

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Tutkimus oppilaiden vaikeuksista graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa yhden fysiikan lukiokurssin aikana

Seitamaija Karttu

Pro gradu
Jyväskylän yliopisto
Fysiikan laitos
2.3.2016
Ohjaaja: Jouni Viiri

Kiitokset

Haluan kiittää ohjaajaani Jouni Viiriä mahdollisuudesta tehdä tutkielmani tästä aiheesta ja hänen kärsivällisyydestään tutkielmani teon aikana. Kiitän myös Juha Merikoskea ja Jussi Maunukselaa hyvästä ohjauksesta opinnoissani fysiikan laitoksella.

Perheeni ja ystäväni ovat olleet suurena tukena koko opiskeluni ajan ja olen siitä heille erittäin kiitollinen. Lukuisat kerrat olen saanut hyvää mieltä ja voimia heidän positiivisesta ja kannustavasta suhtautumisestaan valmistumiseeni. Erityisesti haluan kiittää poikaani Veikkoa, jonka vuoksi olen halunnut saattaa opiskeluni loppuun. Päiväni ovat saaneet aina hyvän aloituksen, kun hän on kouluun lähtiessään toivottanut minulle hyvää opiskelupäivää.

Petäjäviedellä 29.2.2016

Seitamaija Karttu

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa tutkittiin oppilaiden vaikeuksia mekaniikan graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa. Tutkimusaineisto kerättiin eräästä suomalaisesta lukiosta yhden fysiikan kurssin ajalta. Aineisto koostuu yhdeksästä eri testistä, joiden tehtävät on mukailtu aikaisemmista tutkimuksista ja joissa oppilaiden täytyi sekä tuottaa että tulkita graafeja. Oppilaat tekivät jokaisen testin erikseen kurssin aikana heti aiheen läpikäymisen jälkeen. Aineisto analysoitiin käyttämällä aikaisempien tutkimusten pohjalta kehitettyä ja tätä tutkimusta varten mukautettua koodausmanuaalia.

Analyysissä keskityttiin oppilaiden tekemien virheiden havaitsemiseen ja tulkintaan, sekä oppilaiden sanallisten vastausten läpikäymiseen. Oppilaiden tekemät virheet olivat samankaltaisia kuin aiemmissa tutkimuksissa havaitut virheet. Vaikeuksia oli seitsemässä eri kategoriassa: muuttujien erottamisessa toisistaan, nopeuden, kiihtyvyyden ja voiman käsitteellisessä ymmärtämisessä, kuvaajien yhdistämisessä, tapahtumien tulkitsemisessa kuvaajista sekä kulmakertoimen tulkitsemisessä. Oppilailla esiintyi eniten kiihtyvyyteen liittyviä ongelmia. Sanallisista vastauksista saatiin syventävää tietoa oppilaiden ajattelusta.

Sisältö

Kiitokset	2
Tiivistelmä	3
1 Johdanto	5
2 Teoreettiset lähtökohdat	6
2.1 Tutkimusmenetelmät ja oppilaiden taitojen testaustavat	6
2.2 Oppilailla havaitut vaikeudet graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä	7
3 Tutkimuksen kuvailu	8
3.1 Tutkimusmenetelmä	8
3.2 Datatutkimus	9
4 Tulokset	12
5 Pohdinta	17
6 Johtopäätökset	18
Viitteet	20
Liitteet	23
Liite 1: Testit 1-9.....	23

1 Johdanto

Kokeellisuus ja mittaukset ovat fysiikassa ja myös muissa luonnontieteissä tärkeässä roolissa näiden tieteiden empiirisen luonteen vuoksi. Tutkimusten tulokset esitetään yleensä graafeina, koska niihin saadaan sisällytettyä paljon informaatiota tiiviissä muodossa. Taito tulkita graafeja onkin avainasemassa niissä olevan tiedon välittymiseen ja taito tuottaa graafeja kuuluu olennaisena osana luonnontieteiden opiskeluun. Oppilaiden tulee osata tuottaa graafeja sekä mittauksista saadusta datasta että valmiiksi annetuista mittaustuloksista. Mittaustulosten esittäminen graafina myös auttaa oppilasta ymmärtämään luonnontieteissä esiintyviä lainalaisuuksia ja riippuvuuksia. Erilaisia graafeja tulee osata tulkita sekä globaalisti että lokaalisti, sekä liittää eri muuttujien graafeja merkityksellisellä tavalla toisiinsa.

Oppilaiden taitoja graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä on tutkittu paljon ja monin erilaisin tavoin. Osassa tutkimuksista on kehitetty monivalintatestejä liittyen tiettyyn fysiikan aihepiiriin testaamaan oppilaiden taitotasoa [4, 14, 19]. Toisissa tutkimuksissa oppilaita on testattu pelkästään avoimin kysymyksiin [8, 10, 12] sekä niin, että tehtäviin on liitetty haastattelu [6, 7, 11, 15, 20, 22]. Oppilaita on myös kuvattu tai heidän puhettaan on tallennettu heidän työskennellessään yksin tai ryhmässä annetun tehtävän parissa [2, 6, 11]. On myös tutkittu, että testit, joissa on yhdistetty monivalintatehtäviä ja sanallisia perusteluja vaativia tehtäviä, antavat parempaa tietoa siitä, mitä oppilaat oikeasti osaavat [6, 16]. Tällä tavoin saadaan myös erittäin tärkeää tietoa oppilaiden ennakkokäsityksistä ja ajatuksenkulusta tehtävien ratkaisussa [6, 10, 15].

Monessa tutkimuksessa, joissa on selvitetty oppilaiden taitoja sekä graafien tuottamisessa että tulkitsemisessä, on tultu siihen tulokseen, että oppilaita pitää myös aktiivisesti ja systemaattisesti opettaa tuottamaan ja tulkitsemaan graafeja [2, 8, 11, 13, 14, 17, 20 - 22]. Nämä taidot kehittyvät paremmin, mitä enemmän ja mitä säännöllisemmin niitä harjoitetaan ja mitä täsmällisemmin opetuksessa paneudutaan vaikeisiin aihealueisiin [11, 12, 17, 22].

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä vaikeuksia lukion ensimmäisen vuosikurssin oppilailla oli graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä yhden fysiikan kurssin aikana, kun graafien kanssa työskentelyyn kiinnitettiin erityisesti huomiota.

2 Teoreettiset lähtökohdat

2.1 Tutkimusmenetelmät ja oppilaiden taitojen testaustavat

Oppilaiden taitoja graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä on tutkittu moni eri tavoin. Monivalintatestit ovat helpoin tapa testata oppilaiden taitotasoa ja näitä testejä on kehitetty erilaisia, esim. TUG-K (Test of Understanding Graphs in Kinematics), TOGS (Test of Graphing in Science) ja GIST (Graphing Interpretation Skills Test) [4,14,19]. Monivalintatesteillä on myös helppo tutkia tietyn opetusmetodin tehokkuutta siten, että oppilaiden taidot määritetään ennen tutkittavan opetusmetodin käyttämistä alkutestillä ja opetuksen jälkeen lopputestillä, jotka ovat sama monivalintatesti [1, 3, 5, 9]. Osassa tutkimuksissa tutkijat ovat kehittäneet oman monivalintatestinsä tutkimustaan varten [1, 6, 20, 23], koska valmiit monivalintatestit eivät välttämättä ole olleet juuri heidän tutkimuksensa aiheeseen sopivia. Monivalintatesteillä ei kuitenkaan saada tietoa oppilaan ajattelusta, ennakkokäsityksistä tai tehtyjen virheiden syistä [6, 16]. Joissain tapauksissa monivalintatesti saattaa jopa vääristää tuloksia niin, että oppilaiden taidot oletetaan huonommiksi kuin ne itse asiassa ovatkaan [6].

Tehtävät, joissa oppilaiden tulee vastata sanallisesti ja perustella vastauksensa, antavat syvällisempää tietoa oppilaiden ajattelusta. Näin ollen testit, joissa on mahdollisuus vastata avoimesti, sekä oppilaiden haastattelut ovatkin yleistyneet oppilaiden taitoja tutkivissa tutkimuksissa. Tällaisissa testeissä voi olla sekä monivalintatehtäviä että yksittäisiä avoimen vastauksen tehtäviä [2, 6, 7, 10 - 13, 15, 17, 18, 21 - 23]. Testin yhteydessä tehty haastattelu auttaa saamaan hyvinkin tarkkaa tietoa oppilaiden tekemien virheiden ja ongelmien taustalla olevasta ajattelusta sekä ennakkokäsityksistä [6, 7, 11, 15, 20, 22]. Haastatteluja on tehty sekä yksilöllisiä [6, 11, 15, 20, 22] että ryhmässä [7]. Oppilaiden taitoja samassa aiheessa eri tieteenaloilla vertailevissa tutkimuksissa on myös käytetty avointen vastausten tehtäviä, jotta tutkijat ovat voineet määrittää, mistä syistä oppilaat ovat osanneet saman tehtävän esimerkiksi matematiikassa, mutta eivät fysiikassa [17, 18]. Oppilaiden vaikeuksia graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä voidaan siis määrittää tarkemmin monimuotoisten testien avulla [16]. Tällöin pystytään myös paremmin keskittymään siihen, minkälainen opetus auttaa oppilaita muuttamaan ennakkokäsityksiään sekä pääsemään eroon graafeihin liittyvistä vaikeuksista.

2.2 Oppilailla havaitut vaikeudet graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa

Graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa on aikaisemmassa tutkimuksessa havaittu kolme eri aihepiiriä, joissa ilmenee vaikeuksia: matemaattinen osaaminen ja sen soveltaminen graafeihin, fysiikan osaaminen ja sen soveltaminen graafeihin sekä fysiikan ja todellisten tilanteiden yhdistäminen [16].

Vaikeuksia matemaattisen osaamisen soveltamisesta graafeihin ovat ongelmat kulmakertoimen kanssa [4, 7, 13, 17 - 19, 23]. Oppilaat esimerkiksi tulkitsevat väärin kulmakertoimia, eivät ymmärrä fysikaalisen kulmakertoimen käsitettä eivätkä osaa laskea kulmakerrointa. Toinen vaikeus on kuvaajien eri ominaisuuksien sekoittaminen toisiinsa [4, 10, 13]. Oppilaat myös sekoittavat eri muuttujia keskenään niin, etteivät osaa erottaa niiden käyriä toisistaan ja kokevat siksi hankaluutta erilaisten koordinaatistojen kanssa [4, 7, 13, 17]. Oppilaat ovat kykenemättömiä käyttämään matemaattista osaamistaan graafien kanssa käsitteellisten vaikeuksien takia [17, 18, 20], eivätkä pysty tekemään yleisempiä tulkintoja graafeista [17, 20, 22].

