
𦻭
𦻮
𦻯
𦻰
𦻱
𦻲
𦻳
𦻴
𦻵
𦻶

可摩

旬

四 鴛 莖 鴛 可 莖 合 鴛

勢

蓮

司令文 𠂔巾巳 𠂔上七 𠂔合 𠂔上七

卷十四

楚

二五上
𡵓
𡵓下復上五六
中比合下尸

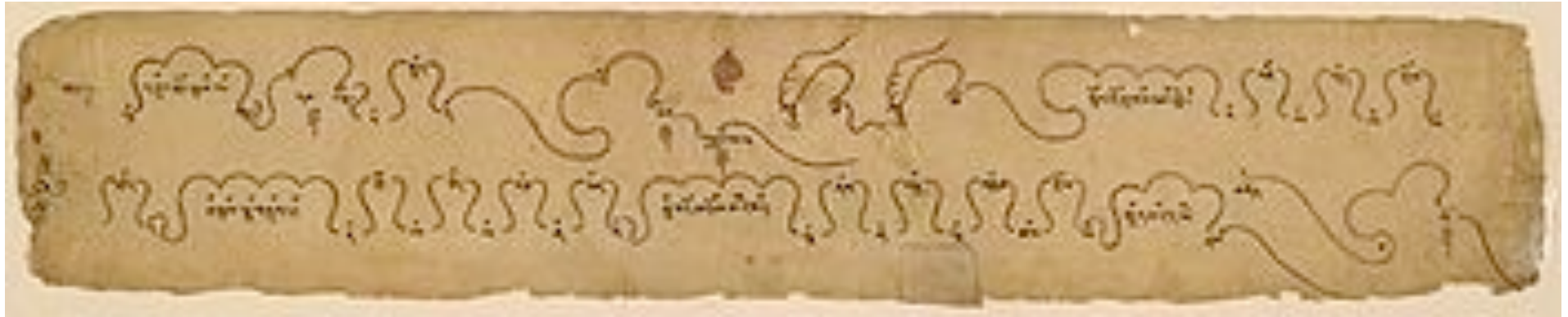
苛
𢇛
𣎵
一打
九
上

वसंत - त्रिताल (मध्य लय)

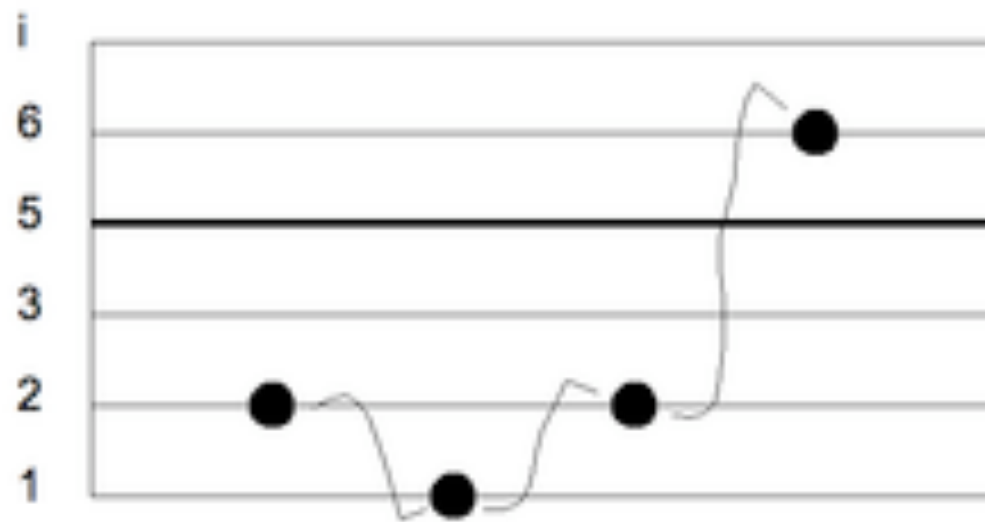
स्थायी

नि	ग				नि					नि							
सां	सा	म	म	—	म	नि	ध			सां	नि	ध	प	(प)	मंग	म	ग
ऋ	तु	व	सं	५	त	व	न			फू	५	ल	र	ही	५५	५	५
३				×						२				०			
ग				ग									ग				
म	—	म	म	म	म	नि	नि			म	ग	—	म	ग	रे	—	सा
सा	५	द	त	अ	ति	म	न			ह	र	५	फू	ल	बा	५	रि
३				×						२				०			

תוים לגמלן מאינדונזיה – שתי קבוצות כלים



אינדונזיה – חפש ביטוי למבצע



כתיבת מוסיקה

האם רואים קשר בין כתיבת המוסיקה לכתב הדיבור?
האם כתיבת מוסיקה מסובכת או פשוטה יותר ביחס לכתיבת שפת דיבור?

תלוי איזה מוסיקה: שירה גריגוריאנית – גובה צליל ולפעמים אורכו
אין סימון לדינאמיקה (עצמה) טמפו (מהירות)
אין פוליפוניה – שורה קולית אחת
כך גם טעמי המקרא – דגש על התכן המילולי – מוסיקה כקישוט

מוסיקה תזמורתית קלאסית – שורות מקבילות יוצרות הרמוניות,
סולמות שונים לכלים שונים, אורך תוים, סימני דינאמיקה וטמפו
שמות פרקים מבטאים אוירה – אלגרו, מינואט, אדגו, ...
נגינת מיתרים וחצוצרות עם סורדינה, נגינת מיתר קרוב לשחיף או לגשר
נגינת תופים ע"י הקשה במרכז או בצד, ועם נגיעת אצבעות בממברנה
מעבר בין סולם מז'ורי למינורי וההפך – יצירת אוירה ומתח

האם קשר משמעות מוזיקאלית לתרבות ולהרגלים?

