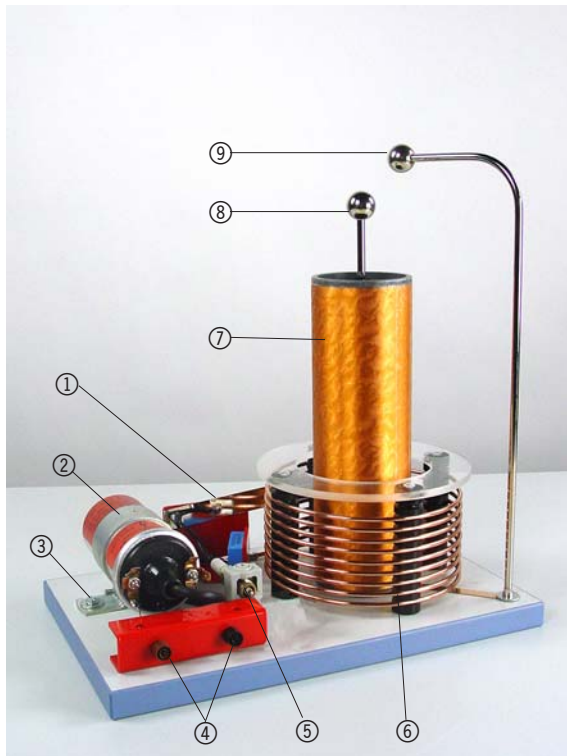


Tesla-Transformator 8496250

Bedienungsanleitung

4/9/05 LW/ALF



- ① Spulenabgriff
- ② Zündspule
- ③ Grundplatte
- ④ 4-mm Sicherheitsbuchsen
- ⑤ Funkenstrecke (Zündkerze)
- ⑥ Primärspule
- ⑦ Sekundärspule
- ⑧ Kugelelektrode, kurz
- ⑨ Kugelelektrode, lang

Der Tesla Transformator dient der Demonstration und Untersuchung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten hochfrequenter elektromagnetischer Wellen. Im Einzelnen ermöglicht der ELWE-Tesla-Transformator die Demonstration folgender Phänomene:

- Erzeugung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen in einem Schwingkreis geringer Induktivität und Kapazität
- Abschirmung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen
- Berührungsloses Leuchten einer Leuchtstofflampe im hochfrequenten Feld
- Koronaentladung
- Funkenentladung
- Drahtlose Energieübertragung durch Hertzsche Wellen

- Durchdringungsfähigkeit und Absorption Hertzscher Wellen
- Stehende Wellen auf einer Tesla-Spule

1. Sicherheitshinweise

- Vorsicht! Umsichtiges Experimentieren von befähigtem Fachpersonal erforderlich! Lehrerexperiment!
- Betrieb nur im Innenbereich!
- Der Betrieb des Tesla-Transformators darf ausschließlich entsprechend dieser Beschreibung mit dem mitgelieferten Zubehör erfolgen!
- Der Tesla-Transformator erzeugt hochfrequente elektromagnetische Wellen. Wegen der großen Bandbreite kann der Transformator empfindliche elektronische Geräte in unmittelbarer Nähe stören oder zerstören. Deshalb dürfen solche Geräte nur

im Abstand von mindestens fünf Metern aufgestellt werden.

- Die vom Teslatransformator ausgestrahlten Frequenzen liegen im Bereich zahlreicher Funkfrequenzen. Die Inbetriebnahme darf daher nur kurzzeitig für Ausbildungszwecke erfolgen.
- Wenn sich Personen mit Herzschrittmachern und anderen elektronischen Steuergeräten in der Nähe des Tesla-Transformators aufhalten, darf dieser nicht in Betrieb genommen werden. Lebensgefahr!
- Es darf kein Betrieb des Gerätes durch schockgefährdete (kranke) Menschen erfolgen!
- Keine Experimente an Tieren oder anderen Lebewesen mit dem Tesla-Transformator durchführen!
- Der Teslatrafo darf mit keinen Flüssigkeiten in Berührung kommen oder feucht werden!
- Bei Beschädigungen oder Fehlern den Tesla-Trafo nicht selbst reparieren!
- Es dürfen keine Metall- oder andere leitende Teile des Tesla-Transformators berührt werden. Von der Hochspannungsspule ist ein Sicherheitsabstand von 20 cm einzuhalten, um Funkenüberschläge zu vermeiden.
- Nicht in der Nähe von feuergefährlichen Materialien oder entzündlichen Flüssigkeiten und Gasen bzw. Dämpfen verwenden - Funkenbildung!
- Bei der Entwicklung des Tesla-Transformators wurde ein optimaler Kompromiss zwischen seiner Leistungsfähigkeit und Universalität seines Einsatzes bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen geschlossen.
- Auf einen absoluten Berührungsschutz der Spannung führenden Teile wurde bewusst verzichtet, damit die Schüler Aufbau und Wirkungsweise des Gerätes in allen Details gut erkennen können.
- Die Sicherheit des Experimentierenden ist in jeder Hinsicht vollständig garantiert, wenn Veränderungen am Tesla-Transformator (Variieren der Primärwindungszahl) und an der experimentellen Anordnung nur bei ausgeschaltetem Gerät vorgenommen werden. Es besteht bei keinem Experiment die Notwendigkeit, bei angelegter Spannung am Tesla-Transformator Teile des Transformators oder der Experimentieranordnung zu berühren.
- Die Eingangsspannung des Teslatransformators bereitet in ihrer Handhabung keinerlei Sicherheitsrisiko (20 V), die Primärstromstärke (3 A) ebenfalls nicht.
- Entsprechendes gilt für die Ausgangsspannung und Stromstärke. Die Sekundärspannung hat eine Frequenz von 200 kHz bis 1200 kHz. bei einer Spannung von ca. 100 000 V. Die maximale Stromstärke liegt bei etwa 0,08 mA.

2. Aufbau

Die Sekundärspule wird zentrisch in die Primärspule eingeführt und eingesteckt. Man schließt den Tesla-Transformator über die Anschlussbuchsen (4) an eine Wechselspannungsquelle an.

2.1 Lieferumfang

1 Tesla-Transformator	8496252
1 Kugelelektrode, kurz	8496258
1 Kugelelektrode, lang	8496260
1 Nadelelektrode mit Sprührad	8496262
1 Handspule	8496254
1 Sekundärspule	8496258
1 Leuchtstoffröhre mit Halterung	8496264
1 Reflektor	8496266

2.2 Empfohlenes Zubehör:

Sekundärspule mit Halterung	8496255
-----------------------------	---------

2.3 Technische Daten

Abmessugnen Transformator:	330 mm x 200 mm x 120 mm
Abmessungen Sekundärspule:	240 mm x 75 mm Ø
Masse Transformator:	ca. 3 kg
Windungszahl Primärspule:	9
Windungszahl Sekundärspule:	1150
Primärspannung:	20 V AC
Sekundärspannung:	ca. 100 kV

3. Funktionsprinzip

Mit einer Halbwelle der Versorgungsspannung wird über die Zündspule ein Kondensator geladen, der sich über die Funkenstrecke (Zündkerze) und die Primärwicklung des Tesla-Transformators entlädt.

An der Primärwicklung entsteht eine gedämpfte Schwingung, die Energie auf die Sekundärspule überträgt. Dort entsteht eine elektromagnetische Schwingung im Bereich von 200 kHz bis 1200 kHz.

In der Sekundärspule entsteht eine hochfrequente Hochspannung von mehr als 100 kV. Dabei schwingt die Sekundärspule in Resonanz zum Schwingkreis.

4. Bedienung

- Bei allen nachstehend beschriebenen Experimenten ist ein Netzgerät mit einstellbarer Wechselspannung von 15 ... 24 V (max. 4 A) erforderlich (z.B. 8521153). Zur Inbetriebnahme wird die Versorgungsspannung erhöht, bis an der Zündkerze eine periodische Funkenentladung eintritt.
- Das Gerät ist nicht für Dauerbetrieb geeignet. Nach 5 Minuten Betriebsdauer sollte eine Abkühlung von mindestens 15 Minuten eingehalten werden.

5. Experimente

5.1 Abschirmung elektromagnetischer Schwingungen

- Der Tesla-Transformator wird ohne Sekundärspule betrieben. Auf den Kunststoffring der Primärspule wird die Handspule 8496254 gelegt.
- Der Abgriff der Primärspule ist auf höchste Position zu bringen. Nach der Inbetriebnahme des Tes-

la-Transformators wird in der Handspule eine Spannung induziert (Leuchten der Glühlampe).

- Danach wird zwischen Primärspule und Handspule der Reflektor 8496266 geschoben. Die Aluminiumfolie schirmt die elektromagnetischen Schwingungen ab. Die Lampe an der Handspule leuchtet nicht mehr.