Soveltaessaan fysiikan osaamistaan graafeihin, oppilaille on hankalaa suureiden negatiivisten arvojen ymmärtäminen eli yleisemmin fysiikassa esiintyvien vektorisuureiden suunnan ymmärtäminen [6, 10 - 13, 17 - 19]. Oppilaat eivät osanneet tulkita oikein esimerkiksi suureiden negatiivisia arvoja. Ongelmia tuottavat myös fysikaalinen pinta-ala [4, 13], tarkastelun vaihtaminen koordinaatistosta toiseen niin, että toinen graafi on osa alkuperäistä graafia [7, 13, 19, 22], sekä kahden erilaisen mutta samaa tapahtumaa kuvaavan graafin yhdistäminen [7, 13, 19, 22].

Fysiikan ja todellisten tapahtumien yhdistämisessä on ongelmia molempiin suuntiin: oppilaat eivät osaa tulkita graafista kappaleen liikettä oikein, eikä kappaleen liikkeestä osata piirtää oikeanlaista graafia [10, 11, 13, 22]. Konstruoidessaan uutta graafia annetusta graafista oppilaat eivät välttämättä pysty jättämään annetun graafin muotoa huomiotta, vaan uusi piirretty graafi voi muistuttaa joko suoraan tai käänteisesti alkuperäistä graafia [4, 7, 17]. Graafeja myös luullaan aidoiksi kuviksi tapahtumista ja piirrettäessä kappaleen liikkeen rataa, se kopioidaan graafiin suoraan sellaisenaan [4, 6, 13, 20].

3 Tutkimuksen kuvailu

3.1 Tutkimusmetodi

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää oppilaiden vaikeuksia graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa yhden kurssin aikana, kun kurssilla keskityttiin erityisesti graafeihin. Tutkimuskysymyksinä olivat:

1. Millaisia vaikeuksia suomalaisilla koululaisilla on graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä?
2. Mitä ongelmaa/ongelmia oppilailla esiintyy eniten?

Tutkimus toteutettiin eräässä suomalaisessa lukiossa yhdelle ensimmäisen vuoden opiskelijaryhmälle yhden fysiikan kurssin aikana, jota opetti kokenut fysiikan opettaja. Tutkimusta varten tehtiin yhdeksän testiä [liite 1]. Testien tehtävät muokattiin muissa tutkimuksissa käytetyistä testeistä ja valmiista kokeista. Tehtävissä oli graafien tuottamista ja tulkintaa sekä avoimet kohdat selityksille ja laskuille. Oppilaat tekivät testit kurssin edetessä heti aiheen käsittelyn jälkeen.

Ensimmäisessä testissä oppilaiden piti tuottaa annetusta kuvasta tulkitsemalla polkupyörän aika-paikka-kuvaaja sekä aika-nopeus-kuvaaja. Molemmissa kohdissa oli myös pyydetty selittämään kuvaajan muoto sanallisesti. Toisessa testissä piti tulkita pallon liukumista radalla ja päätellä sitä vastaava aika-nopeus-kuvaaja annetuista vaihtoehtoista tai piirtää oma kuvaaja, jos mikään annetuista vaihtoehtoista ei kuvannut oppilaan mielestä pallon liukumista. Kuvaajan valinta tai oman kuvaajan piirtäminen täytyi perustella sanallisesti. Kolmannessa testissä aika-paikka-kuvaaja täytyi yhdistää samaa tilannetta kuvaavaan aika-nopeus-kuvaajaan ja perustella valinta. Neljännessä testissä oppilaiden piti tuottaa annetuista aika-nopeus-kuvaajista niitä vastaavat aika-paikka-kuvaajat perusteluineen. Viidennessä testissä oli annettu valmiina erästä kävelyä kuvaava graafi, josta oppilaat tulkitsivat kävelijän liikettä eri kohdissa. Kuudennessa testissä oli annettu aika-nopeus-kuvaaja ja siihen piti yhdistää oikea aika-(kokonais)voima-kuvaaja perusteluineen. Seitsemännessä testissä oppilaiden täytyi opettajan esittämän demon perusteella hahmotella demoa kuvaavat aika-paikka-kuvaaja, aika-nopeus-kuvaaja, aika-kiihtyvyyttä kuvaaja ja aika-(kokonais)voima-kuvaaja, sekä selittää kuvaajien muoto sanallisesti. Kahdeksas testi oli jatkoa seitsemännelle testille: siinä oppilaiden piti vertailla seitsemänteen testiin piirtämiään

kuvaajia opettajan esittämiin kuvaajiin, ja pohtia kuvaajien eroa sanallisesti sekä halutessaan koordinaatistoon piirtämällä. Yhdeksäs testi koostui kahdesta kurssin loppukokeessa olleesta tehtävästä. Ensimmäinen tehtävä oli kolmiosainen: ensin oppilaiden piti hahmotella annetusta aika-(kokonais)voima–kuvaajasta aika-kiihtyvyyden kuvaaja. Seuraavaksi oppilaiden täytyi valita edellisiin kuvaajiin sopiva aika-nopeus–kuvaaja ja lopuksi vastaukset piti perustella sanallisesti. Toinen tehtävä oli rakenteeltaan samanlainen kuin ensimmäinen, mutta siinä oli annettuna aika-nopeus–kuvaaja, josta täytyi päätellä vastaava aika-kiihtyvyyden kuvaaja ja perustella sanallisesti oma valinta. Lopuksi oppilaat suorittivat kolme laskutehtävää liittyen alussa annettuun kuvaajaan.

3.2 Datan analysointi


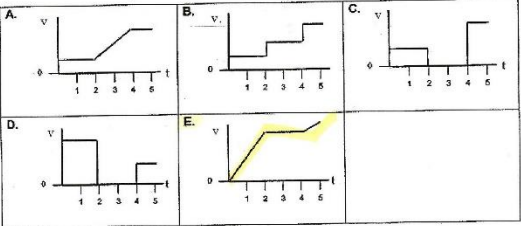
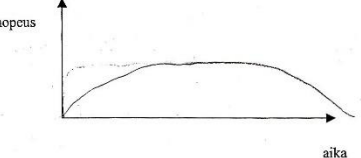
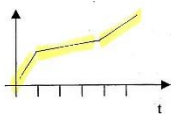
Koska tutkimusaineisto oli kokeiden muodossa, analysointitavaksi valikoitui kokeiden korjaaminen sekä oppilaiden tekemien virheiden havainnointi ja luokittelu. Virheiden luokittelua varten tehtiin koodausmanuaali, jonka pohjana oli edellisessä tutkimuksessa havaitut ongelmat graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä [16]. Koodausmanuaalia tarkistettiin analyysin edetessä, ja lopulliseen manuaaliin saatiin seitsemän eri kategorian ongelmille, joita tässä tutkimuksessa oppilailla esiintyi [taulukko 1].

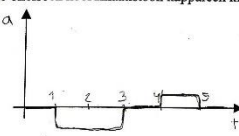
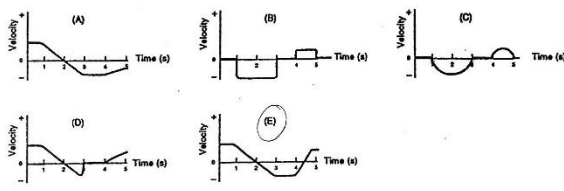
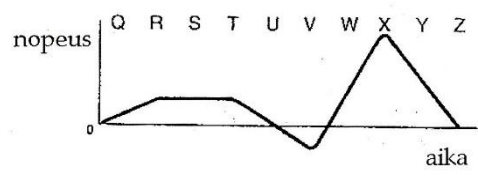
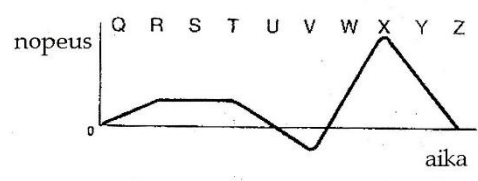
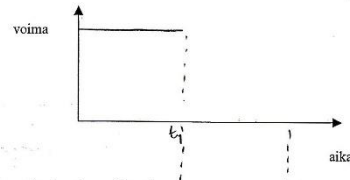
Ensimmäisenä kategoriana koodausmanuaalissa on muuttujien sekoittaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että oppilaat ajattelevat eri muuttujien kuvaajien olevan samanlaisia keskenään. Esimerkiksi niin, että nopeuden kuvaajasta saa kiihtyvyyden kuvaajan vaihtamalla pystyakselin merkinnän nopeudesta kiihtyvyydeksi. Toinen, kolmas ja seitsemäs kategoria liittyvät fysiikan suureiden käsitteelliseen osaamiseen ja ymmärtämiseen. Oppilaat tekivät tehtävissä sellaisia virheitä, jotka voidaan suoraan päätellä johtuvan siitä, että kyseisen suureen ominaisuuksia ei ole ymmärretty kunnolla.

Neljäntenä kategoriana on kuvaajien yhdistäminen toisiinsa merkityksellisellä tavalla. Oppilailla on vaikeuksia tulkita samasta tilanteesta olevia eri muuttujien kuvaajia ja sitten yhdistää ne. Viidentenä kategoriana ovat ongelmat kulmakertoimen kanssa. Oppilaat eivät osaa tulkita vektorisuureiden kuvaajien kulmakertoimia oikein suhteessa suureen arvon merkkiin. Oppilaat tulkitsevat annettua kuvaajaa niin kuin se olisi kokonaisuudessaan vaak-akselin yläpuolella ja sivuuttivat ko. suureen arvon merkin kokonaan.

Kuudennen kategorian ongelmat liittyvät siihen, että oppilaat eivät osaa tulkita kuvaajia kokonaisuutena. Oppilaat jättävät kuvaajasta tulkitsematta ajankohdan molemmilla puolilla olevat tapahtumat ja keskittyvät pelkästään kysytyyn ajankohtaan, jolloin tulkinta menee väärin. Viimeisenä kohtana koodausmanuaalissa on sellaiset virheet, joissa analysoija ei ole osannut tulkita ongelmaa, josta virheellinen vastaus johtui.

Taulukko 1. Koodausmanuaali. Jokaisen kohdan esimerkki on otettu oppilaiden vastauspaperista.