ריקוד

(כוריאוגרפיה)

ריקוד

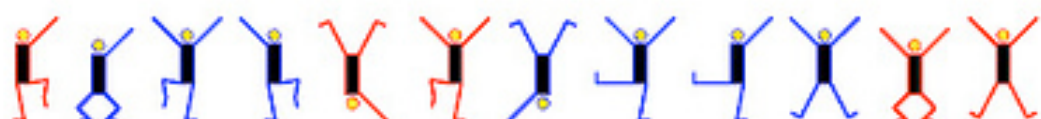
כתיבת כוריאוגרפיה קלאסית – שייוך ביטוי לתבנית בריקוד
קשר למוסיקה – חזק בבלט קלאסי (צ'ייקובסקי). חשיבות לתורה שבע"פ
יותר חפשי במודרני (סטרוינסקי)
בלט מודרני – אופיינים מוגדרים לכוריאוגרף:
פינה באוש, אוהד נהרין, שרה לוי תנאי,



Castagnettes.

M.M. 60.

Handwritten musical score for Castagnettes, featuring four figures (Fig. 1, 2, 3, 4) and a tempo marking of M.M. 60. The score is written on a single staff with a treble clef and a key signature of one flat (B-flat). The tempo is marked M.M. 60. The score is divided into four measures, each corresponding to a figure. Each figure is represented by a square box containing a stylized figure of a person. The figures are numbered 1, 2, 3, and 4. The musical notation includes various notes, rests, and accidentals, with some notes circled. The figures are arranged in a sequence, with each figure appearing in its own measure. The figures are drawn in a simple, sketchy style, with some figures having their arms raised or in specific poses. The musical notation is handwritten and appears to be a personal or working draft.



מה מזכירה כתיבה כוריאוגרפית?

אולי הירוגליפים, סמפור

סימנים מוגדרים לרצף תנועות מוגדר
סימנים לתנועות ידיים ורגליים
אך לא נוצרה שפה אחידה.

לכל כוריאוגרף מגוון סימנים שלו
המובן רק ע"י מי שעבד איתו

תרגום קידוד והצפנה

קידוד (קריפטוגרפיה) – תרגום בין שפות

כתב הוא קידוד של דיבור, ולהפך
כך גם כתיבת מוסיקה וריקוד

פענוח שפת החרטומים – אבן הרוזטה, שמפלין
מורס, סמפור – אותיות לסדרת אותות
שפת אבניבי קידוד פשוט לתנועות דיבור –
איך לפענח קידוד של אות לאות אחרת?
קוד קבוע – קל לפיענוח דרך מילים נפוצות.
אניגמה – מכונת קידוד עם קוד פתוח משתנה.

סודיות אינפורמציה בעולם תקשורת פתוחה – קריפטוגרפיה
קידוד מספרים דרך נוסחאות התלויות במספרים ראשוניים גדולים (ראה להלן)

האם הקידוד שומר על כל האינפורמציה?
למשל כתיבת דיבור אינה מכתובה קריאה אמנותית, תיאטרון, שירה.
קידוד תמונות: משמר וקידוד דוחס שאינו משמר
האם יש קשר בין התפתחות הכתב לשיטות הכתיבה?
מימין לשמאל וההפך, מלמעלה למטה,
כתיבה ביתד, בציפורן, במכחול, דפוס (פונטים), מחשב.
קצרנות (דווח לראשונה ע"י המזכיר של קיקרו הרומאי)

הצפנה (מבוסס על סודות ההצפנה מאת סיימון סינג)

סטנוגרפיה - הסתרת ההודעה

480 לפה"ס מלך פרס קסרקסס Xerxes בונה צבא וצי ענק ופולש למפרץ סלמיס ליד אתונה היווני דמרטוס Demaratus שחי בעיר סוסה והיה עד לבנית הכוח הצבאי הפרסי שולח מסר לאתונה הוא חורץ את הכתב בעץ ומצפה בשעווה להסתירו. באתונה המיסו את השעווה, קראו את המסר והתחילו בבנית צי להגנה. מכרות הכסף שרווחיהם חולקו בין האזרחים הולאמו לצרכי המלחמה, ונבנה צי ספינות קטנות וזריזות שמשכו את הספינות הכבדות הפרסיות למפרץ והטביעו אותן.

פליני מתאר דיו סתרים מחלב צמח התימלוס Ththymallus שנעשה חום בחמום הניר.

הסינים רשמו הודעות על משי שנמעך לכדור, ציפוי בכדור שעווה שנבלע ע"י השליח.

ג'יובאני פורטה Porta כותב על ביצה קשה בדיו ממלח וחומץ שנקראת על פני החלבון אחרי קילוף הקליפה.

במלחמת העולם השניה הסתירו הודעה בנקודה ע"י צילום מוקטן.