5.2 Thomsonsche Schwingungsgleichung

- Der Tesla-Transformator wird mit einer Sekundärspule 8496256 betrieben. In die Buchse an der Oberseite wird die Nadelelektrode 8496262 gesteckt.
- Nach dem Anlegen der Spannung tritt an der Nadelspitze eine Koronaentladung auf. Durch Variieren der Abgriffposition (Veränderung der Primärspuleninduktivität) wird das Maximum der Entladung eingestellt. (Spannungsüberhöhung bei Resonanz).
- Danach werden zwei Sekundärspulen übereinander gesteckt und in die obere Spule die Nadelelektrode eingesetzt.
- Die Resonanz tritt bei höherer Primärwindungszahl auf, da das Sekundärspulenpaar jetzt die doppelte Windungszahl besitzt. Die Eigenfrequenz ist dadurch geringer geworden.
- Durch Vergrößern der Windungszahl des Schwingungskreises verringert sich die Resonanzfrequenz.

5.3 Korona-Entladung

- Der Tesla-Transformator wird mit zwei Sekundärspulen und aufgesetzter Nadelelektrode betrieben.
- Die Windungszahl der Schwingkreisspule wird auf 7 eingestellt. An der Spitze der Nadel tritt eine Koronaentladung infolge der hohen Spannung auf.

5.4 Elektrischer Wind

- Der Transformator wird mit einer Sekundärspule bei einer Primärwindungszahl von 4 betrieben. Auf die Sekundärspule wird die Nadelelektrode mit Sprührad 8496262 gesetzt.
- Die Enden des S-förmigen Sprührades laufen spitz aus. Dort treten infolge der hohen elektrischen Feldstärke Elektronen aus Sie lagern sich an Luftmoleküle an, die abgestoßen werden. Die Bewegung der Luftmoleküle bewirkt einen Rückstoß, welcher das Rad in Bewegung setzt.

5.5 Funkenentladung

- Der Transformator wird mit nur einer Sekundärspule bei einer Primärwindungszahl von 4 betrie-

ben. Auf die Sekundärspule wird die Nadelelektrode gesetzt.

- In die zweite Erdungsbuchse wird die lange Kugelelektrode 8496260 gesteckt und deren Kugel zur Nadelspitze hin ausgerichtet.
- Zwischen Kugel und Nadelspitze springen lebhaft einige Zentimeter lange Funken über.

5.6 Drahtlose Energieübertragung

- Der Transformator wird mit einer Sekundärspule und aufgesteckter Kugelelektrode 8496258 betrieben.
- Eine zweite Sekundärspule wird mit Aufstellfuß 8496257 und Halterung für Leuchtstoffröhre 8496264 in ca. 1 m Abstand vom Tesla-Transformator aufgestellt.
- Die Erdungsbuchsen zwischen Aufstellfuß und Tesla-Transformator sind mit einer Labor-Leitung zu verbinden.
- Nach der Inbetriebnahme des Tesla-Transformators ist im teilweise abgedunkelten Raum ein Leuchten der Röhre erkennbar. Es findet eine drahtlose Energieübertragung zwischen den Spulen statt.
- Mit dem Reflektor 8496266, zwischen den Spulen aufgestellt, kann die abschirmende Wirkung der Metallfolie demonstriert werden.

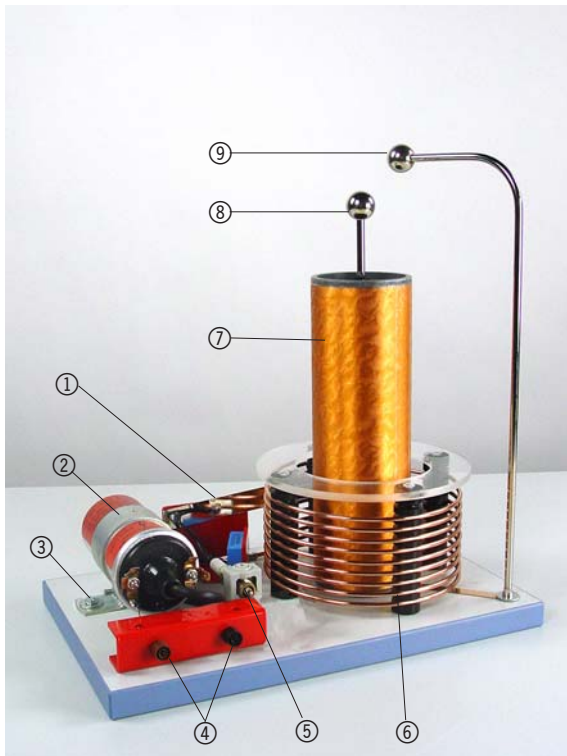
5.7 Stehende Wellen auf der Tesla-Spule

- Der Tesla-Transformator wird mit zwei verbundenen Spulen betrieben. Am oberen Ende befindet sich die kleine Kugelelektrode. Die Primärwindungszahl wird auf 8 eingestellt.
- Man führt die Handspule von oben her über das Spulenpaar langsam nach unten. Mit zunehmender Tiefe leuchtet die Lampe heller. Die Sekundärspule schwingt als $\lambda/4$ -Dipol. Am oberen Ende tritt ein Stromknoten auf, am unteren Ende ein Strombauch.
- Man verringert die Windungszahl der Primärspule auf 3 und führt wiederum die Handspule vom oberen Ende der Tesla-Spule langsam nach unten. Am oberen Ende tritt ein Stromknoten auf, die Glühlampe leuchtet nicht oder schwach.
- Beim weiterem Bewegen nach unten sind noch zwei Schwingungsbäuche und ein Schwingungsknoten nachweisbar. Die Tesla-Spule schwingt als $3/4\lambda$ Dipol.

Tesla-Transformer 8496250

Instruction Sheet

4/9/05 LW/ALF



- ① Coil tap
- ② Ignition coil
- ③ Base plate
- ④ 4-mm safety sockets
- ⑤ Spark gap (spark plug)
- ⑥ Primary coil
- ⑦ Secondary coil
- ⑧ Spherical electrode, short
- ⑨ Spherical electrode, long

The Tesla transformer is for demonstration and study of physical laws relating to high-frequency electromagnetic waves.

In detail, the ELWE Tesla transformer allows the following phenomena to be demonstrated:

- Generation of high-frequency electromagnetic oscillations in a resonant circuit with low inductance and capacitance
- Shielding for high-frequency electromagnetic oscillations
- Illumination of a fluorescent lamp in a high-frequency field with no electrical contact
- Corona discharge
- Spark discharge
- Wireless energy transmission via Hertz waves

- Penetration and absorption of Hertz waves
- Standing waves in a Tesla coil

1. Safety instructions

- Caution! It is essential that experiments be performed with care by trained technical staff. The experiment is to be performed by teachers.
- Only to be operated indoors
- The Tesla transformer may only be operated exclusively as described in this manual using the supplied accessories.
- The Tesla transformer produces high-frequency electromagnetic waves. Due to its large bandwidth the transformer can interfere with or damage sensitive electronic equipment in close proximity to

it. Such equipment should therefore be placed at least 5 meters away from the transformer.

- The frequencies emitted by the Tesla transformer cover many radio frequency bands. The equipment may therefore be used only for brief periods for educational demonstration purposes.
- If there are people with cardiac pacemakers or other electronic control units close to the Tesla transformer, the transformer may not be put into operation. This could result in death.
- The equipment may not be used by persons to whom electrical shocks pose a serious danger (people who are ill).
- The Tesla transformer may not be used for experiments on animals or any other living creatures.
- The Tesla transformer may not come into contact with any fluid or become damp in any way.
- Do not try to repair any faults or damage to the Tesla transformer yourself.
- The Tesla transformer may not come into contact with any metal or other conductors. A safe distance of 20 cm from the high-voltage coil must be maintained at all times in order to prevent the crossing of sparks.
- Do not use in the proximity of flammable materials or volatile liquids, gases or vapours. The equipment generates sparks.
- The design of the Tesla transformer involved the best compromise between performance and universality of use whilst maintaining the required safety.
- Safety equipment to prevent any contact with the high-voltage components has been deliberately omitted so that students can see the design and operation of the device in full detail.
- The safety of those performing the experiments is thoroughly guaranteed if changes to the Tesla transformer (modifications to the number of windings in the primary coil) and the experiment set-up are only made when the equipment is switched off.

There is no need to touch parts of the transformer or the experiment set-up while voltage is being applied during any of the experiments.

- The input voltage for the Tesla transformer (20V) can be handled with no risk to safety at all. The primary current (3 A) is also safe.
- This is also true of the output voltage. The secondary voltage has a frequency between 200 kHz and 1200 kHz at a voltage of approximately 100 000 V. The maximum current is about 0.08 mA.

2. Design

The secondary coil is inserted concentrically into the primary coil. The Tesla transformer is connected to an AC supply via the connection sockets (4).

