I'm not a robot

 En esta línea de tiempo, exploraremos la fascinante historia de la lógica y su influencia en el pensamiento humano. Desde los antiguos filósofos griegos hasta los avances contemporáneos, descubriremos cómo la lógica ha moldeado nuestra forma de razonar y comprender el mundo que nos rodea. ¡Acompáñanos en este recorrido por los siglos de sabiduría lógica! Indice La evolución de la lógica a través del tiempo: una línea del tiempo histórica Edad Antigua (4000 a.C. - 476 d.C.) Durante la Edad Antigua, la lógica comenzó a desarrollarse como disciplina formal en diferentes culturas y civilizaciones alrededor del mundo. 4000 a.C.: El papiro Rhind muestra por primera vez algoritmos matemáticos que reflejan una forma incipiente de razonamiento lógico. 600 a.C.: En la antigua Grecia, Parménides y Heráclito exploran el principio de contradicción y la noción del ser y el devenir. 350 a.C.: Aristóteles, considerado el padre de la lógica formal, establece las bases del silogismo y desarrolla la lógica aristotélica. Durante la Edad Media, la lógica fue principalmente influenciada por el pensamiento escolástico y las traducciones de textos clásicos del árabe al latín. Siglo XI: Con la aparición de las universidades, se introduce el método escolástico, que busca encontrar la verdad a través de la argumentación lógica y la interpretación de textos filosóficos y teológicos. Siglo XIII: Tomás de Aquino sintetiza la lógica aristotélica con la teología cristiana en su obra "Summa Theologiae", marcando un hito importante en el desarrollo de la lógica en la Edad Media. Renacimiento y Edad Moderna (1453 - 1789) Durante el Renacimiento y la Edad Moderna, la lógica experimenta un resurgimiento y una evolución gracias a los avances científicos y filosóficos. Siglo XVI: Francis Bacon defiende el método inductivo como un enfoque lógico para la adquisición del conocimiento científico. Siglo XVII: René Descartes introduce el razonamiento deductivo basado en la duda metódica y la evidencia clara y distinta, sentando las bases del racionalismo. Siglo XVIII: Immanuel Kant desarrolla la "lógica trascendental" en su obra "Crítica de la razón pura", proponiendo que la lógica es una disciplina que estudia las condiciones de posibilidad del conocimiento. Siglo XIX y XX Durante los siglos XIX y XX, la lógica experimenta importantes avances y transformaciones con la formalización simbólica y el desarrollo de diversas corrientes de pensamiento. Siglo XIX: George Boole establece la lógica algebraica y crea el álgebra de Boole, sentando las bases para la lógica matemática y sus aplicaciones en ciencias de la computación. Siglo XX: Bertrand Russell y Alfred North Whitehead publican "Principia Mathematica", un intento de fundamentar la matemática en la lógica simbólica y la teoría de conjuntos. Siglo XX: Kurt Gödel establece los teoremas de incompletitud, demostrando que ningún sistema lógico formal puede ser completo y consistente al mismo tiempo. En resumen, a lo largo de la historia, la lógica ha evolucionado desde sus primeras manifestaciones en el razonamiento matemático en el antiguo Egipto hasta la formalización simbólica y los avances en la lógica matemática y las ciencias de la computación en los siglos XIX y XX. La lógica ha sido una herramienta fundamental para el desarrollo del pensamiento humano, permitiendo la construcción de argumentos válidos y la adquisición de conocimiento basado en la coherencia y la consistencia. Psicologia Cognitiva Linea De Tiempo Linea De Tiempo De Democrito Linea Del Tiempo Del Desarrollo Humano Psicologia Linea De Tiempo De Platon Filosofia Posmoderna Linea Del Tiempo Linea Del Tiempo De La Psicobiologia La lógica es una disciplina que ha evolucionado a lo largo de los siglos, permitiéndonos entender y analizar el razonamiento y los argumentos de manera más efectiva. Desde los filósofos griegos hasta la era digital, la historia de la lógica nos muestra cómo los grandes pensadores han contribuido a su desarrollo y aplicación en diferentes campos del conocimiento. Los inicios de la lógica en la civilización griega Los griegos y la lógica: una relación fundamental Desde la antigua Grecia, los filósofos comenzaron a desarrollar los fundamentos de la lógica como disciplina. Filósofos como Parménides y Heráclito exploraron conceptos como la lógica del ser y el logos, sentando las bases para futuros estudios lógicos. Aristóteles y el nacimiento de la lógica formal Aristóteles, uno de los filósofos griegos más influyentes, llevó la lógica a otro nivel al desarrollar un sistema formal de razonamiento deductivo. Su obra “Organon” estableció los llamados silogismos aristotélicos, una forma de argumento deductivo que sigue siendo estudiado y aplicado en la actualidad. La Edad Media y el auge de la lógica aristotélica San Agustín y la fusión entre filosofía y teología En la Edad Media, la lógica aristotélica se convirtió en un componente fundamental para el pensamiento cristiano. Filósofos como San Agustín utilizaron la lógica para analizar cuestiones teológicas y fortalecer los fundamentos de la fe. La escolástica y la lógica formal La escolástica fue un movimiento intelectual que se desarrolló en Europa medieval, y su objetivo era aplicar el método lógico aristotélico para analizar cuestiones filosóficas y teológicas. Filósofos como Santo Tomás de Aquino contribuyeron al desarrollo y refinamiento de la lógica formal, creando las bases para el posterior estudio de la lógica moderna. El Renacimiento y la revolución científica Francis Bacon y el método científico En el Renacimiento, la lógica y el razonamiento se aplicaron a la ciencia de manera más amplia. Filósofos como Francis Bacon promovieron el uso de la lógica inductiva en la investigación científica, sentando las bases para el método científico moderno. La lógica simbólica y su influencia en el pensamiento científico En el siglo XIX, George Boole y Augustus De Morgan desarrollaron la lógica simbólica, una rama de la lógica que utiliza símbolos para representar conceptos y proposiciones. Esta herramienta se convirtió en un componente esencial en campos como la informática y la inteligencia artificial, abriendo nuevas posibilidades en el análisis lógico. La era digital y la lógica en el siglo XXI La lógica digital y la informática Con la llegada de la era digital, la lógica encontró un nuevo campo de aplicación en la informática. El estudio de la lógica formal y simbólica ha permitido el desarrollo de los computadores y sistemas de inteligencia artificial, revolucionando nuestra manera de entender y procesar la información. La lógica en la toma de decisiones La lógica también juega un papel fundamental en la toma de decisiones en diferentes ámbitos, desde la gestión empresarial hasta la resolución de problemas cotidianos. La capacidad de razonar y evaluar argumentos de manera lógica nos ayuda a tomar decisiones más informadas y efectivas. ¿Cuál es la importancia de estudiar la historia de la lógica? El estudio de la historia de la lógica nos permite comprender su evolución y aplicaciones a lo largo del tiempo. Además, nos ayuda a apreciar cómo la lógica ha sido una herramienta fundamental en el desarrollo del pensamiento humano y en diferentes campos del conocimiento. ¿Cómo se aplica la lógica en la vida diaria? La lógica se aplica en la vida diaria de muchas maneras. Nos ayuda a razonar, evaluar argumentos y tomar decisiones informadas. También nos permite analizar y resolver problemas de manera más efectiva, tanto en el ámbito personal como en el profesional. ¿Qué aplicaciones tiene la lógica en la era digital? En la era digital, la lógica se aplica en campos como la informática, la inteligencia artificial y la programación. La lógica es fundamental en el diseño de algoritmos y en la creación de sistemas capaces de procesar y analizar grandes cantidades de datos de manera eficiente. La historia de la lógica nos muestra cómo esta disciplina ha evolucionado y ha sido aplicada en diferentes campos a lo largo del tiempo. Desde los filósofos griegos hasta la era digital, la lógica ha sido una herramienta fundamental en el desarrollo del pensamiento humano y en la comprensión de nuestro entorno. Continuaremos utilizando la lógica para tomar decisiones más informadas y para entender y analizar la información en la era digital en la que vivimos. Un Viaje a Través del Pensamiento Racional La lógica es una de las herramientas más poderosas que tenemos a nuestra disposición. Nos permite razonar, argumentar y, en última instancia, comprender el mundo que nos rodea. Pero, ¿alguna vez te has preguntado cómo llegó la lógica a ser lo que es hoy? Desde sus humildes comienzos en la antigua Grecia hasta su evolución en la era moderna, la historia de la lógica es un fascinante viaje que refleja la evolución del pensamiento humano. En este artículo, exploraremos esa línea del tiempo, desglosando los hitos más importantes y los pensadores que han dejado su huella en esta disciplina. Así que, ¡prepárate para un viaje a través del tiempo! Los Primeros Pasos: La Lógica en la Antigua Grecia Todo comenzó en la antigua Grecia, un lugar donde la filosofía y la lógica florecieron. Imagina un escenario donde grandes pensadores como Sócrates, Platón y Aristóteles se reunían para discutir las preguntas más profundas de la existencia. Aristóteles, en particular, es considerado el padre de la lógica formal. Su obra «Organon» estableció las bases de la lógica silogística, un sistema que utiliza proposiciones para llegar a conclusiones. ¿Alguna vez has intentado resolver un rompecabezas? La lógica de Aristóteles es como un rompecabezas que nos ayuda a conectar las piezas del conocimiento. El Silogismo: Un Método de Razonamiento El silogismo es una herramienta fundamental que Aristóteles popularizó. Consiste en dos premisas que conducen a una conclusión. Por ejemplo, «Todos los hombres son mortales» y «Sócrates es un hombre», lo que nos lleva a la conclusión de que «Sócrates es mortal». Este método es tan sencillo como efectivo, y ha sido la base de muchos sistemas de lógica posteriores. ¿No es asombroso cómo un simple razonamiento puede ayudarnos a entender verdades universales? La Lógica en la Edad Media: Un Período de Reflexión Avancemos unos siglos y llegamos a la Edad Media, un tiempo donde la lógica se entrelazó con la teología. Los pensadores medievales, como Santo Tomás de Aquino, adaptaron las ideas aristotélicas a la doctrina cristiana. Este fue un período de reflexión profunda y debate intelectual. La lógica se convirtió en una herramienta para entender la fe y la razón. ¿Alguna vez has tenido una conversación profunda sobre tus creencias? Eso es lo que hacían estos pensadores, utilizando la lógica para explorar las complejidades de la existencia y la divinidad. El Renacimiento: Un Renacer del Pensamiento Crítico Con la llegada del Renacimiento, la lógica experimentó un renacer. Los pensadores comenzaron a cuestionar las