קריפטולוגיה - קידוד או הצפנה



טרנספוזיציה - העברה: למשל היפוך אותיות במילה ומילים במשפט, רישום כל האותיות הזוגיות ואח"כ האיזוגיות, וכו' כתיבה על גליל וחיתוך הגליל לרצועה המשמשת לחגורה - Spartan Scytale.

סבסטיטוציה - החלפה: למשל כל אות מחליפים באות אחרת (בזוגות או לא, או בקבוצות n-אותיות מוסטות- יוליוס קיסר)

אל קינדי - פיענוח קידוד החלפה ע"י סטטיסטיקה של תדירות שימוש באותיות. דורש טקסט ארוך לביסוס סטטיסטי.

וולסינגהאם השר לבטחון של אליזבת מפענח מכתבי מרי מלכת סקוטלנד, מאשים אותה בבגידה, והיא מוצאת להורג.

ליאון בטיסטה אלברטי Alberti מפירנצה - קידוד כפול
1543 בלזדה ויז'נר Blaise de Vigenère הצפנה ברבוע ויז'נר
1821 צ'רלס באבאג' Babbage תכנית מחשב שפיענחה את צופן ויז'נר
מורס-טלגרף ומרקוני-רדיו: חשיבות ההצפנה.
האניגמה - אלן טיורינג.

פיענות דרך מחסום השפה

פיענוח ההירוגליפים המצריים לפי אבן הרוזטה ע"י שמפוליון
פענוח linear b היונית הקדומה

הצפנה בעידן המחשבים

לוציפר – פונקצית מטחינה
דיפי, הלמן
מפתח הצפנה ציבורי – ריוסט שמיר ואדלמן RSA
חתימה דיגיטאלית
וירוסים וסוסים טרויאנים להתמרת נתוני מחשב כדי שלא יובנו (אך יוחזרו תמורת כופר).

כתיבת מספרים

כתיבת מספרים

מצרים

ספירת מספרים שלמים - שיכפול באבן רכה או חימר

הכי פשוט: I II III IIII

נעשה קשה לקריאה עם הרבה קווים - לכן הגדרת בסיס (10) ושיכפול עשרות, מאות וכו'

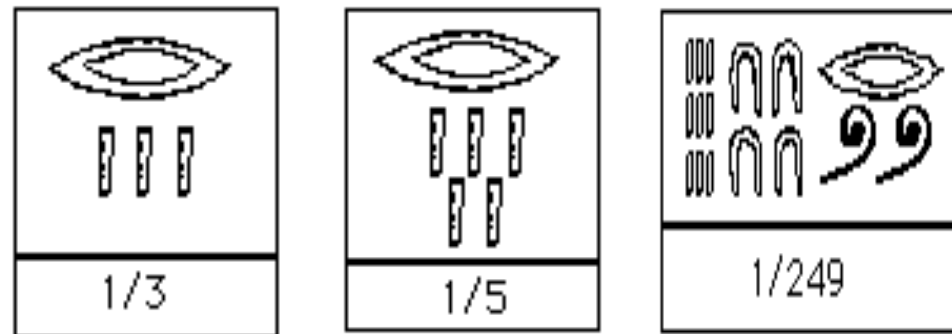
						
1	10	100	1000	10000	100000	10^6
Egyptian numeral hieroglyphs						


4622


276

אין כל חשיבות למיקום הסימנים

סימון לשברים



איך לחלק ערימת חיטין ל-5? קירובים מתכנסים,
 במעשה וגם בחישוב של פעולות חילוק למספרים גדולים: מנחשים פתרון, מכפילים
 (ע"י חיבור חוזר) ומתקנים.

1	𐤀	10	𐤁	100	𐤂	1000	𐤃
2	𐤄	20	𐤅	200	𐤆	2000	𐤇
3	𐤈	30	𐤉	300	𐤊	3000	𐤋
4	𐤌	40	𐤍	400	𐤎	4000	𐤏
5	𐤐	50	𐤑	500	𐤒	5000	𐤓
6	𐤔	60	𐤕	600	𐤖	6000	𐤗
7	𐤘	70	𐤙	700	𐤚	7000	𐤛
8	𐤜	80	𐤝	800	𐤞	8000	𐤟
9	𐤠	90	𐤡	900	𐤢	9000	𐤣
Hieratic numerals							

כתיבה בדיו על פפירוס –

**9 סימנים לכל עשור
מה חסר?**

𐤃 𐤓 𐤕 𐤇
2765

𐤇 𐤓 𐤕 𐤃
2765

פפירוס רינד – של אהמס

1680-1620 BC Rhind Papyrus aka the
Ahmes

– כנראה תיעוד של כתב מ 2000 לפה"ס –

כללי חילוק, 87 בעיות כולל

פתרון משוואות,

נפח אסמי תבואה, (progressions)

ושיטות קירוב



מסופוטמיה

כתב יתדות על חרס רך שמתקשה:

רישום תעלות השקיה כמויות

במשלוחים

מספר עובדים ושכרם, מיסים,

מכתבים בדאר

שומר- 3500 לפה"ס אכד - 2300

לפה"ס בבל - 2000 לפה"ס

ספירה בבסיס 60

מערכת כתיבת **מספרים ממוקמים**: בסיס 60, 59 סימנים
 מקום ימני-יחידות, משמאלו- כפולות של 60, משמאלו כפולות של 3600 וכו