Koodi	Selitys	Esimerkki	Kommentti
MS	muuttujat sekoitetaan [4, 7, 17],	<p>Oheinen kuvaaja esittää kappaleen paikan ajan funktiona.</p>  <p>paikka</p> <p>1 2 3 4 5 6 aika</p> <p>Mikä kuvaajista A –E parhaiten esittää kappaleen nopeutta tarkasteltavalla aikavälillä?</p>  <p>Perustelu: E, koska kuten alussa olevassa kuvaajassa alussa kappale liikkuu ja E:ssä se näkyy nopeuden muutoksena. Kun taas kappale liikkuu tasaisesti nopeus ei muutu kuvaajassa E.</p>	oppilas ajattelee, että samasta tilanteesta olevien eri muuttujien kuvaajien tulee olla samanlaiset
N	käsitteelliset ongelmat nopeuden kanssa [6,10,11, 12,13, 18, 19]	<p>b) nopeus-aika-kuvaaja</p>  <p>nopeus</p> <p>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 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000</p> <p>Selitä kuvaajan muoto sanallisesti</p> <p>nopeus on koko ajan tasainen</p>	oppilas ei osaa tulkita nopeuden suuruutta kuvasta, oppilas ei osaa piirtää eri nopeuksia kuvaajaan
KII	käsitteelliset ongelmat kiihtyvyyden kanssa [10,11, 12, 17, 18, 19]	<p>b) Minkälainen olisi paikan kuvaaja, mikäli kappaleen nopeus muuttuisi kuvaajan E mukaisesti.</p>  <p>s</p> <p>1 2 3 4 5 6 t</p> <p>Perustelu: Ensin kappaleen nopeus on kiihtyvää, sitten se liikkuu tasaisella nopeudella eteenpäin. Sitten kappaleen nopeus aikaa taas kiihtyä, mutta ei niin paljon kuin alussa.</p>	oppilas ei osaa piirtää kiihtyvää liikettä kuvaajaan, oppilas ei tiedä, milloin liike on kiihtyvää

KY	kuvaajien yhdistäminen [7, 13, 19, 22]	<p>Hahmottele oikeiseen koordinaatistoon kappaleen kiihtyvyyden kuvaaja ko. aikavälillä.</p>  <p>Mikä seuraavista nopeus (velocity) kuvaajista parhaiten esittää kappaleen nopeuden suuruuden?</p> 	oppilas ei osaa yhdistää samasta tilanteesta olevia eri muuttujien kuvaajia, alkuperäinen ja siihen yhdistetty kuvaaja tulkitaan väärin
OKK	käsitteelliset ongelmat kulmakertoimen kanssa [4, 7, 13, 17, 18, 19, 22, 23]	<p>Kävelet pitkällä koulun käytävällä. Oheinen kuvaaja esittää kävelyäsi.</p>  <p>4. Mitä tapahtuu ajanhetkellä V?</p> <p>TASALISESTI HIDASTUVA LIIKE VAIHTUU KIIHTYVÄKSI JA VAIHTAA SUUNTAA</p>	oppilas ei osaa tulkita kk:n merkkiä suhteessa muuttujan merkkiin, kk:n merkin muuttuminen tulkitaan suunnanmuutokseksi
TTK	tapahtuman tulkitseminen kuvaajasta [10, 11, 13, 20, 22]	<p>Kävelet pitkällä koulun käytävällä. Oheinen kuvaaja esittää kävelyäsi.</p>  <p>5. Mitä tapahtuu ajanhetkellä U?</p> <p>kävelyä pysähtyy</p>	oppilas ei osaa tulkita kuvaajan nollakohtia, oppilas on tulkinnut väärää kohtaa kuvaajasta
F	käsitteelliset ongelmat voiman kanssa [11]	<p>d) voima-aika-kuvaaja (voima on autoon vaikuttava kokonaisvoima)</p>  <p>Selitä kuvaajan muoto sanallisesti</p> <p>ensin kokonais voima on positiivinen hetkellä t, asti ja sitten negatiivinen koska liike on hidastuvaa</p>	oppilas piirtää kokonaisvoiman kuvaajaan "palkkeina", oppilas piirtää kuvaajan pelkästään x-akselin yläpuolelle
EOS	luokittelu-	<p>Laske kappaleen keskinopeus aikavälillä 0 – 5 s.</p> <p>0 m/s</p>	oppilas on merkinnyt pelkän vastauksen

Testi 1-7 ja 9 analysoitiin koodausmanuaalin kanssa. Vastaukset ja virheet taulukoitiin joka tehtävästä erikseen. Taulukkoihin laskettiin prosentuaaliset osuudet tehtävien vastauksista ja virheistä vertailua varten. Tässä tutkimuksessa keskityttiin oppilaiden tekemiin fysiikkaan liittyviin virheisiin, koska haluttiin tietoa siitä, mikä oppilaiden taitotaso fysiikassa on ja miten oppilaiden fysiikan osaaminen kehittyy. Yleisiksi virheiksi luokitellut virheet eli esimerkiksi skaalausvirheet jätettiin analysoimatta tarkemmin. Kahdeksannen testin vastaukset on analysoitu vain kirjallisesti, koska testi oli oppilaiden itsearviointia edeltävään testiin liittyen.

4 Tulokset

Oppilaiden tulokset testeistä on esitetty taulukossa 2. Ensimmäisen testin a)-kohdassa oppilaat onnistuivat kuvaajan sanallisessa selityksessä huomattavasti paremmin kuin kuvaajan piirtämisessä: vain 18 % kuvaajista oli piirretty oikein, kun taas sanallisista selityksistä 71 % oli oikein. Hankalaksi tässä tehtävässä osoittautui kiihtyvällä nopeudella olevien osuuksien piirtäminen aika-matka–koordinaatistoon. Kaikki oppilaiden piirtämät vääränlaiset kuvaajat koostuivat pelkästään janoista. Oppilaat olivat kuitenkin tiedonneet, että liike tietyissä paikoissa on kiihtyvää, mikä selviää sanallisista selityksistä. Toisessa eli b)-kohdassa kuvaajan piirtäminen onnistui paremmin; oikeita vastauksia oli 71 % ja oikeita selityksiä 68 %. Useimmat oppilaat olivat noudattaneet samaa strategiaa kuvan piirtämisessä, kuin a)-kohdassakin. Kuvaaja koostui pelkistä janoista, mutta nopeuden kuvaajassa tämä johti selitysten kera oikeaan vastaukseen. Tässäkin kohdassa kaikki virheet liittyivät kiihtyvyyteen. Kaksi oppilasta oli jättänyt vastaamatta tehtävän selityskohtaan.

Toisessa testissä lähes kaikki tehtävään vastanneet olivat vastanneet oikein. Vain yhdellä vastanneista sekä kuva että selitys oli väärin. Kyseinen oppilas oli perustellut kuvaajansa valinnan sillä, että riittävän suurella alkunopeudella pallo jatkaa kiihtyvällä nopeudella nyppylän jälkeen eli virheellinen valinta johtui nopeuteen liittyvästä käsitteellisestä ongelmasta. Huomioitavaa tässä testissä on, että neljäsosa oppilaista ei tehnyt testiä poissaolon vuoksi. Selitys oli jäänyt kolmella oppilaalla kokonaan antamatta. Kaksi oikein vastannutta oppilasta ulottivat vastauksensa myös kuvan ulkopuolelle ennustaen näin tulevia tapahtumia.

Taulukko 2. Tulokset testeistä 1-7 ja 9.

Testi	Oikein	Väärin	Ei vast.	Oikein %	Väärin %	Ei vast. %
1 kuva->paikka-aika- kuvaaja						
a) kuva	5	20	3	18	71	11
a) selitys	20	5	3	71	18	11
b) kuva	20	4	4	71	14	14
b) selitys	19	4	5	68	14	18
2 kuva->nopeus-aika- kuvaaja						
kuva	20	1	7	71	4	25
selitys	17	1	10	60	4	36
3 x-t->v-t						
kuva	25	2	1	89	7	4
selitys	25	2	1	89	7	4
4 v-t->x-t						
a) kuva	16	11	1	57	39	4
a) selitys	23	4	1	82	14	7
b) kuva	21	5	2	78	18	7
b) selitys	24	1	3	86	4	10
5 v-t-kuvaajasta selitykset						
1) vastaus	25	1	2	89	4	7
2) vastaus	26	0	2	93	0	7
3) vastaus	26	0	2	93	0	7
4) vastaus	2	23	3	4	82	11
5) vastaus	16	10	2	57	36	7
6 v-t->F-t						
kuva	19	0	9	68	0	32
perustelu	19	0	9	68	0	32
7 tapahtuma-> kaikki kuvaajat						
a) kuva x-t	23	2	3	82	7	11
a) selitys	22	3	3	78	11	11
b) kuva v-t	23	2	3	82	7	11
b) selitys	23	2	3	82	7	11
c) kuva a-t	0	25	3	0	89	11
c) selitys	1	23	4	4	82	14
d) kuva F-t	0	23	5	0	82	18
d) selitys	1	20	7	4	71	25
Loppukoe						
1) kuvaaja, kiihtyvyys	16	3	9	57	11	32
1) kuvaaja, nopeus	11	9	8	39	32	29
1) selitys	3	17	8	11	60	29
2) kuvaaja v-t->a-t	17	1	10	61	4	35
2) perustelu	4	14	10	14	50	36
2) kysymys 1	3	9	16	11	32	57
2) kysymys 2	7	8	13	25	29	46
2) kysymys 3	2	12	14	7	43	50

Kolmas testi meni hyvin, oikeita vastauksia oli kuvan kohdalla 89 % ja selityksissä saman verran, 89 %. Väärinvastanneet oppilaat olivat sekoittaneet muuttajat niin, että ajattelivat molempien kuvaajien olevan samanmuotoisia. Selityksissä huomionarvoista on, että oppilaat eivät osanneet käyttää oikeaa termiä (kulmakerroin), vaan selittävät asian muulla lailla kuvailemalla, esimerkiksi käyttämällä sanoja ”jyrkkyys”, ”loivempi” ja ”tasaista”.

Neljännän testin a)-kohdassa kuvaajan oli piirtänyt oikein vain 57 % oppilaista ja sanallisen selityksen oli saanut oikein 82 % oppilaista. Virheet olivat a)-kohdan osalta jakautuneet kiihtyvyyteen liittyviin (54,5 %), nopeuteen (36,4 %) liittyviin ja 9,1 % luokittelemattomiin. Oppilaiden virheelliset kuvaajat koostuivat janoista tai niissä ei ollut osattu kuvata eri nopeuksia eri kulmakertoimella. Selityksissä kaikki virheet liittyivät kiihtyvyyteen. Testin toisessa kohdassa kuvaajan oli saanut piirrettyä oikein muutama oppilas enemmän kuin a)-kohdassa, 78 % kuvaajista oli oikein ja selityksissä oikeiden vastausten määrä pysyi samana. Virheet b)-kohdassa jakaantuivat kuvaajan osalta kiihtyvyyteen liittyviin (40 %), muuttujien sekoittamiseen liittyviin (40 %) ja luokittelemattomiin (20 %). Selityksissä puolet virheistä liittyi muuttujien sekoittamiseen ja puolet oli luokittelemattomia. Yksi oppilas oli kirjottanut tehtävien selityksiin suoraan, että ei ymmärrä niistä yhtään mitään.

Viidennessä testissä oppilaiden ei tarvinnut piirtää mitään, testi koostui pelkistä sanallisesti vastattavista kysymyksistä. Kolmessa ensimmäisessä kohdassa oppilaat olivat osanneet tulkita annetusta kuvaajasta kysytyn kohdan oikein hyvin, noin yhdeksänkymmentä prosenttia vastauksista oli oikein kaikissa kolmessa kohdassa. Ensimmäisessä kohdassa vain yksi oppilas ei ollut osannut tulkita tapahtumaa oikein. Neljäs ja viides kohta taas olivat vaikeampia; neljännessä kohdassa vain 4 % oppilaista oli vastannut oikein. Viidennessä kohdassa osuus oli isompi, 57 % oli vastannut oikein. Neljännän ja viidennen kohdan väärät vastaukset jakautuivat ongelmiin kulmakertoimen kanssa: 65,2 % neljännessä ja 20 % viidennessä, ja tapahtumien virheelliseen tulkitsemiseen kuvaajasta: neljännessä 34,8 % ja viidennessä 80 %. Mielenkiintoista on, että monet oppilaat, jotka olivat vastanneet neljänteen kohtaan väärin, olivat vastanneet viidenteen kohtaan oikein. Vastaukset olivat usein molemmissa samat, vaikka annetussa kuvaajassa näissä kohdissa oli täysin eri tilanne. Oppilaat siis eivät osanneet tulkita omia vastauksiaan niin, että olisivat ymmärtäneet vastanneensa väärin edelliseen kysymykseen.