creencias establecidas y a explorar nuevas ideas. Figuras como René Descartes introdujeron el método cartesiano, que enfatizaba la duda como una herramienta para llegar a la verdad. «Pienso, luego existo» se convirtió en un mantra de la época. Este enfoque crítico sentó las bases para el desarrollo de la lógica moderna. ¿No te parece fascinante cómo la duda puede ser el primer paso hacia el conocimiento? El Siglo XIX: La Formalización de la Lógica El siglo XIX trajo consigo una revolución en la lógica. Con el trabajo de pensadores como George Boole y Gottlob Frege, la lógica comenzó a formalizarse. Boole introdujo el álgebra booleana, que permitió representar proposiciones lógicas mediante símbolos matemáticos. Esto fue un gran avance, ya que combinó la lógica con las matemáticas. ¿Te imaginas poder resolver problemas lógicos como si fueran ecuaciones matemáticas? Esa fue la genialidad de Boole. La Lógica Matemática y sus Implicaciones La lógica matemática, como la que desarrolló Frege, permitió a los filósofos y matemáticos pensar de manera más rigurosa. Este enfoque fue crucial para el desarrollo de la teoría de conjuntos y el análisis lógico. Frege creía que la lógica era la base del pensamiento matemático, y su trabajo sentó las bases para el futuro desarrollo de la lógica moderna. ¿Alguna vez has tratado de descomponer un problema complejo en partes más simples? Eso es exactamente lo que Frege y otros estaban haciendo con la lógica. El Siglo XX: La Lógica en la Era de la Computación Con la llegada del siglo XX, la lógica se adentró en el ámbito de la computación. Alan Turing y otros pioneros comenzaron a explorar cómo los principios lógicos podían aplicarse a las máquinas. Turing, en particular, es conocido por su trabajo en la computabilidad y la teoría de la información. Su famoso «Test de Turing» se convirtió en un estándar para evaluar la inteligencia artificial. ¿Te has preguntado alguna vez si una máquina puede pensar? Turing fue uno de los primeros en plantear esa pregunta y en explorar las implicaciones de la lógica en la computación. La Lógica y la Inteligencia Artificial Hoy en día, la lógica sigue siendo fundamental en el desarrollo de la inteligencia artificial. Los algoritmos lógicos permiten a las máquinas tomar decisiones basadas en datos. Desde asistentes virtuales hasta sistemas de recomendación, la lógica es la base que impulsa muchas de las tecnologías que utilizamos a diario. ¿No es sorprendente pensar que detrás de cada respuesta que recibes de un asistente virtual hay un complejo sistema lógico en funcionamiento? El Futuro de la Lógica: Nuevas Fronteras Mirando hacia el futuro, la lógica continúa evolucionando. Con el auge de la computación cuántica, los principios lógicos que conocemos podrían transformarse de maneras inimaginables. La lógica cuántica desafía nuestras nociones tradicionales y nos lleva a explorar nuevas dimensiones del razonamiento. ¿Te imaginas un mundo donde la lógica no se limite a lo binario? Las posibilidades son infinitas. La Lógica en la Vida Cotidiana Finalmente, es importante recordar que la lógica no es solo una disciplina académica; está presente en nuestra vida diaria. Desde la toma de decisiones hasta la resolución de problemas, todos utilizamos la lógica de alguna manera. La próxima vez que te enfrentes a un dilema, pregúntate: «¿Cuál es la mejor manera de abordar esto?». La lógica puede ser tu mejor aliada. Preguntas Frecuentes ¿Qué es la lógica y por qué es importante? La lógica es el estudio del razonamiento válido. Es importante porque nos ayuda a tomar decisiones informadas, a argumentar de manera efectiva y a comprender el mundo que nos rodea. ¿Cómo ha evolucionado la lógica a lo largo de la historia? La lógica ha evolucionado desde sus inicios en la antigua Grecia, pasando por la Edad Media y el Renacimiento, hasta llegar a la formalización en el siglo XIX y su aplicación en la computación en el siglo XX. Cada período ha aportado nuevas ideas y métodos al campo de la lógica. ¿Cuál es el papel de la lógica en la inteligencia artificial? La lógica es fundamental en la inteligencia artificial, ya que permite a las máquinas tomar decisiones basadas en datos y resolver problemas de manera eficiente. Los algoritmos lógicos son la base de muchas aplicaciones de IA que utilizamos hoy en día. ¿Puede la lógica ser aplicada en la vida cotidiana? ¡Absolutamente! La lógica se aplica en la vida cotidiana cuando tomamos decisiones, resolvemos problemas y discutimos ideas. Es una herramienta valiosa que todos podemos utilizar para mejorar nuestro razonamiento y comprensión. ¿Qué nos depara el futuro de la lógica? El futuro de la lógica es emocionante, especialmente con el avance de la computación cuántica y nuevas teorías que desafían nuestras nociones actuales. La lógica seguirá evolucionando y encontrando nuevas aplicaciones en diversos campos. Explora cómo la lógica ha evolucionado a través del tiempo y su impacto en el pensamiento moderno. A la Lógica ¡Hola! Si estás aquí, es porque tienes curiosidad por la lógica, esa fascinante herramienta que nos ayuda a razonar y a tomar decisiones coherentes. Pero, ¿alguna vez te has preguntado cómo llegó a ser lo que conocemos hoy? En este artículo, te llevaré en un viaje a lo largo de la historia de la lógica, desde sus inicios hasta su relevancia en el mundo actual. Los Inicios de la Lógica La historia de la lógica comienza en la antigua Grecia, donde pensadores como Aristóteles sentaron las bases. Aristóteles, que vivió alrededor del 384-322 a.C., no solo fue un filósofo, sino también el primer gran sistematizador del pensamiento lógico. Imagina a este hombre en su aula, enseñando a sus estudiantes sobre el silogismo, un método que permite deducir conclusiones a partir de premisas. ¿No es asombroso cómo ideas tan antiguas aún resuenan en nuestro razonamiento diario? El Silogismo Aristotélico Un silogismo es una estructura lógica que consta de dos premisas y una conclusión. Por ejemplo, “Todos los hombres son mortales; Sócrates es un hombre; por lo tanto, Sócrates es mortal.” Esta forma de razonamiento se ha convertido en la piedra angular de la lógica formal. Así que, cada vez que realices una deducción en tu vida, recuerda: estás siguiendo los pasos de Aristóteles. Desarrollo de la Lógica en la Edad Media Avancemos un poco en el tiempo, hasta la Edad Media. Este periodo no fue solo de religión y guerras; también fue un momento clave para la lógica. Filósofos como Santo Tomás de Aquino y Guillermo de Ockham comenzaron a desarrollar nuevas ideas. ¿Te has preguntado alguna vez por qué a veces se cita “la navaja de Ockham”? Se refiere a un principio que establece que no se deben multiplicar los elementos innecesariamente. ¡Sencillo, pero poderoso! El Impacto de la Lógica en la Filosofía Medieval Los pensadores medievales utilizaron la lógica no solo para investigar la existencia de Dios y la naturaleza del alma, sino también para discutir temas más mundanos. El uso de la lógica como herramienta de análisis se fue expandiendo y diversificando, configurando así el pensamiento crítico recursivo que empezaba a florecer. El Renacimiento y el Avance de la Lógica Moderna Con la llegada del Renacimiento, el pensamiento lógico comenzó a tener una revitalización. Filósofos como René Descartes y John Locke dejaron huella en la forma en que entendemos la lógica. Descartes, con su famoso “Cogito, ergo sum”, nos enseñó sobre la importancia de dudar y cuestionar. ¡Qué potente es la duda, verdad? La Lógica Formal en el Siglo XVII Durante el siglo XVII, emergieron sistemas más formales de lógica. Durante esta época nacieron los primeros intentos de representar el razonamiento a través de fórmulas. Esto fue solo un pequeño paso, pero definitivo, hacia la lógica moderna. La lógica comenzó a transformarse en un lenguaje simbólico más complejo que definiría cómo pensamos y abordamos problemas. El Siglo XIX: Lógica Matemática y Formalismo ¡Vamos a dar un salto al siglo XIX! Este siglo es famoso por la revolución en la lógica gracias a personajes como George Boole y Gottlob Frege. Boole introdujo una forma de álgebra que ahora se conoce como álgebra booleana, que se utiliza en informática. Su trabajo permitió que las máquinas pudieran ‘pensar’ de una manera que unos siglos antes solo podían imaginarse. Frege y el Nacimiento de la Lógica Moderna Frege, por otro lado, hizo compromiso con la idea de que la lógica podía ser un sistema autónomo, separando el contenido de la lógica de las nociones filosóficas. Este cambio no solo impactó en la lógica, sino que sentó las bases para la filosofía del lenguaje y la lógica matemática. Hay que admitir que, ¿quién no se queda maravillado con la magia que la lógica puede ofrecer? El Siglo XX: La Lógica se Expande En el siglo XX, la lógica continuó expandiendo sus horizontes. Filósofos como Bertrand Russell y Kurt Gödel hicieron contribuciones monumentales. Russell, con su famosa paradoja, reveló que incluso en el mundo de la lógica, la inconsistencias pueden surgir. ¿Te imaginas? En un mundo donde todo parecía tener sentido, la lógica tenía sus propias sorpresas. Teorema de Incompletitud de Gödel El teorema de incompletitud de Gödel es otro hito. Este teorema establece que existen afirmaciones que no pueden ser ni probadas ni refutadas dentro de un sistema lógico. ¡Piensa en eso! Hay verdades en el universo que, incluso con toda nuestra lógica, nunca podremos alcanzar completamente. La Lógica en la Era de la Computación Con el advenimiento de la computación en la segunda mitad del siglo XX, la lógica dio un giro increíble. Aquí es donde se puede observar su importancia en los algoritmos, la programación y la inteligencia artificial. ¿Qué pasaría si te dijera que cada vez que buscas en Google, estás utilizando principios lógicos? Suena genial, ¿no? Algoritmos: La Lógica en Acción Los algoritmos, que son conjuntos de instrucciones lógicas, son el corazón de la programación. Desde la búsqueda de un video hasta la recomendación de una película, todo implica decisiones lógicas. A medida que la tecnología avanza, también crece nuestra dependencia de estos algoritmos para tomar decisiones informadas. El Futuro de la Lógica Entonces, ¿cuál es el futuro de la lógica en la sociedad actual? Como todo en la vida, la lógica está en constante evolución. Con el ascenso de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, la lógica se está integrando de maneras que nunca habríamos imaginado. Quizás, narrar la historia de la lógica es algo más que un mero recuento de hechos; es una invitación a reflexionar sobre cómo nuestras decisiones se basan en la misma lógica que ha sido desarrollada durante milenios. Desafíos Éticos y Lógicos A medida que avanzamos, también es crucial considerar los desafíos éticos de la lógica, especialmente en aplicaciones como la inteligencia artificial. ¿Cómo garantizamos que los algoritmos se basen en principios lógicos y éticos que