2.1 Scope of delivery

1 Tesla transformer	8496252
1 Spherical electrode, short	8496258
1 Spherical electrode, long	8496260
1 Needle electrode with spin electrode	8496262
1 Hand coil	8496254
1 Secondary coil	8496258
1 Fluorescent lamp with holder	8496264
1 Reflector	8496266

2.2 Recommended accessories:

Secondary coil with holder	8496255
----------------------------	---------

2.3 Technical data

Transformer dimensions:	330 mm x 200 mm x 120 mm
Secondary coil dimensions:	240 mm x 75 mm Ø
Transformer weight:	3 kg approx.
No. of windings in primary coil:	9
No. of windings in secondary coil:	1150
Primary coil voltage:	20 V AC
Secondary coil voltage:	100 kV approx.

3. How it works

A capacitor is charged by means of a half-wave of the power supply voltage via the ignition coil. The capacitor discharges via the spark gap/spark plug and the primary coil of the Tesla transformer.

A damped oscillation starts in the primary winding and this transfers energy to the secondary coil where an electromagnetic oscillation is induced at a frequency between 200 and 1200 kHz.

A high-frequency voltage of more than 100 kV is generated in the secondary coil. The secondary coil oscillates at the frequency of the resonant circuit.

4. Operation

- For all the experiments described in the following, a power supply with an AC voltage adjustable between 15 and 24 V (max. 4 A) is required (e.g. 8521153). To start up the equipment the power supply voltage is increased until sparks begin to discharge periodically across the spark plug.
- The equipment is not suitable for continuous operation. After 5 minutes of operation the equipment requires a cooling period of at least 15 minutes.

5. Experiments

5.1 Shielding for electromagnetic oscillations

- The Tesla transformer is operated without its secondary coil. The hand coil 8496254 is placed over the plastic ring of the secondary coil.

- The tap for the primary coil should be placed at its highest position. After starting the Tesla transformer, a voltage is induced in the hand coil (and the fluorescent lamp illuminates).
- Next the reflector 8496266 is inserted between the primary coil and the hand coil. The aluminium foil forms a shield that the electromagnetic oscillations cannot penetrate and the lamp connected to the hand coil no longer illuminates.

5.2 Thomson's equation for the oscillation

- The Tesla transformer is run with secondary coil 8496256. Needle electrode 8496262 is inserted into the socket at the top.
- When the voltage is applied, a corona discharge ensues from the point of the needle. Varying the position of the tap (modifying the inductance of the primary coil) the equipment is configured so that the discharge is at its maximum level (increase in voltage at the resonant frequency).
- Next the two secondary coils are inserted one above the other and the needle electrode is inserted into the upper coil.
- Resonance now occurs with a higher number of turns in the primary coil since the pair of secondary coils now has twice the number of turns. This means the resonant frequency is lower.
- Increasing the number of windings in the resonant circuit reduces the resonant frequency.

5.3 Corona discharge

- The Tesla transformer is operated with two secondary coils and the needle electrode inserted.
- The number of turns for the coil in the resonant circuit is set to seven. There now ensues a corona discharge from the tip of the needle due to the high voltage.

5.4 Electrical wind

- The transformer is operated with one secondary coil and 4 windings in the primary coil. The needle electrode is inserted into the secondary coil and the tinsel wheel 8496262 placed on it.
- The ends of the S-shaped spin electrode come to a point. Due to the strong electric field electrons are emitted and attach themselves to molecules of air. These are then repelled. The motion of the air molecules results in a force of reaction, which causes the electrode to spin.

5.5 Spark discharge

- The transformer is operated with just one secondary coil and 4 windings on the primary coil. The needle electrode is placed on the secondary coil.
- The long spherical electrode 8496260 is plugged into the second earth socket and the sphere is directed towards the tip of the needle.
- Now sparks several centimeters long start to leap between the tip of the needle and the sphere.

5.6 Wireless transmission of energy

- The transformer is operated with one secondary coil and the spherical electrode 8496258 attached.
- A second secondary coil attached to the base 8496257 with its holder for fluorescent lamp 8496264 is set up about 1 m away from the Tesla transformer.
- The earth sockets of the coil base and the Tesla transformer should be connected together via a laboratory cable.
- When the Tesla transformer is switched on with the light in the room partially dipped, it can be seen that the fluorescent tube illuminates. Wireless energy transfer is taking place between the coils.
- With reflector 8496266 inserted between the coils, the shielding effect of the metal foil can be demonstrated.

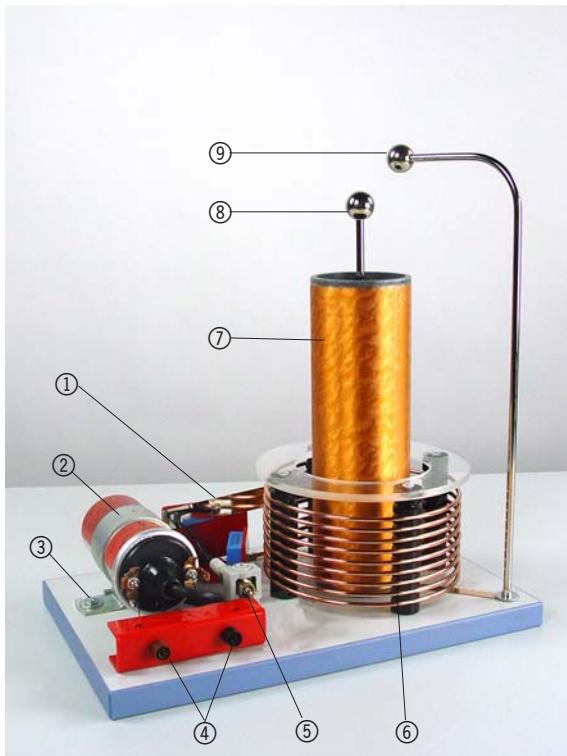
5.7 Standing waves in a Tesla coil

- The Tesla transformer is operated with two coils connected together. The small spherical electrode is placed at the upper end. The number of primary coil windings is set to 8.
- Move the hand coil from above down over the pair of coils. The lower it gets, the brighter the lamp lights. The secondary coil oscillates as a $\lambda/4$ dipole. At the top end a current node appears and at the bottom, an antinode.
- Reduce the number of primary coil windings to three and slowly lower the hand coil from the upper end of the Tesla coil again. A current node appears at the top end and the lamp does not illuminate or only very weakly.
- Moving further down, it is possible to detect two more antinodes and one more node in the oscillation. The Tesla coil is oscillating in the nature of a $3/4\text{-}\lambda$ dipole.

Transformateur Tesla 8496250

Instructions d'utilisation

4/9/05 LW/ALF



- ① Prise de la bobine
- ② Bobine d'allumage
- ③ Plaque de base
- ④ Douilles de sécurité de 4 mm
- ⑤ Eclateur (bougie d'allumage)
- ⑥ Bobine primaire
- ⑦ Bobine secondaire
- ⑧ Electrode à bille, courte
- ⑨ Electrode à bille, longue

Le transformateur Tesla est utilisé à des fins de démonstration et d'analyse des lois physiques relatives aux ondes électromagnétiques haute fréquence.

Plus précisément, le transformateur ELWE Tesla permet la démonstration des phénomènes suivants :

- Génération d'oscillations électromagnétiques haute fréquence dans un circuit oscillant à inductance et capacité réduites
- Blindage d'oscillations électromagnétiques haute fréquence
- Eclairage à distance d'une lampe fluorescente dans un champ haute fréquence
- Décharge corona
- Décharge à étincelles
- Transmission d'énergie sans fil par ondes hertziennes

- Capacité de pénétration et absorption d'ondes hertziennes
- Ondes stationnaires sur une bobine Tesla

1. Consignes de sécurité

- Attention ! L'expérience doit être réalisée avec toutes les précautions nécessaires par du personnel qualifié ! Expérience effectuée par l'enseignant !
- Le dispositif est uniquement prévu pour une utilisation à l'intérieur !
- Le transformateur Tesla doit exclusivement fonctionner conformément à la présente notice et avec les accessoires compris dans la livraison !
- Le transformateur Tesla génère des ondes électromagnétiques haute fréquence. En raison de l'importance de la bande passante, il peut perturber,

voire détruire les appareils électroniques sensibles se trouvant à proximité immédiate. Il convient donc de garder ce type d'appareils à une distance d'au moins cinq mètres du transformateur.