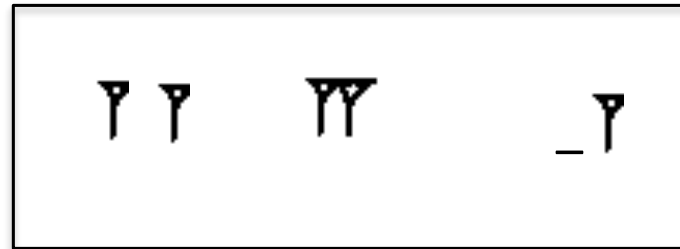
1		11		21		31		41		51	
2		12		22		32		42		52	
3		13		23		33		43		53	
4		14		24		34		44		54	
5		15		25		35		45		55	
6		16		26		36		46		56	
7		17		27		37		47		57	
8		18		28		38		48		58	
9		19		29		39		49		59	
10		20		30		40		50			

$$1*216000 + 57*3600 + 46*60 + 40 = 424000$$

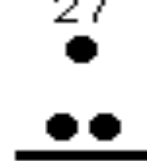
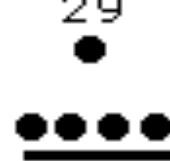
1,57,46,40 = 424000			

קשיים:

כשאין ספרת יחידות, למשל 60 : מוסיפים קו לפני (מעין אפס)
קשה להבדיל בין 2 לבין 61 : מרווחים בין קבצי ספרות



מאיה – מספרים על בסיס 20 **כולל אפס וחשיבות למיקום**. כתיבה אנכית.
 אין שברים. נוח לחיבור. אך איך חישבו לוח שנה בדיוק כה רב? לא ברור

0 	1 	2 	3 	4 
5 	6 	7 	8 	9 
10 	11 	12 	13 	14 
15 	16 	17 	18 	19 
20 	21 	22 	23 	24 
25 	26 	27 	28 	29 
Mayan positional number system				

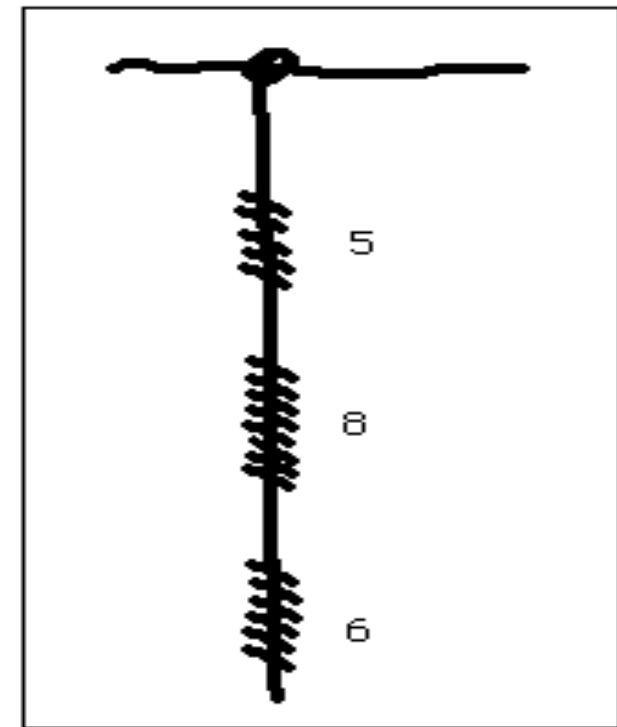
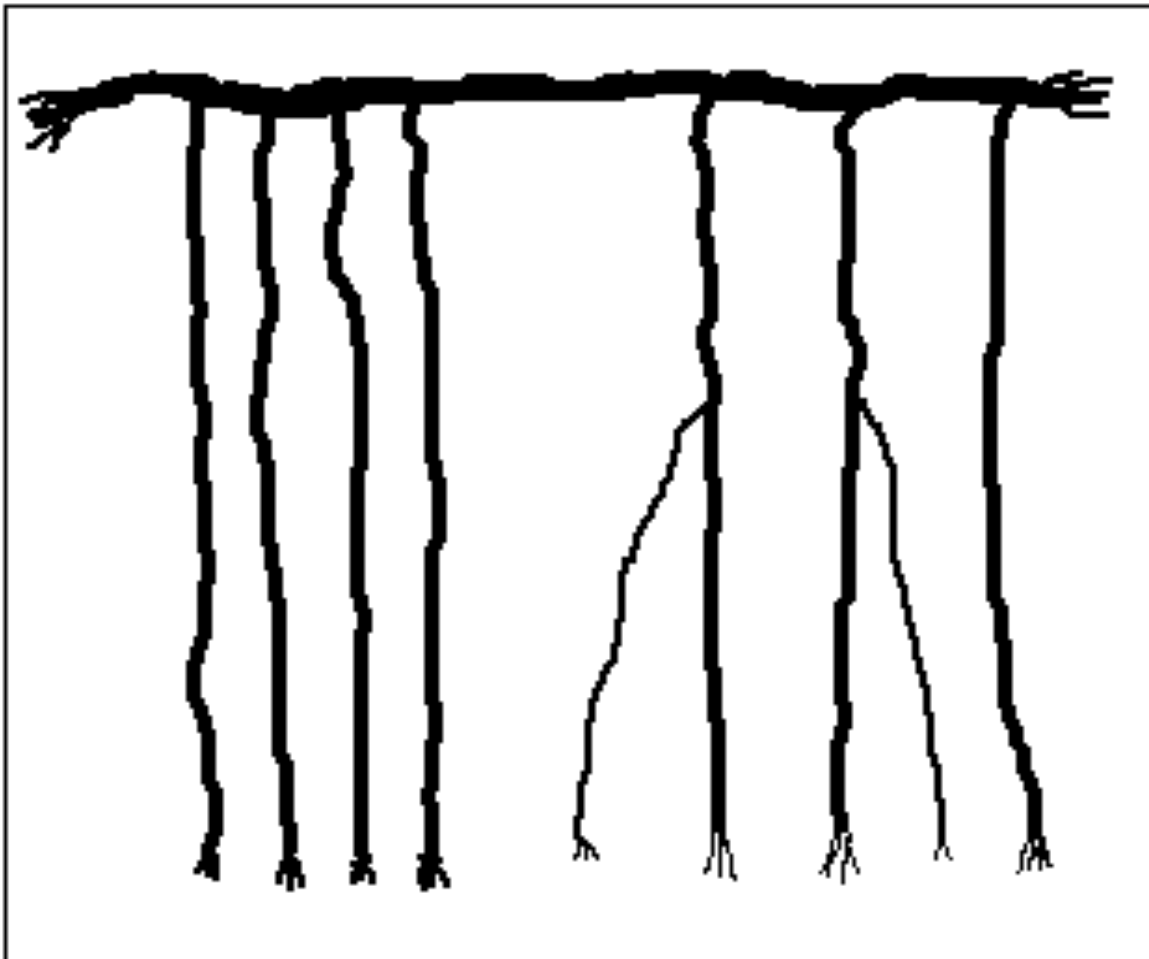
אינקה - בירתם: קוסקו