beneficien a la sociedad? Esa es una pregunta abierta que todos debemos contestar. Como puedes ver, la historia de la lógica es rica y fascinante. Desde Aristóteles hasta la inteligencia artificial, hemos recorrido un camino amplio y diverso. La lógica no solo es una herramienta; es el pilar de nuestro razonamiento crítico y de cómo tomamos decisiones. Así que la próxima vez que pienses, recuerda: estás usando un legado de miles de años de historia. ¿Quién es considerado el padre de la lógica? Aristóteles es ampliamente conocido como el padre de la lógica, ya que fue el primero en sistematizar el razonamiento lógico. ¿Cuál es la diferencia entre la lógica clásica y la lógica moderna? La lógica clásica se centra más en principios fundamentales y silogismos, mientras que la lógica moderna incluye conceptos como la lógica proposicional y la lógica de predicados. ¿Cómo influye la lógica en la inteligencia artificial? La lógica es esencial para la creación de algoritmos que permiten a las máquinas tomar decisiones basadas en datos y patrones, facilitando el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial. ¿Por qué es importante estudiar lógica? Estudiar lógica ayuda a mejorar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y permite a las personas tomar decisiones más informadas y racionales. ¿Cuál es la relevancia de la lógica hoy en día? La lógica es crucial en campos como las matemáticas, la informática y la filosofía, y continúa teniendo un impacto significativo en la forma en que entendemos el mundo y tomamos decisiones. Esta sería una versión del artículo en HTML, respetando los requisitos que mencionaste. Si necesitas algún ajuste, ¡háznoslo saber! La lógica ha sido una disciplina fundamental en la historia del pensamiento humano, ya que nos ha permitido analizar y razonar de manera rigurosa y coherente. Desde la antigua Grecia hasta nuestros días, la lógica ha evolucionado y se ha desarrollado en diferentes corrientes y escuelas de pensamiento.En esta línea del tiempo, presentaremos los hitos más importantes en la historia de la lógica, desde sus orígenes en la filosofía griega hasta la lógica digital y la inteligencia artificial. A lo largo de esta historia, veremos cómo se han ido formulando y refinando conceptos como la proposición, la inferencia, la demostración y la verdad, y cómo se han desarrollado herramientas y sistemas formales para la representación y manipulación de la información lógica.Esta línea del tiempo nos permitirá apreciar la importancia y la influencia de la lógica en el pensamiento humano y en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como su relevancia en la vida cotidiana y en la toma de decisiones.Índice La historia de la lógica se remonta a la antigua Grecia, donde filósofos como Aristóteles y Platón comenzaron a desarrollar teorías sobre la razón y el pensamiento. Desde entonces, la lógica ha experimentado varios periodos importantes en su evolución y desarrollo.Periodo antiguoEl periodo antiguo de la lógica se refiere a la época en que los filósofos griegos comenzaron a desarrollar teorías sobre la razón y el pensamiento. Aristóteles fue uno de los más influyentes, y su obra "Organon" es considerada uno de los textos más importantes de la lógica antigua.Periodo medievalEl periodo medieval de la lógica se caracterizó por el fuerte impacto de la filosofía cristiana en la lógica. Filósofos como Santo Tomás de Aquino y Guillermo de Ockham desarrollaron teorías que combinaron la razón con la fe.Periodo modernoEl periodo moderno de la lógica comenzó en el siglo XVII con la obra de René Descartes y su método de duda sistemática. Durante este periodo, la lógica se convirtió en una disciplina matemática y se desarrollaron nuevas teorías como el cálculo proposicional y el cálculo de predicados.Periodo contemporáneoEl periodo contemporáneo de la lógica se refiere a la época actual, en la que la lógica se ha convertido en una herramienta fundamental en la ciencia y la tecnología. La lógica matemática y la lógica simbólica son algunas de las áreas más importantes de la lógica contemporánea.Cada periodo ha dejado su huella en la disciplina y ha contribuido a su evolución y crecimiento.Origen de la Lógica: ¿De dónde surge esta disciplina fundamental?La lógica es una disciplina fundamental que tiene su origen en la antigua Grecia. Desde entonces, ha evolucionado y se ha desarrollado a lo largo de los siglos, dando lugar a distintas corrientes y enfoques.La lógica en la antigua GreciaLos primeros intentos de establecer un sistema lógico se remontan a los filósofos griegos tales como Aristóteles y Platón. Aristóteles, en particular, es considerado como el padre de la lógica formal por su trabajo en la definición de silogismos y la deducción lógica.Estos primeros sistemas lógicos se centraron en la idea de que la verdad debe ser demostrada a través de la razón y la argumentación. La lógica se convirtió así en una herramienta crucial para el pensamiento crítico y la toma de decisiones.La lógica en la Edad MediaEn la Edad Media, la lógica se convirtió en una disciplina central en la filosofía escolástica. Los filósofos medievales, como Santo Tomás de Aquino, utilizaron la lógica para analizar y argumentar sobre cuestiones teológicas y metafísicas.Además, durante este periodo, se desarrollaron nuevas técnicas de razonamiento y análisis, como la disyunción y la reducción al absurdo. Estas técnicas contribuyeron al desarrollo de la lógica moderna.La lógica modernaEn los siglos XVIII y XIX, la lógica experimentó un importante avance con el trabajo de pensadores como George Boole y Gottlob Frege. Boole introdujo el álgebra booleana, una herramienta matemática para la lógica, mientras que Frege desarrolló un sistema lógico formal que permitió la representación simbólica de proposiciones y argumentos.En el siglo XX, la lógica se convirtió en una disciplina clave en la filosofía analítica y la matemática. Las nuevas ramas de la lógica, como la lógica modal y la lógica de predicados, ampliaron el alcance de la disciplina y permitieron el estudio de fenómenos complejos como la verdad y la identidad.ConclusionesDesde sus orígenes en la antigua Grecia hasta la lógica moderna, ha sido una herramienta crucial para el pensamiento crítico y la toma de decisiones. La lógica continúa siendo una disciplina relevante en la actualidad, y su estudio nos permite entender mejor el mundo que nos rodea. ¿Alguna vez te has preguntado cómo hemos llegado a entender la lógica tal como la conocemos hoy? La historia de la lógica es como un rompecabezas fascinante, donde cada pieza representa un pensamiento, un descubrimiento o una revolución en el conocimiento. Desde la antigua Grecia hasta la era moderna, la lógica ha evolucionado y se ha transformado, adaptándose a las necesidades y contextos de cada época. En este artículo, vamos a desglosar esta línea del tiempo, explorando las etapas clave y las figuras que han marcado el rumbo de la lógica. Prepárate para un viaje a través de los siglos, donde cada paso nos llevará a una mayor comprensión de esta disciplina tan crucial en nuestra vida cotidiana. Los Primeros Pasos: La Lógica en la Antigua Grecia La historia de la lógica comienza en la antigua Grecia, donde filósofos como Aristóteles sentaron las bases de lo que hoy consideramos lógica formal. Aristóteles no solo fue un pensador brillante, sino que también fue el primero en sistematizar el razonamiento. Imagina a un maestro en una pizarra, escribiendo reglas y ejemplos. Así fue él, creando silogismos que todavía usamos hoy. Su obra «Organon» se convirtió en la referencia fundamental para el estudio de la lógica. Pero, ¿por qué es tan importante Aristóteles? Porque estableció un marco que nos permitió pensar de manera estructurada, como si tuviéramos un mapa en un terreno desconocido. Los Sofistas y la Dialéctica No podemos hablar de la lógica griega sin mencionar a los sofistas, quienes, aunque a menudo son vistos como antagonistas de la lógica aristotélica, jugaron un papel crucial en su desarrollo. Los sofistas eran maestros de la retórica y la persuasión. Su enfoque se centraba más en la habilidad de argumentar que en la verdad objetiva. Es como si tuvieran una caja de herramientas llena de trucos para convencer a la audiencia, independientemente de si lo que decían era cierto o no. Esta tensión entre la verdad y la persuasión sentó las bases para debates que aún resuenan hoy en día. La Edad Media: La Lógica en la Filosofía Cristiana Avanzamos a la Edad Media, un periodo que puede parecer oscuro en muchos aspectos, pero que fue un tiempo de gran reflexión filosófica. La lógica no desapareció; al contrario, se adaptó y se integró en el pensamiento cristiano. Filósofos como Santo Tomás de Aquino tomaron las ideas de Aristóteles y las combinaron con la teología cristiana. Es como si estuvieran mezclando ingredientes en una receta, creando un platillo que alimentaría el pensamiento occidental durante siglos. La lógica se convirtió en una herramienta para entender la fe, argumentando sobre la existencia de Dios y la naturaleza del alma. El Renacimiento: Un Renacer del Pensamiento Lógico Con el Renacimiento, la lógica resurgió con una nueva energía. La redescubierta curiosidad por el conocimiento antiguo llevó a pensadores como Descartes y Leibniz a explorar nuevas formas de razonamiento. Descartes, famoso por su «Pienso, luego existo», nos llevó a cuestionar la certeza y la duda. Imagina que estás en un laberinto, y él te da un mapa que te permite encontrar la salida. Por otro lado, Leibniz soñaba con una «lengua universal» que pudiera expresar todos los pensamientos lógicos, como un lenguaje secreto que todos pudiéramos entender. Esta era fue un puente entre la lógica antigua y el pensamiento moderno. El Siglo XIX: La Lógica se Vuelve Matemática Con la llegada del siglo XIX, la lógica empezó a tomar un giro más matemático. Filósofos y matemáticos como Boole y Frege comenzaron a formalizar la lógica utilizando símbolos y estructuras matemáticas. George Boole, en particular, es conocido por su álgebra de lógica, que es fundamental para el desarrollo de la computación moderna. Piensa en esto como un nuevo idioma que permite a los científicos y a los ingenieros comunicarse de manera precisa. Frege, por su parte, introdujo conceptos que más tarde influirían en la lógica moderna y la filosofía del lenguaje. Era como si estuvieran construyendo un nuevo edificio sobre los cimientos de la lógica clásica. La Revolución de la Lógica Moderna Ya en el siglo XX, la lógica continuó su evolución a un ritmo vertiginoso. Con la llegada de figuras como Bertrand Russell y Kurt Gödel, la lógica se volvió más compleja y fascinante. Russell, con su «Principia Mathematica», intentó unificar la lógica y las matemáticas, mientras que Gödel demostró que hay verdades en las matemáticas que no pueden ser probadas, desafiando nuestra comprensión de la lógica misma. ¿No es