- Les fréquences émises par le transformateur Tesla sont comprises dans la zone d'un grand nombre de fréquences radio. Sa mise en service doit donc seulement être effectuée sur de courtes durées à des fins d'apprentissage.
- Ne pas mettre en service le transformateur Tesla en présence de personnes porteuses de stimulateurs cardiaques et d'autres appareils de commande électronique. Danger de mort !
- L'appareil ne doit pas être mis en service par des personnes (malades) sensibles aux chocs électriques !
- Ne pas effectuer de tests sur les animaux ou autres êtres vivants avec le transformateur Tesla !
- Eviter tout contact du trafo Tesla avec du liquide et ne pas le mouiller !
- Ne pas procéder vous-même à des réparations du trafo Tesla en cas d'endommagements ou de pannes !
- Ne toucher aucune pièce métallique ou autre pièce conductrice du transformateur Tesla. Respecter une distance de sécurité d'au moins 20 cm par rapport à la bobine haute tension afin d'éviter toute décharge électrique.
- Ne pas utiliser l'appareil à proximité de matériaux inflammables ou de liquides et de gaz / vapeurs explosifs. Formation d'étincelles !
- Les ingénieurs qui ont développé le transformateur Tesla ont veillé à obtenir un compromis optimum entre la performance de l'appareil et l'universalité de son usage en respectant les prescriptions de sécurité requises.
- On a volontairement renoncé à une protection absolue par contact involontaire des pièces sous tension, afin d'offrir un aperçu détaillé aux étudiants de la structure et du fonctionnement de l'appareil.
- La sécurité de la personne réalisant l'expérience est garantie à part entière à condition que les modifications apportées au transformateur Tesla (variation du nombre primaire de spires) et au montage expérimental soient uniquement réalisées lorsque l'appareil se trouve hors tension. Aucun contact avec les pièces du transformateur Tesla ou le montage expérimental lorsque le transformateur est sous tension n'est nécessaire dans aucune des expériences.
- Ni la tension d'entrée du transformateur Tesla (20V), ni l'intensité du courant primaire (3A) ne présentent un risque de sécurité.
- Il en va de même pour la tension de sortie et l'intensité de courant. La tension secondaire possède une plage de fréquence de 200 kHz à 1200 kHz pour une tension d'env. 100 000 V. L'intensité de courant maximale s'élève à environ 0,08 mA.

2. Montage

Introduire la bobine secondaire dans la bobine primaire en la centrant puis la brancher. Brancher le transformateur Tesla à une source de tension alternative via les douilles de raccord (4).

2.1 Livraison

1 transformateur Tesla	8496252
1 électrode à bille, courte	8496258
1 électrode à bille, longue	8496260
1 électrode aiguille	
avec électrophore	8496262
1 bobine manuelle	8496254
1 bobine secondaire	8496258
1 lampe fluorescente avec support	8496264
1 réflecteur	8496266

2.2 Accessoires recommandés:

Bobine secondaire avec support	8496255
--------------------------------	---------

2.3 Caractéristiques techniques

Dimensions transformateur :	330 mm x 200 mm x 120 mm
Dimensions bobine secondaire :	240 mm x 75 mm Ø
Masse transformateur :	env. 3 kg
Nombre de spires bobine primaire :	9
Nombre de spires bobine secondaire :	1150
Tension primaire :	20 V AC
Tension secondaire :	env. 100 kV

3. Principe de fonctionnement

Une demi-onde de tension alimente le condensateur via la bobine d'allumage. Ce dernier se décharge au niveau de l'éclateur (bougie d'allumage) et de l'enroulement primaire du transformateur Tesla.

Une oscillation amortie est générée au niveau de l'enroulement primaire, laquelle transmet de l'énergie vers la bobine secondaire, où se produit ensuite une oscillation électromagnétique comprise entre 200 kHz et 1200 kHz.

Une haute tension à haute fréquence de plus de 100 kV se forme alors dans la bobine secondaire qui oscille en résonance avec le circuit oscillant.

4. Utilisation

- Pour toutes les expériences décrites ci-dessous, un bloc d'alimentation avec tension alternative réglable de 15 à 24 V (max. 4 A) est nécessaire (par ex. 8521153). Au moment de la mise en service, augmenter la tension d'alimentation jusqu'à obtenir une décharge d'étincelle périodique au niveau de la bougie d'allumage.
- L'appareil n'a pas été prévu pour un service con-

tinu. Après une durée de service de cinq minutes, respecter un temps de refroidissement d'au moins 15 minutes.

5. Expériences

5.1 Blindage contre les oscillations électromagnétiques

- Le transformateur Tesla est opéré sans bobine secondaire. Poser la bobine manuelle 8496254 sur l'anneau en plastique de la bobine primaire.
- Positionner la prise de la bobine primaire sur le plus haut niveau. Suite à la mise en service du transformateur Tesla, une tension est induite dans la bobine manuelle (l'ampoule s'allume).
- Insérer ensuite le réflecteur 8496266 entre la bobine primaire et la bobine manuelle. Le film en aluminium offre un blindage contre les oscillations électromagnétiques. La lampe de la bobine manuelle est éteinte.

5.2 Equation d'onde de Thomson

- Le transformateur Tesla fonctionne par le biais d'une bobine secondaire 8496256. Placer l'électrode aiguille 8496262 dans la douille sur le côté supérieur.
- Après l'application de la tension, une décharge corona se produit sur la pointe de l'aiguille. Pour obtenir une décharge maximale, varier la position de prise (modification de l'inductance de la bobine primaire). (Surélévation de la tension en cas de résonance).
- Enficher ensuite deux bobines secondaires l'une sur l'autre et insérer l'électrode aiguille dans la bobine supérieure.
- La résonance se produit à un nombre primaire de spires plus élevé, étant donné qu'à présent, la paire de bobines secondaires possède le double du nombre de spires, ce qui réduit la fréquence propre.
- L'augmentation du nombre de spires du circuit oscillant réduit en même temps la fréquence de résonance.

5.3 Décharge corona

- Le transformateur Tesla fonctionne par le biais de deux bobines secondaires et d'une électrode aiguille montée sur la bobine supérieure.
- Régler le nombre de spires de la bobine de circuit oscillant sur 7. Une décharge corona causée par la tension élevée se produit sur la pointe de l'aiguille.

5.4 Vent électrique

- Le transformateur fonctionne par le biais d'une bobine secondaire avec un nombre primaire de spires réglé sur 4. Poser l'électrode aiguille avec électrophore 8496262 sur la bobine secondaire.
- Les extrémités du disque électrophore en S sont pointues. Lorsque l'intensité des champs électri-

ques est élevée, des électrons s'en échappent et se déposent sur des molécules d'air qui sont elles-mêmes expulsées. Le mouvement des molécules d'air provoque un rebond qui fait bouger l'électrophore.

5.5 Décharge d'étincelles

- Le transformateur fonctionne uniquement par le biais d'une bobine secondaire, avec un nombre primaire de spires réglé sur 4. Placer l'électrode aiguille sur la bobine secondaire.
- Enficher l'électrode à bille longue 8496260 dans la deuxième douille de mise à la terre et aligner la bille de l'électrode vers la pointe de l'aiguille.
- Entre la bille et la pointe de l'aiguille, on peut observer des étincelles de plusieurs cm.

5.6 Transmission d'énergie sans fil

- Le transformateur fonctionne par le biais d'une bobine secondaire et l'électrode à bille 8496258 enfichée sur cette dernière.
- Monter une deuxième bobine secondaire avec pied 8496257 et support 8496264 pour lampe fluorescente à env. 1 m du transformateur Tesla.
- Connecter les douilles de mise à la terre entre le pied support et le transformateur Tesla au moyen d'une ligne électrique de laboratoire.
- Après la mise en service du transformateur Tesla, on distingue de la lumière en provenance de la lampe fluorescente lorsque la salle se trouve dans la pénombre. De l'énergie est transmise sans fil entre les bobines.
- Il est possible de démontrer l'effet de blindage du film métallique avec le réflecteur 8496266, placé entre les bobines.

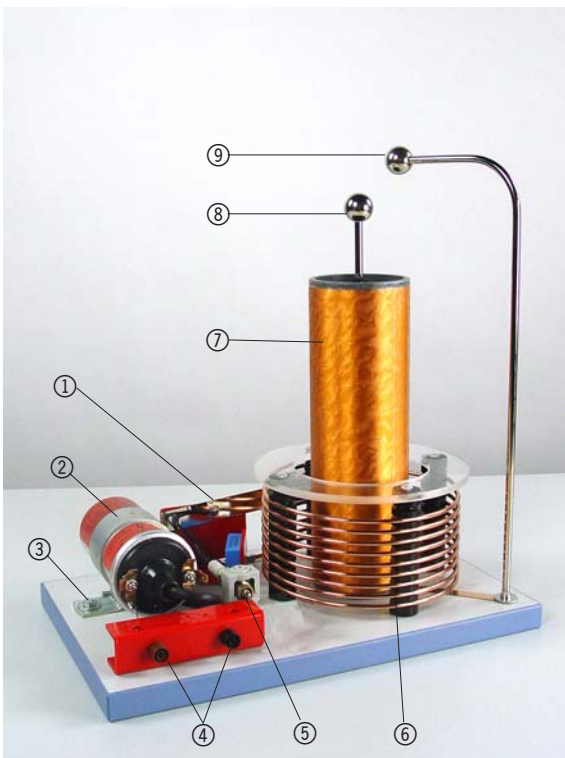
5.7 Ondes stationnaires sur la bobine Tesla

- Le transformateur Tesla fonctionne par le biais de deux bobines raccordées. La petite électrode à bille est placée en haut de la bobine supérieure. Le nombre primaire de spires est réglé sur 8.
- Faire passer lentement la bobine manuelle du haut vers le bas, par dessus la paire de bobines. Plus la bobine descend, plus l'éclairage de la lampe s'intensifie. La bobine secondaire oscille comme dipôle $\lambda/4$. Un nœud de courant se produit à l'extrémité supérieure, un ventre de courant à l'extrémité inférieure.
- Réduire ensuite à 3 le nombre de spires de la bobine primaire et faire passer à nouveau lentement la bobine manuelle de la partie supérieure de la bobine Tesla vers sa partie inférieure. Un nœud de courant se produit à l'extrémité supérieure, l'ampoule ne s'allume pas ou brille faiblement.
- En descendant davantage la bobine manuelle, on distingue la présence de deux ventres et d'un nœud de vibration. La bobine Tesla oscille comme dipôle $3/4\lambda$.