בעת גילוי אמריקה מצאו הספרדים אימפריה עם ניהול מרכזי דרכי תובלה, חקלאות,

תעשית טכסטיל, אך ללא כתב

רישומי מנהל ומיסים נרשמו בקשרים (קויפו) בה הקשר מסמן מספר לפי מקומו, ואפס הוא רווח

צבע החוט סימל את החפצים שנספרו: נשק, כסף



מספרים סיניים – דמיון למספרים יוניים / רומים

				
1	2	3	4	5
				
6	7	8	9	10
				
20	30	40	50	60
				
100	200	300	400	500
				
1000	2000	3000	4000	5000

Zhu Shijie

הביא אפס מהודו וב-1303 מופיע בספר

מתמטיקה של Ch'in

מתמטיקה סינית עסקה במדידת קרקעות,
מסחר בגרעינים, יחסים ישרים והפוכים בין
אורכים, שטחים ונפחים, השתמשו במשפט
קוואליירי לנפח כדור, הנדסה אזרחית –
תעלות, גשרים, פירמידות אסטרונומיה
(השתמשו באינטרפולציה קוודרטית למיקום
כוכבים) ראה בהמשך בעיות סיניות, פרק א.

1.2

המספרים בעולם הקלאסי

יון – עברו שינוי זניח עד לרומא: בסיס 10 – 10 אצבעות

רומא כתיבת ספרות תלוית מיקום: חסכון בסימנים

IV=4 VI=6 IX=9 XI=11 XC=90 CX=110

1=I 5=V 10=X 50=L 100=C 500=D 1000=M

				⌒	⌒	⌒	⌒	⌒	Δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1 - 10 in Greek acrophonic numbers

				
Pente	Deka	Hekaton	Khilioi	Murioi
Πεντε	Δεκα	Ηεκατον	Χιλιοι	Μυριοι
5	10	100	1000	10000

							
10	50	100	500	1000	5000	10000	50000

Higher numbers and combining acrophonic numerals

170 לפה"ס – בפרגמון – כתיבה על קלף העשוי מעור מעובד – מחליף פפירוס
105 לספירה – בסין – המצאת הניר (טסאי-לון בחצרו של הקיסר חה די)
1150 – טחנת הנייר הראשונה באירופה

הודו

300 לפה"ס – פינגלה מתאר שיטת מספרים בינאריים
(חזרה לשימוש באלגברה בוליאנית 1854)
260 לפה"ס – "ספרות ערביות" מהודו לערב ולאירופה (פיבונצ'י)
150 לפה"ס – "סטהנגה סוטרה" נכתב בהודו – חיבור מתמטי מקיף – ע"י מתמטיקאים גאוניים
3 לספירה – שימוש בספרת האפס במקום רווח או נקודה לציון "אין ערך"

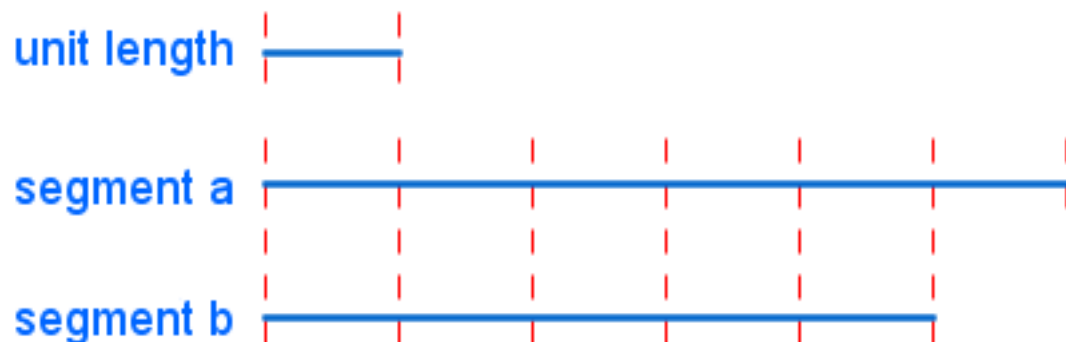
**תרבויות שהתפתחו באופן בלתי תלוי
האם המצאו רעיונות שונים לכתובת המספרים ?**