Kuudennessa testissä oppilaat eivät tehneet yhtään virheitä, mutta oppilaista noin kolmasosa (32 %) ei tehnyt testiä. Sanallisissa selityksissä oli käytetty muutamia virheellisiä termejä; esimerkiksi tehtävässä oli käytetty sanaa kokonaisvoima, mutta osa oppilaista käytti selityksissään pelkästään sanaa voima.

Seitsemännessä testissä oli neljä eri kohtaa, joista kahteen ensimmäiseen oli osattu vastata ja kahteen jälkimmäiseen ei. Ensimmäisessä ja toisessa kohdassa osaamisprosentti oli n. 80 sekä kuvaajassa että selityksessä, kun taas c)- ja d)-kohdissa kuvaajat olivat kaikilla väärin ja vain yksi oli saanut selityksen oikein molemmissa kohdissa. Ensimmäisessä kohdassa kuvaajassa tehdyt virheet liittyivät kaikki muuttujien sekoittamiseen, ja selityksissä tehdyt virheet jakoutuivat muuttujien sekoittamiseen liittyviin (33,3 %) ja nopeuteen liittyviin (66,6 %). Toisen kohdan virheet olivat sekä kuvaajassa että selityksissä nopeuteen liittyviä. Kolmannen kohdan virheet olivat jakautuneet muuttujien sekoittamiseen liittyviin, n. 20 % molemmissa ja kiihtyvyyteen liittyviin, n. 80 % molemmissa. Neljännessä kohdassa sekä kuvaajan että selityksien virheet liittyivät lähes kaikki voimaan. Huomio kiinnittyi tässä tehtävässä kahteen viimeiseen kohtaan, joissa osa oppilaista oli piirtänyt erikoisen muotoisia kuvaajia sekä kiihtyvyydelle että voimalle. Kuvaajat olivat palkkimaisia, joko kulmikkaita tai pyöreämpiä, ja oppilaiden selitykset kuvaajista eivät vastanneet piirrettyä kuvaajaa.

Kahdeksannessa testissä ei varsinaisesti ollut sellaista tehtävää, jonka olisi voinut tehdä oikein tai väärin. Oppilaat saivat verrata edelliseen testiin piirtämiään kuvaajia opettajan esittämiin oikeisiin kuvaajiin, ja pohtia kuvaajien eroja. Viisi oppilasta oli ilmaissut sanallisesti, että oli olettanut, että liike on tasaisesti kiihtyvää ja kaksi oppilasta, että nopeus on tasaista. Suunnanmuutosta ei ollut osattu piirtää kuvaajaan; osa oppilaista ilmaisi, ettei tiennyt, että kiihtyvyys tai voima voi olla "negatiivista", eli mennä vaaka-akselin alapuolelle. Valmiiksi annettu kuvaajan pohja toki tuki tätä luuloa, koska siinä ei ollut kauheasti tilaa vaaka-akselin alapuolella kuvaajan piirtämiseen. Yksi oppilas kirjoitti ihan suoraan, että eihän näitä kaikkia voi muistaa ulkoa. Oppilaiden kommentteista käy ilmi, että vain harva oli ymmärtänyt sen, että oma kuvaaja ei ollut real-time –kuvaaja ja siksi se oli vääränlainen. Oppilaat sitä vastoin ilmaisivat, että opettajan esittämä kuvaaja oli tehty tietokoneella ja siksi niin suuret erot heidän kuvaajiensa välillä.

Taulukko 3. Testeissä havaitut virheet.

Testi	Virheet	MS %	N %	KII %	KY %	OKK %	TTK %	F %	EOS %
testi 1									
a) kuva	20			100					
a) selitys	5			100					
b) kuva	4			100					
b) selitys	4			100					
testi 2									
kuva	1		100						
selitys	1		100						
testi 3									
kuva	2	100							
selitys	2	100							
testi 4									
a) kuva	11		36,4	54,5					9,1
a) selitys	4			75					25
b) kuva	5	40		40					20
b) selitys	2	50							50
testi 5									
1) vastaus	1						100		
2) vastaus	0								
3) vastaus	0								
4) vastaus	23					65,2	34,8		
5) vastaus	10					20	80		
testi 6									
A.	0								
testi 7									
a) kuva	2	100							
a) selitys	3	33,3	66,6						
b) kuva	2		100						
b) selitys	2		100						
c) kuva	25	20		80					
c) selitys	23	21,7		78,3					
d) kuva	23	4,3						95,7	
d) selitys	20	5						95	
testi 9									
1) k.kuvaaja	3			100					
1) n.kuvaaja	9	11,1			88,9				
1) selitys	17	5,9	11,8			76,5			5,9
2) kuvaaja	1			100					
2) selitys	14			7,1		92,9			
a) kys. 1	9		55,6						44,4
b) kys. 2	8	12,5	62,5						25
c) kys. 3	12		58,3						41,7

Yhdeksännessä testissä eli loppukokeessa oppilaat vastasivat kahteen erilliseen moniosaiseen tehtävään. Ensimmäisessä osassa kiihtyvyyden kuvaajan oli osannut oikein 57 % oppilaista, nopeuden kuvaajan 39 % mutta selityksen vain 11 %. Kiihtyvyyden kuvaajassa tehdyt virheet liittyivät kaikki kiihtyvyyteen, nopeuden kuvaajassa tehdyt virheet jakautuivat muuttujien sekoittamiseen liittyviin (11,1 %) ja

kuvaajien yhdistämiseen liittyviin (88,9 %). Selityksissä virheet olivat jakautuneet neljään osaan: muuttujien sekoittamiseen (5,9 %), nopeuteen liittyviin (11,8 %), ongelmiin kulmakertoimen kanssa (76,5 %) ja luokittelemattomiin (5,9 %). Toisessa osassa kuvaajan oli saanut valittua oikein 61 % oppilaista ja selityksen oli saanut oikein 14 %. Kuvaajassa tehdyt virheet liittyivät kaikki kiihtyvyyteen, selityksissä tehdyistä virheistä 7,1 % oli kiihtyvyyteen liittyviä ja 92,9 % liittyi ongelmiin kulmakertoimien kanssa. Noin kolmasosa oppilaista ei ollut vastannut ensimmäiseen osaan eikä toisen osan ensimmäiseen ja toiseen kohtaan. Laskutehtävät menivät melko huonosti, ottaen huomioon, että ne eivät olleet laskuteknisesti vaikeita. Ensimmäiseen kysymyksen oli saanut oikein 11 % vastanneista, toisen kysymyksen oli saanut oikein 25 % ja kolmannen kysymyksen oli saanut oikein vain 7 %. Laskutehtäviin vastaamatta jätti noin puolet oppilaista. Laskutehtävissä tehdyt virheet liittyivät suurelta osin nopeuteen. Oppilaat olivat sekoittaneet laskuissa eri kaavoja liittyen tasaiseen ja tasaisesti kiihtyvään nopeuteen epäjohdonmukaisesti.

5 Pohdinta

Suomalaisilla koululaisilla oli vaikeuksia graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessa seitsemässä eri kategoriassa: muuttujien sekoittamisessa, nopeuden, kiihtyvyyden ja voiman käsitteellisessä ymmärtämisessä, kuvaajien yhdistämisessä, tapahtumien tulkitsemisessä kuvaajista sekä kulmakertoimen tulkitsemisessä. Vaikeudet luokiteltiin koodausmanuaalin avulla [taulukko 1], joka tehtiin oppilaiden vastauksien perusteella. Tulos on yhdensuuntainen McDermottin, Rosenquistin ja van Zeen tutkimuksen [13] kanssa. Oppilailla löytyi samoja ongelmia neljässä eri kategoriassa: ongelmassa nopeuden kanssa, kuvaajien yhdistämisessä, ongelmassa kulmakertoimen kanssa ja tapahtumien tulkitsemisessä kuvaajasta. Tulos on kuitenkin eriävä Beichnerin tutkimuksen [4] kanssa, koska samoja ongelmia löytyi vain kahdessa kategoriassa: muuttujien sekoittamisessa ja ongelmassa kulmakertoimen kanssa. Eriävä tulos voi johtua siitä, että Beichnerin tutkimuksessa käytettiin pelkkää monivalintatestiä, kun taas tässä tutkimuksessa oppilaat saivat selittää vastauksensa myös sanallisesti. Tällöin oppilaiden tekemien virheiden tulkinta ja luokittelu on erilaista, koska sanallisista selityksistä saadaan syventävää tietoa oppilaiden ajattelusta ja virheiden syistä.

Tässä tutkimuksessa oppilailla esiintyi eniten kiihtyvyyteen liittyviä ongelmia, mikä selviää taulukosta 3. Suurimpana vaikeutena näytti olevan kiihtyvän liikkeen piirtäminen

erilaisiin kuvaajiin (aika-paikka-, aika-nopeus-, ja aika-kiihtyvyys-kuvaajiin). Tämäkin tulos on yhdensuuntainen McDermottin, Rosenquistin ja van Zeen tutkimuksen [13] kanssa.

Oppilaiden taidot graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä vaihtelivat kurssin aikana eri testeissä paljon. Oppilaiden osaaminen ja vaikeudet tulivat parhaiten esiin seitsemännessä ja yhdeksännessä testissä, koska näissä testeissä tehtävät olivat moniosaisia ja käsitelivät laaja-alaisesti kurssin asioita. Oppilaiden hyvä menestys osassa testeistä, verrattuna esimerkiksi loppukokeeseen, viittaa siihen, että osalla oppilaista oppiminen oli jäänyt pinnalliseksi ja heti opetettavan asian jälkeen tehty testi on suoritettu osaksi muistiin tukeutuen. Kun oppilaiden olisi loppukokeessa tarvinnut soveltaa oletettavasti jo opittuja asioita, se ei onnistunutkaan yhtä hyvin kuin aikaisemmin kurssilla. Syväallinen fysiikan ja kuvaajien kanssa työskentelyn oppiminen vaatiikin aikaa, eikä ole oletettavaa, että kaikki kurssin oppilaat muutaman kuukauden aikana olisivat oppineet asian täydellisesti. Varsinkin mekaniikassa, jossa käsitellään vektorisuureita (nopeus, kiihtyvyys ja voima), suureiden negatiiviset arvot ovat vaikeita ymmärtää ja tähän tarvitaan enemmän aikaa ja harjoitusta.