increíble pensar que hay cosas que son verdaderas, pero que no podemos demostrar? Es como si estuvieras buscando un tesoro escondido que, aunque existe, no puedes encontrar. Este periodo marcó el inicio de una nueva era, donde la lógica se convirtió en una herramienta esencial no solo en la filosofía, sino también en la ciencia, la computación y más allá. La Lógica en el Mundo Contemporáneo Hoy en día, la lógica es más relevante que nunca. En un mundo donde la información fluye a raudales, la capacidad de razonar y argumentar de manera efectiva se ha vuelto crucial. Desde la inteligencia artificial hasta la ética de la tecnología, la lógica está en el centro de muchos debates contemporáneos. ¿Alguna vez te has preguntado cómo funcionan los algoritmos detrás de las redes sociales? Todo se reduce a la lógica: decisiones basadas en patrones y datos. La lógica no solo nos ayuda a tomar decisiones más informadas, sino que también nos permite cuestionar y analizar el mundo que nos rodea. La Ética de la Lógica en la Era Digital Sin embargo, con el poder de la lógica también viene la responsabilidad. En la era digital, debemos preguntarnos: ¿estamos utilizando la lógica de manera ética? Las decisiones algorítmicas pueden tener consecuencias profundas en la sociedad, desde la discriminación hasta la desinformación. Es fundamental que mantengamos un enfoque crítico y ético en el uso de la lógica en nuestras vidas diarias. La lógica no es solo una herramienta; es una guía que nos ayuda a navegar en un mundo complejo y a tomar decisiones que impactan a otros. A lo largo de la historia, la lógica ha sido una constante en nuestra búsqueda de conocimiento y verdad. Desde los antiguos griegos hasta los pensadores modernos, cada etapa ha aportado algo único y valioso a nuestra comprensión. La lógica es como un faro en la oscuridad, guiándonos a través de la confusión y el caos. Así que, la próxima vez que te enfrentes a un dilema o a un argumento complicado, recuerda: tienes una rica tradición de pensamiento lógico a tu disposición. ¿Cómo puedes aplicar lo que has aprendido sobre la lógica en tu vida diaria? ¿Qué preguntas te gustaría explorar más a fondo? ¿Cuál es la diferencia entre lógica formal e informal? La lógica formal se centra en la estructura de los argumentos y utiliza símbolos para representar proposiciones. La lógica informal, por otro lado, se ocupa del contenido y contexto de los argumentos, incluyendo falacias y razonamientos en el lenguaje cotidiano. ¿Cómo se aplica la lógica en la vida diaria? La lógica se aplica en la toma de decisiones, la resolución de problemas y el análisis crítico de información. Desde evaluar noticias hasta tomar decisiones financieras, la lógica nos ayuda a pensar de manera clara y fundamentada. ¿Por qué es importante estudiar lógica hoy en día? Estudiar lógica es crucial para desarrollar habilidades de pensamiento crítico, que son esenciales en un mundo lleno de información y desinformación. Nos permite argumentar de manera efectiva, evaluar evidencia y tomar decisiones informadas. ¿Quiénes son algunos de los pensadores más influyentes en la historia de la lógica? Algunos de los pensadores más influyentes incluyen a Aristóteles, George Boole, Gottlob Frege, Bertrand Russell y Kurt Gödel. Cada uno ha contribuido significativamente a la evolución de la lógica y su aplicación en diferentes campos. ¿La lógica tiene aplicaciones en la inteligencia artificial? Sí, la lógica es fundamental en la inteligencia artificial, especialmente en áreas como el razonamiento automatizado, la programación de algoritmos y la toma de decisiones basadas en datos. La lógica ayuda a las máquinas a interpretar y procesar información de manera efectiva. Welcome to the History Wiki! History We're a collaborative community website about History that anyone, including you, can build and expand. Wikis like this one depend on readers getting involved and adding content. Click the "ADD NEW PAGE" or "EDIT" button at the top of any page to get started! Important articles[] Lógica en la Edad Antigua 4000 a.C. - 476 En la Antigua Grecia, emergieron dos tradiciones lógicas opuestas. La lógica estoica estaba enraizada en Euclides de Megara, pupilo de Sócrates, y con su concentración en la lógica proposicional es la que quizás esté más próxima a la lógica moderna. Sin embargo, la tradición que sobrevivió a las influencias de culturas posteriores fue la peripatética, que tuvo su origen en el conjunto de obras de Aristóteles conocido como Organon (instrumento), la primera obra griega sistemática sobre lógica. El examen de Aristóteles del silogismo permite interesantes comparaciones con el esquema indio de la inferencia y la menos rígida discusión china. PLATÓN (-427 a -347) 427 a.C. - 347 a.C. propone instaurar en Siracusa una utópica república dirigida por filósofos. Crea la Academia de Atenas que no era solo una institución filosófica, sino centro de formación política para jóvenes aristócratas. Según algunos especialistas, Platón edifica su teoría del conocimiento con el fin de justificar el poder emergente de la figura del filósofo. Sostiene la existencia de dos mundos -el mundo de las ideas y el de mundo físico de los objetos. Según Platón, lo concreto se percibe en función de lo abstracto y por tanto el mundo sensible existe gracias al mundo de las ideas. Platón escoge el formato diálogo como forma de transmisión del pensamiento. ARISTÓTELES 384 a.C. - 332 a.C. Los tratados de lógica de Aristóteles, 384aC - 332 aC, conocidos como Órganon, contienen el primer tratado sistemático de las leyes de pensamiento para la adquisición de conocimiento. Representan el primer intento serio que funda la lógica como ciencia. Aristóteles no hace de la lógica una disciplina metafísica sino que establece correspondencias recíprocas entre pensamiento lógico y estructura ontológica. El silogismo fue adoptado por los escolásticos que representan el sistema teológico-filosófico, característico de la Edad Media. La escolástica, sin embargo, acabó por sobrecargar la teoría del silogismo, lo que acarreó su descrédito a partir del Renacimiento. Los lógicos de la edad moderna como Ramée, Arnauld, Nicole, Leibniz, Euler, y Lambert procuraron simplificarla al máximo, y su tratamiento matemático se completó hasta principios del siglo XX con Boole, De Morgan, Frege y Russell. Desde entonces el silogismo se incluye en la lógica de predicados de primer orden y en la lógica de clases, y ocupa en la ciencia lógica un papel mucho menor que en otros tiempos. EUCLIDES 325 a.C. - 265 a.C Matemático alejandrino aut

common to each set of things that have the same name. In both the Republic and the Sophist, Plato suggests that the necessary connection between the assumptions of a valid argument and its conclusion corresponds to a necessary connection between "forms".[42] The third question is about definition. Many of Plato's dialogues concern the search for a definition of some important concept (justice, truth, the Good), and it is likely that Plato was impressed by the importance of definition in mathematics.[43] What underlies every definition is a Platonic Form, the common nature present in different particular things. Thus, a definition reflects the ultimate object of understanding, and is the foundation of all valid inference. This had a great influence on Plato's student Aristotle, in particular Aristotle's notion of the essence of a thing.[44] Main article: Term logic Aristotle The logic of Aristotle, and particularly his theory of the syllogism, has had an enormous influence in Western thought.[45] Aristotle was the first logician to attempt a systematic analysis of logical syntax, of noun (or term), and of verb. He was the first formal logician, in that he demonstrated the principles of reasoning by employing variables to show the underlying logical form of an argument.[46] He sought relations of dependence which characterize necessary inference, and distinguished the validity of these relations, from the truth of the premises. He was the first to deal with the principles of contradiction and excluded middle in a systematic way.[47] Aristotle's logic was still influential in the Renaissance. His logical works, called the Organon, are the earliest formal study of logic that have come down to modern times. Though it is difficult to determine the dates, the probable order of writing of Aristotle's logical works is: The Categories, a study of the ten kinds of primitive term. The Topics (with an appendix called On Sophistical Refutations), a discussion of dialectics. On Interpretation, an analysis of simple categorical propositions into simple terms, negation, and signs of quantity. The Prior Analytics, a formal analysis of what makes a syllogism (a valid argument, according to Aristotle). The Posterior Analytics, a study of scientific demonstration, containing Aristotle's mature views on logic. This diagram shows the contradictory relationships between categorical propositions in the square of opposition of Aristotelian logic. These works are of outstanding importance in the history of logic. In the Categories, he attempts to discern all the possible things to which a term can refer; this idea underpins his philosophical work Metaphysics, which itself had a profound influence on Western thought. He also developed a theory of non-formal logic (i.e., the theory of fallacies), which is presented in Topics and Sophistical Refutations.[47] On Interpretation contains a comprehensive treatment of the notions of opposition and conversion; chapter 7 is at the origin of the square of opposition (or logical square); chapter 9 contains the beginning of modal logic. The Prior Analytics contains his exposition of the "syllogism", where three important principles are applied for the first time in history: the use of variables, a purely formal treatment, and the use of an axiomatic system. Main article: Stoic logic The other great school of Greek logic is that of the Stoics.[48] Stoic logic traces its roots back to the late 5th century BC philosopher Euclid of Megara, a pupil of Socrates and slightly older contemporary of Plato, probably following in the tradition of Parmenides and Zeno. His pupils and successors were called "Megarians", or "Eristics", and later the "Dialecticians". The two most important dialecticians of the Megarian school were Diodorus Cronus and Philo, who were active in the late 4th century BC. Chrysippus of Soli The Stoics adopted the Megarian logic and systemized it. The most important member of the school was Chrysippus (c. 278 – c. 206 BC), who was its third head, and who formalized much of Stoic doctrine. He is supposed to have written over 700 works, including at least 300 on logic, almost none of which survive.[49][50] Unlike with Aristotle, we have no complete works by the Megarians or the early Stoics, and have to rely mostly on accounts (sometimes hostile) by later sources, including prominently Diogenes Laërtius, Sextus Empiricus, Galen, Aulus Gellius, Alexander of Aphrodisias, and Cicero.