מדוע לקח לאירופאים מעל 1000 שנה להשתמש (אפילו לא להמציא) באפס
ואילו המאיה ההודים והבבלים יישמו אפס מוקדם במתמטיקה?

לדעתי נובע מצורת השימוש במתמטיקה:
הבבלים ההודים והמאיה השתמשו במתמטיקה לחישובים אסטרונומיים
המדענים הקלאסיים ראו במתמטיקה חלק מפילוסופיה, ובצעו מעט חישובים

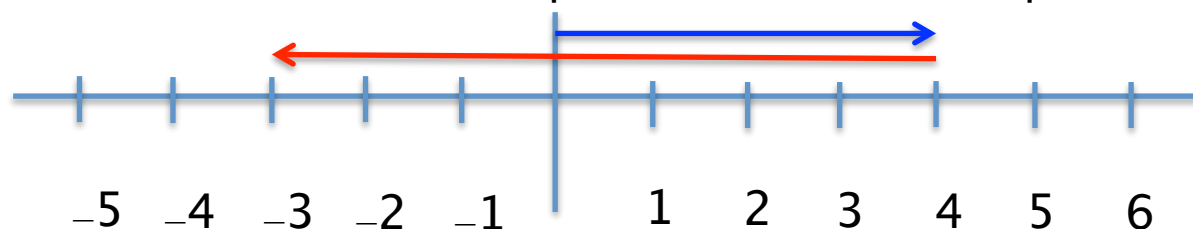
התרחבות המספרים

א. **מספרים שלמים** חיוביים כבטוי כללי לספירה של חפצים: $2 =$ שני עיזים, שני בתים, שני גרגרי תבואה, 2 אמות אורך.

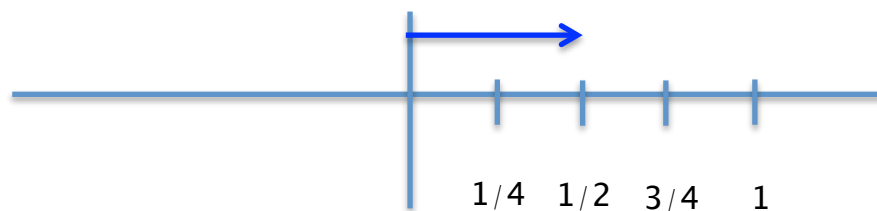


ב. מספרים שליליים: דיאופנטוס לא ראה אותם כמספרים אמיתיים. התעלם מפתרונות שליליים למשוואות.

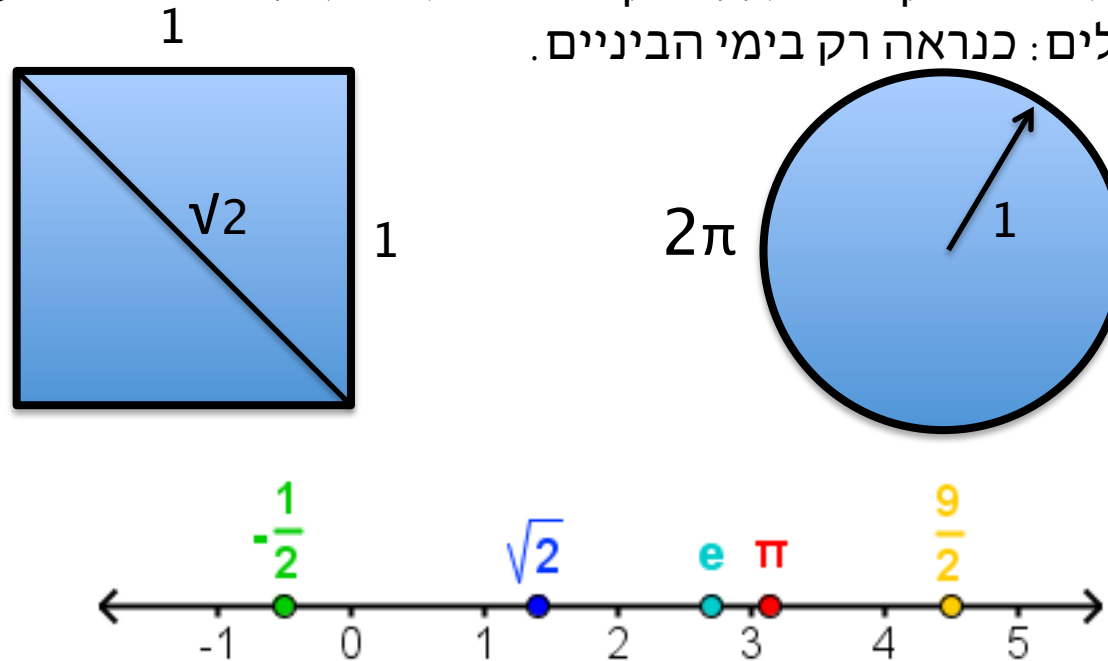
100 לפה"ס שימוש ראשון במספרים שליליים בסין לבטא חוב וזכות של חפצים



ג. מספרים חלקיים (שברים) לבטא חלקי חפצים שלמים - למשל אורך $\frac{1}{2}$ אמה



ד. מספרים לא רציונאליים – המיתר במשולש ישר זווית שווה שוקיים, היקף ושטח מעגל הגבלת מספר הספרות אחרי הנקודה בגלל דיוק המדידה או מגבלות החישוב – עיגול השארית הוכחה שאינם רציונאליים: כנראה רק בימי הביניים.