Trasformatore Tesla 8496250

Istruzioni per l'uso

4/9/05 LW/ALF



- ① Elemento sensibile della bobina
- ② Bobina di accensione
- ③ Piastra di base
- ④ Jack di sicurezza da 4 mm
- ⑤ Scintillatore (candela)
- ⑥ Bobina primaria
- ⑦ Bobina secondaria
- ⑧ Elettrodo a sfera, corto
- ⑨ Elettrodo a sfera, lungo

Il trasformatore Tesla serve per la dimostrazione e l'analisi delle leggi fisiche che regolano le onde elettromagnetiche ad alta frequenza.

Nel dettaglio, il trasformatore di Tesla ELWE consente di dimostrare i fenomeni seguenti:

- Generazione di oscillazioni elettromagnetiche ad alta frequenza in un circuito oscillante ad induttanza e capacità ridotte
- Schermatura di oscillazioni elettromagnetiche ad alta frequenza
- Illuminazione senza contatto di una lampada fluorescente nel campo ad alta frequenza
- Effetto corona
- Scarica elettrica
- Trasmissione di energia senza filo attraverso onde hertziane

- Potere di penetrazione e assorbimento di onde hertziane
- Onde statiche su una bobina di Tesla

1. Norme di sicurezza

- **Attenzione!** È necessaria una sperimentazione accurata eseguita da personale qualificato! Esperimento didattico!
- Utilizzare solo in ambienti interni!
- Il trasformatore Tesla deve essere utilizzato esclusivamente in conformità con la presente descrizione e con gli accessori forniti in dotazione.
- Il trasformatore Tesla genera onde elettromagnetiche ad alta frequenza. A causa dell'elevata larghezza di banda, il trasformatore può disturbare o danneggiare irrimediabilmente apparecchi elettronici

sensibili alle interferenze situati vicino ad esso. Pertanto, collocare tali apparecchi ad una distanza minima di cinque metri dal trasformatore.

- Le frequenze emesse dal trasformatore Tesla rientrano nel range di numerose frequenze radio. L'apparecchio deve quindi essere messo in funzione solo per breve tempo a scopi didattici.
- Non azionare il trasformatore Tesla qualora nelle immediate vicinanze siano presenti persone portatrici di pace maker o altri dispositivi di comando elettronici. Pericolo di morte!
- Evitare che persone a rischio di shock (ammalate) utilizzino l'apparecchio!
- Non condurre esperimenti su animali o altri esseri viventi con il trasformatore Tesla!
- Fare in modo che il trasformatore Tesla non venga a contatto con liquidi o umidità!
- In caso di danneggiamento o di difetti del trasformatore Tesla non cercare di effettuare la riparazione autonomamente.
- Non toccare parti metalliche o componenti sotto tensione del trasformatore Tesla. Mantenere una distanza di sicurezza di 20 cm dalla bobina ad alta tensione, per evitare scariche.
- Non utilizzare l'apparecchio in prossimità di materiali combustibili o liquidi e gas o vapori infiammabili. Pericolo di formazione di scintille!
- Durante lo sviluppo del trasformatore Tesla è stato raggiunto un compromesso ottimale tra potenza e universalità di impiego nel rispetto delle misure di sicurezza necessarie.
- Non è stata consapevolmente adottata alcuna protezione contro il contatto con i componenti sotto tensione per fare in modo che gli studenti possano esaminare fin nei minimi dettagli la struttura e il funzionamento dell'apparecchio.
- La sicurezza degli esecutori degli esperimenti è garantita sotto ogni aspetto, se le modifiche al trasformatore Tesla (variazione numero di spire primarie) e alla disposizione sperimentale vengono effettuate solo ad apparecchio spento. Per qualsiasi esperimento, una volta applicata la tensione al trasformatore Tesla non è necessario toccare i componenti dell'apparecchio o della disposizione dell'esperimento.
- Né tensione di ingresso del trasformatore Tesla né l'intensità della corrente primaria (3 A) rappresentano rischi per la sicurezza durante l'uso (20 V).
- Lo stesso vale per la tensione di uscita e l'intensità di corrente. La tensione secondaria ha una frequenza compresa tra 200 kHz e 1200 kHz ad una tensione di ca. 100000 V. L'intensità di corrente massima è di ca. 0,08 mA.

2. Preparazione

La bobina secondaria viene introdotta e innestata al centro della bobina primaria. Collegare il trasformatore Tesla tramite i jack di raccordo (4) ad una sorgente di tensione alternata.

2.1 Dotazione

1 Trasformatore Tesla	8496252
1 Elettrodo a sfera, corto	8496258
1 Elettrodo a sfera, lungo	8496260
1 Elettrodo ad ago con disco di polverizzazione	8496262
1 Bobina manuale	8496254
1 Bobina secondaria	8496258
1 Tubo fluorescente con supporto	8496264
1 Riflettore	8496266

2.2 Accessori consigliati:

Bobina secondaria con supporto	8496255
--------------------------------	---------

2.3 Dati tecnici

Dimensioni trasformatore:	330 mm x 200 mm x 120 mm
Dimensioni bobina secondaria:	240 mm x 75 mm Ø
Peso trasformatore:	ca. 3 kg
Numero spire bobina primaria:	9
Numero spire bobina secondaria:	1150
Tensione primaria:	20 V AC
Tensione secondaria:	ca. 100 kV

3. Principio di funzionamento

Con un semiciclo della tensione di alimentazione, tramite la bobina di accensione viene caricato un condensatore, il quale si scarica attraverso lo scintillatore (candela) e l'avvolgimento primario del trasformatore Tesla. Sull'avvolgimento primario si genera un'oscillazione attenuata che trasferisce energia sulla bobina secondaria. Questa bobina genera un'oscillazione elettromagnetica nel range da 200 kHz a 1200 kHz. Nella bobina secondaria è presente una tensione elevata ad alta frequenza superiore a 100 kV che fa oscillare la bobina secondaria in risonanza con il circuito oscillante.

4. Uso

- Per tutti gli esperimenti descritti di seguito è necessario un alimentatore con tensione alternata regolabile di 15 - 24 V (max. 4 A) (ad es. 8521153). Per la messa in funzione, la tensione di alimentazione viene incrementata finché sulla candela di accensione non si verifica una scarica periodica.
- L'apparecchio non è stato progettato per il funzionamento continuo. Dopo 5 minuti di funzionamento, lasciare raffreddare l'apparecchio per almeno 15 minuti.

5. Esperimenti

5.1 Schermatura di oscillazioni elettromagnetiche

- Il trasformatore Tesla viene azionato senza bobina secondaria. Sull'anello di plastica della bobina primaria deve essere collocata la bobina manuale 8496254.

- L'elemento sensibile della bobina primaria deve essere portato nella posizione più elevata. Dopo aver messo in funzione il trasformatore Tesla, nella bobina manuale viene indotta una tensione (la lampadina si illumina).
- Successivamente, spostare il riflettore 8496266 tra la bobina primaria e la bobina manuale. La pellicola di alluminio funge da schermo per le oscillazioni elettromagnetiche. La lampada della bobina manuale non emette più luce.

5.2 Equazione d'onda di Thomson

- Il trasformatore Tesla viene azionato con una bobina secondaria 8496256. Nella presa posta sulla parte superiore inserire l'elettrodo ad ago 8496262.
- Dopo aver applicato la tensione, sulla punta dell'ago si verifica l'effetto corona. Variando la posizione dell'elemento sensibile (modifica dell'induttanza della bobina primaria) si regola la potenza massima della scarica (sopraelevazione di tensione in risonanza).
- Successivamente, innestare due bobine secondarie una sull'altra e inserire l'elettrodo ad ago nella bobina superiore.
- La risonanza si verifica con il numero di spire primarie più alto, poiché a questo punto la coppia di bobine secondarie possiede un numero di spire doppio. La frequenza propria si riduce.
- Aumentando il numero di spire del circuito oscillante si riduce la frequenza di risonanza.

5.3 Effetto corona

- Il trasformatore Tesla viene azionato con due bobine secondarie ed elettrodo ad ago applicato.
- Il numero di spire della bobina del circuito oscillante deve essere portato a 7. Sulla punta dell'ago si verifica l'effetto corona come conseguenza della tensione elevata.