[51] Three significant contributions of the Stoic school were (i) their account of modality, (ii) their theory of the Material conditional, and (iii) their account of meaning and truth.[52] Modality. According to Aristotle, the Megarians of his day claimed there was no distinction between potentiality and actuality.[53] Diodorus Cronus defined the possible as that which either is or will be, the impossible as what will not be true, and the contingent as that which either is already, or will be false.[54] Diodorus is also famous for what is known as his Master argument, which states that each pair of the following 3 propositions contradicts the third proposition: Everything that is past is true and necessary. The impossible does not follow from the possible. What neither is nor will be is possible. Diodorus used the plausibility of the first two to prove that nothing is possible if it neither is nor will be true.[55] Chrysippus, by contrast, denied the second premise and said that the impossible could follow from the possible.[56] Conditional statements. The first logicians to debate conditional statements were Diodorus and his pupil Philo of Megara. Sextus Empiricus refers three times to a debate between Diodorus and Philo. Philo regarded a conditional as true unless it has both a true antecedent and a false consequent. Precisely, let T0 and T1 be true statements, and let F0 and F1 be false statements; then, according to Philo, each of the following conditionals is a true statement, because it is not the case that the consequent is false while the antecedent is true (it is not the case that a false statement is asserted to follow from a true statement): If T0, then T1 If F0, then T0 If F0, then F1 The following conditional does not meet this requirement, and is therefore a false statement according to Philo: If T0, then F0 Indeed, Sextus says "According to [Philo], there are three ways in which a conditional may be true, and one in which it may be false."[57] Philo's criterion of truth is what would now be called a truth-functional definition of "if ... then"; it is the definition used in modern logic. In contrast, Diodorus allowed the validity of conditionals only when the antecedent clause could never lead to an untrue conclusion.[57][58][59] Meaning and truth. The most important and striking difference between Megarian-Stoic logic and Aristotelian logic is that Megarian-Stoic logic concerns propositions, not terms, and is thus closer to modern propositional logic.[60] The Stoics distinguished between utterance (phone), which may be noise, speech (lexis), which is articulate but which may be meaningless, and discourse (logos), which is meaningful utterance. The most original part of their theory is the idea that what is expressed by a sentence, called a lekton, is something real; this corresponds to what is now called a proposition. Sextus says that according to the Stoics, three things are linked together: that which signifies, that which is signified, and the object; for example, that which signifies is the word Dion, and that which is signified is what Greeks understand but barbarians do not, and the object is Dion himself.[61] Main article: Logic in Islamic philosophy See also: Avicennian logic A text by Avicenna, founder of Avicennian logic The works of Al-Kindi, Al-Farabi, Avicenna, Al-Ghazali, Averroes and other Muslim logicians were based on Aristotelian logic and were important in communicating the ideas of the ancient world to the medieval West.[62] Al-Farabi (Alfarabi) (873–950) was an Aristotelian logician who discussed the topics of future contingents, the number and relation of the categories, the relation between logic and grammar, and non-Aristotelian forms of inference.[63] Al-Farabi also considered the theories of conditional syllogisms and analogical inference, which were part of the Stoic tradition of logic rather than the Aristotelian.[64] Maimonides (1138-1204) wrote a Treatise on Logic (Arabic: Maqala Fi-Sinat Al-Mantiq), referring to Al-Farabi as the "second master", the first being Aristotle. Ibn Sina (Avicenna) (980–1037) was the founder of Avicennian logic, which replaced Aristotelian logic as the dominant system of logic in the Islamic world,[65] and also had an important influence on Western medieval writers such as Albertus Magnus.[66] Avicenna wrote on the hypothetical syllogism[67] and on the propositional calculus, which were both part of the Stoic logical tradition.[68] He developed an original "temporally modalized" syllogistic theory, involving temporal logic and modal logic.[63] He also made use of inductive logic, such as the methods of agreement, difference, and concomitant variation which are critical to the scientific method.[67] One of Avicenna's ideas had a particularly important influence on Western logicians such as William of Ockham: Avicenna's word for a meaning or notion (ma'na), was translated by the scholastic logicians as the Latin intentio; in medieval logic and epistemology, this is a sign in the mind that naturally represents a thing.[69] This was crucial to the development of Ockham's conceptualism: A universal term (e.g., "man") does not signify a thing existing in reality, but rather a sign in the mind (intentio in intellectu) which represents many things in reality; Ockham cites Avicenna's commentary on Metaphysics V in support of this view.[70] Fakhr al-Din al-Razi (b. 1149) criticised Aristotle's "first figure" and formulated an early system of inductive logic, foreshadowing the system of inductive logic developed by John Stuart Mill (1806–1873).[71] Al-Razi's work was seen by later Islamic scholars as marking a new direction for Islamic logic, towards a Post-Avicennian logic. This was further elaborated by his student Afḍaladdîn al-Khûnajî (d. 1249), who developed a form of logic revolving around the subject matter of conceptions and assents. In response to this tradition, Nasir al-Din al-Tusi (1201–1274) began a tradition of Neo-Avicennian logic which remained faithful to Avicenna's work and existed as an alternative to the more dominant Post-Avicennian school over the following centuries.[72] The Illuminationist school was founded by Shahab al-Din Suhrawardi (1155–1191), who developed the idea of "decisive necessity", which refers to the reduction of all modalities (necessity, possibility, contingency and impossibility) to the single mode of necessity.[73] Ibn al-Nafis (1213–1288) wrote a book on Avicennian logic, which was a commentary of Avicenna's Al-Isharat (The Signs) and Al-Hidayah (The Guidance).[74] Ibn Taymiyyah (1263–1328), wrote the Ar-Radd 'ala al-Mantiqiyyin, where he argued against the usefulness, though not the validity, of the syllogism[75] and in favour of inductive reasoning.[71] Ibn Taymiyyah also argued against the certainty of syllogistic arguments and in favour of analogy; his argument is that concepts founded on induction are themselves not certain but only probable, and thus a syllogism based on such concepts is no more certain than an argument based on analogy. He further claimed that induction itself is founded on a process of analogy. His model of analogical reasoning was based on that of juridical arguments.[76][77] This model of analogy has been used in the recent work of John F. Sowa.[77] The Sharh al-takmil fi'l-mantiq written by Muhammad ibn Fayd Allah ibn Muhammad Amin al-Sharwani in the 15th century is the last major Arabic work on logic that has been studied.[78] However, "thousands upon thousands of pages" on logic were written between the 14th and 19th centuries, though only a fraction of the texts written during this period have been studied by historians, hence little is known about the original work on Islamic logic produced during this later period.[72] Brito's questions on the Old Logic "Medieval logic" (also known as "Scholastic logic") generally means the form of Aristotelian logic developed in medieval Europe throughout roughly the period 1200–1600.[1] For centuries after Stoic logic had been formulated, it was the dominant system of logic in the classical world. When the study of logic resumed after the Dark Ages, the main source was the work of the Christian philosopher Boethius, who was familiar with some of Aristotle's logic, but almost none of the work of the Stoics.[79] Until the twelfth century, the only works of Aristotle available in the West were the Categories, On Interpretation, and Boethius's translation of the Isagoge of Porphyry (a commentary on the Categories). These works were known as the "Old Logic" (Logica Vetus or Ars Vetus). An important work in this tradition was the Logica Ingredientibus of Peter Abelard (1079–1142). His direct influence was small,[80] but his influence through pupils such as John of Salisbury was great, and his method of applying rigorous logical analysis to theology shaped the way that theological criticism developed in the period that followed.[81] The proof for the principle of explosion, also known as the principle of Pseudo-Scotus, the law according to which any proposition can be proven from a contradiction (including its negation), was first given by the 12th century French logician William of Soissons. By the early thirteenth century, the remaining works of Aristotle's Organon, including the Prior Analytics, Posterior Analytics, and the Sophistical Refutations (collectively known as the Logica Nova or "New Logic"), had been recovered in the West.[82] Logical work until then was mostly paraphrasis or commentary on the work of Aristotle.[83] The period from the middle of the thirteenth to the middle of the fourteenth century was one of significant developments in logic, particularly in three areas which were original, with little foundation in the Aristotelian tradition that came before. These were:[84] The theory of supposition. Supposition theory deals with the way that predicates (e.g., 'man') range over a domain of individuals (e.g., all men).[85] In the proposition 'every man is an animal', does the term 'man' range over or 'supposit for' men existing just in the present, or does the range include past and future men? Can a term supposit for a non-existing individual? Some medievalists have argued that this idea is a precursor of modern first-order logic.[86] "The theory of supposition with the associated theories of copulatio (sign-capacity of adjectival terms), ampliatio (widening of referential domain), and distributio constitute one of the most original achievements of Western medieval logic".[87] The theory of syncategoremata. Syncategoremata are terms which are necessary for logic, but which, unlike categorematic terms, do not signify on their own behalf, but 'co-signify' with other words. Examples of syncategoremata are 'and', 'not', 'every', 'if', and so on. The theory of consequences. A consequence is a hypothetical, conditional proposition: two propositions joined by the terms 'if ... then'. For example, 'if a man runs, then God exists' (Si homo currit, Deus est).