ה. מספרים גדולים מאוד וקטנים מאוד – ארכימדס: מספר גרגרי החול בעולם שימוש באקספוננט כדי להרחיב את תחום הגדלים: $12.345 * 10^{56}$ במחשב floating point בבסיס בינארי: שתי קבוצות ספרות – לבסיס ולאקספוננט:

10010110010100 | 1110110

מדוע הבסיס תמיד מתחיל ב-1 אך האקספוננט לא?

- ו. הצגה אלגברית – בטוי שניתן להציב בו כל מספר $2x+3$
- ז. מספרים טראנסדנטאליים – מספרים שאינם פתרונות של משוואות אלגבריות עם מקדמים רציונאליים
- ח. מספרים מורכבים.

סיכום

מספרים שלמים

$1, 2, 3, \dots$

מספרים שלמים
שליליים

האפס

מספרים שלמים
חיוביים

מספרים ממשיים

מספרים רציונאליים
 $342 / 1673$

מספרים אירציונאליים
 $\sqrt{2}$

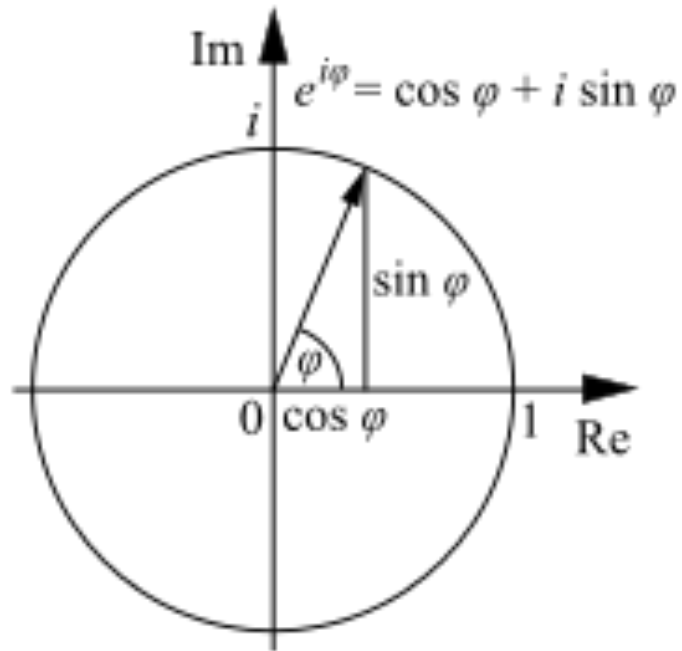
מספרים טראנסדנטאליים
 $e \quad \pi$

מספרים מדומים

$\sqrt{-1}$

מספרים מדומים

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x,$$



$$e^{i\pi} = -1$$

$$\log_e(-1) = i\pi.$$

$$\sqrt{1} = \pm 1$$

רפאלו בומבלי (Rafaello Bombelli)

$$\sqrt{-1} = \pm i$$

וקטור יחידה ופאזה $\times$ (בציור φ)

[de Moivre's formula.](#)

$$(\cos x + i \sin x)^n = (e^{ix})^n = e^{inx} = \cos(nx) + i \sin(nx),$$

מספרים בתנ"ך : בסיס 10
עשרות, מאות, אלפי רבבה, מעשר 1 / 10
?איפה ירשנו בסיס 60 מהבבלים
זמן, זווית

אריטמטיקה של השעון – על בסיס 60
תרגילים פשוטים לחיבור וחיסור בבסיס 60

שיטות חישוביות בבליז

שטח חלקה = אורך כפול רוחב
טבלת ריבועים משמשת כטבלת כפל: תחילת האלגברה – נוסחא סימלית להצבת ערכים

$$ab = [(a + b)^2 - a^2 - b^2] / 2$$

$$ab = [(a + b)^2 - (a - b)^2] / 4$$

מדוע לתעד טבלת ריבועים ולא לוח כפל?