5.4 Vento elettrico

- Il trasformatore viene azionato con una bobina secondaria con 4 spire primarie. Sulla bobina secondaria deve essere applicato l'elettrodo ad ago con disco di polverizzazione 8496262.
- Le estremità del disco di polverizzazione a S terminano a punta. A causa dell'elevata intensità di campo elettrico, queste estremità emettono elettroni, i quali si depositano sulle molecole presenti nell'aria che vengono respinte. Il movimento delle molecole dell'aria genera una reazione che mette in movimento il disco.

5.5 Scarica elettrica

- Il trasformatore viene azionato solo con una bobina secondaria con 4 spire primarie. Sulla bobina secondaria deve essere applicato l'elettrodo ad ago.
- Nella seconda presa di terra inserire l'elettrodo a sfera lungo 8496260 con la sfera rivolta verso la punta dell'ago.
- Tra la sfera e la punta dell'ago si formano scintille intense lunghe alcuni centimetri.

5.6 Trasmissione di energia senza filo

- Il trasformatore viene azionato con una bobina secondaria e con l'elettrodo a sfera 8496258 applicato.
- Applicare una seconda bobina secondaria con base di appoggio 8496257 e supporto per tubo fluorescente 8496264 a ca. 1 m di distanza dal trasformatore Tesla.
- Collegare le prese di terra tra piede di appoggio e trasformatore Tesla con un cavo da laboratorio.
- Dopo aver messo in funzione il trasformatore Tesla, nella stanza parzialmente oscurata è possibile percepire l'illuminazione del tubo. Si verifica una trasmissione di energia senza fili tra le bobine.
- Con il riflettore 8496266 posizionato tra le bobine, è possibile dimostrare l'effetto schermante della pellicola di metallo.

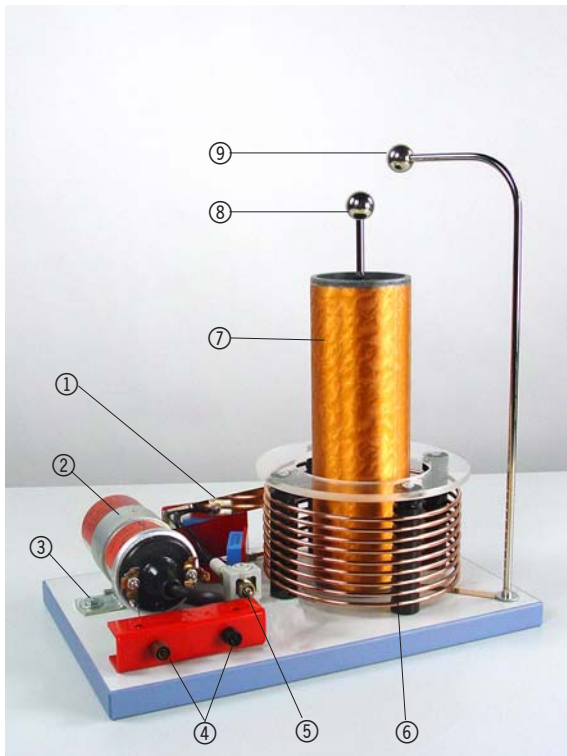
5.7 Onde statiche sulla bobina di Tesla

- Il trasformatore Tesla viene azionato con due bobine collegate. Sull'estremità superiore è situato il piccolo elettrodo a sfera. Impostare il numero delle spire primarie a 8.
- Portare lentamente la bobina manuale dall'alto verso il basso attraverso la coppia di bobine. La lampada si illumina con luce sempre più chiara man mano che la profondità aumenta. La bobina secondaria oscilla come dipolo $\lambda/4$. Sull'estremità superiore si verifica un nodo di corrente, mentre sull'estremità inferiore si verifica un ventre di corrente.
- Ridurre il numero di spire della bobina primaria a 3 e riportare lentamente la bobina manuale dall'estremità superiore della bobina di Tesla verso il basso. Sull'estremità superiore si verifica un nodo di corrente, la lampadina non si illumina o emette una luce debole.
- Muovendo ulteriormente la bobina verso il basso è possibile dimostrare altri due ventri di oscillazione e un nodo di oscillazione. La bobina di Tesla oscilla come dipolo $3/4\lambda$.

Transformador de Tesla 8496250

Instrucciones de uso

4/9/05 LW/ALF



- ① Toma de bobina
- ② Bobina de encendido
- ③ Placa base
- ④ Clavijeros de seguridad de 4 mm
- ⑤ Descargador de chispas (bujía)
- ⑥ Devanado primario
- ⑦ Devanado secundario
- ⑧ Electrodo esférico, corto
- ⑨ Electrodo esférico, largo

El transformador de Tesla sirve para la demostración y el análisis de las leyes físicas de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia.

En detalle, el transformador de Tesla de ELWE permite la demostración de los siguientes fenómenos:

- Generación de oscilaciones electromagnéticas de alta frecuencia en un circuito resonador de baja inductancia y capacitancia
- Blindaje de oscilaciones electromagnéticas de alta frecuencia
- Iluminación libre de contacto de una lámpara fluorescente en el campo de alta frecuencia
- Descarga corona
- Descarga de chispas
- Transmisión inalámbrica de energía por medio de ondas hertzianas

- Capacidad de penetración y absorción de ondas hertzianas
- Ondas estacionarias en una bobina de Tesla

1. Aviso de seguridad

- ¡Cuidado! ¡La experimentación se debe realizar únicamente bajo control de personal profesionalmente capacitado! ¡Sólo los profesores deben realizar la experimentación!
- ¡Utilización únicamente en interiores!
- ¡El transformador de Tesla sólo se debe emplear en conformidad con lo expuesto en esta descripción y con los accesorios incluidos en el suministro!
- El transformador de Tesla genera ondas electromagnéticas de alta frecuencia. Debido al gran ancho de banda, el transformador puede interferir o pro-

vocar daños en equipos eléctricos que se encuentren en su inmediata cercanía. Por esta razón, tales equipos deben encontrarse a una distancia de por lo menos cinco metros.

- Las frecuencias emitidas por el transformador de Tesla se encuentran en el rango propio de numerosas radiofrecuencias. Por esta razón, la puesta en operación sólo se debe realizar brevemente y con fines didácticos.
- Si en las cercanías del transformador de Tesla se encuentran personas que lleven un marcapasos u otro tipo de instrumentos electrónicos de control, éste no debe entrar en funcionamiento. ¡Peligro de muerte!
- ¡El equipo no debe ser operado por personas especialmente susceptibles a choques eléctricos (por enfermedad)!
- ¡No se debe ejecutar ningún experimento con animales u otros seres vivos con el transformador de Tesla!
- ¡El transformador de Tesla no debe entrar en contacto con ningún tipo de fluidos ni tampoco debe humedecerse!
- ¡En caso de daños o fallos no repare usted mismo el transformador de Tesla!
- No se debe tocar ninguna pieza metálica u otra pieza conductora del transformador de Tesla. Es necesario mantener una distancia de seguridad de 20 cm en relación con la bobina de alta tensión para evitar los saltos de chispas.
- No se debe emplear en la cercanía de materiales combustibles o fluidos inflamables, ni de gases o vapores. ¡Formación de chispas!
- Durante el desarrollo del transformador de Tesla se alcanzó un compromiso óptimo entre su eficacia y la universalidad de su empleo bajo la observación de las normas de seguridad necesarias.
- Se prescindió conscientemente de una protección de contacto absoluta contra la tensión de las piezas conductoras para que así los estudiantes puedan observar perfectamente y en detalle la estructura y el funcionamiento del equipo.
- La seguridad de las personas que tomen parte en la experimentación se encuentra garantizada en todo sentido si, cuando se lleven a cabo modificaciones en el transformador de Tesla (variación del número de espiras del devanado primario), o en el arreglo experimental, el equipo se encuentra desconectado. Durante ningún experimento existe la necesidad de tocar las piezas del transformador de Tesla o del arreglo experimental una vez que se haya aplicado la tensión.
- La tensión de entrada del transformador de Tesla, en lo relativo a su manipulación, no representa ningún tipo de riesgo (20 V), y la intensidad de corriente (3 A) del devanado primario tampoco.
- Lo mismo es válido para la tensión de salida y la intensidad de corriente. La tensión secundaria tiene una frecuencia que va de 200 kHz a 1200 kHz, con una tensión de aprox. 100.000 V. La intensidad

máxima de corriente es de aproximadamente 0,08 mA.

2. Montaje

El devanado secundario se introduce y se fija centralmente en el devanado primario. El transformador de Tesla se conecta a través del clavijero de conexión (4) a una fuente de tensión alterna.

2.1 Volumen de suministro

1 transformador de Tesla	8496252
1 electrodo esférico, corto	8496258
1 electrodo esférico, largo	8496260
1 electrodo de aguja	
con rueda atomizadora	8496262
1 bobina de mano	8496254
1 bobina secundaria	8496258
1 tubo fluorescente con soporte	8496264
1 reflector	8496266

2.2 Accesorio recomendado:

Bobina secundaria con soporte	8496255
-------------------------------	---------

2.3 Datos técnicos

Dimensiones del transformador:	330 mm x 200 mm x 120 mm
Dimensiones de la bobina secundaria:	240 mm x 75 mm Ø
Peso del transformador:	3 kg aprox.
Número de espiras del primario:	9
Número de espiras del secundario:	1150
Tensión del primario:	20 V AC
Tensión del secundario:	100 kV aprox.