[88] A fully developed theory of consequences is given in Book III of William of Ockham's work Summa Logicae. There, Ockham distinguishes between 'material' and 'formal' consequences, which are roughly equivalent to the modern material implication and logical implication respectively. Similar accounts are given by Jean Buridan and Albert of Saxony. The last great works in this tradition are the Logic of John Poinsot (1589–1644, known as John of St Thomas), the Metaphysical Disputations of Francisco Suarez (1548–1617), and the Logica Demonstrativa of Giovanni Girolamo Saccheri (1667–1733). Dudley Fenner's Art of Logic (1584) Traditional logic generally means the textbook tradition that begins with Antoine Arnauld's and Pierre Nicole's Logic, or the Art of Thinking, better known as the Port-Royal Logic.[89] Published in 1662, it was the most influential work on logic after Aristotle until the nineteenth century.[90] The book presents a loosely Cartesian doctrine (that the proposition is a combining of ideas rather than terms, for example) within a framework that is broadly derived from Aristotelian and medieval term logic. Between 1664 and 1700, there were eight editions, and the book had considerable influence after that.[90] The Port-Royal introduces the concepts of extension and intension. The account of propositions that Locke gives in the Essay is essentially that of the Port-Royal: "Verbal propositions, which are words, [are] the signs of our ideas, put together or separated in affirmative or negative sentences. So that proposition consists in the putting together or separating these signs, according as the things which they stand for agree or disagree."[91] Dudley Fenner helped popularize Ramist logic, a reaction against Aristotle. Another influential work was the Novum Organum by Francis Bacon, published in 1620. The title translates as "new instrument". This is a reference to Aristotle's work known as the Organon. In this work, Bacon rejects the syllogistic method of Aristotle in favor of an alternative procedure "which by slow and faithful toil gathers information from things and brings it into understanding".[92] This method is known as inductive reasoning, a method which starts from empirical observation and proceeds to lower axioms or propositions; from these lower axioms, more general ones can be induced. For example, in finding the cause of a phenomenal nature such as heat, three lists should be constructed: The presence list: a list of every situation where heat is found. The absence list: a list of every situation that is similar to at least one of those of the presence list, except for the lack of heat. The variability list: a list of every situation where heat can vary. Then, the form nature (or cause) of heat may be defined as that which is common to every situation of the presence list, and which is lacking from every situation of the absence list, and which varies by degree in every situation of the variability list. Other works in the textbook tradition include Isaac Watts's Logick: Or, the Right Use of Reason (1725), Richard Whately's Logic (1826), and John Stuart Mill's A System of Logic (1843). Although the latter was one of the last great works in the tradition, Mill's view that the foundations of logic lie in introspection[93] influenced the view that logic is best understood as a branch of psychology, a view which dominated the next fifty years of its development, especially in Germany.[94] Georg Wilhelm Friedrich Hegel G.W.F. Hegel indicated the importance of logic to his philosophical system when he condensed his extensive Science of Logic into a shorter work published in 1817 as the first volume of his Encyclopaedia of the Philosophical Sciences. The "Shorter" or "Encyclopaedia" Logic, as it is often known, lays out a series of transitions which leads from the most empty and abstract of categories—Hegel begins with "Pure Being" and "Pure Nothing"—to the "Absolute", the category which contains and resolves all the categories which preceded it. Despite the title, Hegel's Logic is not really a contribution to the science of valid inference. Rather than deriving conclusions about concepts through valid inference from premises, Hegel seeks to show that thinking about one concept compels thinking about another concept (one cannot, he argues, possess the concept of "Quality" without the concept of "Quantity"); this compulsion is, supposedly, not a matter of individual psychology, because it arises almost organically from the content of the concepts themselves. His purpose is to show the rational structure of the "Absolute"—indeed of rationality itself. The method by which thought is driven from one concept to its contrary, and then to further concepts, is known as the Hegelian dialectic. Although Hegel's Logic has had little impact on mainstream logical studies, its influence can be seen elsewhere: Carl von Prantl's Geschichte der Logik im Abendland (1855–1867).[95] The work of the British Idealists, such as F. H. Bradley's Principles of Logic (1883). The economic, political, and philosophical studies of Karl Marx, and in the various schools of Marxism. Between the work of Mill and Frege stretched half a century during which logic was widely treated as a descriptive science, an empirical study of the structure of reasoning, and thus essentially as a branch of psychology.[96] The German psychologist Wilhelm Wundt, for example, discussed deriving "the logical from the psychological laws of thought", emphasizing that "psychological thinking is always the more comprehensive form of thinking."[97] This view was widespread among German philosophers of the period: Theodor Lipps described logic as "a specific discipline of psychology".[98] Christoph von Sigwart understood logical necessity as grounded in the individual's compulsion to think in a certain way.[99] Benno Erdmann argued that "logical laws only hold within the limits of our thinking".[100] Such was the dominant view of logic in the years following Mill's work.[101] This psychological approach to logic was rejected by Gottlob Frege. It was also subjected to an extended and destructive critique by Edmund Husserl in the first volume of his Logical Investigations (1900), an assault which has been described as "overwhelming".[102] Husserl argued forcefully that grounding logic in psychological observations implied that all logical truths remained unproven, and that skepticism and relativism were unavoidable consequences. Such criticisms did not immediately extirpate what is called "psychologism". For example, the American philosopher Josiah Royce, while acknowledging the force of Husserl's critique, remained "unable to doubt" that progress in psychology would be accompanied by progress in logic, and vice versa.[103] The period between the fourteenth century and the beginning of the nineteenth century had been largely one of decline and neglect, and is generally regarded as barren by historians of logic.[2] The revival of logic occurred in the mid-nineteenth century, at the beginning of a revolutionary period where the subject developed into a rigorous and formalistic discipline whose exemplar was the exact method of proof used in mathematics. The development of the modern "symbolic" or "mathematical" logic during this period is the most significant in the 2000-year history of logic, and is arguably one of the most important and remarkable events in human intellectual history.[4] A number of features distinguish modern logic from the old Aristotelian or traditional logic, the most important of which are as follows:[104] Modern logic is fundamentally a calculus whose rules of operation are determined only by the shape and not by the meaning of the symbols it employs, as in mathematics. Many logicians were impressed by the "success" of mathematics, in that there had been no prolonged dispute about any truly mathematical result. C. S. Peirce noted[105] that even though a mistake in the evaluation of a definite integral by Laplace led to an error concerning the moon's orbit that persisted for nearly 50 years, the mistake, once spotted, was corrected without any serious dispute. Peirce contrasted this with the disputation and uncertainty surrounding traditional logic, and especially reasoning in metaphysics. He argued that a truly "exact" logic would depend upon mathematical, i.e., "diagrammatic" or "iconic" thought. "Those who follow such methods will ... escape all error except such as will be speedily corrected after it is once suspected". Modern logic is also "constructive" rather than "abstractive"; i.e., rather than abstracting and formalising theorems derived from ordinary language (or from psychological intuitions about validity), it constructs theorems by formal methods, then looks for an interpretation in ordinary language. It is entirely symbolic, meaning that even the logical constants (which the medieval logicians called "syncategoremata") and the categoric terms are expressed in symbols. See also: History of mathematical logic The development of modern logic falls into roughly five periods:[106] The embryonic period from Leibniz to 1847, when the notion of a logical calculus was discussed and developed, particularly by Leibniz, but no schools were formed, and isolated periodic attempts were abandoned or went unnoticed. The algebraic period from Boole's Analysis to Schröder's Vorlesungen. In this period, there were more practitioners, and a greater continuity of development. The logicist period from the Begriffsschrift of Frege to the Principia Mathematica of Russell and Whitehead. The aim of the "logicist school" was to incorporate the logic of all mathematical and scientific discourse in a single unified system which, taking as a fundamental principle that all mathematical truths are logical, did not accept any non-logical terminology. The major logicists were Frege, Russell, and the early Wittgenstein.[107] It culminates with the Principia, an important work which includes a thorough examination and attempted solution of the antinomies which had been an obstacle to earlier progress. The metamathematical period from 1910 to the 1930s, which saw the development of metalogic, in the finitist system of Hilbert, and the non-finitist system of Löwenheim and Skolem, the combination of logic and metalogic in the work of Gödel and Tarski. Gödel's incompleteness theorem of 1931 was one of the greatest achievements in the history of logic. Later in the 1930s, Gödel developed the notion of set-theoretic constructibility. The period after World War II, when mathematical logic branched into four inter-related but separate areas of research: model theory, proof theory, computability theory, and set theory, and its ideas and methods began to influence philosophy. Leibniz The idea that inference could be represented by a purely mechanical process is found as early as Raymond Llull, who proposed a (somewhat eccentric) method of drawing conclusions by a system of concentric rings. The work of logicians such as the Oxford Calculators[108] led to a method of using letters instead of writing out logical calculations (calculationes) in words, a method used, for instance, in the Logica magna by Paul of Venice. Three hundred years after Llull, the English philosopher and logician Thomas Hobbes suggested that all logic and reasoning could be reduced to the mathematical operations of addition and subtraction.