6 Johtopäätökset

Tulevaisuudessa sekä oppikirjoissa että kokeissa ja testeissä olevia tehtäviä olisi hyvä kehittää niin, että ne tukisivat oppilaiden ymmärryksen kehitystä fysiikan suureiden vektoriluonteesta. Tehtävissä olevissa esimerkkikuvaajissa ei voi olla pelkkiä positiivisia akseleita näkyvillä, vaikka käyrä olisikin sijoittunut koordinaatiston ensimmäiseen neljännekseen. Jos halutaan, että oppilaat sisäistävät paremmin sen, että tietyillä suureilla voi olla ja myös on negatiivisia arvoja, se täytyisi olla näkyvillä käytetyissä kuvaajassa. Sama asia pätee myös oppilaiden itse konstruoimiin kuvaajiin: sitä voisi harjoitella aluksi enemmän jonkinlaisella standardoidulla kuvaajapohjalla, jossa olisi suoraan näkyvillä negatiiviset arvot. Liika johdattelevuus täytyisi poistaa oppikirjoissa, testeissä ja tunneilla käytetyistä valmiiksi annetuista koordinaatistoista, jotta oppilas oikeasti joutuisi miettimään, mitä täytyy piirtää ja mihin se on tarkoituksenmukaista koordinaatistossa sijoittaa.

Oppilaiden olisi myös pystyttävä ymmärtämään erimuotoisia graafeja sekä tulkitsemaan tosielämän tapahtumia real-time-graafista. Liikkeen ja tapahtuman ymmärtäminen ja

liittäminen graafin muotoon on tässä avainasemassa. Opetuksessa käydään yleensä läpi vain yksinkertaistettuja malleja ja todellisten tilanteiden pohtiminen jää vähemmälle. Jos oppilaat opettelevat graafeja pelkästään yksinkertaistetuista malleista, he eivät välttämättä opi asioita syvällisesti, vaan oppiminen voi jäädä pinnalliseksi asioiden ulkoa muistamiseksi. Tällöin kuvaajien konstruoiminenkin voi jäädä pelkästään suoraan kirjassa olleen kuvaajan kopioimiseksi. Tietokoneavusteiset laboratoriotyöt ja oppilaiden suorittamat mittaukset ovat hyvä keino saada oppilaat ymmärtämään, mistä tapahtumista ja liikkeistä graafin muoto tulee. Opetuksessa täytyisi myös olla erityisesti erimuotoisia kuvaajia käytössä, jotta oppilaat eivät tottuisi yhteen ainoaan muotoon kuvaajissa. Oppilaiden tulisi oppia, että kuvaajan muoto on aina tulkittava akselien ja suureiden kautta. Erilaiset kuvaajat ja niiden harjoittelu auttavat oppilaita ymmärtämään sekä tuottamaan erilaisia ja eritarkoituksiin sopivia graafeja. Yksinkertaistettujen mallikuvaajien on tarkoitus helpottaa asian ymmärtämistä, mutta pelkästään käytettyinä ne aiheuttavat virheellistä oppimista. Helppoja mallikuvaajia pitäisikin käyttää vain asian opetteluun alussa, ja siirtyä sitten pikkuhiljaa enemmän ja enemmän real-time–graafeihin tai mallinnettuihin, real-time–graafeja muistuttaviin graafeihin.

Graafien käyttö opetuksessa tulisi olla tarkoituksenmukaista ja se tulisi fysiikankin tunneilla aloittaa perusasioista. Oppilaiden ongelmiin graafien kanssa auttaisi se, että graafeja tehdessä oikeasti pohdittaisiin, mitä osaa koordinaatistosta käytetään ja miksi, minkälaisiin osiin akselit jaetaan ja mitä suureita akseleille tulee. Tällöin graafien tulkitseminenkin helpottuisi, kun oppilailla olisi jo tietoa siitä, miksi tulkittavassa kuvaajassa nämä valinnat on tehty tietyllä tavalla. Oppilailla olisi hyvä olla ohjeet, joita noudattamalla kuvaajien tulkitseminen ja tuottaminen aina alkaa. Kun oppilaat ovat tarpeeksi kauan toimineet ohjeiden kanssa, siitä muodostuu rutiini, eikä perusasioihin tarvitse enää käyttää joka kerta erikseen aikaa. Tässä asiassa yhteistyö matematiikan opettajien kanssa olisi ensiarvoisen tärkeää. Opettajien ja oppikirjojen tulisi olla koordinoituja graafien käytön suhteen, jotta opetus olisi yhtenäistä ja oppilaat saisivat parhaan mahdollisen hyödyn oppitunneista.

Viitteet

- [1] Araujo, I., Veit, E. & Moreira, M., 2008. *Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation*. Computers & Education, 50, 1128-1140.
- [2] Barton, R. 1997. *How do computers affect graphical interpretation?* School Science Review, 55-60.
- [3] Beichner, R., 1990. *The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab*. Journal of research in science teaching, 27 (8), 803-815.
- [4] Beichner, R. J. 1994. *Testing student interpretation of kinematics graphs*. American Journal of Physics, 8, 750-762.
- [5] Beicher, R. 1996. *The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills*. American Journal of Physics, 64, 1272-1277.
- [6] Berg, C. A. 1994. *Assessing Students' Abilities to Construct and Interpret Line - Graphs: Disparities between Multiple-Choice and Free-Response Instruments*. Science Education, 6, 527-554.
- [7] Billings, E. MH & Klanderman, D. 2001. *Graphical Representations of Speed: Obstacles Preservice K-8 Teacher Experience*. School Science and Mathematics, 8, 440-450.
- [8] Bowen, M. & Roth, W., 1998. *Lecturing graphing: What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs?* Research in Science Education, 28 (1), 77-90.
- [9] Cataloglu, E., 2007. *Internet-mediated assessment portal as a pedagogical learning tool: a case study on understanding kinematics graphs*. European Journal of Physics, 28, 767-776.
- [10] Erceg, N. & Aviani, I. 2014. *Students' understanding of velocity-time graphs and the sources of conceptual difficulties*. Croatian Journal of Education, 1, 43-80.

- [11] Goldberg, F. M. & Anderson, J. H. 1989. *Student Difficulties with Graphical Representations of Negative Values of Velocity*. *The physics teacher*, 4, 254-260.
- [12] Jimoyiannis, A. & Komis, V., 2001. *Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion*. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- [13] McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. & van Zee, E. 1986. *Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics*. *American Journal of Physics*, 6, 503-513.
- [14] McKenzie, D. & Padilla, M., 1986. *The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS)*. *Journal of research in science teaching*, 23 (7), 571-579.
- [15] Mevarech, Z. & Kramarsky, B., 1997. *From verbal descriptions to graphic representations: stability and change in students' alternative conceptions*. *Educational Studies in Mathematics*, 32, 229-263.
- [16] Karttu, S., 2015. *Oppilaiden vaikeudet graafien tuottamisessa ja tulkitsemisessä*. Jyväskylän Yliopisto, kandidaatin tutkielma.
- [17] Planinic, M., Milin-Sipus Z., Katic H., Susac A., Ivanjek L. 2012. *Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1393-1414.
- [18] Planinic, M., Katic H., Susac A., Ivanjek L., Milin-Sipus Z., 2013. *Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts*. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9, 020103.
- [19] Svec, M., n.d.. *Improving Interpretation Skills And Understanding Of Motion Using Micro-computer Based Laboratories*. Saatavilla: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/svec.html> (Luettu 11.4.2011/13.11.2001).
- [20] Tairab, H. & Khalaf Al-Naqbi, A., 2004. *How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs?* *Journal of Biological Education*, 38 (3), 127-132.

[21] Tall, D. & Bakar M., 1992. *Students' mental prototypes for functions and graphs*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 23 (1), 39-50.

[22] Testa, I., Monroy, G. & Sassi, E. 2002. *Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs*. International Journal of Science Education, 3, 235-256.

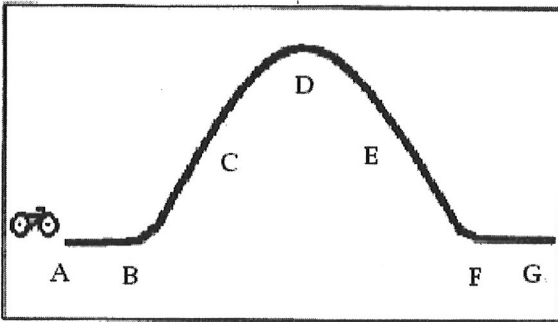
[23] Zucker, A., Kay R. & Staudt C., 2014. *Helping students make sense of graphs: an experimental trial of SmartGraphs software*. Journal of Science Education and Technology, 23, 441-457.

Liite 1

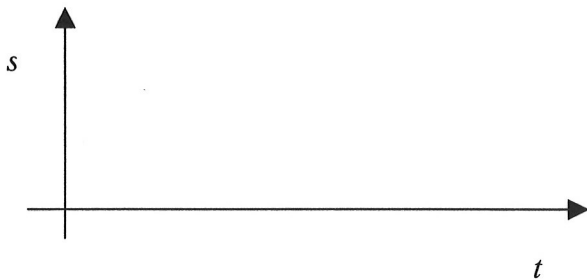
Tarinasta kuvaaja

Nimi: _____

Kuvitellaan, että ajat polkupyörällä oheisen mäen yli. Ajat tasaisella nopeudella, kun saavut mäen juurelle pisteeseen A.

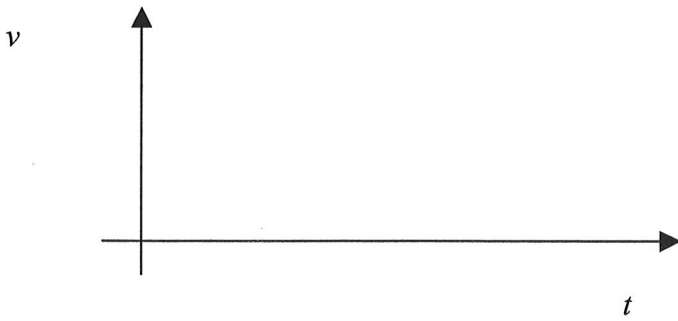


a) Piirrä kuvaaja, joka esittää miten polkupyörän paikka s riippuu ajasta (paikka-aika-kuvaaja).



Selitä kuvaajan muoto sanallisesti:

b) Piirrä kuvaaja, joka esittää miten polkupyörän nopeus v riippuu ajasta (nopeus-aika-kuvaaja). Huomaa, että nopeus-kuvaajan tulee olla yhteensopiva piirtämäsi paikka-kuvaajan kanssa.