3. Principio de funcionamiento

A través de la bobina de encendido, un condensador se carga por medio de una semionda proveniente de la tensión de alimentación, dicho condensador se descarga por medio del descargador de chispas (bujía) y el devanado primario del transformador Tesla.

En el devanado primario se forma una oscilación atenuada que transmite energía al devanado secundario. Allí se genera una oscilación electromagnética en un rango de 200 kHz a 1200 kHz.

En el devanado secundario se origina una elevada tensión de alta frecuencia, mayor a 100 kV. Entretanto, en relación con el circuito resonador, el devanado secundario oscila en resonancia.

4. Servicio

- Para todos los experimentos que se describen a continuación, se necesita una fuente de tensión alterna ajustable de 15 ... 24 V (máx. 4 A) (p. ej. 8521153). Para la puesta en marcha se eleva la tensión de alimentación hasta que en la bujía aparezca una descarga periódica de chispas.

- El equipo no es apto para un funcionamiento permanente. Después de 5 minutos de servicio constante se debe observar un periodo de enfriamiento de, por lo menos, 15 minutos.

5. Experimentos

5.1 Blindaje de oscilaciones electromagnéticas

- El transformador de Tesla se pone en funcionamiento sin devanado secundario. Sobre el anillo de plástico del devanado primario se coloca la bobina de mano 8496254.
- La toma del devanado primario se debe llevar a la posición más elevada. Después de la puesta en marcha del transformador de Tesla, en la bobina de mano, se induce una tensión (la lámpara incandescente se ilumina).
- A continuación se desplaza el reflector 8496266 entre el devanado primario y la bobina de mano. La lámina de aluminio apantalla las oscilaciones electromagnéticas. La lámpara de la bobina de mano ya no se ilumina.

5.2 Ecuación de oscilación de Thomson

- El transformador de Tesla se pone en funcionamiento con la bobina secundaria 8496256. En el clavijero situado en la parte superior, se inserta el electrodo de aguja 8496262.
- Una vez aplicada la tensión, en la punta de la aguja aparece una descarga corona. Si se varía la posición de toma (variación de la inductancia del devanado primario) se ajusta el valor máximo de descarga. (Elevación excesiva de tensión, con resonancia).
- A continuación se conectan dos bobinas secundarias, una sobre otra, y se insertan en la parte superior del electrodo de aguja.
- La resonancia aparece en el devanado primario, que posee el mayor número de espiras, puesto que el par de bobinas secundarias tiene el doble de número de espiras. De esta manera disminuye la frecuencia propia.
- Si se aumenta el número de espiras del circuito resonante, disminuye la frecuencia de resonancia.

5.3 Descarga de efecto corona

- El transformador Tesla se pone en funcionamiento con dos bobinas secundarias y el electrodo de aguja insertado en posición superior.
- Se deben tener 7 espiras en la bobina del circuito resonante. En la punta de la aguja aparece una descarga de efecto corona debido a la alta tensión.

5.4 Viento eléctrico

- El transformador se pone en funcionamiento con una bobina secundaria y con un número de espiras del primario igual a 4. Sobre la bobina secundaria se inserta el electrodo de aguja con la rueda atomizadora 8496262.
- Los extremos de la rueda atomizadora con forma de S terminan en punta. Debido a la elevada inten-

sidad del campo eléctrico, aparecen allí electrones. Éstos se acumulan en las moléculas de aire que se ven rechazadas. El movimiento de las moléculas de aire origina un golpe de retroceso que pone a la rueda en movimiento.

5.5 Descarga de chispas

- El transformador se pone en funcionamiento sólo con una bobina secundaria y con un número de espiras del primario igual a 4. Sobre la bobina secundaria se coloca el electrodo de aguja.
- En el segundo clavijero de puesta a tierra se inserta el electrodo esférico largo 8496260 y se orienta la esfera hacia la punta de la aguja.
- Entre la esfera y la punta de la aguja saltan vivazmente chispas de algunos centímetros de longitud.

5.6 Transmisión inalámbrica de energía

- El transformador se pone en funcionamiento con una bobina secundaria y el electrodo esférico 8496258 insertado sobre ésta.
- Se coloca una bobina secundaria, con base soporte 8496257, y un soporte para tubo fluorescente 8496264 a una distancia de aproximadamente 1 m del transformador de Tesla.
- Los clavijeros de puesta a tierra, entre la base soporte y el transformador de Tesla, se deben conectar con un cable de laboratorio.
- Después de la puesta en marcha del transformador de Tesla, en el recinto parcialmente oscurecido, se puede reconocer una luminosidad en el tubo. Se produce una transmisión de energía entre las bobinas sin presencia de cable.
- Por medio del reflector 8496266, colocado entre las bobinas, se puede demostrar el efecto de blindaje de la lámina de metal.

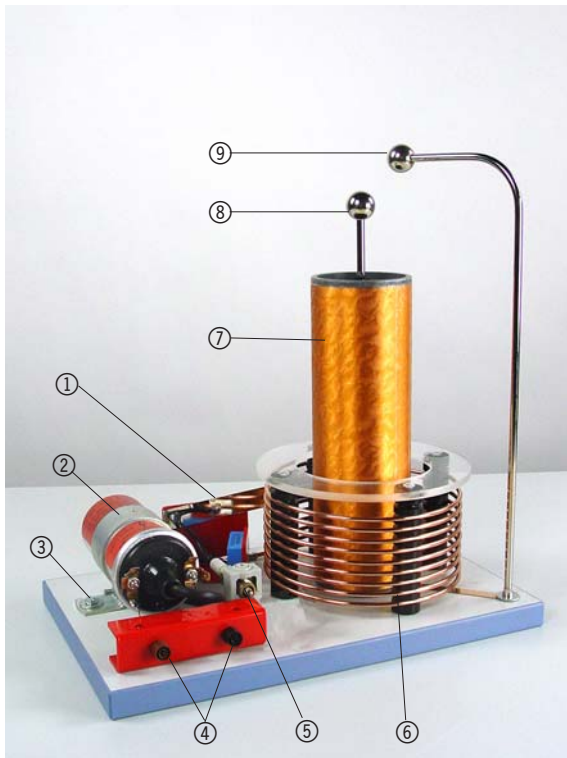
5.7 Ondas estacionarias en una bobina de Tesla

- El transformador de Tesla se pone en funcionamiento con la bobina secundaria 8496256. En el extremo superior se encuentra el electrodo esférico corto. En el devanado primario se establece un número de 8 espiras.
- Se lleva la bobina de mano hacia abajo, lentamente, sobre el par de bobinas. Al aumentar la profundidad, la lámpara se ilumina más claramente. La bobina secundaria oscila como un dipolo $\lambda/4$. En el extremo superior aparece un nodo de corriente y en el inferior un vientre de corriente.
- Se reduce el número de espiras del devanado primario a 3 y se vuelve a llevar lentamente la bobina de mano del extremo superior de la bobina de Tesla hacia abajo. En el extremo superior aparece un nodo de corriente, la lámpara incandescente no se ilumina o su luz es débil.
- Si se continúa con el movimiento hacia abajo se pueden observar aún dos vientres y un nodo de oscilación. La bobina de Tesla oscila como un dipolo $3/4-\lambda$.

Bobina de Tesla 8496250

Instruções para o uso

4/9/05 LW/ALF



- ① Ponte de contato da bobina
- ② Bobina de ignição
- ③ Base de sustentação
- ④ Conectores de segurança de 4 mm
- ⑤ Faiscador (vela de ignição)
- ⑥ Bobina primária
- ⑦ Bobina secundária
- ⑧ Eletrodo esférico, curto
- ⑨ Eletrodo esférico, longo

A bobina de Tesla serve para a demonstração e a pesquisa das propriedades físicas de ondas eletromagnéticas de alta frequência.

Em detalhe, a bobina de Tesla ELWE possibilita a demonstração dos fenômenos seguintes:

- Produção de oscilações eletromagnéticas de alta frequência num circuito oscilante de baixa indutividade e baixa capacidade
- Isolação de oscilações eletromagnéticas de alta frequência
- Acender sem contato uma lâmpada fluorescente num campo de alta frequência
- Descarga corona
- Descarga de faísca
- Transmissão de energia sem cabos através de ondas de hertzianas

- Capacidade de penetração e absorção de ondas
- Ondas estacionárias numa bobina de Tesla

1. Indicações de segurança

- Cuidado! É imperativa uma experimentação cuidadosa executada por pessoas capacitadas. Só para ensaios com fins de ensino!
- Utilização unicamente em interiores!
- A operação da bobina de Tesla deve ser efetuada exclusivamente em de acordo com esta descrição e com os acessórios incluídos no fornecimento.
- A bobina de Tesla produz ondas eletromagnéticas de alta frequência. Devido à grande largura de banda o transformador pode afetar ou destruir aparelhos eletrônicos delicados que se encontrem nas proximidades imediatas. Por isso, ditos aparelhos

só devem ser instalados a uma distância de pelo menos cinco metros.