[109] The same idea is found in the work of Leibniz, who had read both Llull and Hobbes, and who argued that logic can be represented through a combinatorial process or calculus. But, like Llull and Hobbes, he failed to develop a detailed or comprehensive system, and his work on this topic was not published until long after his death. Leibniz says that ordinary languages are subject to "countless ambiguities" and are unsuited for a calculus, whose task is to expose mistakes in inference arising from the forms and structures of words;[110] hence, he proposed to identify an alphabet of human thought comprising fundamental concepts which could be composed to express complex ideas,[111] and create a calculus ratiocinator that would make all arguments "as tangible as those of the Mathematicians, so that we can find our error at a glance, and when there are disputes among persons, we can simply say: Let us calculate."[112] Gergonne (1816) said that reasoning does not have to be about objects about which one has perfectly clear ideas, because algebraic operations can be carried out without having any idea of the meaning of the symbols involved.[113] Bolzano anticipated a fundamental idea of modern proof theory when he defined logical consequence or "deducibility" in terms of variables:[114]Hence I say that propositions M {\displaystyle M} , N {\displaystyle N} , O {\displaystyle O} ,... are deducible from propositions A {\displaystyle A} , B {\displaystyle B} , C {\displaystyle C} , D {\displaystyle D} ,... with respect to variable parts i {\displaystyle i} , j {\displaystyle j} ,..., if every class of ideas whose substitution for i {\displaystyle i} , j {\displaystyle j} ,... makes all of A {\displaystyle A} , B {\displaystyle B} , C {\displaystyle C} , D {\displaystyle D} ,... true, also makes all of M {\displaystyle M} , N {\displaystyle N} , O {\displaystyle O} ,... true. Occasionally, since it is customary, I shall say that propositions M {\displaystyle M} , N {\displaystyle N} , O {\displaystyle O} ,... follow, or can be inferred or derived, from A {\displaystyle A} , B {\displaystyle B} , C {\displaystyle C} , D {\displaystyle D} ,.... Propositions A {\displaystyle A} , B {\displaystyle B} , C {\displaystyle C} , D {\displaystyle D} ,... I shall call the premises, M {\displaystyle M} , N {\displaystyle N} , O {\displaystyle O} ,... the conclusions.This is now known as semantic validity. George Boole Modern logic begins with what is known as the "algebraic school", originating with Boole and including Peirce, Jevons, Schröder, and Venn.[115] Their objective was to develop a calculus to formalise reasoning in the area of classes, propositions, and probabilities. The school begins with Boole's seminal work Mathematical Analysis of Logic which appeared in 1847, although De Morgan (1847) is its immediate precursor.[116] The fundamental idea of Boole's system is that algebraic formulae can be used to express logical relations. This idea occurred to Boole in his teenage years, working as an usher in a private school in Lincoln, Lincolnshire.[117] For example, let x and y stand for classes, let the symbol = signify that the classes have the same members, xy stand for the class containing all and only the members of x and y and so on. Boole calls these elective symbols, i.e. symbols which select certain objects for consideration.[118] An expression in which elective symbols are used is called an elective function, and an equation of which the members are elective functions, is an elective equation.[119] The theory of elective functions and their "development" is essentially the modern idea of truth-functions and their expression in disjunctive normal form.[118] Boole's system admits of two interpretations, in class logic, and propositional logic. Boole distinguished between "primary propositions" which are the subject of syllogistic theory, and "secondary propositions", which are the subject of propositional logic, and showed how under different "interpretations" the same algebraic system could represent both. An example of a primary proposition is "All inhabitants are either Europeans or Asiatics." An example of a secondary proposition is "Either all inhabitants are Europeans or they are all Asiatics."[120] These are easily distinguished in modern predicate logic, where it is also possible to show that the first follows from the second, but it is a significant disadvantage that there is no way of representing this in the Boolean system.[121] In his Symbolic Logic (1881), John Venn used diagrams of overlapping areas to express Boolean relations between classes or truth-conditions of propositions. In 1869 Jevons realised that Boole's methods could be mechanised, and constructed a "logical machine" which he showed to the Royal Society the following year.[118] In 1885 Allan Marquand proposed an electrical version of the machine that is still extant (picture at the Firestone Library). Charles Sanders Peirce The defects in Boole's system (such as the use of the letter v for existential propositions) were all remedied by his followers. Jevons published Pure Logic, or the Logic of Quality apart from Quantity in 1864, where he suggested a symbol to signify exclusive or, which allowed Boole's system to be greatly simplified.[122] This was usefully exploited by Schröder when he set out theorems in parallel columns in his Vorlesungen (1890–1905). Peirce (1880) showed how all the Boolean elective functions could be expressed by the use of a single primitive binary operation, "neither ... nor ..." and equally well "not both ... and ...",[123] however, like many of Peirce's innovations, this remained unknown or unnoticed until Sheffer rediscovered it in 1913.[124] Boole's early work also lacks the idea of the logical sum which originates in Peirce (1867), Schröder (1877) and Jevons (1890),[125] and the concept of inclusion, first suggested by Gergonne (1816) and clearly articulated by Peirce (1870). Boolean multiples The success of Boole's algebraic system suggested that all logic must be capable of algebraic representation, and there were attempts to express a logic of relations in such form, of which the most ambitious was Schröder's monumental Vorlesungen über die Algebra der Logik ("Lectures on the Algebra of Logic", vol iii 1895), although the original idea was again anticipated by Peirce.[126] Boole's unwavering acceptance of Aristotle's logic is emphasized by the historian of logic John Corcoran in an accessible introduction to Laws of Thought.[127] Corcoran also wrote a point-by-point comparison of Prior Analytics and Laws of Thought.[128] According to Corcoran, Boole fully accepted and endorsed Aristotle's logic. Boole's goals were "to go under, over, and beyond" Aristotle's logic by 1) providing it with mathematical foundations involving equations, 2) extending the class of problems it could treat—from assessing validity to solving equations—and 3) expanding the range of applications it could handle—e.g. from propositions having only two terms to those having arbitrarily many. More specifically, Boole agreed with what Aristotle said; Boole's 'disagreements', if they might be called that, concern what Aristotle did not say. First, in the realm of foundations, Boole reduced the four propositional forms of Aristotelian logic to formulas in the form of equations—by itself a revolutionary idea. Second, in the realm of logic's problems, Boole's addition of equation solving to logic—another revolutionary idea—involved Boole's doctrine that Aristotle's rules of inference (the "perfect syllogisms") must be supplemented by rules for equation solving. Third, in the realm of applications, Boole's system could handle multi-term propositions and arguments whereas Aristotle could handle only two-termed subject-predicate propositions and arguments. For example, Aristotle's system could not deduce "No quadrangle that is a square is a rectangle that is a rhombus" from "No square that is a quadrangle is a rhombus that is a rectangle" or from "No rhombus that is a rectangle is a square that is a quadrangle". Gottlob Frege. After Boole, the next great advances were made by the German mathematician Gottlob Frege. Frege's objective was the program of Logicism, i.e. demonstrating that arithmetic is identical with logic.[129] Frege went much further than any of his predecessors in his rigorous and formal approach to logic, and his calculus or Begriffsschrift is important.[129] Frege also tried to show that the concept of number can be defined by purely logical means, so that (if he was right) logic includes arithmetic and all branches of mathematics that are reducible to arithmetic. He was not the first writer to suggest this. In his pioneering work Die Grundlagen der Arithmetik (The Foundations of Arithmetic), sections 15–17, he acknowledges the efforts of Leibniz, J. S. Mill as well as Jevons, citing the latter's claim that "algebra is a highly developed logic, and number but logical discrimination."[130] Frege's first work, the Begriffsschrift ("concept script") is a rigorously axiomatised system of propositional logic, relying on just two connectives (negational and conditional), two rules of inference (modus ponens and substitution), and six axioms. Frege referred to the "completeness" of this system, but was unable to prove this.[131] The most significant innovation, however, was his explanation of the quantifier in terms of mathematical functions. Traditional logic regards the sentence "Caesar is a man" as of fundamentally the same form as "all men are mortal." Sentences with a proper name subject were regarded as universal in character, interpretable as "every Caesar is a man".[132] At the outset Frege abandons the traditional "concepts subject and predicate", replacing them with argument and function respectively, which he believes "will stand the test of time. It is easy to see how regarding a content as a function of an argument leads to the formation of concepts. Furthermore, the demonstration of the connection between the meanings of the words if, and, not, or, there is, some, all, and so forth, deserves attention".