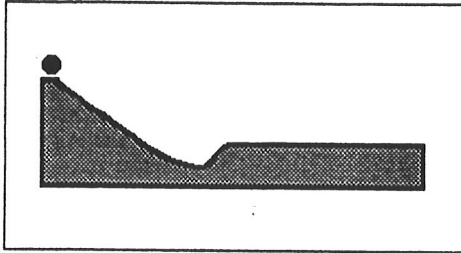


Selitä kuvaajan muoto sanallisesti:

Tarinasta kuvaaja 2

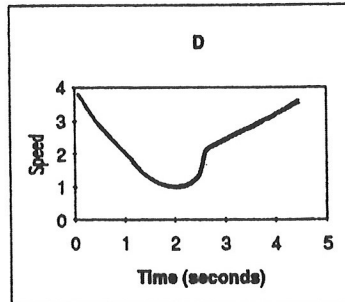
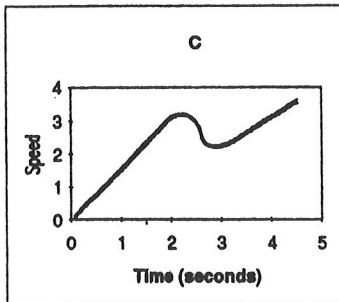
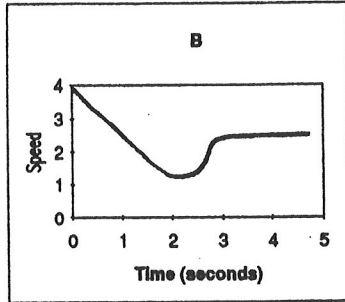
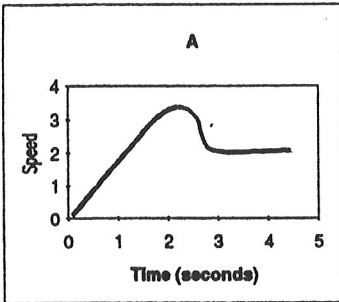
Nimi: _____

Pallo päästetään liukumaan oheiseen rataan.

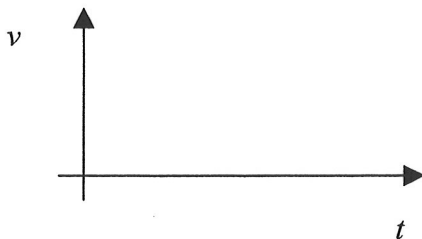


Eräässä koulussa oppilaat piirsivät oheisia nopeus (speed) kuvaajia tästä tilanteesta. Onko jokin kuvaajista mielestäsi oikea? Ympyröi se!

Mikäli mikään niistä ei ole mielestäsi oikein, niin piirrä tyhjiin koordinaatistoon mielestäsi oikea kuvaaja.



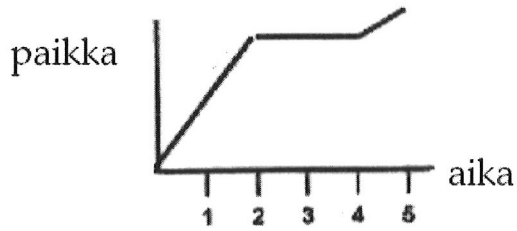
Perustelu:



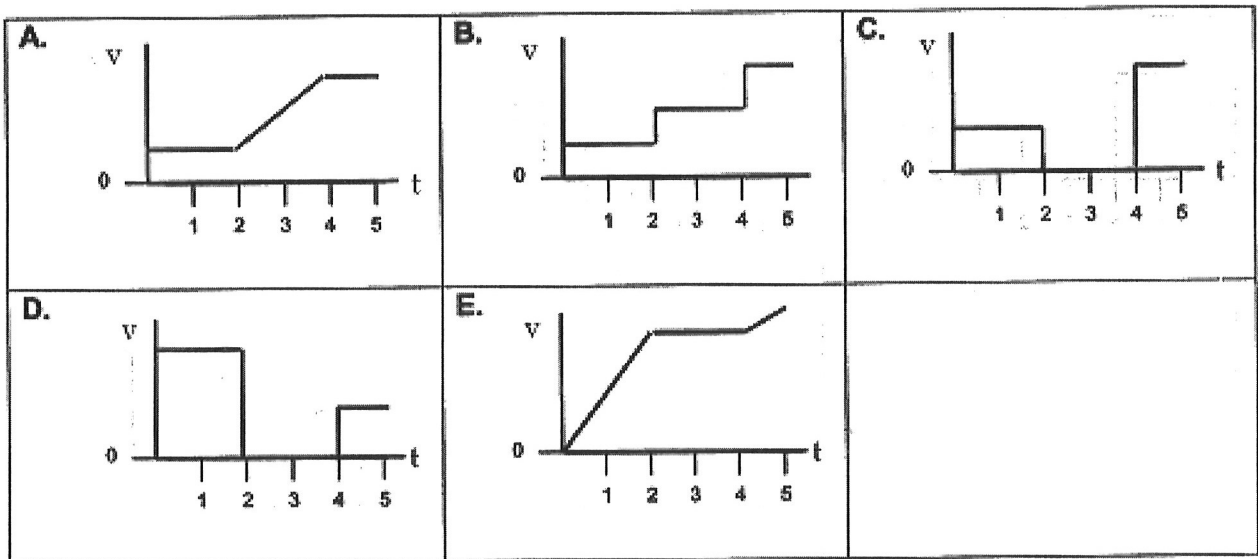
Paikkakuvaajasta nopeuskuvaaja

Nimi: _____

Oheinen kuvaaja esittää kappaleen paikan ajan funktiona.



Mikä kuvaajista A-E parhaiten esittää kappaleen nopeutta tarkasteltavalla aikavälillä?

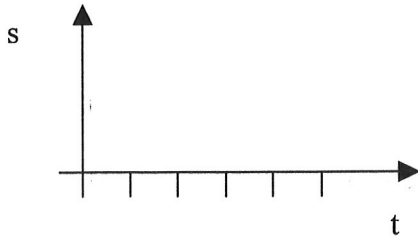


Perustelu:

Nopeuskuvaajasta paikkakuvaaja

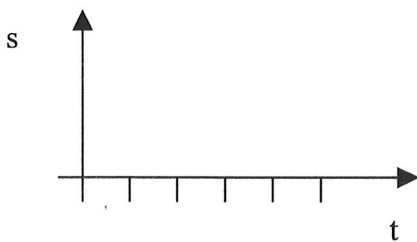
Nimi: _____

a) Minkälainen olisi kappaleen paikan kuvaaja, mikäli kappaleen nopeus muuttuisi kuvaajan A mukaisesti.



Perustelu:

b) Minkälainen olisi paikan kuvaaja, mikäli kappaleen nopeus muuttuisi kuvaajan E mukaisesti.

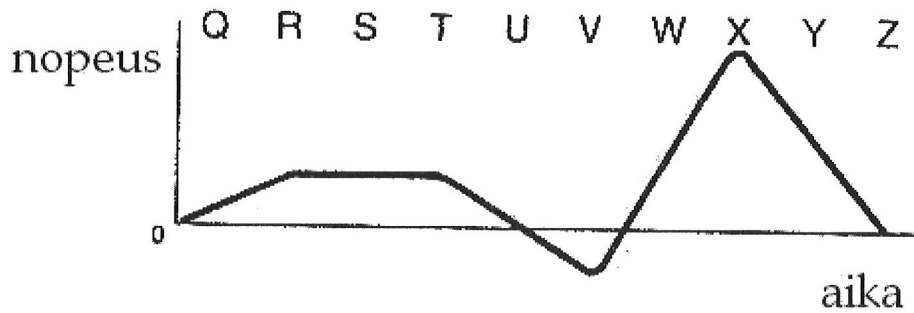


Perustelu:

Kävely

Nimi: _____

Kävelet pitkällä koulun käytävällä. Oheinen kuvaaja esittää kävelyäsi.



Vastaa seuraaviin kysymyksiin ja perustelee vastauksesi.

1. Mitä tapahtuu ajanhetkellä R?

2. Millaista liike on välillä R – T?

3. Vertaa liikkeitä välillä Q-R ja W-X.

4. Mitä tapahtuu ajanhetkellä V?

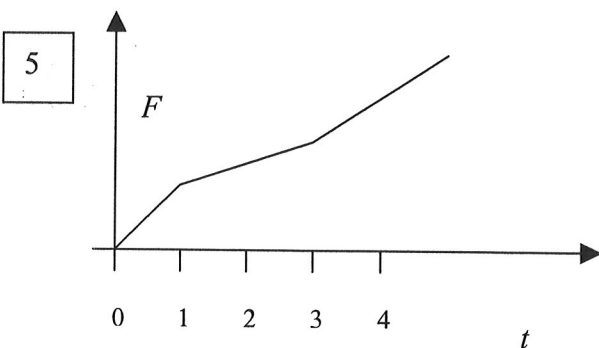
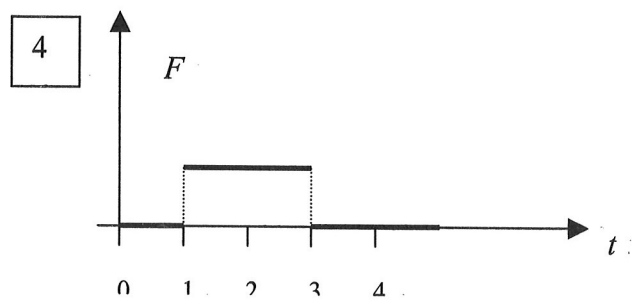
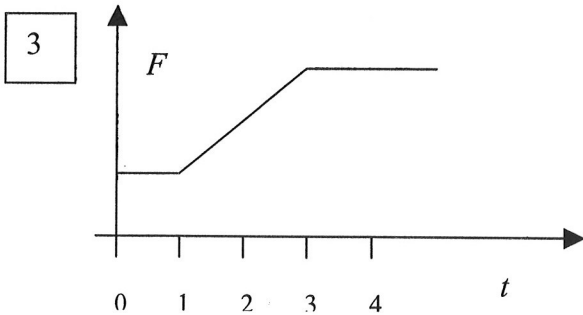
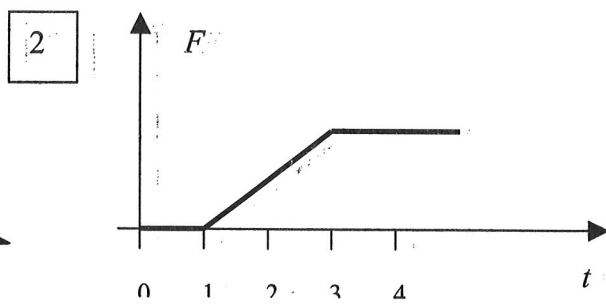
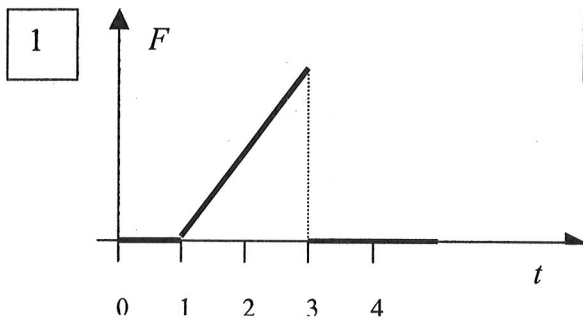
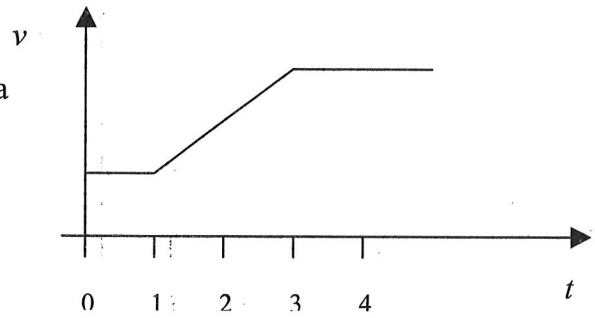
5. Mitä tapahtuu ajanhetkellä U?