- As frequências de emissão da bobina de Tesla encontram-se na faixa de numerosas frequências de transmissão por rádio. Por esta razão, a operação só deve ocorrer por períodos curtos e com fins pedagógicos.
- Caso pessoas com marcapassos cardíacos ou outros aparelhos de controle eletrônico se encontrem a proximidade da bobina de Tesla, esta não deve ser posto em funcionamento. Perigo de morte!
- Não se deve operar o aparelho em presença de pessoas sujeitas a risco de choque elétrico (doentes)!
- Não efetuar experiências com animais ou outros seres vivos com a bobina de Tesla.
- A bobina de Tesla não deve entrar em contato com líquidos ou sofrer umidificação.
- Em caso de danos ou defeitos, nunca consertar a bobina de Tesla pessoalmente.
- Não se deve tocar qualquer parte de metal ou outros elementos condutores da bobina de Tesla. Deve-se manter uma distância de segurança de 20 cm da bobina de alta tensão, de modo a evitar a transferência de faíscas.
- Nunca utilizar nas proximidades de materiais perigosos ou líquido e gases inflamáveis, como por exemplo vapores. Formação de faíscas!
- No desenvolvimento desta bobina de Tesla foi obtido um compromisso ideal entre a sua capacidade de desempenho e a universalidade de sua utilização dentro do quadro das exigências de segurança necessárias.
- Prescindiu-se intencionalmente de uma proteção contra o contato com as peças sujeitas à alta tensão para que os alunos possam observar em detalhe a construção e o funcionamento do aparelho.
- A segurança do experimentador está em todo momento totalmente garantida sempre que só se efetuem modificações na bobina de Tesla (variação do número de espiras da bobina primária) e na instalação do ensaio quando o aparelho estiver desligado. Não há necessidade alguma em nenhuma experiência de tocar qualquer parte do transformador ou da instalação do ensaio com a bobina de Tesla estando sob tensão.
- A tensão de entrada da bobina de Tesla não representa nenhum perigo para a manipulação (20 V), a potência de corrente primária (3 A) tampouco.
- O mesmo é válido para a tensão de saída e a potência de corrente. A tensão secundária tem uma frequência de 200 KHz a 1200 KHz com uma tensão de aproximadamente 100 000 V. A potência máxima de corrente encontra-se em aproximadamente 0,08 mA.

2. Montagem

A bobina secundária é inserida centralmente na bobina primária e logo conectada. Conecta-se a bobina de

Tesla a uma fonte de tensão alternada por meio dos conectores de segurança (4).

2.1 Fornecimento

1 bobina de Tesla	8496252
1 eletrodo esférico, curto	8496258
1 eletrodo esférico, longo	8496260
1 eletrodo de ponta com torniquete elétrico	8496262
1 bobina manual	8496254
1 bobina secundária	8496258
1 tubo fluorescente com suporte	8496264
1 refletor	8496266

2.2 Acessórios recomendados:

Bobina secundária com suporte	8496255
-------------------------------	---------

2.3 Dados técnicos

Medidas do transformador:	330 mm x 200 mm x 120 mm
Medidas da bobina secundária:	240 mm x 75 mm Ø
Massa do transformador:	aprox. 3 Kg
Número de espiras da bobina primária:	9
Número de espiras da bobina secundária:	1150
Tensão primária:	20 V AC
Tensão secundária:	aprox. 100 KV

3. Princípio de funcionamento

Um condensador é carregado com uma meia-onda da tensão de alimentação através da bobina de ignição, ele se descarrega por meio do faiscador (vela de ignição) e da bobina primária da bobina de Tesla.

Na bobina primária ocorre uma oscilação atenuada que transmite energia para a bobina secundária. Nesta surge uma oscilação eletromagnética na faixa de 200 KHz a 1200 KHz.

Na bobina secundária surge uma tensão de alta frequência de mais de 100 KV. Enquanto isso, a bobina secundária oscila em ressonância com o circuito oscilatório.

4. Utilização

- Em todos os ensaios descritor a seguir é necessário um aparelho de alimentação na rede com tensão alternada ajustável de 15 ... 24 V (máx. 4 A) (por ex. 8521153). Para iniciar a operação eleva-se a tensão de alimentação até que uma descarga com faísca periódica ocorra na vela de ignição.
- O aparelho não é adequado para uma operação permanente. Após 5 minutos de funcionamento deve-se fazer uma pausa para resfriamento de pelo menos 15 minutos.

5. Experiências

5.1 Isolação de ondas eletromagnéticas

- A bobina de Tesla é operada sem bobina secundária. A bobina manual 8496254 é colocada sobre o anel de plástico da bobina primária.
- A ponte de contato da bobina primária deve ser levada à posição mais alta. Após a inicialização da bobina de Tesla, induz-se uma tensão na bobina manual (a lâmpada se acende).
- Depois, insere-se o refletor 8496266 entre a bobina primária e a bobina manual. A folha de alumínio isola as ondas eletromagnéticas. A lâmpada na bobina manual já não se acende.

5.2 Equação de onda de Thomson

- A bobina de Tesla é operada com uma bobina secundária 8496256. Na tomada no lado superior insere-se o eletrodo de ponta 8496262.
- Após a aplicação da tensão surge uma descarga corona na ponta do eletrodo. Variando a posição da ponte de contato (alteração da indutividade da bobina primária) ajusta-se a descarga máxima (aumento da tensão em ressonância).
- Depois, colocam-se duas bobinas secundárias, conectadas uma sobre a outra, com o eletrodo de ponta na bobina de cima.
- A ressonância ocorre com um número superior de espiras primárias, já que o par de bobinas secundárias tem agora o dobro de espiras. A frequência própria é por isso agora menor.
- Ao aumentar-se o número de espiras do circuito oscilatório a frequência de ressonância diminui.

5.3 Descarga corona

- A bobina de Tesla é operada com duas bobinas secundárias e com o eletrodo de ponta instalado.
- O número de espiras da bobina do circuito oscilatório é ajustado em 7. Na ponta do eletrodo surge uma descarga corona em consequência da alta tensão.

5.4 Vento elétrico

- A bobina de Tesla é operada com uma bobina secundária e com 4 espiras primárias. Na bobina secundária é instalado um eletrodo de ponta com o torniquete elétrico 8496262.
- As extremidades do torniquete em forma de "S" terminam em pontas finas. Delas saem elétrons por causa do forte campo elétrico. Eles se associam a moléculas de ar que são expelidas. O movimento

das moléculas de ar provoca um contragolpe que leva o torniquete a girar.

5.5 Descarga de faíscas

- A bobina de Tesla é operada com só uma bobina secundária e com 4 espiras primárias. O eletrodo de ponta é instalado sobre a bobina secundária.
- Na segunda tomada de terra conecta-se um eletrodo esférico 8496260 e a sua bola é dirigida em direção ao eletrodo de ponta.
- Entre a bola e a ponta do eletrodo surgem vivas faíscas de vários centímetros de comprimento.

5.6 Transmissão de energia sem cabo

- A bobina de Tesla é operada com uma bobina secundária e um eletrodo esférico 8496258.
- Uma segunda bobina secundária, com pé de apoio 8496257 e suporte para tubo fluorescente 8496264, é colocada a aproximadamente 1 metro de distância da bobina de Tesla.
- As tomadas de terra entre o pé de apoio e a bobina de Tesla devem ser conectadas com um cabo de laboratório.
- Após a inicialização da bobina num ambiente parcialmente escuro de Tesla pode-se ver uma luminosidade no tubo. Uma transmissão de energia sem cabo ocorre entre as bobinas.
- Colocando-se o refletor 8496266 entre as bobinas, pode-se demonstrar o efeito isolante da folha metálica.

5.7 Ondas estacionárias na bobina de Tesla

- A bobina de Tesla é operada com duas bobinas conectadas. Na parte de cima encontra-se o pequeno eletrodo esférico. Ajusta-se o número de espiras primárias em 8.
- Leva-se a bobina manual de cima para baixo por cima do par de bobina. Quanto mais baixo, mais é clara a luz da lâmpada. A bobina secundária oscila como dipolo $\lambda/4$. Na parte de cima origina-se um nó de corrente, na parte de baixo um ventre de corrente.
- Reduz-se o número de espiras da bobina primária para 3, e leva-se de novo a bobina manual da parte de cima da bobina de Tesla lentamente para baixo. Na parte de cima origina-se um nó de corrente, a lâmpada não se acende ou apresenta luminosidade muito fraca.
- Ao deslocar-se ainda mais para baixo, pode-se registrar mais dois ventres de onda e um nó de onda. A bobina de Tesla oscila como dipolo $3/4\lambda$.