[133] Frege argued that the quantifier expression "all men" does not have the same logical or semantic form as "all men", and that the universal proposition "every A is B" is a complex proposition involving two functions, namely ' – is A' and ' – is B' such that whatever satisfies the first, also satisfies the second. In modern notation, this would be expressed as ∀ x (A (x) → B (x)) {\displaystyle \forall \;x{\big (}A(x)\rightarrow B(x){\big)}} In English, "for all x, if Ax then Bx". Thus only singular propositions are of subject-predicate form, and they are irreducibly singular, i.e. not reducible to a general proposition. Universal and particular propositions, by contrast, are not of simple subject-predicate form at all. If "all mammals" were the logical subject of the sentence "all mammals are land-dwellers", then to negate the whole sentence we would have to negate the predicate to give "all mammals are not land-dwellers". But this is not the case.[134] This functional analysis of ordinary-language sentences later had a great impact on both philosophy and linguistics. This means that in Frege's calculus, Boole's "primary" propositions can be represented in a different way from "secondary" propositions. "All inhabitants are either men or women" is Frege's "Concept Script" ∀ x (I (x) → (M (x) ∨ W (x))) {\displaystyle \forall \;x{\Big (}I(x)\rightarrow {\big (}M(x)\lor W(x){\big)}{\Big)}} whereas "All the inhabitants are men or all the inhabitants are women" is ∀ x (I (x) → M (x)) ∨ ∀ x (I (x) → W (x)) {\displaystyle \forall \;x{\big (}I(x)\rightarrow M(x){\big)}\lor \forall \;x{\big (}I(x)\rightarrow W(x){\big)}} As Frege remarked in a critique of Boole's calculus: "The real difference is that I avoid [the Boolean] division into two parts ... and give a homogeneous presentation of the lot. In Boole the two parts run alongside one another, so that one is like the mirror image of the other, but for that very reason stands in no organic relation to it."[135] As well as providing a unified and comprehensive system of logic, Frege's calculus also resolved the ancient problem of multiple generality. The ambiguity of "every girl kissed a boy" is difficult to express in traditional logic, but Frege's logic resolves this through the different scope of the quantifiers. Thus ∀ x (G (x) → ∃ y (B (y) ∧ K (x , y))) {\displaystyle \forall \;x{\Big (}G(x)\rightarrow \exists \;y{\big (}B(y)\land K(x,y){\big)}{\Big)}} Peano means that to every girl there corresponds some boy (any one will do) who the girl kissed. But ∃ x (B (x) ∧ ∀ y (G (y) → K (y , x))) {\displaystyle \exists \;x{\Big (}B(x)\land \forall \;y{\big (}G(y)\rightarrow K(y,x){\big)}{\Big)}} means that there is some particular boy whom every girl kissed. Without this device, the project of logicism would have been doubtful or impossible. Using it, Frege provided a definition of the ancestral relation, of the many-to-one relation, and of mathematical induction.[136] Ernst Zermelo This period overlaps with the work of what is known as the "mathematical school", which included Dedekind, Pasch, Peano, Hilbert, Zermelo, Huntington, Veblen and Heyting. Their objective was the axiomatisation of branches of mathematics like geometry, arithmetic, analysis and set theory. Most notable was Hilbert's Program, which sought to ground all of mathematics to a finite set of axioms, proving its consistency by "finitistic" means and providing a procedure which would decide the truth or falsity of any mathematical statement. The standard axiomatization of the natural numbers is named the Peano axioms eponymously. Peano maintained a clear distinction between mathematical and logical symbols. While unaware of Frege's work, he independently recreated his logical apparatus based on the work of Boole and Schröder.[137] The logicist project received a near-fatal setback with the discovery of a paradox in 1901 by Bertrand Russell. This proved Frege's naive set theory led to a contradiction. Frege's theory contained the axiom that for any formal criterion, there is a set of all objects that meet the criterion. Russell showed that a set containing exactly the sets that are not members of themselves would contradict its own definition (if it is not a member of itself, it is a member of itself, and if it is a member of itself, it is not).[138] This contradiction is now known as Russell's paradox. One important method of resolving this paradox was proposed by Ernst Zermelo.[139] Zermelo set theory was the first axiomatic set theory. It was developed into the now-canonical Zermelo–Fraenkel set theory (ZF). Russell's paradox symbolically is as follows: Let R = { x | x ∉ x } , then R ∈ R ⟺ R ∉ R {\displaystyle {\text{Let }}R=\{x\mid x\ot \in x\}{\text{, then }}R\in R\iff R\not \in R} The monumental Principia Mathematica, a three-volume work on the foundations of mathematics, written by Russell and Alfred North Whitehead and published 1910–1913 also included an attempt to resolve the paradox, by means of an elaborate system of types: a set of elements is of a different type than is each of its elements (set is not the element; one element is not the set) and one cannot speak of the "set of all sets". The Principia was an attempt to derive all mathematical truths from a well-defined set of axioms and inference rules in symbolic logic. Kurt Gödel The names of Gödel and Tarski dominate the 1930s,[140] a crucial period in the development of metamathematics—the study of mathematics using mathematical methods to produce metatheories, or mathematical theories about other mathematical theories. Early investigations into metamathematics had been driven by Hilbert's program. Work on metamathematics culminated in the work of Gödel, who in 1929 showed that a given first-order sentence is deducible if and only if it is logically valid—i.e. it is true in every structure for its language. This is known as Gödel's completeness theorem. A year later, he proved two important theorems, which showed Hibert's program to be unattainable in its original form. The first is that no consistent system of axioms whose theorems can be listed by an effective procedure such as an algorithm or computer program is capable of proving all facts about the natural numbers. For any such system, there will always be statements about the natural numbers that are true, but that are unprovable within the system. The second is that if such a system is also capable of proving certain basic facts about the natural numbers, then the system cannot prove the consistency of the system itself. These two results are known as Gödel's incompleteness theorems, or simply Gödel's Theorem. Later in the decade, Gödel developed the concept of set-theoretic constructibility, as part of his proof that the axiom of choice and the continuum hypothesis are consistent with Zermelo–Fraenkel set theory. In proof theory, Gerhard Gentzen developed natural deduction and the sequent calculus. The former attempts to model logical reasoning as it 'naturally' occurs in practice and is most easily applied to intuitionistic logic, while the latter was devised to clarify the derivation of logical proofs in any formal system. Since Gentzen's work, natural deduction and sequent calculi have been widely applied in the fields of proof theory, mathematical logic and computer science. Gentzen also proved normalization and cut-elimination theorems for intuitionistic and classical logic which could be used to reduce logical proofs to a normal form.[141] Alfred Tarski Alfred Tarski, a pupil of Łukasiewicz, is best known for his definition of truth and logical consequence, and the semantic concept of logical satisfaction. In 1933, he published (in Polish) The concept of truth in formalized languages, in which he proposed his semantic theory of truth: a sentence such as "snow is white" is true if and only if snow is white. Tarski's theory separated the metalanguage, which makes the statement about truth, from the object language, which contains the sentence whose truth is being asserted, and gave a correspondence (the T-schema) between phrases in the object language and elements of an interpretation. Tarski's approach to the difficult idea of explaining truth has been enduringly influential in logic and philosophy, especially in the development of model theory.[142] Tarski also produced important work on the methodology of deductive systems, and on fundamental principles such as completeness, decidability, consistency and definability. According to Anita Feferman, Tarski "changed the face of logic in the twentieth century".[143] Alonzo Church and Alan Turing proposed formal models of computability, giving independent negative solutions to Hilbert's Entscheidungsproblem in 1936 and 1937, respectively. The Entscheidungsproblem asked for a procedure that, given any formal mathematical statement, would algorithmically determine whether the statement is true. Church and Turing proved there is no such procedure; Turing's paper introduced the halting problem as a key example of a mathematical problem without an algorithmic solution. Church's system for computation developed into the modern λ-calculus, while the Turing machine became a standard model for a general-purpose computing device. It was soon shown that many other proposed models of computation were equivalent in power to those proposed by Church and Turing. These results led to the Church–Turing thesis that any deterministic algorithm that can be carried out by a human can be carried out by a Turing machine. Church proved additional undecidability results, showing that both Peano arithmetic and first-order logic are undecidable. Later work by Emil Post and Stephen Cole Kleene in the 1940s extended the scope of computability theory and introduced the concept of degrees of unsolvability. The results of the first few decades of the twentieth century also had an impact upon analytic philosophy and philosophical logic, particularly from the 1950s onwards, in subjects such as modal logic, temporal logic, deontic logic, and relevance logic. Saul Kripke After World War II, mathematical logic branched into four inter-related but separate areas of research: model theory, proof theory, computability theory, and set theory.[144] In set theory, the method of forcing revolutionized the field by providing a robust method for constructing models and obtaining independence results. Paul Cohen introduced this method in 1963 to prove the independence of the continuum hypothesis and the axiom of choice from Zermelo–Fraenkel set theory.[145] His technique, which was simplified and extended soon after its introduction, has since been applied to many other problems in all areas of mathematical logic. Computability theory had its roots in the work of Turing, Church, Kleene, and Post in the 1930s and 40s. It developed into a study of abstract computability, which became known as recursion theory.[146] The priority method, discovered independently by Albert Muchnik