Nopeus ja kokonaisvoima

Nimi: _____

A. Oheinen kuvaaja esittää kappaleen nopeuden ajan funktiona.

Mikä kuvaajista 1 –5 parhaiten esittää kappaleeseen vaikuttavan **kokonaisvoiman** suuruutta tarkasteltavalla aikavälillä?



Perustelu:

Vieteri-auto

Nimi: _____

Laitetaan vieterivetoinen auto paikaltaan liikkeelle opettajanpöydälle. Hahmottele millainen on auton

- paikka-aika-kuvaaja,
- nopeus-aika-kuvaaja,
- kiihtyvyyys-aika-kuvaaja ja
- voima-aika-kuvaaja.

a) paikka-aika-kuvaaja



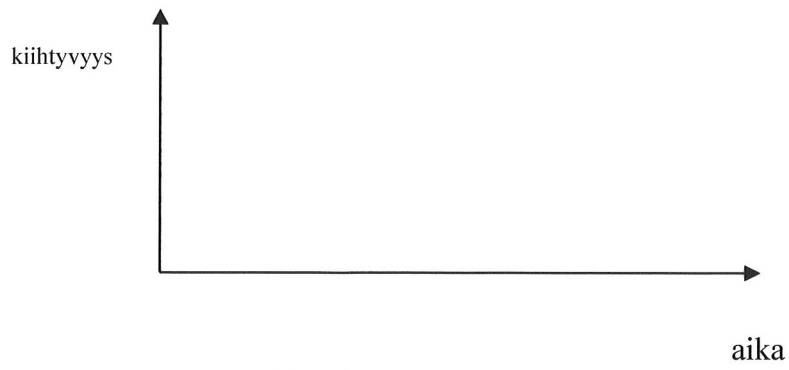
Selitä kuvaajan muoto sanallisesti

b) nopeus-aika-kuvaaja



Selitä kuvaajan muoto sanallisesti

c) kiihtyvyyss-aika-kuvaaja



Selitä kuvaajan muoto sanallisesti

d) voima-aika-kuvaaja (voima on autoon vaikuttava kokonaisvoima)



Selitä kuvaajan muoto sanallisesti

Vieteri-auto (vertailu)

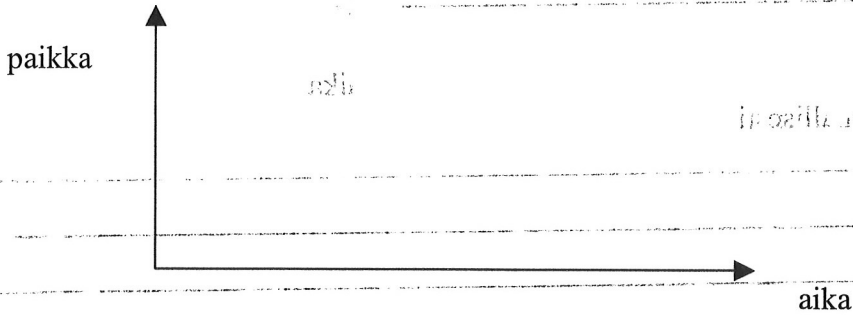
Nimi: _____

Vertaa opettajan esittämiä mitattuja kuvaajia omiin piirroksiisi.

ÄLÄ MUUTA EDELLISEEN PAPERIIN PIIRTÄMIÄSI KUVAAJIA!

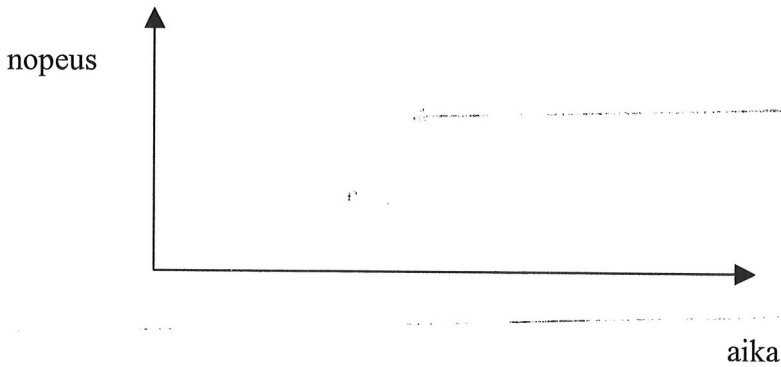
Mikäli piirtämäsi kuvaaja poikkeaa opettajan esittämästä, kuvaile, miten ne poikkeavat toisistaan. Pohdi myös mahdollista syytä eroon. Voit käyttää eron kuvauksessa ja pohdinnassa apuna koordinaatistoa.

a) paikka-aika-kuvaaja



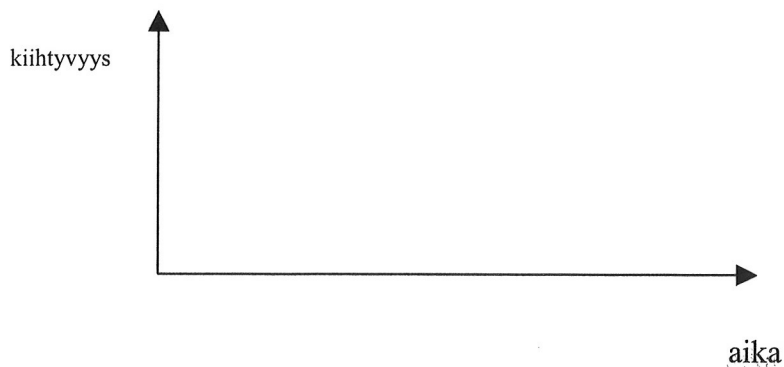
Miten kuvaajat poikkeavat toisistaan. Pohdi myös mahdollista syytä eroon

b) nopeus-aika-kuvaaja



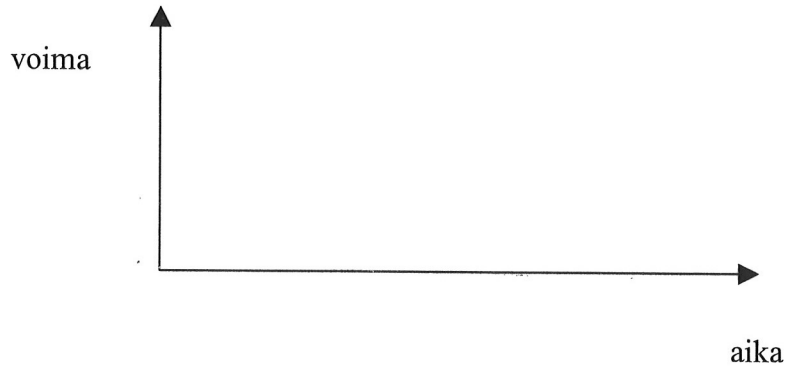
Miten kuvaajat poikkeavat toisistaan. Pohdi myös mahdollista syytä eroon