אלכסון בחלקה לפי אורך ורוחב – קדם 1000 שנים למשפט פיתגורס

$$a^2 + b^2$$

טבלאות שברים על בסיס 60 – להקל על חיבור וחיסור

$$1/2 = 0.3$$

$$1/3 = 0.2$$

$$1/4 = 0.15$$

$$1/5 = 0.12$$

$$1/6 = 0.1$$

הסיבה לבסיס 60 – מתחלק ב- 1, 2, 3, 4, 5, 6 ולכן השברים פשוטים, אבל

$$0.0834 = 1/7 \dots$$

מספרים לא שיבריים (אירציונאליים) – קירוב בין שני מספרים שריבועם קצת מעל ומתחת
למשל: $c^2 = 2$

ערוך המוצג בסדרת ספרות מחזורית אחרי הפסיק הוא רציונאלי = שיברי
איך נהפוך לשבר?

$$\begin{aligned} 1/3 &= 0.33333... = 0.3 = 3/9 \\ 0.18 &= 18/99 \quad 0.0018 = 18/9900 \\ 21/55 &= 0.38181818... = 0.3818 \\ 38/100 + 18/9900 &= 19/50 + 1/550 = (209+1)/550 = 210/550 = 21/55 \end{aligned}$$

הוכחה: מהנוסחא של טור גיאומטרי סופי ואינסופי

$$\begin{aligned} 1+q+q^2+\dots+q^{n-1} &= (1-q^n)/(1-q) & \text{עבור כל } q \\ \lim_{n \rightarrow \infty} &= 1/(1-q) & \text{עבור } q < 1 \\ & & \text{למשל} \end{aligned}$$

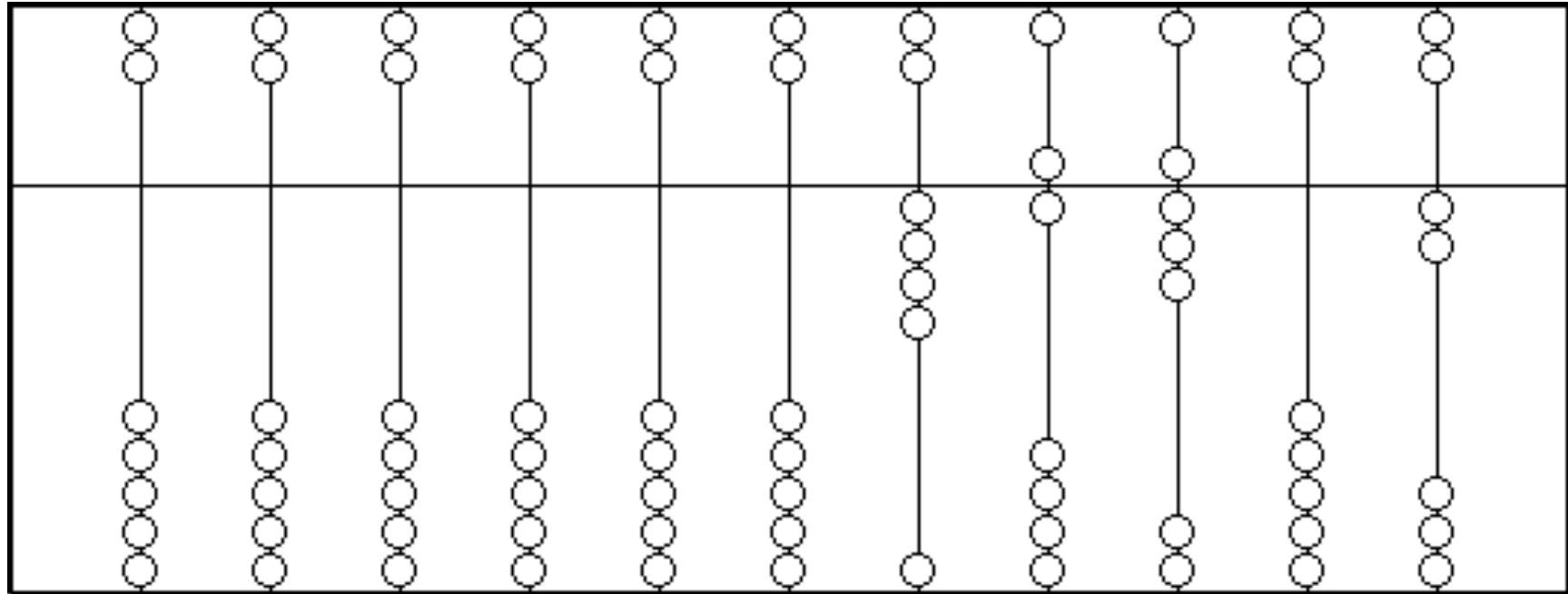
$$0.333 \dots = 3/10 + 3/100 + \dots = 3/10 / (1 - 1/10) = 3/9 = 1/3$$

ערוך המוצג בסדרת מספרים שאינה מחזורית אינו שיברי = אירציונאלי

בעיה: הראה כי $0.9999 \dots = 1$

ראה בהמשך מספרים לא רציונאליים מיוחדים: שרש, 2, π , e.

הצגה בחשבוניה - (כמו גם במחשב) מספר מוגבל של ספרות
 בחשבוניה - כל שורה מספר עשרוני, שש שורות - ספירה בתחום 0-999999
 במחשב לספרות בינאריות 0,1 BIT = שמונה ביטים = Byte
 מה המספר הגדול והקטן ביותר בעלי 8 ספרות בינאריות? מה עם שליליים (ביט סימן)



חשבוניה סינית: באיזה בסיס החישוב?

● ○ ○ ○	○ ○ ●	● ●	○
○ ○ ●	○ ○ ○	○ ○	●
● ● ●	○ ○ ○	● ○	○
○ ● ○	● ○ ○	● ○	○
● ● ○	● ● ●	○ ○	●

חשבוניה של המאיה –
בסיס 20

C