c) kiihtyvyyss-aika-kuvaaja

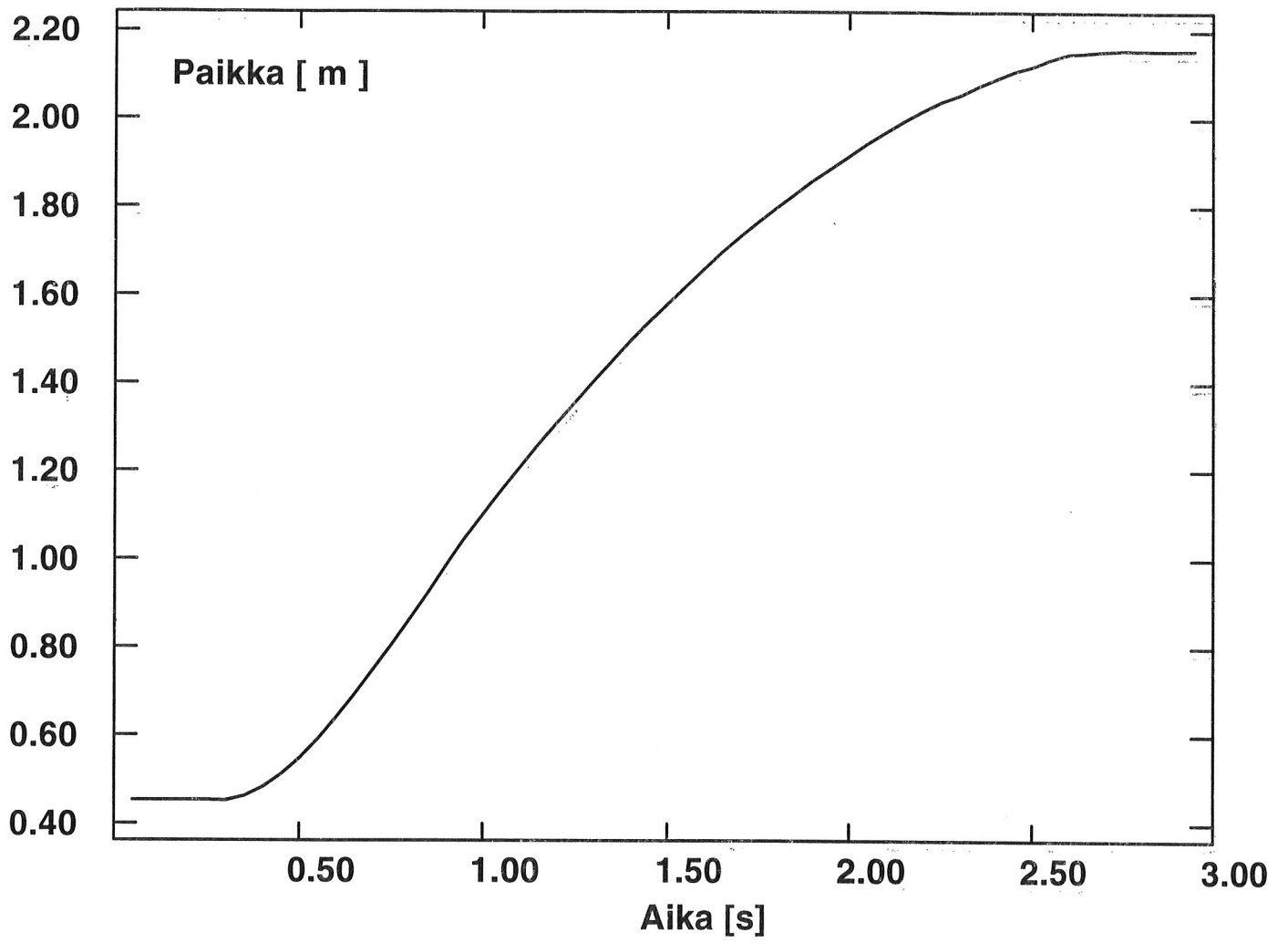


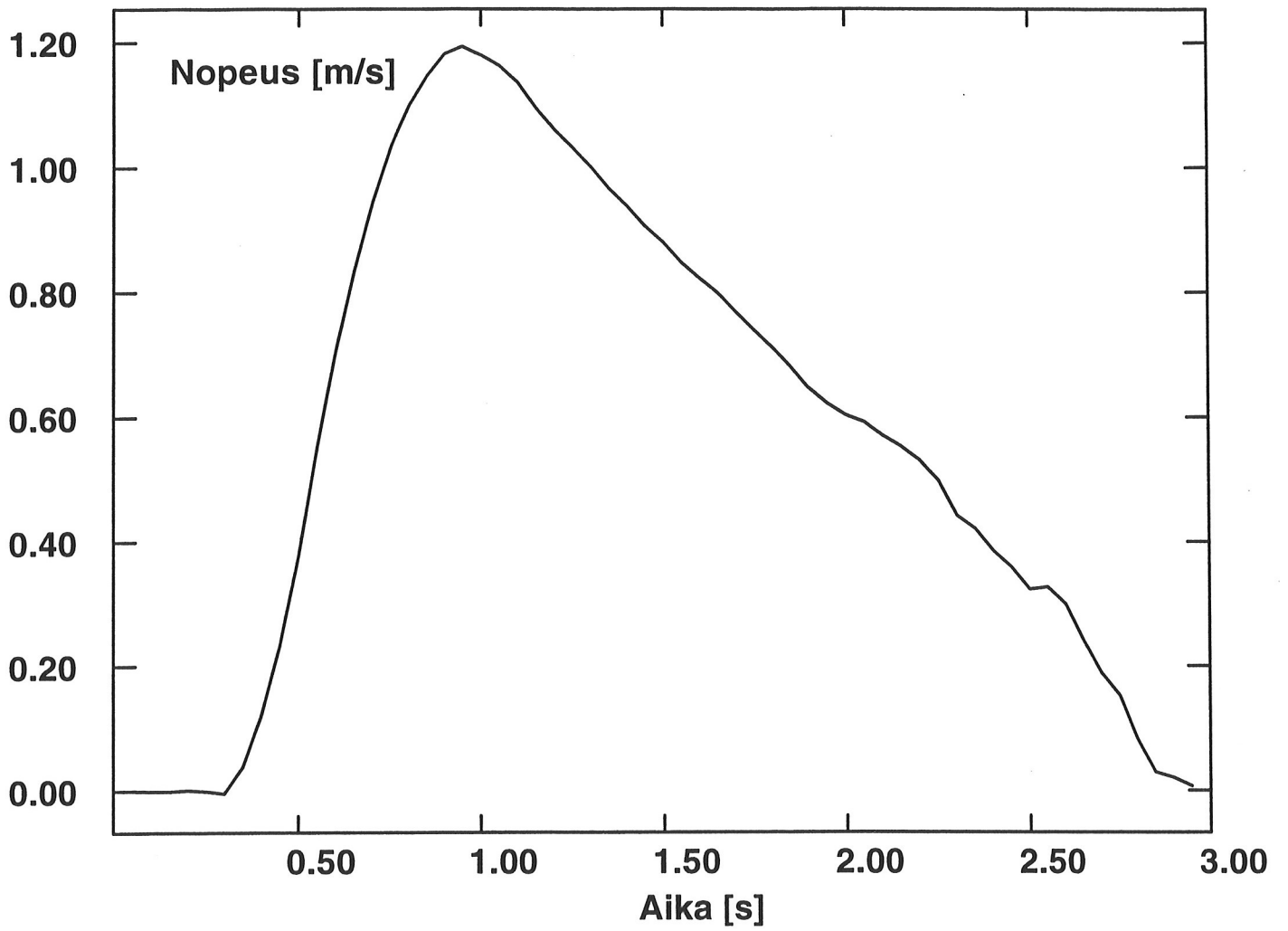
Miten kuvaajat poikkeavat toisistaan. Pohdi myös mahdollista syytä eroon:

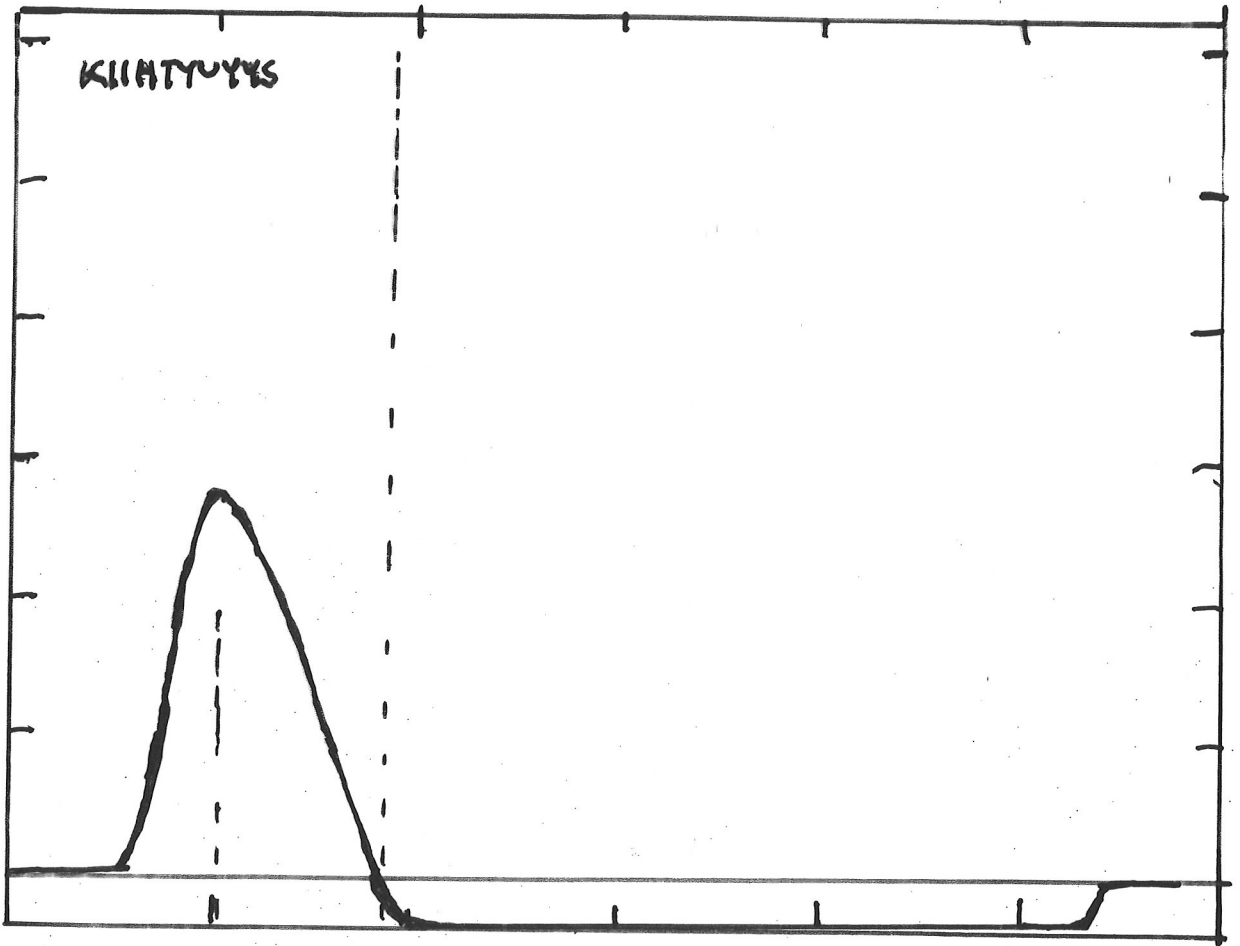
d) voima-aika-kuvaaja (voima on autoon vaikuttava kokonaisvoima)



Miten kuvaajat poikkeavat toisistaan. Pohdi myös mahdollista syytä eroon:

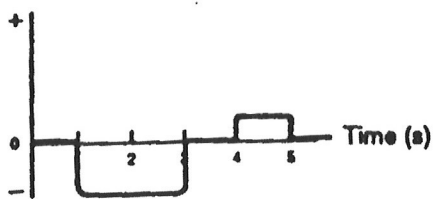




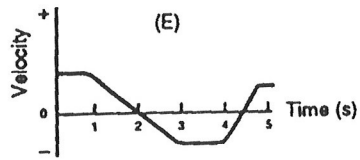
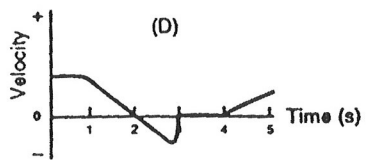
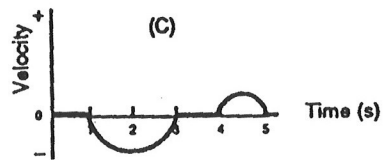
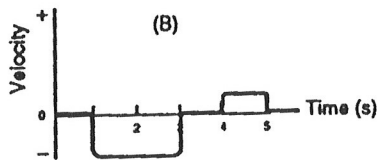
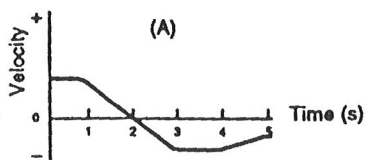


Aika

Oheinen kuva esittää kappaleeseen vaikuttavan kokonaisvoiman suuruuden.

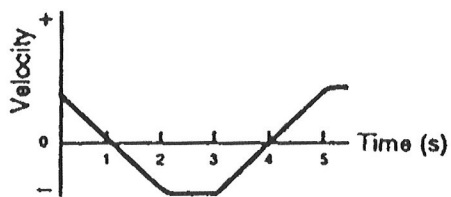


Mikä seuraavista nopeus (velocity) kuvaajista parhaiten esittää kappaleen nopeuden suuruuden?

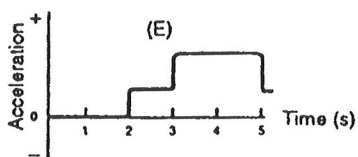
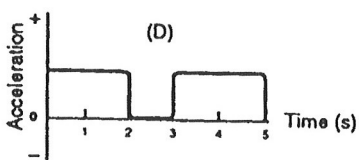
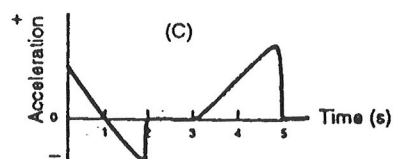
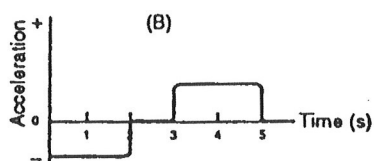
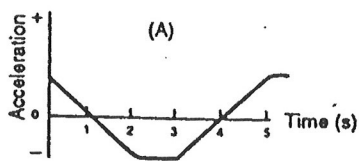


Perustelu:

Oheinen kuva esittää kappaleeseen nopeuden (velocity) suuruuden.



Mikä seuraavista kiihtyvyyks (acceleration) kuvaajista parhaiten esittää kappaleen kiihtyvyyden suuruuden?



Perustelu:
